



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROPUESTA DE MEJORA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE MUEBLES FERROTECNIA EN LA EMPRESA
COLINEAL CIA. LTDA.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: JIMMY SEBASTIÁN CHÁVEZ LOZANO

TUTOR: ADRIANA DEL PILAR GUAMÁN BUESTÁN

Cuenca – Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jimmy Sebastián Chávez Lozano con documento de identificación N° 0106423403 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 29 de enero del 2026

Atentamente,



Jimmy Sebastián Chávez Lozano
0106423403

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Jimmy Sebastián Chávez Lozano con documento de identificación N° 0106423403, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Propuesta de Mejora para la Optimización de la Línea de Producción de Muebles Ferrotecnia en la Empresa Colineal Cia. Ltda.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de enero del 2026

Atentamente,



Jimmy Sebastián Chávez Lozano

0106423403

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Adriana Del Pilar Guaman Buestan con documento de identificación N° 0301534582, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE MEJORA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MUEBLES FERROTECNIA EN LA EMPRESA COLINEAL Cia. Ltda., realizado por Jimmy Sebastián Chávez Lozano con documento de identificación N° 0106423403, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de enero del 2026

Atentamente,



Adriana Del Pilar Guamán Buestán

0301534582

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de titulación a mi madre; Catalina, que gracias a su esfuerzo y dedicación ha sacado hacia adelante a nuestra familia y que con su perseverancia me ha enseñado a no rendirme ante las adversidades de la vida, a mi padre; Santiago, quien con su paciencia y humildad ha sido un ejemplo a seguir tanto en lo personal como en lo profesional, quiero expresarle a usted y a mi mamá que este logro también es suyo porque aquí se cristaliza un sueño compartido, a mi familia; que me han dado la mano en los momentos más difíciles y han estado conmigo para disfrutar de los mejores.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, Catalina, quien con su amor, apoyo incondicional, sus enseñanzas, sus valores y alegrías cotidianas han sido un pilar fundamental en mi formación académica y mi crecimiento personal, es y será siempre mi mayor ejemplo a seguir y la persona más importante en mi vida.

A mi padre, Santiago, gracias por su constante apoyo, cariño y dedicación. Cada una de sus incontables e invaluable acciones y decisiones que ha realizado han tenido un impacto positivo en mí, convirtiéndolo en una persona cuya compañía valoro profundamente.

A mis abuelitos, Enma y Julio, les agradezco con el corazón por su paciencia, cuidado y las valiosas enseñanzas que las atesoraré y honraré en cada paso de mi vida.

A mi familia, quienes con sus palabras, gestos y vivencias han sido parte de mi motivación y me han acompañado día a día para alcanzar este objetivo de mucho más.

Adicional, quiero expresar mi agradecimiento hacia la Ing. Adriana Guamán, mi tutora del Trabajo de Titulación, quien con su experiencia, conocimiento y compromiso ha sido una guía fundamental para el desarrollo y cumplimiento del presente trabajo. Valoro profundamente su apoyo, dedicación y contribución hacia el cumplimiento del presente trabajo de titulación.

A la empresa Carpintería y Tapicería Ctin Internacional, agradezco sinceramente por haberme brindado la oportunidad de desarrollar este proyecto en sus instalaciones. Su apertura, compromiso, confianza, colaboración y predisposición del equipo técnico y administrativo han sido pieza clave para el éxito de este objetivo.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XVIII
Abstract	XIX
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Importancia y alcances	2
2.3. Delimitación	2
2.3.1. Espacial o geográfica	3
2.3.2. Temporal	3
2.3.3. Sectorial o institucional	3
2.4. Problema General	4
2.5. Problemas Específicos	4
3. Justificación	4
3.1. Justificación Ambiental	4
3.2. Justificación Social	5
3.3. Justificación Estadística	5
4. Objetivos	5
4.1. Objetivo General	5
4.2. Objetivos Específicos	5

5. Hipótesis	6
5.1. Hipótesis General	6
5.2. Hipótesis Específicas	6
6. Marco Teórico	6
6.1. Reseña Histórica	6
6.1.1. Origen y Trayectoria en el sector mueblero y metalmecánico	7
6.2. Procesos Industriales	8
6.3. Eficiencia Operativa	10
6.4. Gestión de Procesos Productivos	11
6.5. Recolección de Información Mediante Entrevistas en Entornos Industriales .	12
6.6. Diagnóstico de la Situación Actual	13
6.6.1. Descripción del Proceso en Plantas Industriales	13
6.6.2. Estudio de Tiempos y Flujo de Productos	14
6.6.3. Técnicas Modernas de Medición del Trabajo	15
6.6.3.1. Cronometraje Directo	15
6.6.3.2. Muestreo del Trabajo	15
6.6.3.3. Estudio por Estaciones	15
6.6.4. Análisis de Parámetros Críticos en las Líneas de Producción	16
6.6.5. Utilización de Diagramas de Flujo en la Industria	16
6.6.6. Utilización del Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa) Como un Medio Para Evaluación Industrial	17
6.6.7. Mejora continua en sistemas productivos	18
6.6.8. Herramientas de control operativo y estandarización	19
6.6.9. Seguridad y salud en el trabajo en procesos productivos	19
6.6.10. Capacitación del personal como factor de mejora operativa	20
7. Metodología	20
7.1. Diagnóstico de la situación actual en la línea de producción de muebles ferrotecnia.	21
7.1.1. Identificación de Procesos que se Desarrollan en la Línea de Producción Ferrotecnia	21
7.1.1.1. Estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima	23
7.1.1.1.1. Análisis de la Estación de Recepción, Inspección y Almacenamiento de Materia Prima	25

7.1.1.2.	Estación de Corte CNC por tecnología láser	26
7.1.1.2.1.	Análisis de la Estación de Corte Láser por CNC.	28
7.1.1.3.	Estación de Doblado	29
7.1.1.3.1.	Análisis de la Estación de Doblado.	30
7.1.1.4.	Estación de Rolado	31
7.1.1.4.1.	Análisis de la Estación de Rolado	33
7.1.1.5.	Estación de Curvado	34
7.1.1.5.1.	Análisis de la Estación de Curvado	36
7.1.1.5.2.	Evaluación del Diagrama Causa - Efecto	36
7.1.1.6.	Estación de Soldadura	37
7.1.1.6.1.	Análisis de la Estación de Soldadura	39
7.1.1.7.	Estación de Pintado	41
7.1.1.7.1.	Análisis de la Estación de Pintado	44
7.1.1.8.	Estación de Armado, Empaquetado y Despacho	45
7.1.1.8.1.	Análisis de la Estación de Armado	47
7.1.1.9.	Descripción General de la Planta de Producción	48
7.1.2.	Método de Trabajo	48
7.1.3.	Entrevistas In Situ a Personal Operativo	50
7.1.3.1.	Metodología para la Aplicación Práctica de Entrevistas	50
7.1.3.2.	Validación de las Entrevistas	51
7.1.3.3.	Guía de preguntas de entrevista aplicada	51
7.1.4.	Productos Fabricados en la Línea de Producción de Muebles Ferrotecnia	52
7.1.4.1.	Clasificación de Productos	52
7.1.4.2.	Selección de Productos con Mayor Frecuencia de Fabricación	53
7.1.5.	Parámetros Técnicos que Intervienen en la Producción	54
7.1.5.1.	Tiempo del Ciclo de Producción	54
7.1.5.2.	Metodología Para la Medición de Tiempos de Producción	55
7.1.5.3.	Planificación de Producción	57
7.1.5.4.	Maquinaria Destinada para el Proceso Productivo	58
7.1.5.5.	Condiciones del Entorno Operativo	59
7.1.6.	Distribución de Planta y Estaciones de Trabajo	61
7.1.6.1.	Layout de la Planta	62
7.1.7.	Sistema de Producción y Tipo de Demanda	63
7.1.7.1.	Sistema de Producción	63
7.1.7.2.	Tipo de Demanda	63

7.1.8.	Materiales Utilizados en el Proceso Productivo	64
7.1.9.	Método de Trabajo	68
7.1.9.1.	Descripción General del Método de Trabajo	69
7.1.9.2.	Observaciones Adicionales	70
7.2.	Selección de los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción ferrotecnia	71
7.2.1.	Revisión y Consolidación del Diagnóstico Operativo	71
7.2.2.	Criterios para la selección de parámetros críticos	71
7.2.3.	Identificación Preliminar de Parámetros Críticos	72
7.2.4.	Priorización de los parámetros críticos de intervención	73
7.2.5.	Planteamiento de la propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción de muebles ferrotecnia	74
7.2.5.1.	Enfoque general de la propuesta de mejora	74
7.2.5.2.	Alcance del planteamiento de la propuesta de mejora	74
7.3.	Evaluación de la propuesta de mejora para la optimización en la línea ferrotecnia	75
7.3.1.	Metodología utilizada para el planteamiento de una mejora en la visualización distributiva del layout de la línea de producción	75
7.3.2.	Sustento normativo de la mejora visual del layout	75
7.3.3.	Metodología para la delimitación de áreas operativas y señalización .	76
7.3.3.1.	Delimitación horizontal	76
7.3.3.2.	Señalización vertical	76
7.3.4.	Metodología para la generación de checklists de verificación de maquinaria crítica	77
7.3.5.	Metodología para la elaboración de matrices de riesgo	78
7.3.6.	Propuesta de capacitación del personal en seguridad y operación industrial	79
7.3.7.	Análisis a detalle sobre los costos estimados de la propuesta de mejora	79
7.3.7.1.	Metodología para la evaluación económica de la propuesta de mejora	79
7.3.7.2.	Base de información para la evaluación económica	80
7.3.7.3.	Metodología para la estimación de la reducción potencial del tiempo de producción	80
7.3.7.3.1.	Cálculo del beneficio obtenido debido a la mejora del flujo y reorganización del layout	80
7.3.7.4.	Cálculo del beneficio obtenido debido a la estandarización mediante checklists	81

7.3.7.5.	Cálculo del beneficio obtenido debido a la capacitación del personal operativo y disminución de reprocesos	82
7.3.7.5.1.	Cálculo del ahorro total de tiempo proyectado . . .	82
7.3.7.6.	Metodología para el cálculo del beneficio económico esperado	83
7.3.7.7.	Metodología para la estimación de las pérdidas por parada planificada	83
7.3.7.8.	Metodología para la evaluación de la viabilidad económica .	84
7.3.7.9.	Cuantificación propuesta de señalización por estación	84
7.3.7.10.	Plan recomendado de capacitaciones continuas en seguridad y salud en el trabajo	85
7.3.7.10.1.	Metodología para la planificación y ejecución de las actividades de señalización y reorganización	86
7.3.7.10.2.	Metodología para el cálculo del tiempo perdido por parada planificada	86
8.	Resultados	86
8.1.	Resultados del diagnóstico de la situación actual de la línea ferrotecnia . . .	86
8.1.1.	Resultados obtenidos del diagnóstico de la línea de producción mediante la aplicación de herramientas de análisis estructurado	87
8.1.1.1.	Obtención de la información personal sobre los operadores que forman parte de la línea de producción	88
8.1.1.2.	Obtención de Información Acerca de las Condiciones y Métodos de Trabajo	89
8.1.1.3.	Obtención de Información Acerca de las Percepciones Técnicas del Personal	94
8.1.1.4.	Resultados del análisis de tiempos de producción de los productos más representativos de ferrotecnia	96
8.1.1.4.1.	Resultados de los tiempos de producción por estación de trabajo	96
8.1.1.4.2.	Identificación de productos críticos mediante análisis de Pareto	97
8.1.1.4.3.	Diagrama de Pareto de los tiempos de producción .	98
8.1.2.	Resultados obtenidos de la interpretación de tiempos de producción .	99
8.1.2.1.	Información Recaudada Acerca de las Condiciones y Métodos de Trabajo	99

8.1.2.2.	Información Recaudada Acerca de las Percepciones Técnicas del Personal Operativo	100
8.1.2.3.	Información Recaudada Acerca de Producción Diaria y Factores que Intervienen en su Fabricación	100
8.2.	Resultados de la selección de los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora de la línea ferrotecnia	101
8.2.1.	Descripción de Parámetros Críticos Identificados	101
8.2.2.	Esquematación representativa sobre la priorización de los parámetros críticos de intervención	103
8.2.3.	Validación técnica de los parámetros críticos seleccionados	105
8.2.4.	Integración sistémica de los parámetros críticos priorizados	105
8.2.5.	Formulación de la propuesta de mejora basada en los parámetros críticos priorizados	106
8.3.	Resultados referentes a la evaluación de la propuesta de mejora para la optimización en la línea ferrotecnia	108
8.3.1.	Resultados de la evaluación sobre la propuesta de mejora del layout mediante delimitación horizontal de áreas operativas	108
8.3.2.	Resultados del diseño del control operativo mediante checklists para maquinaria crítica	109
8.3.2.1.	Estación de corte láser CNC	110
8.3.2.2.	Estación de Doblado	111
8.3.2.3.	Estación de Rolado	112
8.3.2.4.	Estación de Curvado	113
8.3.2.5.	Estación de Soldadura	115
8.3.2.5.1.	Checklist propuesto de control operativo – Soldadora MIG	115
8.3.2.5.2.	Checklist propuesto de control operativo – Soldadora láser de fibra	116
8.3.2.5.3.	Estación de Pintado	117
8.3.3.	Resultados sobre la elaboración de matrices de riesgo	119
8.3.3.1.	Matriz de riesgo de la Estación de Recepción, Inspección y Almacenamiento de Materia Prima	119
8.3.3.2.	Matriz de riesgo de la Estación de Corte CNC por tecnología láser	120
8.3.3.3.	Matriz de riesgo de la Estación de Doblado	121

8.3.3.4.	Matriz de riesgo de la Estación de Rolado	121
8.3.3.5.	Matriz de riesgo de la Estación de Curvado	122
8.3.3.6.	Matriz de riesgo de la Estación de Soldadura	122
8.3.3.7.	Matriz de riesgo de la Estación de Pintado	123
8.3.3.8.	Matriz de riesgo de la Estación de Armado, Empaquetado y Despacho	123
8.3.4.	Resultados sobre la propuesta de capacitación del personal en seguridad y operación industrial	124
8.3.5.	Análisis de costos y beneficios de la propuesta de mejora	125
8.3.5.1.	Análisis de costos estimados de la propuesta de mejora	125
8.3.5.2.	Resultados del cálculo de ahorro por unidad en los productos críticos según la evaluación del diagrama de pareto	126
8.3.5.3.	Resultados del cálculo de beneficio económico proyectado por unidad en los productos críticos según la evaluación del diagrama de pareto	126
8.3.5.4.	Plan de ejecución de la señalización horizontal y vertical en las instalaciones de la línea de producción ferrotecnia	127
8.3.5.5.	Beneficios mensuales y anuales por producto crítico evaluado mediante el diagrama de pareto	128
8.3.5.6.	Resumen total anual por escenario + indicadores (Payback y B/C)	129
8.3.5.7.	Análisis de beneficios esperados de la propuesta de mejora	129
8.3.5.7.1.	Beneficios en la organización y control del proceso productivo	130
8.3.5.7.2.	Beneficios en seguridad y salud en el trabajo	130
8.3.5.7.3.	Beneficios en el desempeño del personal y la calidad del trabajo	130
8.3.5.7.4.	Beneficios económicos y relación beneficio–inversión	131
8.3.5.7.5.	Síntesis de los beneficios esperados	131
9.	Conclusiones	131
10.	Recomendaciones	132
	Referencias	137

Lista de Tablas

1.	Descripción del Método de Trabajo	49
2.	Clasificación general de los productos fabricados	53
3.	Clasificación de Productos	54
4.	Maquinaria por Estación de Trabajo	59
5.	Materiales Utilizados en el Proceso Productivo	65
6.	Materiales Utilizados en el Proceso Productivo	66
7.	Materiales Utilizados en el Proceso Productivo	67
8.	Propiedades Técnicas de Materiales Metálicos	68
9.	Descripción del Método de Trabajo	70
10.	Evaluación de Riesgos Laborales	78
11.	Cronograma de capacitaciones en seguridad y salud en el trabajo	79
12.	Cronograma de capacitaciones en seguridad y salud en el trabajo	85
13.	Diagnóstico por estaciones de trabajo (Parte A)	87
14.	Diagnóstico por estaciones de trabajo (Parte B)	88
15.	Personal operativo entrevistado	89
16.	Uso de matrices y herramientas	90
17.	Fallas en maquinaria o equipos de trabajo	91
18.	Eficiencia del flujo de trabajo	92
19.	Dificultades en estaciones de trabajo	93
20.	Percepciones técnicas del personal técnico.	94
21.	Sugerencias para mejorar el flujo de producción	95
22.	Tiempos por Etapa	97
23.	Análisis de Pareto acerca del tiempo de producción	98
24.	Parámetros críticos seleccionados	102
25.	Parámetros críticos priorizados	104
26.	Integración sistémica de parámetros críticos	106
27.	Propuesta de mejora basada en parámetros críticos	107
28.	Checklist de corte láser CNC	110
29.	Checklist de plegadora CNC	111
30.	Checklist de máquina roladora	112
31.	Checklist de máquina roladora	113
32.	Checklist de curvadora CNC de tubos	114
33.	Checklist de máquina roladora (Parte 1)	115

34.	Checklist de máquina roladora (Parte 2)	116
35.	Checklist de soldadora láser	117
36.	Checklist de estación de pintado	118
37.	Matriz de riesgo recepción y almacenamiento	120
38.	Matriz de riesgo corte láser	120
39.	Matriz de riesgo doblado	121
40.	Matriz de riesgo rolado	121
41.	Matriz de riesgo curvado	122
42.	Matriz de riesgo soldadura	122
43.	Matriz de riesgo pintado	123
44.	Matriz de riesgo armado y despacho	123
45.	Cotización de capacitación del personal	124
46.	Costos de inversión	125
47.	Ahorro de tiempo por unidad	126
48.	Beneficio económico por unidad	126
49.	Pérdida por paro planificado	127
50.	Beneficio mensual y anual por producto	128
51.	Resumen de viabilidad por escenario	129

Lista de Figuras

1.	Dimensiones antropométricas. [1]	3
2.	<i>Megatienda Colineal</i> . [1]	7
3.	<i>Instalaciones de la producción COLINEAL</i> . [1]	7
4.	<i>Producción continua y automatizada</i> . [2]	8
5.	<i>Producción de postres mediante proceso por lotes</i> . [2]	9
6.	<i>Producción de un Buque mediante proceso discreto</i> . [2]	9
7.	<i>Sistema automatizado para la fabricación en masa de productos de alta demanda</i> . [2]	10
8.	<i>Cualidades que se pueden optimizar mediante la eficiencia</i> . [3]	11
9.	<i>Secuencia lógica de gestión de procesos</i> . [4]	12
10.	<i>Proceso de diagnóstico industrial</i> . [5]	13
11.	<i>Descripción esquemática de un proceso industrial</i> . [6]	14
12.	<i>Ejemplo del diagrama de flujo</i>	17
13.	<i>Ejemplo del diagrama de Ishikawa</i>	18
14.	<i>Diagrama de Flujo de los procesos que se realizan en la línea de producción Ferrotecnia</i>	22
15.	<i>Vista general del área de recepción de materia prima, conjuntamente con la zona de inspección visual y el espacio de almacenamiento clasificado como uso a corto plazo</i>	24
16.	<i>Vista frontal de la zona de almacenamiento de materia prima cuyo uso se realiza a mediano y largo plazo dentro de los procesos productivos</i>	24
17.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima</i>	25
18.	<i>Vista general de la máquina de corte láser CNC en operación</i>	27
19.	<i>Estación de trabajo de corte láser CNC en el cual se encuentran 3 operarios realizando inspección visual y dimensional de los perfiles metálicos posteriores al corte. Esta actividad es fundamental para asegurar que las piezas cumplan con las especificaciones establecidas en la (O.P.)</i>	27
20.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de corte láser por CNC</i>	28
21.	<i>Vista general de la estación de doblado conjuntamente con la maquinaria especializada en este procedimiento</i>	30
22.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de doblado</i>	31

23.	<i>Vista general de la estación de rolado y disposición del área de trabajo con el material a trabajar.</i>	32
24.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de rolado.</i>	33
25.	<i>Maquinaria curvadora CNC previo a iniciar operaciones dentro de la estación de curvado.</i>	35
26.	<i>Operario ejecutando el proceso de curvado en maquinaria CNC.</i>	35
27.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de curvado.</i>	36
28.	<i>Zona de pulido de productos metalmecánicos previo a llevarlos a la estación de pintura.</i>	38
29.	<i>Vista general del área de trabajo de soldadores en la presente estación.</i>	39
30.	<i>Zona de acumulación de productos previo a la realización de pulido de los mismos.</i>	39
31.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de soldadura.</i>	40
32.	<i>Zona de preparación previa al proceso de pintado de piezas metalmecánicas.</i>	42
33.	<i>Cabina de aplicación de pintura electroestática en polvo.</i>	42
34.	<i>Horno de curado térmico para recubrimiento en polvo y retiro de piezas.</i>	43
35.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de pintado.</i>	44
36.	<i>Vista general de la estación de armado, empaquetado y despacho.</i>	46
37.	<i>Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de armado.</i>	47
38.	<i>Formato actualizado de tarjeta viajera utilizado para la medición de tiempos de producción.</i>	56
39.	<i>Plano actual de la línea de producción Ferrotecnia con disposición de estaciones de trabajo</i>	62
40.	<i>Diagrama de Pareto de los tiempos de producción por producto en la línea Ferrotecnia. Los productos resaltados representan el 20% crítico que concentra aproximadamente el 80% del tiempo total de producción, constituyendo la base para la priorización de la mejora operativa.</i>	99
41.	<i>Plano con la distribución de estaciones establecido de manera clara y delimitadas sus zonas de trabajo</i>	109

Resumen

El presente trabajo de titulación evalúa una propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción Ferrotecnia de la empresa Colineal Cia. Ltda., ubicada en la ciudad de Cuenca – Ecuador, orientada a mejorar la continuidad del flujo productivo, la seguridad industrial y la organización del proceso, sin implicar su implementación inmediata.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque técnico–descriptivo, a partir del diagnóstico del proceso productivo, la identificación de parámetros críticos y la formulación de una propuesta basada en la reorganización del layout, el control operativo de maquinaria crítica y la gestión preventiva de riesgos laborales. La población de estudio estuvo conformada por la línea de producción Ferrotecnia y el personal directamente involucrado en el proceso. Como instrumentos se emplearon la observación directa, checklists operativos, matrices de riesgo, análisis normativo y una evaluación estimada de costos y beneficios.

Los resultados evidencian que la propuesta es técnica y económicamente viable, ya que permitiría mejorar el orden operativo, fortalecer la prevención de riesgos y optimizar el desempeño del personal con una inversión moderada. Además, se determinó que la propuesta sienta las bases para la futura implementación de un centro de pintado con curado y secado, al requerir una producción continua y controlada en las estaciones previas.

En conclusión, el estudio aporta criterios técnicos que respaldan la toma de decisiones orientadas a la mejora continua y a la competitividad de la línea de producción Ferrotecnia.

Palabras clave: propuesta de mejora, línea de producción, layout, seguridad industrial, control operativo.

Abstract

This degree project evaluates an improvement proposal aimed at optimizing the Ferrotecnia production line at Colineal Cia. Ltda., located in the city of Cuenca, Ecuador. The proposal focuses on enhancing production flow continuity, industrial safety, and process organization, without implying its immediate implementation.

The study was conducted under a technical–descriptive approach, based on a diagnostic assessment of the production process, the identification of critical parameters, and the formulation of a proposal grounded in layout reorganization, operational control of critical machinery, and preventive occupational risk management. The study population consisted of the Ferrotecnia production line and the personnel directly involved in the process. The instruments employed included direct observation, operational checklists, risk matrices, regulatory analysis, and an estimated cost–benefit evaluation.

The results demonstrate that the proposal is both technically and economically feasible, as it would improve operational order, strengthen risk prevention, and optimize personnel performance with a moderate investment. Furthermore, the proposal establishes the foundation for the future implementation of a curing and drying paint center, which requires continuous and controlled production across the preceding stations.

In conclusion, this study provides technical criteria that support decision-making processes oriented toward continuous improvement and enhanced competitiveness of the Ferrotecnia production line.

Keywords: improvement proposal, production line, layout, industrial safety, operational control.

1. Introducción

En la ciudad de Cuenca se encuentra el núcleo industrial del sur del Ecuador, es en donde se concentra más del 60% de la producción nacional de muebles y madera, se ha consolidado un ecosistema manufacturero el cual requiere eficiencia, innovación, adaptación, estandarización y garantías para que la calidad de sus productos finales se encuentren en competitividad con los demás productos nacionales e internacionales [7]. La empresa Colineal Cia. Ltda. o internacionalmente conocida como Carpintería y Tapicería Internacional Ctin Cia. Ltda. es reconocida por su compromiso con la calidad e innovación en sus productos, por tal motivo ha expandido sus operaciones industriales hacia la implementación de una línea de muebles de chapa metálica llamada Ferrotecnia [8]. La optimización en la línea de producción es necesaria, ya que se reconoce que la competitividad actual lo exige para que su producción sea sostenible a nivel industrial metalmeccánico del Ecuador [9].

El presente trabajo propone una intervención de manera técnica basada en el diagnóstico del proceso productivo actual, análisis de la documentación histórica, distribución física de la planta, identificación de parámetros iniciales que inciden en la producción y determinación de los parámetros críticos con los cuales se van a trabajar para el desarrollo correcto de una propuesta de mejora efectiva [10].

2. Problema

2.1. Antecedentes

En la línea de producción de muebles Ferrotecnia actualmente existen problemas relacionados con la estandarización, desorganización de espacios, planificación en la fabricación en sus productos y control técnico en los procesos [10]. Este tipo de deficiencias son las que generan retrasos, acumulación de materiales en el área de trabajo y contaminación de la misma causada por la limitación del espacio y estancamiento de productos debido al cambio repentino en la planificación de fabricación de la línea y afectan directamente a la eficiencia del sistema productivo [11, 12].

La identificación de zonas donde se concentran cargas operativas elevadas y escasez de personal capacitado resulta fundamental para el análisis del rendimiento del sistema productivo. Tal como lo establece Stevenson, «el cuello de botella en una línea de producción se define como la estación de trabajo con mayor tiempo de procesamiento o con menor capacidad, lo cual limita el ritmo global del sistema»[13]. Reconocer estas limitaciones permite focalizar los

esfuerzos de mejora en los puntos críticos que condicionan la eficiencia general del proceso.

Con la aplicación de metodologías concretas se busca reducir los tiempos en la producción, ya que en las estaciones de trabajo existen sobrecargas que generan demoras acumulativas que alteran la secuencia lógica del flujo de producción [14]. El escenario actual es evidencia concreta de que es necesaria la elaboración de una propuesta de mejora que permita optimizar recursos, reducir tiempos muertos y aumentar la productividad de la línea Ferrotecnia [10, 15].

2.2. Importancia y alcances

Importancia

La línea de producción de muebles Ferrotecnia desempeña un papel importante dentro de la empresa Carpintería y Tapicería Internacional Ctin Cia. Ltda. ya que representa una fuente clave de ingresos consolidándose así como un área fuerte para la empresa por su presencia en mercados nacionales e internacionales, donde la exigencia en temas de eficiencia, calidad y cumplimiento de tiempos es considerablemente más alta. La propuesta de mejora planteada mediante el presente trabajo de titulación busca optimizar tiempos, recursos y su capacidad operativa con un impacto directo en la productividad y en la redistribución de carga laboral y distribución de planta.

Alcance

El presente trabajo tiene un enfoque centrado en la línea de producción de muebles Ferrotecnia en la empresa Carpintería y Tapicería Internacional Ctin Cia. Ltda., limitándose a realizar el análisis y diagnóstico del proceso productivo, sin la intervención en otras áreas de la empresa. En este sentido la propuesta de mejora está centrada en el rediseño organizativo del área de producción, dentro de la misma se considerarán criterios técnicos y operativos que permitan optimizar recursos y reducir tiempos; esto se presentará con soluciones evaluables mediante análisis de costos y su impacto dentro de la empresa. El alcance del presente trabajo de titulación se limita al desarrollo de una propuesta técnica viable, basada en datos reales obtenidos en planta y alineada con los objetivos específicos del proyecto de titulación.

2.3. Delimitación

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones:

2.3.1. Espacial o geográfica

El trabajo de titulación se desarrollará en las instalaciones de la planta de producción de la empresa Carpintería y Tapicería Internacional Ctin Cia. Ltda. ubicada en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. La empresa se encuentra ubicada en la calle Cornelio Vintimilla, sector Parque Industrial, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Dimensiones antropométricas. [1]

2.3.2. Temporal

El trabajo de titulación “Propuesta de Mejora para la Optimización de la Línea de Producción de Muebles Ferrotecnia en la Empresa Colineal Cia. Ltda.” se ha desarrollado durante el el periodo académico 67, correspondiente entre septiembre del 2025 y febrero del 2026, con las fechas programadas en el calendario académico.

2.3.3. Sectorial o institucional

Este trabajo de titulación se realizó en la empresa Colineal Cia. Ltda., en la línea de producción de muebles ferrotecnia. El trabajo se centra en el diagnóstico de parámetros críticos, propuesta de mejora y evaluación mediante análisis de costos en la línea de producción.

2.4. Problema General

- ¿Es posible elaborar una propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador?

2.5. Problemas Específicos

- ¿Es factible diagnosticar la situación actual en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador para determinar los parámetros críticos?
- ¿Es asequible seleccionar los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Carpintería y Tapicería Internacional Ctin Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca Ecuador?
- ¿Se podrá evaluar la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca-Ecuador, que permita determinar los beneficios a obtener?

3. Justificación

3.1. Justificación Ambiental

La propuesta de mejora en la línea de producción de muebles Ferrotecnia en Colineal se justifica ambientalmente ya que su contribución está directamente relacionada con la reducción del uso innecesario de recursos y a la minimización de desperdicios generados en el área de producción, especialmente en procesos de soldadura y procesos posteriores relacionados con los tiempos improductivos, retrabajos y fallas tanto en la soldadora MIG como la soldadora láser, los cuales incrementan de manera significativa el tiempo de producción y ocupación de personal, al optimizar el flujo del trabajo y establecer la propuesta basada en parámetros críticos permite disminuir pérdidas por reprocesos, tiempos muertos y defectos, reduciendo así el impacto ambiental relacionado con la fabricación de muebles metálicos contribuyendo a una menor huella ambiental.

3.2. Justificación Social

La propuesta de mejora se sustenta en una justificación social debido a la interacción directa del proceso de ferrotecnia con el personal de trabajo en las áreas de corte, soldadura, ensamblaje y acabado. Actualmente, las fallas recurrentes en los equipos y los cuellos de botella resultantes no solo comprometen la eficiencia operativa, sino que también generan un aumento significativo en la carga laboral, fatiga y tiempos muertos para el personal. Al optimizar la productividad de la planta, la propuesta impacta positivamente en la competitividad y la estabilidad de la empresa, lo que se traduce directamente en una inversión en el bienestar del personal y el fortalecimiento de la responsabilidad social de la organización.

3.3. Justificación Estadística

La propuesta se fundamenta en una justificación estadística, al tener la base en la recopilación de datos empíricos obtenidos del diagnóstico de la línea de producción, estos datos permiten la identificación objetiva de los parámetros críticos que intervienen en el proceso. La validación lógica se logra mediante el uso de herramientas de trabajo como diagramas de Pareto, análisis de tiempos y movimientos, esto garantiza que la propuesta de mejora no sea intuitiva sino que está respaldada en evidencia medible, replicable y verificable, asegurando que exista una rigurosidad técnica y validez metodológica.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Elaborar una propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador.

4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador para determinar los parámetros críticos.
- Seleccionar los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador.

- Evaluar la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que permita determinar los beneficios a obtener.

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis General

- Se elaborará una propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador.

5.2. Hipótesis Específicas

- Se diagnosticará la situación actual en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador para determinar los parámetros críticos.
- Se seleccionará los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca Ecuador.
- Se evaluará la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción de muebles ferrotecnia en la empresa Colineal Cia. Ltda. de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que permita determinar los beneficios obtener.

6. Marco Teórico

6.1. Reseña Histórica

Colineal es una empresa familiar que se encuentra en un crecimiento constante, sostenible y adaptable a las nuevas tendencias, en la actualidad es considerada como una marca sólida y confiable a nivel nacional e internacional por su calidad en los productos y sus servicios; esta marca tiene su inicio en el año de 1976 con la apertura de su primera tienda física en la ciudad de Cuenca y es la primera empresa de mueblería en obtener la certificación ISO - 9001 versión 2000, desde entonces sus productos han traspasado fronteras locales, nacionales e internacionales contando con su presencia en los países de Perú y Panamá [16]. A continuación se muestra una tienda en la Figura 2



Figura 2. *Megatienda Colineal.* [1]

6.1.1. Origen y Trayectoria en el sector mueblero y metalmeccánico

Colineal desde sus inicios ha sido reconocida en el sector empresarial mueblero y metalmeccánico debido al compromiso otorgado en la fabricación e innovación de muebles de madera y metalmeccánicos a lo largo de los años, para dar respuesta a la demanda de productos la empresa la empresa ha ido adaptando tecnologías modernas para mejorar sus procesos productivos [8]. El lugar en donde se encuentran las instalaciones de fabricación de muebles COLINEAL se muestra en la Figura 3.



Figura 3. *Instalaciones de la producción COLINEAL.* [1]

6.2. Procesos Industriales

Los procesos industriales son parte fundamental en la globalidad de cualquier tipo de sistema productivo, ya que es el conjunto de actividades interrelacionadas con el objetivo de fabricar insumos a partir de materia prima en productos con valor añadido y alto grado de calidad y confiabilidad [17]. Un proceso se considera efectivo e interrelacionado cuando en su planificación y ejecución cada una de sus actividades se articulan entre sí contribuyendo al cumplimiento de los objetivos planteados por la organización [3]. Uno de los objetivos más importantes que tienen las organizaciones es el abastecimiento del producto hacia los centros de distribución y venta, esto se ve determinado por varios factores, principalmente: la demanda del consumidor, técnica de fabricación y recursos de la empresa[18].

En la actualidad las empresas se rigen bajo diversos tipos de procesos, dentro de los más adoptados están los siguientes:

- **Continua:** Está compuesta por líneas de producción cuya finalidad es producir el mismo artículo o producto. Al ser de manera continuada, quiere decir que en este tipo de procedimiento se trabajan las 24 horas del día, los 7 días a la semana, durante todo el año [19]. Este procedimiento es aplicado principalmente en las industrias de la generación de energía o productos químicos ya que es una producción ininterrumpida y automatizada[18]. Se muestra una línea de producción continua en la Figura 4.

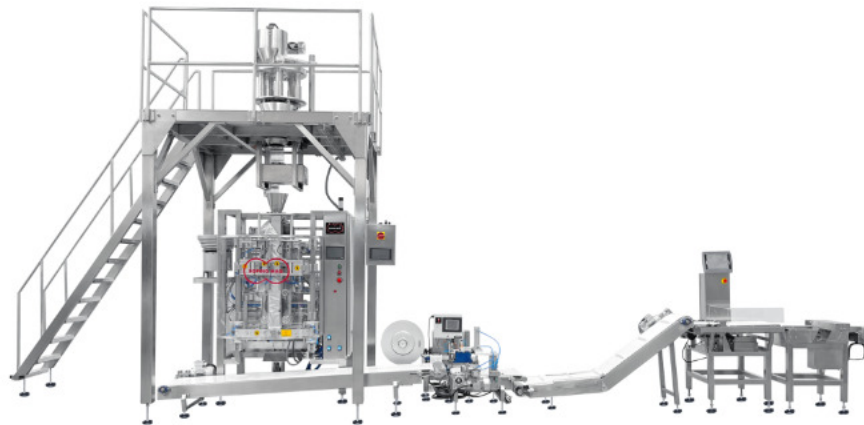


Figura 4. *Producción continua y automatizada.* [2]

- **Por Lotes:** Este procedimiento es muy conocido ya que es el más antiguo de todos, su proceso se realiza de manera estructurada a partir de un propósito fundamental que es

convertir la materia prima en productos bajo parámetros específicos en una cantidad determinada y en un lapso de tiempo definido[18]. La operación se distingue de las demás porque su desarrollo es de manera secuencial; es decir, que cada etapa del proceso debe completarse en su totalidad previo a continuar con la siguiente etapa dentro de la línea de producción [2]. Se observa una línea de producción por lotes en la Figura 5.



Figura 5. *Producción de postres mediante proceso por lotes.* [2]

- **Discreta:** Este proceso consiste en la fabricación de un solo producto a la vez debido a la complejidad, dimensiones y cantidad de operaciones que se realizan para obtener un producto terminado, aquí se destaca la fabricación de productos como: aviones, barcos, etc [18]. Se identifica la fabricación de un buque en la Figura 6.



Figura 6. *Producción de un Buque mediante proceso discreto.* [2]

- **En Masa:** Su metodología es similar a la producción continua, lo que caracteriza a esta operación es que su organización está basada en ciclos de producción y ciclos de descanso programados[18]. El objetivo es la fabricación de productos en cantidades grandes, se caracteriza por el alto grado de automatización, procesos estandarizados y un ritmo continuo en la línea de producción ya que disminuye los costos de fabricación y laborales[2]. Se observa un proceso automatizado para fabricación en masa en la Figura 7.



Figura 7. Sistema automatizado para la fabricación en masa de productos de alta demanda. [2]

6.3. Eficiencia Operativa

La eficiencia es uno de los factores más determinantes relacionados con la competitividad empresarial ya que en base a la eficiencia se permite realizar la optimización en relación a los recursos, disminución de desperdicios, garantías ante una respuesta oportuna frente a la demanda existente en el mercado. En el contexto empresarial actual, metodologías como KANBAN, integradas con el enfoque de Lean Manufacturing, constituyen estrategias altamente efectivas para mejorar la confiabilidad operativa sin afectar la calidad del sistema productivo [20]. Por otro lado se debe tener presente que, además de estar estrechamente relacionada con la optimización de los recursos materiales y los tiempos de producción, la eficiencia operativa también incide de manera directa en el diseño, planificación, ejecución y control de los procesos productivos. Esta interacción integral se gestiona mediante el uso de indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés), los cuales permiten medir con precisión el nivel de aprovechamiento real de los recursos disponibles en la planta [21].

A través del monitoreo continuo de estos indicadores, es posible identificar desviaciones, establecer líneas base, implementar acciones correctivas y tomar decisiones basadas en evidencia, lo que contribuye al cumplimiento de los objetivos estratégicos de productividad y calidad [3]. Se observa una representación gráfica de las cualidades que se pueden optimizar mediante la eficiencia en la Figura 8.

CUALIDADES A OPTIMIZAR MEDIANTE LA EFICIENCIA



Figura 8. *Cualidades que se pueden optimizar mediante la eficiencia.* [3]

6.4. Gestión de Procesos Productivos

La gestión de procesos productivos se basa en la administración estructurada de las operaciones dentro de una organización, enfocándose en actividades secuenciales que agregan valor a las entradas con el propósito de generar salidas que satisfagan plenamente los requerimientos del cliente [18]. Su principal objetivo es lograr la coordinación eficiente de procesos interrelacionados, asegurando que se desarrollen de manera adecuada para garantizar productos o servicios de alta calidad. Esta gestión busca alcanzar niveles elevados de satisfacción para todas las partes interesadas, incluyendo clientes, accionistas, personal, proveedores y la sociedad en general [10]. Se observa de manera esquemática la secuencia lógica que debe seguir una gestión de procesos en la Figura 9.

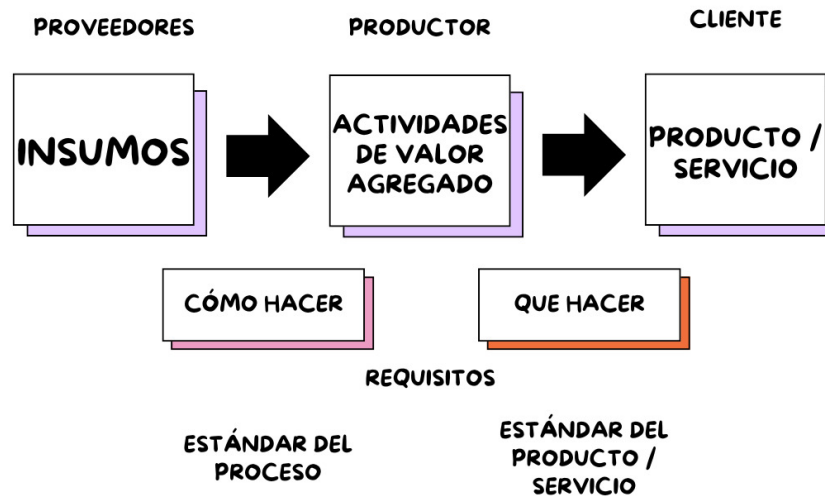


Figura 9. *Secuencia lógica de gestión de procesos.* [4]

6.5. Recolección de Información Mediante Entrevistas en Entornos Industriales

Las entrevistas en la industria es una herramienta que permite clasificar el diagnóstico de la planta, ya que se obtiene información de primera mano acerca del contexto actual que se vive dentro de la empresa y esa información es proporcionada por el personal operativo, la obtención de datos necesarios ya sean cualitativos o cuantitativos facilita la identificación de problemas presentes en el proceso, esto es gracias a que se obtiene una perspectiva crítica en base a la experiencia real del operador, esto facilita la triangulación de datos mejorando la confiabilidad del análisis [22].

Estudios en entornos organizacionales destacan que las entrevistas permiten descubrir debilidades sistémicas y operativas que no son perceptibles en cuanto al análisis cuantitativo; según un análisis en plantas de alto riesgo, este método es más eficaz para revelar prácticas no conformes y fuentes de error humano. Al incorporar la realización de entrevistas en el presente caso de estudio se busca una comprensión integral sobre el flujo de producción teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en el mismo [23].

6.6. Diagnóstico de la Situación Actual

El diagnóstico de la situación actual de una planta de producción es la etapa inicial y fundamental en la aplicación de un proceso de mejora continua en el ámbito industrial. Es la etapa en la cuál es posible verificar las condiciones reales actuales de la empresa como también los cuellos de botella, desperdicios, ineficiencias y parámetros críticos que intervienen en las líneas de producción que requieren la intervención técnica [24]. Este análisis no se limita solo a las fallas verificables mediante observación directa, también implica una evaluación sistemática de variables intrínsecas como la disposición de áreas de trabajo, el flujo de materiales entre estaciones de trabajo, estado de la maquinaria, su metodología de trabajo conjuntamente con la productividad del personal y su asignación de recursos [3]. En el ambiente industrial también es conocido como estudio de viabilidad siendo una herramienta muy útil al momento de realizar un análisis integral de la planta, ya que su función es analizar de manera lógica y secuencial la línea de producción y los activos con los que cuenta la empresa para posteriormente realizar una evaluación y así determinar bajo que parámetros se debe realizar el plan de mejora[24]. Se observa un ejemplo de diagnóstico en el área industrial en la Figura 10.



Figura 10. Proceso de diagnóstico industrial. [5]

6.6.1. Descripción del Proceso en Plantas Industriales

La descripción acerca del proceso productivo es el primer paso para realizar un diagnóstico de planta confiable, ya que se comprende de mejor manera el procedimiento que se lleva a cabo en la transformación de insumos en productos terminados a través de una secuencia de

operaciones, utilización de recursos y flujo de materiales [21].

Bajo los principios de la Gestión de Operaciones y el Enfoque Sistémico, un proceso productivo se define como un sistema de transformación . Este sistema consta de entradas (como materia prima, energía e información) que pasan a través de un conjunto interrelacionado de operaciones (físicas, químicas y/o mecánicas). El propósito de estas operaciones, ejecutadas tanto de forma tradicional como automatizada, es transformar las entradas en productos o servicios finales (salidas). Cada una de sus actividades deben estar definidas en cuanto a su función, insumos necesarios, tiempo requerido para su procedimiento, recursos humanos y tecnológicos conjuntamente con criterios aplicados a la calidad [17]. A continuación se visualiza un ejemplo de elaboración de la descripción de un proceso y sus etapas en la Figura 11.



Figura 11. Descripción esquemática de un proceso industrial. [6]

6.6.2. Estudio de Tiempos y Flujo de Productos

El estudio de tiempos es una técnica clave en la mejora de la eficiencia productiva que fue sistematizado por Frederick W. Taylor dentro de su teoría de la administración científica. Este enfoque propone descomponer el trabajo manual en tareas elementales susceptibles de ser medidas y optimizadas [25]. A través del uso del cronometraje, el estudio de tiempos permite analizar con precisión la duración de cada actividad, identificar demoras, movimientos innecesarios o interrupciones, y reorganizar el flujo de trabajo con base en datos reales. Esto facilita la implementación de procesos más continuos, con menor carga laboral, menos errores y un uso más eficiente de los recursos disponibles, contribuyendo directamente a elevar la productividad en entornos industriales [26].

Los ingenieros Frank y Lillian Gilbreth conjuntamente con Taylor desarrollaron estudios complementarios enfocados al análisis de movimientos, su objetivo es el reducir el número de funciones involucradas en una tarea. Con criterios como la reorganización de espacios de trabajo y aplicación de principios ergonómicos se rediseñan los estaciones de trabajo destinadas a la línea de producción con el propósito de reducir gestos motrices para realizar tareas y el ambiente sea el adecuado para que el operador pueda desempeñar de mejor manera su rol dentro de la línea de producción sin afectar el ritmo del flujo de trabajo [19].

6.6.3. Técnicas Modernas de Medición del Trabajo

La medición del trabajo es una disciplina clave dentro de la ingeniería aplicada a la industria ya que permite la determinación del tiempo requerido por un operario para realizar una tarea específica bajo condiciones normales de trabajo [26].

6.6.3.1. Cronometraje Directo

Es una de las técnicas más utilizadas para estudiar tiempos en la industria y de los más prácticos de realizar, ya que consiste en utilizar un cronómetro ya sea analógico o digital para registrar la duración de una tarea específica durante múltiples ciclos en cada estación de trabajo. Dentro de las empresas manufactureras su uso está destinado hacia la evaluación de tareas repetitivas, estandarización de procesos, automatización de actividades y su planificación [27].

6.6.3.2. Muestreo del Trabajo

Es una técnica estadística que permite estimar la proporción de tiempo de un operario o sistema dedicado a las actividades productivas mediante observaciones aleatorias tomadas a intervalos definidos. A diferencia del cronometraje, el muestreo no requiere un registro continuo, lo que lo hace más eficiente a la hora de recolectar información de la producción en planta [7].

6.6.3.3. Estudio por Estaciones

Aplicado al caso de estudio sobre el análisis de una línea de producción metalmecánica, el estudio por estaciones permite analizar de forma detallada el flujo del producto a lo largo de cada punto de trabajo y para mayor confiabilidad en la recolección de datos se recomienda el uso de una tarjeta viajera, la cual acompaña físicamente a cada producto

que se encuentra en proceso de fabricación registrando manualmente en ella los tiempos de producción desde su entrada hasta su salida. Esta información permite la identificación de tiempos de procesamiento, posibles cuellos de botella existentes y evaluación de la eficiencia por cada estación de trabajo [7].

El uso de este método de análisis se fundamenta en los principios de la administración científica de Taylor, que promueve la medición sistemática del trabajo como base para optimizar el rendimiento de cada tarea y estación que pertenece al proceso de producción. Este enfoque contribuye de manera significativa a la determinación de parámetros críticos relacionados con el tiempo total de fabricación y recursos utilizados en su proceso [26].

6.6.4. Análisis de Parámetros Críticos en las Líneas de Producción

El análisis de los parámetros críticos permite identificar las variables que condicionan de manera directa la eficiencia, confiabilidad y la continuidad del funcionamiento óptimo de una línea de producción. Los parámetros utilizados de una manera más frecuente son los relacionados con la existencia de fallos en maquinaria, su tiempo de inactividad, tiempos de reparación, la disponibilidad con la que se cuenta, pérdidas de producto producido por paradas no programadas de las actividades [28]. Además del monitoreo en el momento de identificar los parámetros críticos, ayuda a realizar una mejora hacia la efectividad operativa permitiendo la toma de decisiones estratégicas enfocadas hacia una redistribución de cargas de trabajo, rediseño de estaciones de trabajo y una mejora en la planificación de producción [29].

Estos principios son aplicables en el contexto industrial actual ya que mediante los mismos se llega a la identificación de cuellos de botella y la redistribución de carga de trabajo de manera balanceada y apropiada para el personal de labores, de la misma manera ayuda a la realización de trayectorias eficientes para los materiales y productos garantizando que no existan interrupciones innecesarias en el traslado de material ni acumulación de productos en las estaciones de trabajo que impidan el correcto desarrollo de las tareas asignadas hacia cada una de ellas [28].

6.6.5. Utilización de Diagramas de Flujo en la Industria

En el ámbito industrial, el diagrama de flujo constituye una herramienta gráfica fundamental para la representación de procesos productivos de manera lógica, secuencial y estructurada. Su aplicación permite visualizar el recorrido de actividades, operaciones y decisiones dentro de un sistema productivo, facilitando así el análisis, la comprensión y la optimización de

los flujos de trabajo [30]. Orientado hacia el análisis y diagnóstico de plantas industriales, como las líneas de producción esta metodología facilita el levantamiento de información en campo y sirve como soporte para la elaboración de propuestas de reorganización de layout, estandarización de operaciones, etc [24]. A continuación se observa un ejemplo de un diagrama de flujo, el cual cambia su estructura dependiendo de la razón de su uso en la Figura 12.

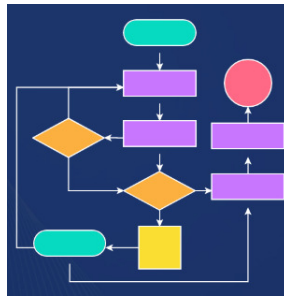


Figura 12. Ejemplo del diagrama de flujo.

6.6.6. Utilización del Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa) Como un Medio Para Evaluación Industrial

Es una herramienta gráfica que comúnmente es empleada para la representación visual de posibles causas que generan un problema específico dentro de un sistema productivo. Su objetivo está centralizado en identificar la raíz del problema mediante un enfoque estructurado que facilite las decisiones a tomar para la propuesta de mejora continua. Este modelo fue desarrollado en la década de 1960 por el profesor Kaoru Ishikawa como parte de los métodos básicos del control de calidad [31]. La estructura del diagrama simula un pez: la cabeza representa el problema detectado, mientras que las espinas laterales agrupan las causas principales y sus subdivisiones [29].

Aplicado al caso de estudio a nivel industrial que es en realizar el diagnóstico de la línea de producción de muebles metalmecánicos, el diagrama de Ishikawa se emplea en el análisis de de causas que provocan deficiencias en las estaciones de trabajo, tiempos muertos y defectos que comprometan la calidad del producto. Por recomendación su aplicación está dirigida hacia la priorización de acciones correctivas en el contexto de una propuesta de mejora continua [31]. A continuación se observa un ejemplo del diagrama Ishikawa en la Figura 13.

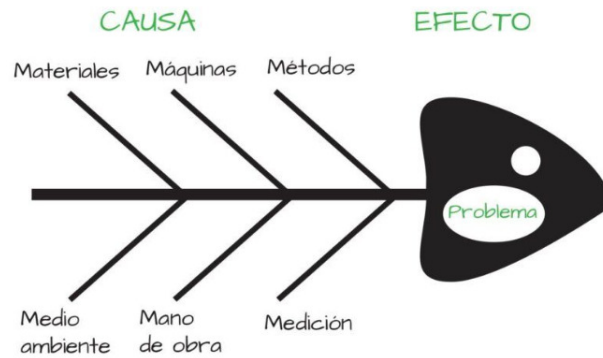


Figura 13. Ejemplo del diagrama de Ishikawa.

6.6.7. Mejora continua en sistemas productivos

La mejora continua en los sistemas productivos se entiende como un enfoque orientado a la optimización progresiva de los procesos mediante la identificación sistemática de ineficiencias operativas y la aplicación de acciones correctivas sostenibles. En entornos industriales, este enfoque permite incrementar la productividad, mejorar la calidad del producto y fortalecer las condiciones de seguridad, a partir de la estandarización de actividades y el control del desempeño operativo [32].

En líneas de producción manufactureras, como la línea Ferrotecnia objeto de estudio, la mejora continua se sustenta en el análisis del flujo de trabajo, la reducción de tiempos improductivos y la mejora de las condiciones del entorno operativo. La aplicación de herramientas estructuradas, el uso de listas de verificación, favorece la organización del puesto de trabajo, el control de la maquinaria crítica y la identificación temprana de desviaciones que afectan el rendimiento del sistema productivo [33].

Desde una perspectiva metodológica, la mejora continua se concibe como un proceso cíclico que integra diagnóstico, planificación, propuesta para su implementación y evaluación posterior, permitiendo que las acciones de mejora se adapten a las condiciones reales de operación. En este contexto, la mejora continua constituye el sustento teórico del plan de mejora propuesto, al respaldar la implementación de acciones orientadas a optimizar el desempeño productivo, reforzar la seguridad industrial y asegurar la sostenibilidad de los resultados en la línea de producción analizada [34].

6.6.8. Herramientas de control operativo y estandarización

Las herramientas de control operativo permiten estandarizar las actividades productivas y reducir la variabilidad en la ejecución de los procesos industriales. Entre estas herramientas, los checklists constituyen un mecanismo práctico para verificar el cumplimiento de condiciones operativas y de seguridad antes, durante o después de la operación de equipos, especialmente en entornos productivos con maquinaria crítica [33].

En líneas de producción industriales, como la línea Ferrotecnia objeto de estudio, el uso de listas de verificación contribuye a la detección temprana de fallas, la identificación de condiciones inseguras y la uniformidad en la ejecución de tareas, reduciendo la dependencia de la experiencia individual del operador. Asimismo, los checklists facilitan la generación de información objetiva y repetible, útil para el control del proceso y la toma de decisiones en acciones de mejora [34].

Desde el punto de vista normativo, la aplicación de checklists se alinea con lo establecido en el Decreto Ejecutivo 2393, el cual dispone que los equipos de trabajo deben mantenerse en condiciones seguras y no deben operar cuando presenten defectos que representen riesgos laborales. En ausencia de procedimientos técnicos detallados en la normativa nacional, en el contexto ecuatoriano se adoptan como referencia las Notas Técnicas de Prevención (NTP) de origen español, ampliamente utilizadas por su rigor técnico y compatibilidad con los principios de seguridad y salud ocupacional vigentes en el país [35].

En este contexto, los checklists se constituyen en una herramienta de estandarización y control preventivo que respalda técnicamente la propuesta de mejora planteada para la línea de producción evaluada [17].

6.6.9. Seguridad y salud en el trabajo en procesos productivos

La seguridad y salud en el trabajo en los procesos productivos tiene como finalidad prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales, garantizando condiciones seguras de operación y la continuidad del sistema productivo. En entornos industriales, los riesgos derivados del uso de maquinaria, la manipulación de materiales y las condiciones del ambiente de trabajo requieren una gestión preventiva integrada al proceso productivo [24].

La normativa ecuatoriana, a través del Decreto Ejecutivo N.º 255, establece la obligación de identificar peligros, evaluar riesgos e implementar medidas de control técnico, organizativo y formativo en los puestos de trabajo. Asimismo, dispone que la seguridad y salud en el trabajo debe incorporarse como un elemento transversal en la gestión empresarial, vinculando la prevención de riesgos con el desempeño operativo [34].

En este contexto, la seguridad en los procesos productivos se relaciona con la correcta operación de los equipos, la señalización de riesgos, el uso adecuado de equipos de protección personal y la capacitación del personal operativo. El Acuerdo Ministerial MDT-2025-122 refuerza este enfoque preventivo, promoviendo la participación de empleadores y trabajadores en la aplicación de medidas de control acordes a las características del proceso productivo [36].

6.6.10. Capacitación del personal como factor de mejora operativa

La capacitación del personal es un factor determinante en la mejora operativa de los sistemas productivos, ya que permite desarrollar competencias técnicas y preventivas que aseguran la correcta ejecución de las actividades laborales. En entornos industriales, una adecuada formación del trabajador contribuye a la reducción de errores operativos, al uso correcto de la maquinaria y al cumplimiento de los procedimientos establecidos [34].

Desde el enfoque normativo, la legislación ecuatoriana establece que el empleador debe proporcionar capacitación en seguridad y salud en el trabajo, y que los trabajadores no deben desempeñar actividades para las cuales no hayan sido previamente instruidos. En este sentido, la capacitación se reconoce como una medida preventiva que favorece la identificación de riesgos y la aplicación de buenas prácticas operativas [36].

En consecuencia, la capacitación del personal se integra como un componente clave del plan de mejora propuesto, al fortalecer la estandarización de las operaciones, mejorar el desempeño productivo y contribuir a la sostenibilidad de las acciones implementadas en la línea de producción analizada [33].

7. Metodología

Este trabajo de titulación adoptó un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). En su dimensión cualitativa, se centró en comprender los procesos actuales dentro de la línea de producción, observando la organización de los materiales, la distribución de la planta, la estandarización de procesos y el mantenimiento de los equipos. Su realización se llevó a cabo mediante observaciones directas, entrevistas a operarios y personal técnico, y el análisis de la documentación interna. En esta fase, se recopiló el conocimiento experto del personal de la planta [37].

7.1. Diagnóstico de la situación actual en la línea de producción de muebles ferrotecnia.

Es de vital importancia el análisis del contexto actual en el que se encuentra la línea de producción para la identificación de parámetros críticos que intervienen en el rendimiento del proceso. Para una mejor comprensión acerca de la producción de muebles metalmecánicos se realiza varias tareas que comparten el mismo objetivo que es determinar la situación real en la que se encuentran las instalaciones de producción [29].

7.1.1. Identificación de Procesos que se Desarrollan en la Línea de Producción Ferrotecnia

Con el enfoque hacia la comprensión detallada sobre el funcionamiento de la línea de producción se realizó el reconocimiento mediante observación directa en planta complementándolo con las entrevistas hacia el personal, mediante este procedimiento se identificaron los procesos que se desarrollan, tanto sus actividades como las estaciones de trabajo. A través de este análisis fue posible reconocer la secuencia lógica de las operaciones desde el inicio de la producción hasta el despacho del producto terminado [10].

La recopilación estructurada de esta información constituye la base hacia la elaboración de un diagrama de flujo que represente de manera clara y técnica el procedimiento seguido dentro de la planta de producción. Este diagrama es clave para identificar las posibles redundancias, cuellos de botella y oportunidades de mejora, la visualización del proceso mediante diagramas permite una mejor comprensión acerca de la estructura del flujo productivo [38]. A continuación se presenta el diagrama de flujo de los procesos realizados en planta en la Figura 14.

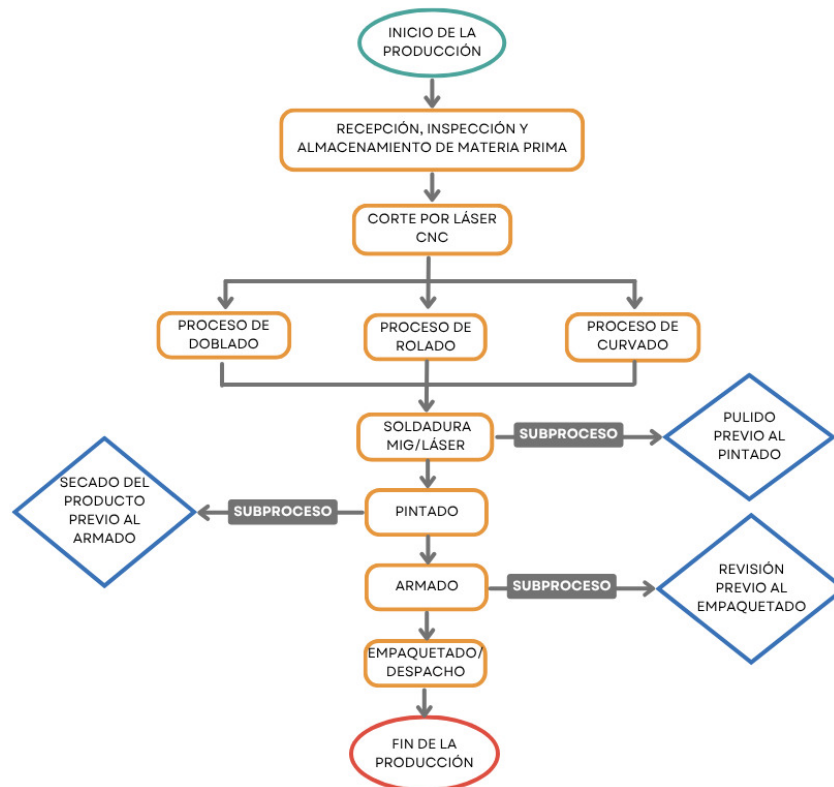


Figura 14. Diagrama de Flujo de los procesos que se realizan en la línea de producción Ferrotecnia

El proceso productivo interno se desarrolla a través de una secuencia estructurada de operaciones distribuidas en diversas estaciones especializadas. Como se identificó en el diagrama de flujo anterior, el ciclo de fabricación inicia con la recepción de la materia prima, inspección y almacenamiento de la misma, seguida por corte CNC mediante tecnología Láser. Posteriormente, el material cortado se traslada a zonas de doblado, rolado o curvado, esto depende del diseño y especificaciones de cada producto. Estas piezas continúan el proceso integrándose en la estación de soldadura, continuando con el subproceso de pulido para seguir con el proceso de pintado y secado. Finalmente los productos son ensamblados, verificados, empaquetados y despachados, completando así el ciclo productivo [10]. A continuación se explica con mayor detalle el proceso de producción conjuntamente con las actividades realizadas en cada estación de trabajo, lo cual facilita la identificación de subprocesos clave y posibles puntos críticos [5].

7.1.1.1. Estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima

La primera estación del proceso productivo tiene lugar en la estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima. La estación cumple una función crítica dentro del flujo de producción, ya que asegura la trazabilidad y conformidad técnica de los insumos antes de su incorporación al proceso de fabricación [10]. Una correcta verificación en esta etapa evita reprocesos asegurando la calidad de producto final [29]. Las actividades a cumplirse en esta estación son las siguientes:

- Recepción de la materia prima y su colocación en un lugar adecuado para que se pueda continuar con la siguiente actividad.
- Verificación documental corroborando las cantidades, dimensiones y especificaciones técnicas establecidas en las órdenes de compra por parte del departamento de Compras y Ventas.
- Inspección visual y dimensional con el objetivo de detectar posibles fallos físicos, corrosión o deformaciones. En esta actividad se garantiza la calidad de la materia prima y si se detectan disconformidades se procede a la devolución del material al proveedor responsable.
- Almacenamiento temporal de la materia prima en los lugares designados para cada uno de ellos en estanterías clasificadas con el fin de evitar el deterioro de las mismas.

Como parte de la inspección visual se realiza la identificación del área de recepción, inspección y almacenamiento que cuenta con el espacio para realizar la descarga de material, inspección visual directa de los perfiles y chapa metálica; así como, su clasificación como materiales aptos o no aptos y el posterior almacenamiento de materia prima cuyo uso será a corto plazo como se muestra en la Figura 15 [39].



Figura 15. Vista general del área de recepción de materia prima, conjuntamente con la zona de inspección visual y el espacio de almacenamiento clasificado como uso a corto plazo.

De la misma manera se identifica la zona de almacenamiento de materia prima cuyo uso será a mediano y corto plazo como se observa a continuación en la Figura 16 .



Figura 16. Vista frontal de la zona de almacenamiento de materia prima cuyo uso se realiza a mediano y largo plazo dentro de los procesos productivos.

7.1.1.1.1. Análisis de la Estación de Recepción, Inspección y Almacenamiento de Materia Prima

Como se observa en la Figura 17, se observa el diagrama de Ishikawa destinado para la evaluación de la estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima, en el cual se identifican y clasifican las principales causas que generan demoras en el flujo de producción y errores de calidad [37]. Dichas causas se agrupan en las categorías de materiales, personal, métodos, maquinaria, medición y medio ambiente, permitiendo visualizar de manera estructurada las deficiencias asociadas a la gestión de materiales, la capacitación del personal, la ausencia de procedimientos estandarizados, limitaciones operativas y condiciones del entorno de trabajo. Este análisis facilita la identificación de las causas raíz y constituye la base para el planteamiento de acciones de mejora orientadas a optimizar los procesos de inspección y almacenamiento [17].

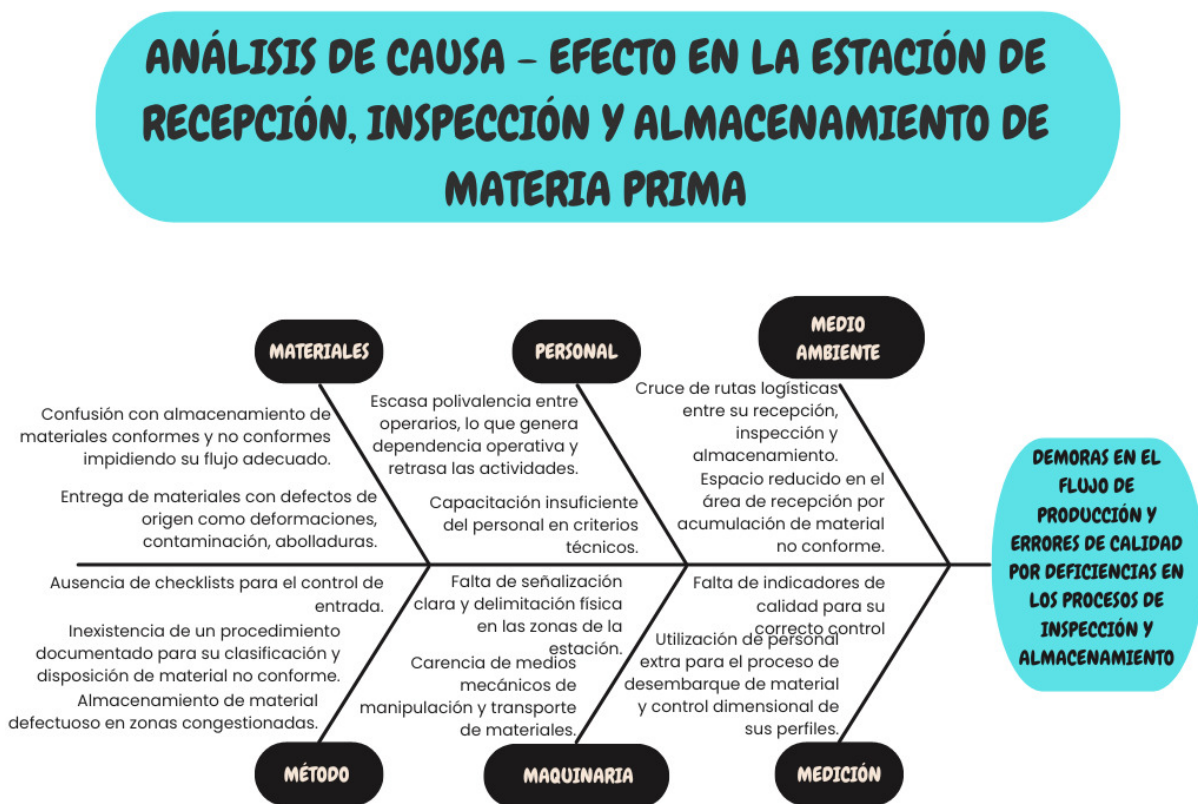


Figura 17. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima.

El análisis mediante el diagrama de causa-efecto evidenció que uno de los principales problemas en la estación de recepción e inspección es la falta de delimitación visual y física del espacio, lo que provoca que el material no conforme sea ubicado sobre las rutas de tránsito del personal y de flujo de materiales, generando desorden y riesgos operativos [31]. Además, se identificó una baja disponibilidad de personal capacitado, lo que obliga a destinar más operarios a tareas de descarga y clasificación, afectando la eficiencia del proceso. Esta situación refleja la necesidad de establecer zonas claramente señalizadas, procedimientos estandarizados y capacitación técnica específica, para garantizar una operación fluida, segura y controlada desde el inicio del flujo productivo [15].

7.1.1.2. Estación de Corte CNC por tecnología láser

En la estación de corte por láser se realizan los cortes de piezas metálicas que servirán para el desarrollo idóneo de la producción, las actividades realizadas en esta estación son las siguientes:

- Revisión de la orden de producción especificadas en la planificación semanal otorgada al personal que trabaja en la estación de corte, aquí se especifica la cantidad y número de piezas que se deben realizar en cada turno [35].
- Traslado de material desde la bodega hasta la máquina CNC con el objetivo de ejecutar los cortes programados conforme a las especificaciones de la orden de producción [19].
- Colocación del material sobre el área de corte de la máquina CNC [18].
- Calibración de la máquina de acuerdo a los requerimientos establecidos en la (O.P.) [25].
- Ejecución del corte según las dimensiones programadas en el archivo CAM cargado en el sistema CNC, asegurando la precisión de las geometrías requeridas [40].
- Cada que se realiza un cambio en el material o el diseño de corte, se verifica las medidas previo a continuar con el proceso de corte con el resto del material [17].
- Finalizado el proceso de corte, se lleva a cabo una inspección visual y dimensional para verificar la calidad superficial, la exactitud geométrica y la ausencia de rebabas o deformaciones térmicas [29].
- Almacenamiento de las piezas terminadas a un costado de la zona de trabajo para una mejor distribución del espacio [6].

Como parte de la identificación visual de la estación de trabajo se obtiene la siguiente información:

- A continuación se aprecia de manera clara el área que ocupa la maquinaria CNC para desarrollar el trabajo de corte en la Figura 18.



Figura 18. *Vista general de la máquina de corte láser CNC en operación*

- Se observa a operarios cumpliendo con su labor dentro del área de Corte Láser CNC en la Figura 19.



Figura 19. *Estación de trabajo de corte láser CNC en el cual se encuentran 3 operarios realizando inspección visual y dimensional de los perfiles metálicos posteriores al corte. Esta actividad es fundamental para asegurar que las piezas cumplan con las especificaciones establecidas en la (O.P.)*

7.1.1.2.1. Análisis de la Estación de Corte Láser por CNC.

Con el propósito de identificar las causas que generan deficiencias en el desempeño de la estación de corte láser por CNC, se aplica el diagrama de Ishikawa como herramienta de análisis causa–efecto tal como se observa en la Figura 20. Esta herramienta permite estructurar y visualizar de manera sistemática los factores que influyen en la aparición de errores dimensionales, reprocesos y demoras en el flujo de producción, agrupándolos en categorías como materiales, mano de obra, métodos, maquinaria, medición y medio ambiente [14]. En este contexto, el análisis facilita la identificación de fallas asociadas a la calidad de la materia prima, la programación y operación del equipo CNC, la ausencia de criterios estandarizados de inspección, así como condiciones inadecuadas del entorno de trabajo, constituyéndose en la base para la definición de acciones de mejora orientadas a optimizar la precisión del corte y la eficiencia operativa del proceso [17].

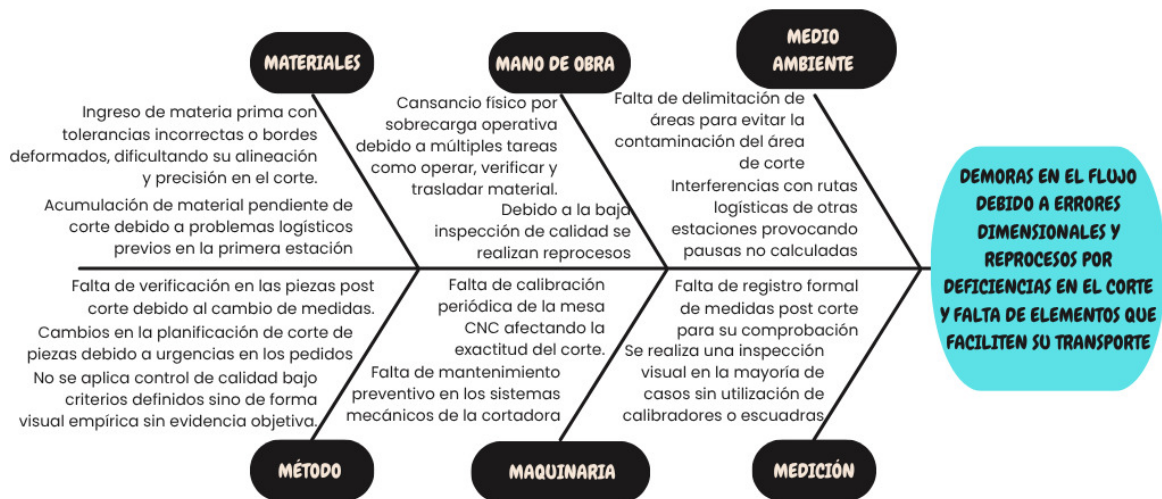


Figura 20. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de corte láser por CNC.

El análisis del diagrama Ishikawa en la estación de Corte CNC por láser evidenció que uno de los principales problemas es la generación de reprocesos por cortes mal dimensionados, lo cual obliga a devolver piezas desde la estación de soldadura por presentar deficiencias en las juntas de ensamble. Esta situación refleja la ausencia de controles dimensionales rigurosos tras el corte [31]. Además, se identificó una sobrecarga operativa sobre el encargado de corte, quien debe distribuir manualmente el material cortado sin contar con herramientas logísticas adecuadas, lo que reduce la eficiencia y eleva el riesgo físico. Estos hallazgos indican la necesidad de implementar protocolos de validación dimensional, mejorar el soporte logístico y redistribuir las responsabilidades operativas, a fin de optimizar el rendimiento de esta estación clave del proceso productivo [19].

7.1.1.3. Estación de Doblado

En la estación de doblado las primeras operaciones de transformación plástica sobre el material metálico, mediante procesos de doblado o plegado con maquinaria hidráulica especializada. Este proceso es fundamental para otorgar rigidez y geometría a las piezas, lo cual influye directamente en el ensamblaje y comportamiento estructural del mueble metálico final [41]. En esta estación se realizan las siguientes actividades:

- Traslado del material desde la estación de corte hasta la estación de doblado, dependiendo de la orden de trabajo el material cortado se lo lleva a las estaciones necesarias como (Doblado, Rolado o Curvado), esto es previo a llevar el material a la estación de soldadura.
- Ajuste de la máquina dependiendo de la geometría de las piezas sobre las cuales se necesita realizar los dobleces o plegados [17].
- Colocación del material en la zona de trabajo de la máquina previo a realizar el trabajo [19].
- Realización de los dobleces necesarios sobre las piezas[18].
- Verificación de la calidad final de las piezas previo a su almacenamiento [4].
- Almacenamiento de las piezas terminadas a un costado de la zona de trabajo para una mejor distribución del espacio ya que su área es pequeña [25].
- A continuación se presenta una vista completa de la estación de doblado, donde se distinguen claramente la prensa plegadora hidráulica, la zona de almacenamiento temporal

del material ya trabajado y la mesa que disponen para preparar el material y definir dimensiones del plegado en la Figura 21 [41].



Figura 21. Vista general de la estación de doblado conjuntamente con la maquinaria especializada en este procedimiento.

7.1.1.3.1. Análisis de la Estación de Doblado.

Con el fin de identificar las causas que originan errores dimensionales, reprocesos y dificultades en el flujo productivo dentro de la estación de doblado, se aplica el diagrama de Ishikawa como herramienta de análisis causa-efecto representado en la Figura 22. Esta metodología permite organizar de manera sistemática los factores que influyen en el desempeño del proceso, clasificándolos en categorías como materiales, mano de obra, métodos, maquinaria, transporte y medio ambiente [31]. En este contexto, el análisis facilita la identificación de fallas asociadas a la desalineación de piezas provenientes de procesos previos, deficiencias en la interpretación de planos, ausencia de validaciones posteriores al doblado, limitaciones del área de trabajo y falta de apoyo logístico, constituyéndose en la base para la definición de acciones de mejora orientadas a optimizar la precisión del doblado, reducir reprocesos y mejorar el control del proceso [19].

ANÁLISIS DE CAUSA – EFECTO EN LA ESTACIÓN DE DOBLADO



Figura 22. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de doblado.

El análisis evidenció que la estación de doblado presenta limitaciones importantes, principalmente por el espacio reducido y mal delimitado, lo que dificulta la operación y el transporte de piezas. Se identificó también la falta de mantenimiento preventivo en la prensa hidráulica, lo que afecta la precisión del proceso. Además, la ausencia de procedimientos estandarizados, la capacitación insuficiente del personal y la falta de herramientas logísticas para movilizar material generan retrasos, errores dimensionales y sobrecarga operativa, comprometiendo la eficiencia y calidad en esta etapa del proceso productivo [28].

7.1.1.4. Estación de Rolado

En la estación de rolado se lleva a cabo el proceso de transformación de perfiles y planchas metálicas en geometrías curvas o semicirculares, de acuerdo con los requerimientos especificados en la Orden de Producción (O.P.). Este proceso requiere una alta precisión operativa, ya que los parámetros de rolado están directamente relacionados con la funcionalidad estructural del mueble y las propiedades mecánicas del material trabajado [41]. A continuación se detalla las actividades que se realizan en esta estación:

- Traslado del material desde la estación de corte hasta la estación de rolado, dependiendo de la orden de trabajo el material cortado se lo lleva a las estaciones necesarias como (Doblado, Rolado o Curvado), esto es previo a llevar el material a la estación de soldadura [10].
- Calibración de la maquinaria dependiendo del espesor y radio deseado en el material, ajustes técnicos de la separación entre rodillos, velocidad de alimentación y determinar el número de pasadas necesarias [35].
- Colocación del material en la zona de trabajo de la máquina para realizar el rolado requerido [19].
- Realización del rolado requerido por la orden del trabajo [17].
- Verificación de la calidad final de las piezas previo a su almacenamiento [25].
- Almacenamiento de las piezas terminadas a un costado de la zona de trabajo para una mejor distribución del espacio [6].
- La estación comparte espacio con la estación de corte láser y con doblado, es aquí donde se desarrolla el procedimiento de rolado de chapa metálica como se muestra en la Figura 23 [14].



Figura 23. Vista general de la estación de rolado y disposición del área de trabajo con el material a trabajar.

7.1.1.4.1. Análisis de la Estación de Rolado

Para evaluar las deficiencias operativas presentes en la estación de rolado, se emplea el análisis causa-efecto como herramienta para identificar los factores que influyen en la pérdida de tiempo operativo, la variabilidad dimensional y el riesgo durante la manipulación del material, tal como se indica en la Figura 24 [31]. Este enfoque permite relacionar las fallas del proceso con aspectos asociados a la calidad del material de entrada, la ausencia de criterios de estandarización, limitaciones del equipamiento, carencias en el soporte operativo y deficiencias en la organización del área. El análisis resultante proporciona una base técnica para el planteamiento de acciones de mejora orientadas a optimizar el centrado y curvado del material, mejorar la eficiencia del proceso y reducir riesgos operativos [14].



Figura 24. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de rolado.

El análisis evidencia que la estación de rolado presenta problemas operativos por falta de estandarización en el ajuste del equipo y verificación del curvado, así como por la ausencia de mantenimiento preventivo, lo que compromete la precisión del radio. El espacio de trabajo es reducido y no está delimitado, dificultando la manipulación segura del material e interfiriendo

con estaciones adyacentes como corte y doblado [31]. Además, el operario asume tareas de transporte sin apoyo logístico, debido a la falta de carros o herramientas adecuadas, lo que incrementa su carga y reduce la eficiencia del proceso. Estos factores afectan directamente la calidad del rolado, provocan reprocesos y ralentizan el flujo productivo [42].

7.1.1.5. Estación de Curvado

En esta estación se realiza el proceso de curvado de perfiles metálicos lineales, transformándolos en componentes con radios específicos mediante la aplicación controlada de fuerza a través de maquinaria hidráulica especializada. Este procedimiento se lleva a cabo conforme a los requerimientos geométricos definidos en la Orden de Producción (O.P.), siendo crítico para garantizar la compatibilidad dimensional de los componentes ensamblados [19]. A continuación se detallan las actividades a realizarse en esta estación:

- Traslado del material desde la estación de corte hasta la estación de curvado, dependiendo de la orden de trabajo el material cortado se lo lleva a las estaciones necesarias como (Doblado, Rolado o Curvado), esto es previo a llevar el material a la estación de soldadura [41].
- Ajuste de la máquina curvadora para configurar parámetros como ángulo de curvatura, distancia entre puntos de apoyo y espesor del material, asegurando que la deformación esté dentro de los límites elásticos y plásticos admisibles [17].
- Colocación precisa del perfil sobre la matriz de curvado, garantizando la alineación respecto al eje de deformación para evitar desplazamientos o deformaciones asimétricas [10].
- Ejecución del proceso de curvado mediante avance controlado del émbolo hidráulico, verificando visualmente que no se generen pliegues, agrietamientos ni deformaciones no deseadas [35].
- Almacenamiento de las piezas terminadas a un costado de la zona de trabajo para una mejor distribución del espacio [19].
- Se presenta la maquinaria hidráulica instalada en la estación de curvado dentro de la planta de producción. Este equipo automatizado permite el curvado preciso de tubos y perfiles metálicos mediante control numérico computarizado, garantizando geometrías

definidas conforme a los parámetros establecidos en la (O.P.) como se muestra en la Figura 25 [29].



Figura 25. *Maquinaria curvadora CNC previo a iniciar operaciones dentro de la estación de curvado.*

- Se observa a un operario ejecutando el proceso de curvado de un tubo cuadrangular utilizando la maquinaria CNC, el operador interactúa con el panel de control HMI, donde se programan los parámetros operativos como el ángulo de curvatura, el radio interior y la secuencia de movimientos como se indica en la Figura 26 [35].



Figura 26. *Operario ejecutando el proceso de curvado en maquinaria CNC.*

7.1.1.5.1. Análisis de la Estación de Curvado

Con el objetivo de analizar las desviaciones geométricas y las ineficiencias operativas presentes en la estación de curvado, se desarrolla un análisis de causa-efecto que permite identificar los factores críticos que influyen en la precisión del ángulo de curvatura y la repetibilidad del proceso como se observa en la Figura 27 [31]. Este análisis relaciona las fallas del proceso con la variabilidad de la materia prima, la dependencia del conocimiento empírico del operador, la ausencia de procedimientos estandarizados, limitaciones del sistema hidráulico y deficiencias en la organización del entorno de trabajo. La identificación de estas causas constituye un insumo técnico fundamental para la definición de acciones de mejora orientadas a reducir errores dimensionales, reprocesos y pérdidas de eficiencia operativa [19].

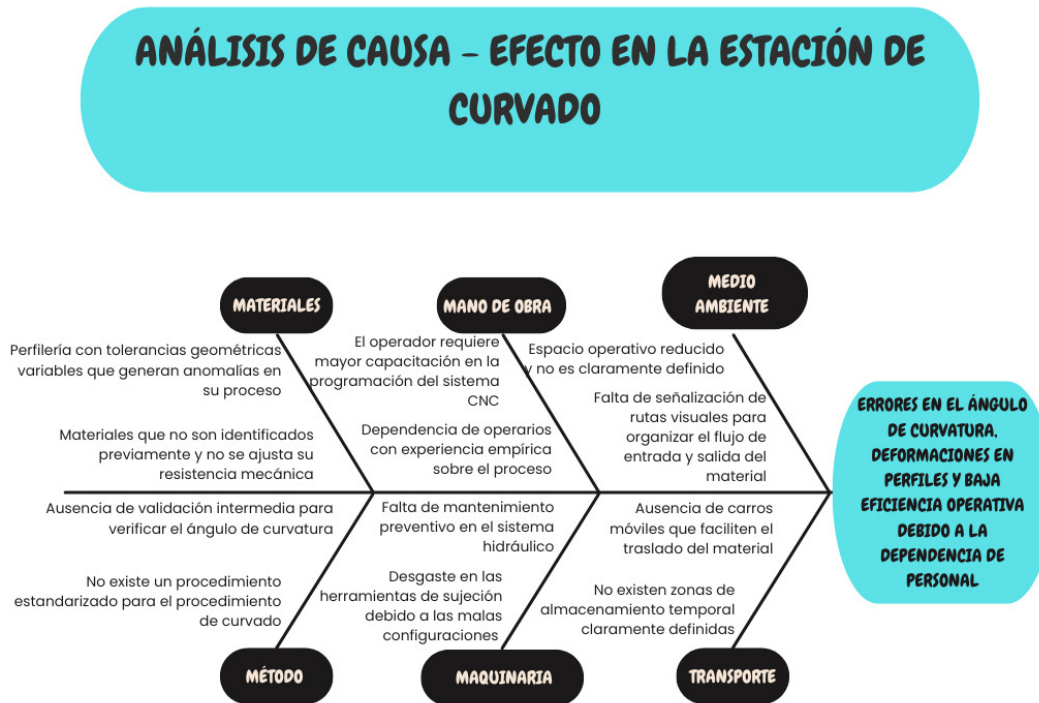


Figura 27. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de curvado.

7.1.1.5.2. Evaluación del Diagrama Causa - Efecto

El análisis del diagrama causa-efecto reveló que la estación de curvado presenta problemas asociados la falta de capacitación técnica suficiente, afectando la correcta programación del

sistema CNC y la validación de resultados. La sobrecarga operativa del operario, quien debe manipular y trasladar manualmente perfiles largos, incrementa los tiempos y riesgos de error.

El espacio reducido y no delimitado dificulta la operación fluida y segura, interfiriendo con estaciones adyacentes. A esto se suma la ausencia de herramientas logísticas de transporte, lo que compromete la ergonomía y la integridad del material. Por último, no se realiza mantenimiento preventivo en la máquina curvadora, lo cual puede afectar la presión hidráulica y la precisión del proceso. Estas deficiencias impactan directamente en la calidad del producto, la productividad y la seguridad operativa [31].

7.1.1.6. Estación de Soldadura

La estación de soldadura constituye una fase crítica en el proceso de manufactura, ya que en esta etapa se ejecuta la unión de los componentes metálicos previamente cortados, plegados, rolados o curvados. Se utilizan tecnologías de soldadura MIG (Metal Inert Gas) y soldadura por láser, seleccionadas en función del espesor, geometría y requisitos estéticos del producto final. Este proceso asegura la integridad estructural y la continuidad física de los elementos que conforman el mueble metálico [19]. Para cumplir con los requerimientos de fabricación se realizan las siguientes actividades:

- Traslado del material desde las estaciones de corte láser, doblado, rolado o curvado, dependiendo de la orden de fabricación es de donde provendrán las piezas hasta llegar a la zona de trabajo de soldadura [28].
- Colocación de plantillas y matrices de fijación para garantizar la repetibilidad dimensional del producto en series de producción [19].
- Ajuste de parámetros de soldadura MIG y láser según el tipo de material, espesor y tipo de unión, estableciendo la corriente, velocidad de avance, gas protector y secuencia de puntos o cordones [17].
- Soldadura por puntos con tecnología MIG, realizada manualmente por el operario, quien alinea y sujeta las piezas antes de fijarlas, asegurando una estructura resistente y conforme al diseño [18].
- Aplicación de cordones de soldadura con tecnología láser, que permite obtener uniones limpias y precisas, con mínima distorsión térmica y alta estética superficial [29].
- Inspección visual y ensayo físico de las uniones soldadas, evaluando resistencia, continuidad, penetración y presencia de posibles defectos [14].

- Pulido de las juntas soldadas para eliminar rebabas, proyecciones o imperfecciones superficiales. En caso de defectos como porosidades, grietas o falta de fusión, se procede al retrabajo de la unión para asegurar la integridad del producto [6].
- Retrabajo en caso de existir anomalías visuales como porosidades, grietas o líneas de soldadura no alineada, de ser el caso el producto es devuelto hacia el puesto de trabajo del operador con el fin de corregir las fallas mecánicas evidentes [25].
- Se muestra la zona en donde se realiza el proceso de pulido, se observan los productos que se encuentran a disposición de realizar dicha actividad. A un costado se encuentran el denominado caballete móvil que es de ayuda para trasladar materiales pesados y delicados dentro de las instalaciones de la planta evidenciando de manera clara la falta de distribución de espacios para cada herramienta, equipo, proceso y almacenamiento de piezas como se indica en la Figura 28 [42].



Figura 28. Zona de pulido de productos metalmecánicos previo a llevarlos a la estación de pintura.

- Se muestra la estación de soldadura y la distribución con la que cuenta para cada uno de los puestos de trabajo de los soldadores, en primer plano se observan los componentes metálicos que están por utilizarse para la continuidad del proceso productivo con demora en su producción y también los equipos complementarios pertenecientes a esta zona como se visualiza en la Figura 29 [39].



Figura 29. *Vista general del área de trabajo de soldadores en la presente estación.*

- A continuación se observa la zona dentro de la estación de soldadura en donde se acumulan los materiales de la producción por temas de cambio en la planificación o almacenamiento previo a llevarlo al proceso de pulido en la Figura 30.

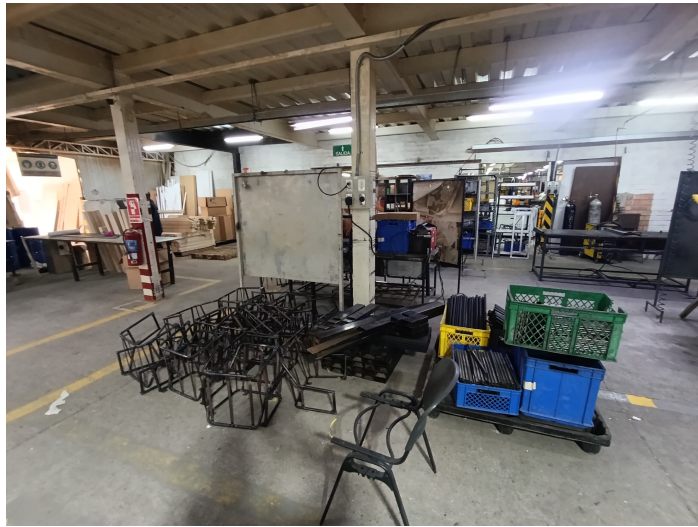


Figura 30. *Zona de acumulación de productos previo a la realización de pulido de los mismos.*

7.1.1.6.1. Análisis de la Estación de Soldadura

Con el propósito de analizar las causas que afectan la eficiencia operativa y la calidad del producto en la estación de soldadura MIG/Láser, se aplica el análisis de causa-efecto

como herramienta para identificar los factores críticos que inciden en la aparición de defectos de soldadura, reprocesos y retrasos en el flujo productivo como se muestra en la Figura 31 [31]. Este análisis permite relacionar las deficiencias del proceso con aspectos asociados a la preparación y manejo de materiales, la carga operativa del personal, la ausencia de controles técnicos posteriores a la soldadura, limitaciones del equipamiento y deficiencias en la organización del área de trabajo. La identificación estructurada de estas causas constituye la base para definir acciones de mejora orientadas a optimizar la calidad de las uniones soldadas, reducir acumulaciones intermedias y mejorar la productividad de la estación [17].

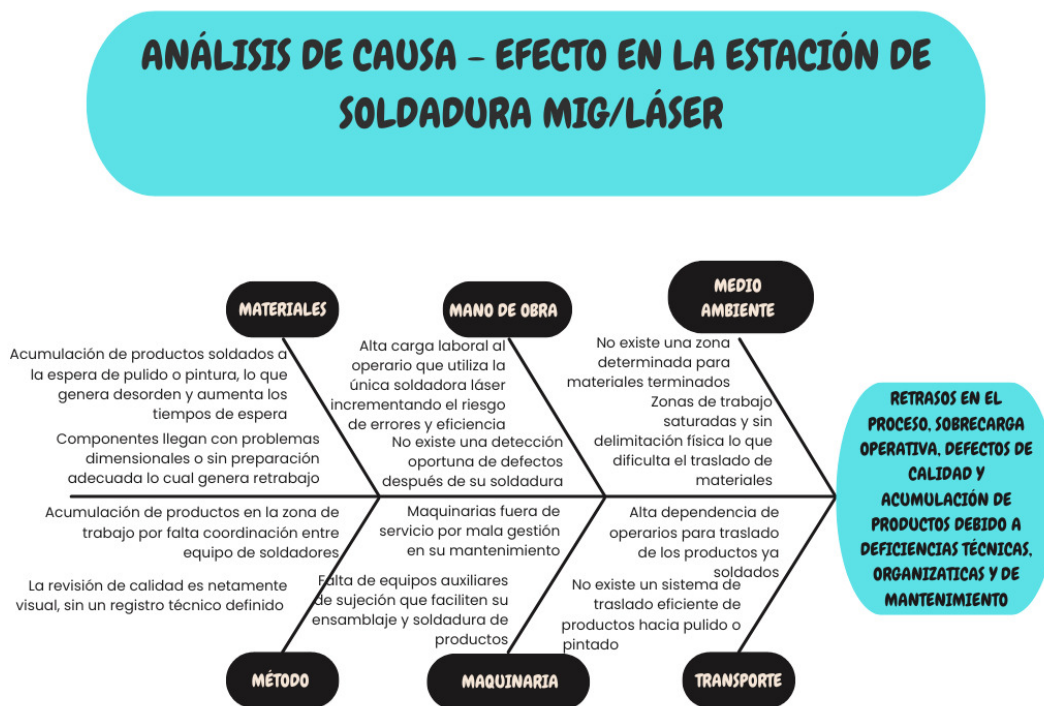


Figura 31. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de soldadura.

El análisis del diagrama causa-efecto reveló que la estación de soldadura presenta serias deficiencias operativas y organizativas, entre las que destaca la sobrecarga laboral del operario de soldadura láser, provocada por la inoperatividad de la maquinaria destinada para soldadura láser y MIG debido a una mala gestión de mantenimiento y reparación. Esto ha generado un cuello de botella que afecta el ritmo de producción [31].

Asimismo, se identificó que no se aplica un control de calidad estandarizado posterior al

proceso de soldadura, ya que la inspección se realiza de manera visual, sin checklist técnico, lo que incrementa la posibilidad de defectos no detectados y retrabajos. También se evidenció una acumulación de productos en el área, causada por la falta de organización y medios logísticos para trasladar oportunamente las piezas hacia las estaciones de pulido y pintura, reduciendo el espacio disponible y generando desorden [39].

7.1.1.7. Estación de Pintado

La estación de pintado representa una fase crítica del proceso productivo, ya que en ella se aplica un recubrimiento con funciones anticorrosivas, estéticas y de protección superficial [38]. El acabado logrado en esta etapa influye directamente en la durabilidad, presentación visual y aceptación comercial del mueble metálico.:

- Lijado superficial del material con abrasivos con distintas granulometrías, según el nivel de preparación superficial requerido (grueso, medio o fino), Este proceso permite eliminar rebabas, óxidos residuales y generar rugosidad controlada, lo cual mejora la adhesión del recubrimiento [35].
- Lavado químico con soluciones desengrasantes específicas, que remueven aceites, grasas y contaminantes superficiales que pueden interferir con la correcta adherencia del recubrimiento [17].
- Secado previo posterior al lavado ya que se necesita que las piezas estén completamente secas. El secado se realiza por convección forzada en una zona con ventilación cruzada o con asistencia de aire caliente, garantizando la completa eliminación de humedad superficial [18].

A continuación se muestra el área designada para la realización de las actividades de preparación de estructuras metálicas previo al proceso de pintado, en esta zona las piezas son almacenadas temporalmente para ser sometidas a inspección física, limpieza y de ser necesario llevarlos a la estación de soldadura para realizar un reproceso con la finalidad de mejorar la calidad visual del producto ya que no deben existir anomalías como abolladuras, rebabas, defectos de soldadura o deformaciones del material como se visualiza en la Figura 32 [42].



Figura 32. Zona de preparación previa al proceso de pintado de piezas metalmecánicas.

- Aplicación de pintura electrostática sobre las superficies metálicas del producto que se encuentra en fabricación, esto se realiza con un aplicador electrostático que carga eléctricamente las partículas de pintura en polvo y las proyecta hacia la superficie metálica. Gracias al principio de atracción electrostática, se logra una cobertura uniforme sobre toda la superficie, incluso en áreas de geometría compleja [35].
- Se observa la cabina de aplicación de pintura electroestática en polvo, esta cabina se encuentra con un sistema de extracción de partículas, iluminación directa, zonas de manipulación con guantes y soportes superiores para colgar los productos a pintar, como se indica en la Figura 33 [17].



Figura 33. Cabina de aplicación de pintura electroestática en polvo.

- Curado térmico en un horno industrial, las piezas son introducidas en un horno de curado con temperatura controlada entre 180°C y 200°C, donde permanecen durante el tiempo estipulado por el proveedor del recubrimiento en polvo, permitiendo la fusión, gelificación y reticulación del polímero [36].
- El horno industrial de curado utilizado para fijar el recubrimiento aplicado mediante pintura electroestática en polvo sobre componente metálicos, al momento de la toma se observa un operario retirando manualmente los productos terminados del interior del horno para ser trasladados a una zona específica para su enfriamiento a temperatura ambiente se muestra en la Figura 34 [17].



Figura 34. *Horno de curado térmico para recubrimiento en polvo y retiro de piezas.*

- Posterior al curado las piezas se retiran del horno y se dejan enfriar a temperatura ambiente en una zona designada la cual esté libre de polvo o partículas que contaminen las superficies metálicas. El enfriamiento se realiza en un área libre de polvo para evitar que partículas se adhieran al recubrimiento recién curado, asegurando la limpieza superficial del acabado [25].
- Inspección visual y control de calidad del acabado final de la pintura, se verifica el color y que el recubrimiento esté en la totalidad del producto y también se verifica la continuidad del recubrimiento, ausencia de poros, contaminaciones, burbujas, desconchados o zonas

sin cobertura. Las piezas defectuosas son identificadas, separadas y retrabajadas bajo protocolo de control de calidad [35].

7.1.1.7.1. Análisis de la Estación de Pintado

Con el objetivo de identificar las causas que afectan la calidad del acabado superficial y la eficiencia del proceso en la estación de pintado, se desarrolla un análisis de causa-efecto que permite evaluar los factores técnicos y operativos involucrados en esta etapa como se visualiza en la Figura 35 [31]. El análisis relaciona los defectos observados en el recubrimiento final con condiciones inadecuadas de las piezas antes del pintado, dependencia de inspecciones visuales, ausencia de controles formales del proceso, limitaciones del equipamiento y deficiencias en la organización del entorno de trabajo [17]. La identificación de estas causas proporciona un soporte técnico para la definición de acciones de mejora orientadas a reducir defectos de pintura, optimizar los tiempos de proceso y mejorar el control y la repetibilidad del acabado final [19].

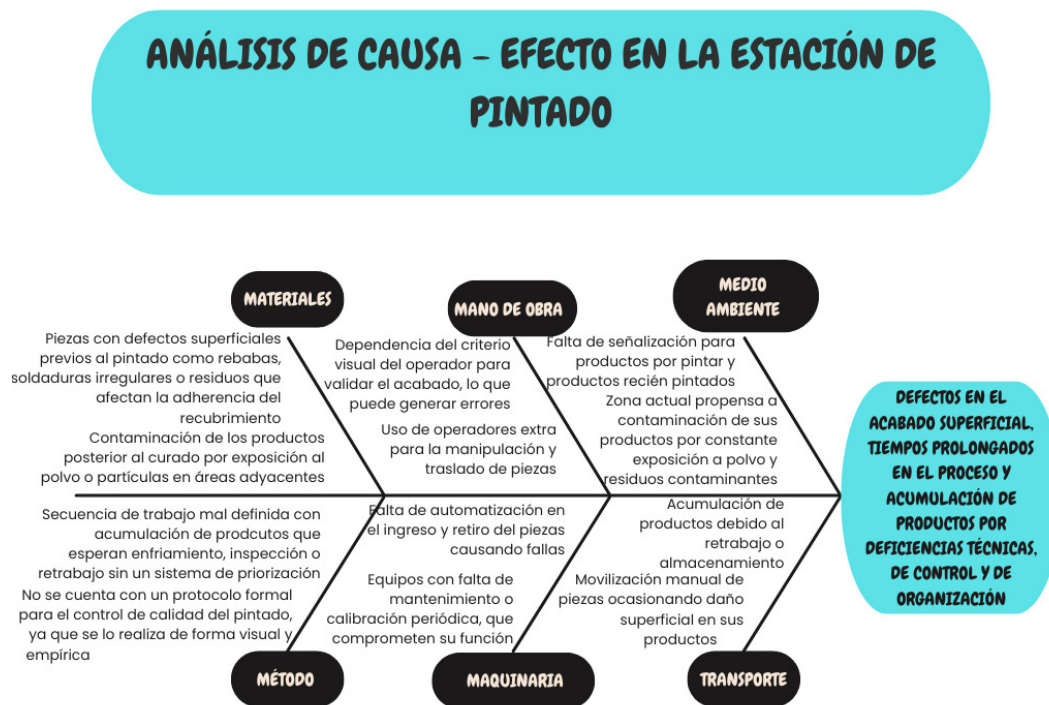


Figura 35. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de pintado.

El análisis del diagrama causa-efecto evidenció que la estación de pintado presenta deficiencias importantes en la estandarización del proceso y el control de calidad, ya que no se utilizan parámetros técnicos ni checklists para validar el acabado. Esto genera variabilidad en los resultados y retrabajos frecuentes. Además, las áreas de preparación, aplicación, curado y enfriamiento no están delimitadas, lo que provoca desorden, acumulación de productos y riesgo de daños en el recubrimiento, especialmente por la manipulación manual de piezas calientes [31].

La operación del horno y cabina de pintura es mayormente manual y sin control digital, lo cual, junto a la falta de mantenimiento preventivo y calibración, afecta la calidad del proceso. También se identificó que el personal carece de capacitación técnica específica, y no cuenta con herramientas logísticas adecuadas para el traslado de piezas, lo que incrementa la carga de trabajo y los tiempos improductivos. Estas condiciones impactan directamente en la durabilidad, apariencia y eficiencia del recubrimiento final, por lo que requieren una intervención integral [39].

7.1.1.8. Estación de Armado, Empaquetado y Despacho

La estación de armado, empaquetado y despacho representa la etapa final del proceso de fabricación, donde se integran físicamente los componentes procesados en estaciones anteriores para conformar un producto terminado. En esta fase se ejecutan tareas de verificación dimensional, ensamblaje de accesorios, protección del producto para su transporte y validación documental de salida. Este conjunto de actividades garantiza que el mueble metálico cumpla con los requisitos funcionales, estéticos y logísticos exigidos por el cliente o distribuidor [39].

Se identifica el área de ensamblaje y preparación final de productos donde se integran los componentes metálicos previamente procesados. Se observa la distribución del espacio ocupado con los materiales necesarios para la realización del empaquetado de productos, conjuntamente con uno de los operadores encargados de las tareas en esta estación en la Figura 36 [5].



Figura 36. *Vista general de la estación de armado, empaquetado y despacho.*

Este proceso se lo lleva a cabo con el cumplimiento de las siguientes actividades:

- Remoción de residuos sólidos, partículas de polvo o rebabas mediante aire comprimido, paños secos y limpieza manual, a fin de asegurar que las superficies estén libres de contaminantes antes del ensamblaje final y la inspección [10].
- Montaje de componentes finales como asientos, uniones atornilladas, tapas, soportes o elementos plásticos, los cuales completan la funcionalidad y apariencia del producto. Esta operación se ejecuta conforme a planos de ensamble y especificaciones técnicas [19].
- Inspección visual detallada del producto ensamblado para detectar rayaduras, defectos de pintura, abolladuras o fallas funcionales. Si se identifica algún defecto, el producto es devuelto a la estación correspondiente para su corrección antes del empaquetado [18].
- Colocación de protecciones en zonas vulnerables mediante láminas de Polispan o foam, especialmente en esquinas y bordes expuestos, para mitigar daños por impacto durante la manipulación o transporte [43].
- Instalación de tapas plásticas y esquineros rígidos como protección mecánica adicional frente a posibles golpes o deformaciones. Este embalaje contribuye a preservar la estética y funcionalidad del producto [4].

- Embalaje final del producto con film plástico termoencogible o stretch film, el cual mejora la impermeabilidad frente a polvo y humedad, estabiliza el producto durante su traslado y facilita su manipulación en centros logísticos [17].
- Verificación de cantidades mediante checklist, seguido del registro del lote y liberación del producto conforme al cronograma de entrega. Se procede al despacho solo si el producto cumple con las condiciones de calidad requeridas [25].

7.1.1.8.1. Análisis de la Estación de Armado

Con el fin de evaluar las causas que generan retrasos en la salida del producto terminado y reprocesos en la etapa final del proceso productivo, se aplica el análisis de causa-efecto en la estación de armado, empaquetado y despacho como se observa en la Figura 37 [31]. Este análisis permite identificar las deficiencias asociadas a la acumulación de productos con imperfecciones provenientes de procesos anteriores, limitaciones en la disponibilidad de insumos de embalaje, alta dependencia de operaciones manuales, ausencia de controles finales estandarizados y deficiencias en la organización del área de trabajo. La identificación estructurada de estos factores proporciona una base técnica para definir acciones de mejora orientadas a optimizar el control final del producto, reducir tiempos de despacho y mejorar la eficiencia operativa de la estación [17].

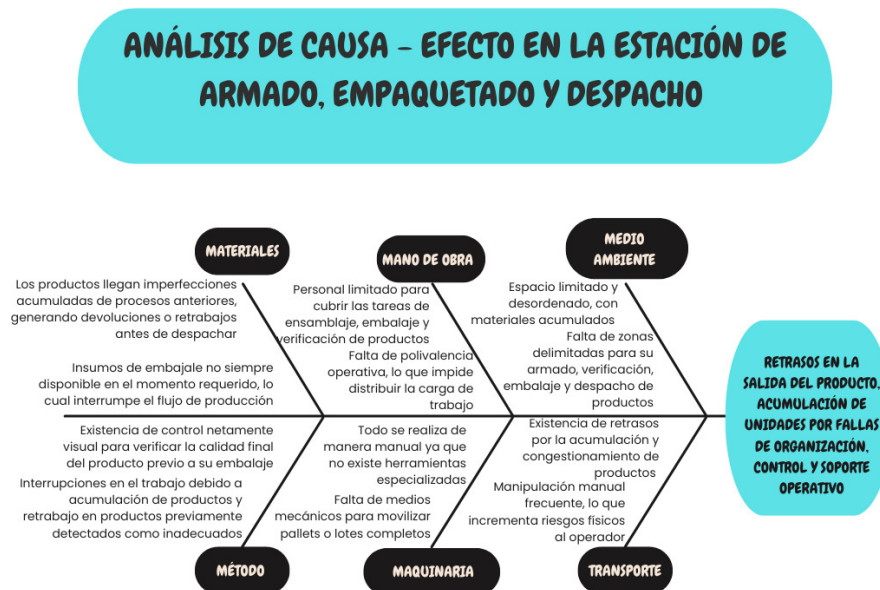


Figura 37. Diagrama Ishikawa aplicado a la estación de armado.

El análisis del diagrama causa-efecto mostró que el principal problema en la estación de armado, empaquetado y despacho es la restricción del espacio físico, lo cual dificulta la ejecución eficiente de las tareas de ensamblaje, embalaje y verificación. La zona es reducida, desorganizada y carece de delimitación clara, lo que genera interferencias entre operarios y materiales, acumulación de productos y desorden operativo [22].

Además, no existen rutas definidas ni medios adecuados para el transporte interno, obligando al personal a movilizar manualmente productos pesados, lo que incrementa el esfuerzo físico y ralentiza la salida del producto terminado. También se ve afectada la distribución de insumos como materiales de protección, que al no estar organizados, provocan pausas y pérdida de tiempo [28].

Estas condiciones reflejan que la falta de espacio funcional y de apoyo logístico es la causa principal de los retrasos y problemas de organización en esta estación, por lo que se requiere una intervención enfocada en mejorar la disposición física, el flujo operativo y los medios de transporte interno [30].

7.1.1.9. Descripción General de la Planta de Producción

La planta de producción presenta una disposición rectangular aproximada de 29,7 m × 24,2 m, organizada según el flujo funcional de fabricación de muebles metálicos. El ingreso de materiales se realiza por el extremo izquierdo, donde se ubican las áreas de recepción y almacenamiento de materia prima, seguidas por las zonas de procesamiento inicial. En el área central se localizan las estaciones de soldadura y pulido, dispuestas en paralelo, mientras que hacia el lado derecho se encuentran las áreas de ensamblaje, armado final y empaque, próximas a la salida de despacho [44]. De manera adyacente se ha destinado un espacio independiente para la futura automatización del proceso de pintura, actualmente dividido entre operaciones manuales de pintado y curado, y el almacenamiento de equipos aún no instalados, cuya implementación depende de la mejora del flujo productivo previo. Finalmente, en la parte inferior del plano se sitúa el área de maquinado, destinada a soporte técnico y fabricación de componentes auxiliares, junto a las oficinas de ingeniería y gerencia, identificándose oportunidades de mejora en las rutas de transporte interno y conexión entre procesos [11].

7.1.2. Método de Trabajo

La metodología seguida en la planta responde a un modelo de producción secuencial por estaciones, donde el flujo de trabajo se organiza de la siguiente manera:

Tabla 1. Análisis del método de trabajo por estaciones funcionales en la línea de fabricación de muebles metálicos.

ETAPA	ACTIVIDAD PRINCIPAL	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Recepción e inspección	Descarga, clasificación y verificación documental y dimensional de materia prima	Personal operativo	Separación de material no conforme y almacenamiento temporal en bodega
Corte CNC	Revisión de la O.P., programación y ejecución del corte láser	Personal operativo	Precisión en geometrías, trazabilidad por orden de producción
Doblado	Ajuste de prensa hidráulica y ejecución de dobleces según espesor y diseño	Personal operativo	Validación de calidad final y redistribución en cestos por geometría
Rolado	Curvado de planchas metálicas mediante roladora de tres rodillos	Personal operativo	Control de radio y separación entre rodillos, almacenamiento post operación
Curvado	Curvado de perfiles y tubos con dobladora hidráulica CNC	Personal operativo	Parámetros ajustados por ángulo, espesor y longitud. Verificación de deformaciones
Soldadura	Ensamble de componentes con soldadura MIG y láser	Soldadores calificados	Aplicación de puntos, cordones, inspección y retrabajo si es necesario
Pintura	Lijado, limpieza, aplicación de pintura electrostática y curado térmico	Equipo de pintura	Sistema en transición hacia automatización. Incluye hornos y cabinas
Armado	Ensamblaje final, verificación de ajustes, limpieza y protección del producto	Operarios de armado	Control dimensional, colocación de accesorios y embalaje intermedio
Empaque y despacho	Embalaje final, rotulado, checklist y liberación para entrega	Personal de logística	Protección con foam, liberación por calidad y salida a cliente

7.1.3. Entrevistas In Situ a Personal Operativo

La realización de un diagnóstico efectivo de la situación actual en la línea de producción ferrotecnia de la empresa Colineal inicia con la aplicación de entrevistas semiestructuradas dirigidas hacia el personal que conforma la línea de producción ferrotecnia que a su vez se encuentran subdivididas en estaciones de trabajo como: Corte Láser, Doblado, Rolado, Soldadura, Pulido, Pintura, Embalaje y Despacho [29]. Esta técnica cualitativa permitió obtener una visión directa acerca de los procesos, identificación de problemas recurrentes y obtención de información que no se encuentra documentada de manera formal y escrita, esto debido a que se obtienen datos de manera detallada sobre experiencias, opiniones y percepciones que serán de utilidad para establecer una base realista sobre el enfoque que debe tener el diagnóstico [39]. El formato de la entrevista fue diseñado con preguntas abiertas, orientadas a la comprensión de los métodos de trabajo existentes, las condiciones laborales bajo las cuales se desempeñaba el personal operativo, sus percepciones técnicas, la planificación del proceso de fabricación y la disposición de cada operador en su estación de trabajo para el desarrollo de sus actividades. Esta herramienta representó un apoyo significativo en la realización del diagnóstico de planta, debido a la obtención de información tanto cuantitativa como cualitativa, necesaria para el análisis del proceso productivo [38].

7.1.3.1. Metodología para la Aplicación Práctica de Entrevistas

Con el objetivo de respaldar el diagnóstico técnico de la línea de producción Ferrotecnia, se aplicó una entrevista dirigida al personal operativo que interviene directamente en los procesos clave de fabricación. Esta herramienta permitió recolectar información valiosa desde la experiencia del trabajador, considerando su conocimiento práctico sobre las condiciones reales de operación, su proceso proceso, uso de maquinaria, distribución del trabajo y sugerencias de mejora [39, 14].

La entrevista se desarrolló en el entorno de trabajo habitual de los operarios, lo cual facilitó la contextualización de sus respuestas y permitió complementar la observación técnica realizada previamente. Los participantes fueron seleccionados por su experiencia acumulada y conocimiento específico en estaciones como soldadura MIG, soldadura láser, pulido, matricería y ensamblaje, lo que garantizó una visión integral del funcionamiento de la línea [6, 23].

A continuación, se presenta la guía de preguntas utilizada en la entrevista aplicada al personal de planta, diseñada con un enfoque semiestructurado para obtener tanto datos cuantificables como percepciones cualitativas relevantes para el diagnóstico del sistema productivo [38].

7.1.3.2. Validación de las Entrevistas

La validación de la entrevista se realizó mediante una revisión técnica del contenido de la guía de preguntas, con el objetivo de asegurar su coherencia, claridad y pertinencia respecto a los procesos analizados en la línea de producción [39]. Para ello, las preguntas fueron contrastadas con los objetivos del diagnóstico y con la información obtenida durante la observación directa de las estaciones de trabajo, verificando que permitieran recopilar datos relevantes sobre condiciones operativas, uso de maquinaria, secuencia de procesos y problemáticas recurrentes [5]. Adicionalmente, la aplicación preliminar de la entrevista a personal con experiencia operativa permitió ajustar la redacción de las preguntas y confirmar su comprensión, garantizando así la consistencia y confiabilidad de la información recolectada [20].

7.1.3.3. Guía de preguntas de entrevista aplicada

La siguiente guía fue utilizada para realizar entrevistas semiestructuradas al personal operativo de la línea de producción Ferrotecnia, con el objetivo de recopilar información técnica y experiencial para el diagnóstico del proceso [23].

1. Datos generales del encuestado:

- a) Nombre completo
- b) Edad
- c) Área de trabajo (Corte Láser, Soldadura MIG, Soldadura Láser, Matricería, Pulido, Armado y Empaquetado)
- d) Cargo específico que desempeña dentro de la línea de producción
- e) Tiempo en el cargo (años y meses)
- f) ¿Ha recibido capacitación para su puesto?
En caso afirmativo, describa brevemente en qué consistió.

2. Condiciones y métodos de trabajo:

- a) ¿Utiliza actualmente matrices o herramientas que faciliten su labor?
En caso afirmativo, describa brevemente.
- b) ¿Con qué frecuencia se presentan fallas o demoras por problemas en equipos?
Comente un ejemplo reciente.

c) ¿Considera que el flujo de trabajo entre áreas (soldadura, matricería, pintura) es eficiente?

Explique por qué.

d) ¿Cuál considera que es el mayor problema o dificultad en su estación de trabajo?

3. Percepciones técnicas y sugerencias:

a) ¿Cree que con un mayor número de soldadores o con mejor organización del trabajo se puede reducir el tiempo total de producción?

Justifique su respuesta.

b) ¿Qué tan adecuado considera el mantenimiento de los equipos?

¿Qué mejoras sugeriría?

c) ¿Qué cambios sugeriría para mejorar el flujo y continuidad en la línea de producción antes del proceso de pintura?

d) ¿Conoce o ha trabajado con alguna propuesta de automatización en el proceso?

e) ¿Estaría dispuesto a capacitarse para trabajar con procesos automatizados?

f) Observaciones adicionales (necesidades, sugerencias, comentarios).

7.1.4. Productos Fabricados en la Línea de Producción de Muebles Ferrotecnia

la línea de producción de muebles Ferrotecnia se especializa en la fabricación de estructuras metálicas utilizadas como soporte o complemento de productos de carpintería y tapicería, esta línea ha sido diseñada para responder de forma flexible a las exigencias del mercado, cumpliendo con criterios de diseño funcional, resistencia mecánica y estética industrial [10].

7.1.4.1. Clasificación de Productos

Los productos fabricados se dividen en dos categorías principales: muebles terminados y semi elaborados, según su nivel de avance dentro del ciclo productivo y su destino final en el proceso de fabricación, por tal motivo los muebles terminados corresponden a productos completos y listos para ser integrados directamente al proceso de ensamble final o entregados al cliente, cumpliendo con especificaciones de diseño, funcionalidad y estética definidas por la empresa o cliente mientras que por otro lado los productos semi elaborados representan componentes o subconjuntos que forman parte de un mueble final, pero que requieren procesos adicionales de integración [10].

A continuación en la Tabla 2 se presenta la clasificación de los productos:

Tabla 2. Clasificación general de los productos fabricados.

Tipo de Producto	Descripción General	Observaciones
Mueble terminado	Muebles metálicos de carga, repisas, consolas, camas y sillas completamente ensamblados y listos para despacho.	Corresponden al producto final del proceso productivo.
Producto semi elaborado	Estructuras metálicas, bases, soportes y componentes parciales destinados a procesos posteriores de ensamblaje o integración.	Requieren operaciones adicionales antes de convertirse en producto terminado.

7.1.4.2. Selección de Productos con Mayor Frecuencia de Fabricación

Considerando la diversidad del portafolio productivo de la empresa, se optó por seleccionar un subconjunto representativo de productos que serán objeto del análisis técnico. Esta decisión responde tanto a las restricciones operativas como al tiempo disponible para el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, se priorizó trabajar con productos que presentan mayor recurrencia en su fabricación, ya que estos permiten un mejor control de los procesos asociados [44].

Este enfoque metodológico facilita la focalización del estudio en productos cuya alta frecuencia de producción y adecuada documentación técnica interna garantizan la recolección de datos confiables [39]. Con base en este criterio, se identificó un grupo de productos clave cuya evaluación permitirá realizar un diagnóstico oportuno y representativo del funcionamiento de la línea de producción Ferrotecnia. Con base en los criterios expuestos, se procedió a la selección de diez productos representativos que permiten un análisis integral de los procesos productivos en la línea Ferrotecnia. Esta selección incluye tanto muebles terminados como productos semi elaborados, lo cual facilita la evaluación de distintas etapas del proceso de fabricación, desde las fases iniciales de transformación hasta la entrega final [42].

En la Tabla 3 se presenta la clasificación de dichos productos según su nivel de elaboración, lo que servirá como referencia clave para el desarrollo del diagnóstico técnico y la propuesta de mejora [4].

Tabla 3. Clasificación de productos seleccionados de la línea Ferrotecnia según su nivel de elaboración.

Producto	Tipo de Producto
MESA DE CENTRO BRAD	SEMI ELABORADO
SILLA MANHATTAN	SEMI ELABORADO
MESA DE CENTRO FRENCH	SEMI ELABORADO
SILLA CLIO	SEMI ELABORADO
BASE BAR LOTUS	SEMI ELABORADO
APARADOR NATUR	MUEBLE TERMINADO
CAMA BATTY	MUEBLE TERMINADO
SILLA CROSS	MUEBLE TERMINADO
SILLA NEREA	MUEBLE TERMINADO
SILLA ARIEL	MUEBLE TERMINADO

7.1.5. Parámetros Técnicos que Intervienen en la Producción

La producción de muebles metalmecánicos está condicionada por parámetros técnicos que inciden directamente en la eficiencia y calidad de su desarrollo. Entre estos se encuentran los tiempos de ciclo, las condiciones operativas de maquinaria, disponibilidad de recursos y su planificación de producción. Según DeGarmo, una correcta identificación y control de variables como tiempos de corte, preparación y procesos productivos en cada estación de trabajo [41]. De la misma manera Kalpakjian y Schmid sostienen que el comprender las condiciones técnicas de manufactura permite optimizar el uso de los recursos de la planta de producción, el análisis de estos parámetros ayudan de manera significativa a diagnosticar los cuellos de botella e identificar puntos de mejora al sistema productivo [19].

7.1.5.1. Tiempo del Ciclo de Producción

El tiempo de ciclo de producción es un indicador clave en la gestión de operaciones, ya que determina el intervalo total que transcurre desde el inicio hasta la finalización de un proceso productivo para una unidad de producto. Esta métrica permite la evaluación sobre la eficiencia del flujo del trabajo, su control contribuye directamente al caso de estudio ya que brinda datos cuantitativos referentes a la duración de cada proceso que se lleva a cabo dentro de la planta [38].

7.1.5.2. Metodología Para la Medición de Tiempos de Producción

Con el propósito de cuantificar con precisión los tiempos de ciclo de los productos seleccionados en la línea de producción Ferrotecnia, se aplicó una metodología basada en la observación directa y en la recolección sistemática de datos mediante el uso de la tarjeta viajera [39]. Esta herramienta fue seleccionada por su eficacia para registrar la trazabilidad del flujo de producción, así como para capturar de manera estructurada la secuencia operativa en cada estación de trabajo [38].

La metodología adoptada se basó en el sistema de gestión por procesos desarrollado por Inga Chalco y Pineda Nauta, adaptado al contexto específico de la línea Ferrotecnia para lograr una mayor precisión en el análisis de tiempos y operaciones [7]. Con el objetivo de incrementar la confiabilidad de los datos y facilitar su análisis posterior, se actualizó el formato original de la tarjeta viajera incorporando mejoras significativas. Estas incluyeron campos adicionales como: identificación del número de trabajadores por estación, número de piezas trabajadas, tipo de medición (tiempo de ciclo, cambio de herramienta) y registro de múltiples repeticiones del proceso [39].

Durante la toma de datos, cada tarjeta fue utilizada a lo largo de todo el ciclo productivo, acompañando a cada uno de los 10 productos seleccionados y registrando los tiempos de trabajo en minutos por estación funcional. Esta estrategia metodológica permitió capturar datos reales y representativos del comportamiento del sistema productivo bajo condiciones normales de operación [10].

La Figura 38 presenta el formato actualizado de la tarjeta viajera utilizada para el registro de tiempos operativos en cada una de las estaciones del proceso productivo. Este formato fue diseñado para facilitar la recolección estructurada y secuencial de datos en función del flujo real de fabricación de los productos [15]. Su implementación permitió capturar de manera detallada y continua los tiempos de inicio y finalización de cada operación, incluyendo observaciones clave, lo que aporta mayor trazabilidad y confiabilidad al análisis técnico. Además, esta herramienta constituye un insumo fundamental para la evaluación de eficiencia, identificación de cuellos de botella y diseño de futuras estrategias de mejora en la gestión de la producción [7].

PRODUCTO:		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS									Fecha análisis	Observador:
ORDEN DE PRODUCCIÓN:											Hora análisis	
No.	Proceso	Número de Trabajadores	Número de Piezas	Punto de medición (máquina / lugar)	TIEMPOS	Tiempos de Cambios de Herramientas o Máquina	1	2	3	4	5	Tiempo Repetido Más Bajo
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							
					HORA INICIO							
					HORA FIN							

Figura 38. Formato actualizado de tarjeta viajera utilizado para la medición de tiempos de producción.

Con el uso de la tarjeta viajera como instrumento de registro, se recopilaban los tiempos de fabricación correspondientes a los diez productos más representativos de la línea de producción Ferrotecnia. Para cada uno de estos productos, se realizaron mediciones en todas las estaciones de trabajo involucradas, desde el inicio del proceso hasta su finalización [10]. Cada hoja de registro contenía entre cinco y ocho muestras por proceso, detallando la hora de inicio y finalización de cada operación ejecutada. Estas mediciones fueron realizadas directamente por los operarios designados y capacitados para llevar un control preciso de los tiempos dentro de la línea de producción. La recolección de datos se efectuó durante el período de 4 meses, respetando la secuencia del flujo productivo, independientemente de si la fabricación del producto se completaba en un solo turno, en jornadas fraccionadas o a lo largo de varios días, hasta culminar con su entrega final. Esta metodología permitió obtener una base de datos representativa y confiable para el análisis de tiempos de ciclo y eficiencia por etapa de producción [13, 17].

La contabilización precisa de los tiempos destinados a la fabricación de cada producto es un factor clave para realizar un diagnóstico eficiente del sistema productivo. Medir y analizar estos tiempos permite identificar desbalances en la carga operativa entre estaciones, detectar cuellos de botella, y evaluar la eficiencia real frente a la capacidad instalada.[5, 29] Una mejora efectiva del proceso parte del conocimiento cuantificable del desempeño actual, lo cual

brinda fundamentos sólidos para la toma de decisiones en cuanto a redistribución de tareas, planificación y optimización de recursos [26]. En este sentido, contar con información fiable sobre la duración de cada etapa productiva no solo aporta al análisis técnico del flujo de trabajo, sino que también permite proyectar mejoras sostenibles en términos de productividad, tiempos de entrega y calidad del servicio [38].

7.1.5.3. Planificación de Producción

La planificación de la producción es una actividad fundamental dentro de la gestión operativa de las empresas manufactureras, ya que permite organizar los recursos, programar las órdenes y satisfacer la demanda bajo condiciones de eficiencia, calidad y cumplimiento. Este procedimiento se realiza porque su propósito principal es coordinar el flujo de materiales, tiempos y capacidades en función de los requerimientos del cliente o del mercado [41]. En la empresa colineal se trabaja bajo una planificación semanal donde resulta clave las secuencias de operaciones, control de inventarios y su efectividad a la hora de entregar pedidos. Según Harrington, una planificación adecuada contribuye directamente a reducir desperdicios y aumentar la competitividad al integrar la información de ingeniería con un flujo ordenado [38].

El formato de planificación operativa empleado por la empresa se estructura considerando criterios logísticos y de programación de producción, definidos de la siguiente manera:

- **Semana de ingreso y salida:** Establece la temporalidad del proceso productivo, especificando desde qué semana se inicia la fabricación del producto hasta la semana prevista de finalización. Esto permite coordinar eficientemente la programación de la producción con los requerimientos de entrega establecidos por logística y planificación [37].
- **Definición de los Productos a Fabricar:** Se identifica claramente el ítem a producir, diferenciando si se trata de un prototipo, un producto estándar o un componente semielaborado. Esta clasificación resulta clave para determinar la ruta de fabricación y los recursos requeridos [18].
- **Cantidad por Lote:** Se especifica el volumen total requerido por producto, lo cual permite dimensionar adecuadamente la carga operativa, estimar los tiempos de producción y calcular el uso de materiales y personal [41].
- **Destino:** Permite identificar el flujo posterior del producto una vez finalizado su proceso de fabricación, estableciendo si será dirigido a prototipado, almacenamiento, facturación o directamente a un pedido de cliente específico [39].

- **Estado de fabricación:** Indica si la orden se encuentra en estado “en blanco”, “liberada” o “cerrada”, proporcionando información crítica para la coordinación del flujo de materiales y la ejecución de actividades dentro del sistema productivo [9].

Este sistema de planificación presenta un enfoque predominantemente manual, lo que lo vuelve susceptible a errores operativos, especialmente por su dependencia de registros físicos o digitales no automatizados. Sin embargo, ha permitido a la empresa mantener un control general sobre su carga de trabajo semanal, ajustando prioridades con base en fechas de entrega, capacidad instalada y requerimientos específicos de los clientes [44].

Dentro de los principales factores considerados en esta planificación semanal se destacan:

- **Concentración de productos semi elaborados (SEM FERRO):** Este elemento evidencia una estrategia de fabricación orientada a la producción por lotes o subconjuntos, lo cual permite una administración más eficiente de recursos y capacidades de producción [14].
- **Pedidos con referencias a prototipos:** Este tipo de pedidos exige una planificación flexible y adaptable, dado que se trata de unidades en desarrollo que pueden presentar variaciones según los avances del diseño o requerimientos del cliente [42].
- **Diversidad de destinos logísticos:** La documentación específica los distintos destinos que pueden tener los productos una vez finalizado su proceso de fabricación, tales como prototipado, bodega, facturación o despacho directo a cliente, lo cual implica una coordinación precisa del flujo logístico interno [13].

7.1.5.4. Maquinaria Destinada para el Proceso Productivo

La maquinaria constituye uno de los recursos técnicos más determinantes para alcanzar altos estándares de calidad, eficiencia y productividad dentro del proceso industrial. Según Kalpakjian y Schmid (2018), el rendimiento de un sistema de fabricación está directamente relacionado con la capacidad instalada y el correcto funcionamiento de los equipos productivos [19]. En este sentido, la disponibilidad operativa y la adecuación de la maquinaria a los requerimientos del proceso permiten ejecutar con precisión cada etapa del flujo de producción. Este cumplimiento favorece la obtención de productos con acabados de calidad, alineados a las exigencias del cliente y a los objetivos de productividad de la planta. A continuación en la Tabla 4 se presenta de manera detallada el inventario de maquinaria actualmente en uso en la línea de producción Ferrotecnia [17].

Tabla 4. Listado de maquinaria empleada en cada estación de trabajo de la línea Ferrotecnia, con sus respectivas marcas y operadores responsables.

ESTACIÓN	MAQUINARIA	MARCA	OPERADOR A CARGO
CORTE LÁSER	MÁQUINA DE CORTE LÁSER CNC	BODAR	RONNY LONDA
DOBLADO	PRENSA DOBLADORA CNC	TRUMPF	VARIADO
ROLADO	ROLADORA DE TRES RODILLOS	BLMA	VARIADO
CURVADO	MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS	BLMA	VARIADO
SOLDADURA	SOLDADORA MIG	ESAB	CRISTIAN MENDEZ
SOLDADURA	SOLDADORA MIG	MILLER	DAVID AUCAPIÑA
SOLDADURA	SOLDADORA LÁSER	–	XAVIER CONDE
SOLDADURA	SOLDADORA LÁSER	–	EDISON SHARUP
PINTADO	PULIDORA	DEWALT	EDISON SHARUP
PINTADO	APLICADOR	BP	–
PINTADO	HORNO INDUSTRIAL PARA CURADO DE PINTURA EN POLVO	–	–

7.1.5.5. Condiciones del Entorno Operativo

El análisis de las condiciones del entorno operativo constituye un aspecto importante para la comprensión del desempeño real de los procesos productivos. Dentro de este análisis entran factores visibles como la disponibilidad de materiales, herramientas, equipos y mantenimiento de la maquinaria, de esta manera se logra identificar de manera puntual las fallas recurrentes, sus causas asociadas y la repercusión que se tiene sobre la línea de producción [38]. A

continuación se presentan las condiciones actuales que se encuentra en cada estación de trabajo:

- En la estación de Recepción, Inspección y Almacenamiento de Materia Prima se realiza la descarga y evaluación visual de los materiales para identificar defectos físicos o dimensionales. Los materiales no conformes se acumulan temporalmente en el área de recepción a la espera de devolución, lo que genera restricciones en el tránsito hacia la estación de Corte Láser. Los materiales conformes se almacenan en repisas según criterios del operador para su posterior uso en producción [6, 10].
- La estación de corte láser CNC cuenta con un sistema automatizado de alta precisión para el seccionado de chapas y tubería metálica según diseños establecidos. Sin embargo, la acumulación de materia prima no conforme y residuos metálicos en el entorno de la maquinaria genera riesgos de seguridad y puede afectar la calidad del corte. Además, la circulación de personal durante la carga y descarga de material provoca interferencias en la operación [10].
- La estación de doblado utiliza una prensa plegadora CNC para el conformado de chapas y dispone de buena iluminación y espacio frontal. No obstante, la desorganización en el manejo de punzones y matrices, la proximidad con otras áreas y la acumulación de productos intermedios en el piso dificultan el tránsito del personal y afectan la fluidez del proceso. Estas condiciones generan riesgos operativos y limitan el desempeño de la estación [40, 10].
- La estación de rolado cuenta con una roladora de tres rodillos para el curvado de chapas metálicas, pero presenta limitaciones de espacio que dificultan la manipulación de piezas largas. La ausencia de mesas auxiliares o rodillos de apoyo incrementa el esfuerzo físico del operario y reduce la eficiencia del proceso. Asimismo, la falta de un sistema definido para el almacenamiento de herramientas afecta la fluidez del trabajo y genera riesgos operativos y ergonómicos [10].
- La estación de curvado utiliza una dobladora CNC para tubos metálicos y dispone de espacio suficiente para operar piezas de distintas longitudes. Sin embargo, la falta de organización en el almacenamiento de accesorios, la ausencia de carros o bandejas para el traslado de tubos y la escasa delimitación visual del área generan pausas, riesgos por manipulación manual e interferencias con otras actividades. Estas condiciones afectan la eficiencia operativa y la seguridad del proceso [6, 10].

- La estación de soldadura presenta deficiencias en el espacio de trabajo debido a la acumulación de productos, lo que limita el tránsito y el uso adecuado de las mesas. La inoperatividad de equipos MIG y láser ha generado sobrecarga en los operadores activos, provocando retrasos en la producción, especialmente en el acabado final. Adicionalmente, la cercanía con la zona de pulido ocasiona contaminación por partículas metálicas, afectando la calidad superficial de los productos y evidenciando la necesidad de reorganización y mantenimiento preventivo y correctivo [11, 10].
- El proceso de pintura se realiza de forma manual mediante aplicación electrostática y traslado manual de las piezas al horno de curado, en un área parcialmente protegida del polvo. Aunque la empresa cuenta con un sistema automatizado de pintura y un espacio asignado para su instalación, este permanece inactivo por falta de ensamblaje. Su implementación depende de la estabilización del flujo productivo previo, especialmente en la estación de soldadura [15, 10].
- La estación de armado, empaquetado y despacho presenta limitaciones de espacio y una distribución poco funcional, lo que obliga a realizar tareas en condiciones poco ergonómicas y genera desorden operativo. La falta de estanterías, carros móviles y organización de materiales de embalaje ocasiona tiempos muertos y retrasos en el acondicionamiento de los productos. Además, la ausencia de delimitación y señalización del área de despacho obstruye el tránsito y aumenta el riesgo de accidentes y daños al producto terminado [15, 10].

7.1.6. Distribución de Planta y Estaciones de Trabajo

La distribución de planta es un componente fundamental en el diseño de sistemas productivos, ya que influye directamente en la eficiencia operativa, tiempos de proceso, movimientos del personal operativo y el aprovechamiento del espacio físico en cada estación de trabajo, cabe recalcar que un layout mal estructurado puede generar rutas de transporte innecesarias, acumulación de materiales, cruces de flujo y tiempos muertos cuyo impacto es negativo para el rendimiento óptimo de la producción. Por tal motivo su correcta disposición tiene un impacto considerable dentro de la producción de muebles metalmecánicos [38]. De manera complementaria, Harrington enfatiza que la reconfiguración de la distribución de planta, cuando responde a un análisis del flujo de trabajo real, se convierte en una estrategia clave dentro de los programas de mejora continua, por tal motivo el análisis de las áreas funcionales de la línea de producción como lo son: (recepción de materiales, corte, soldadura, pintura,

armado y despacho), es importante para identificar los puntos críticos relacionados con la organización espacial, flujo de material y la eficiencia global del sistema [19].

7.1.6.1. Layout de la Planta

El layout de la planta es una herramienta que permite la identificación del espacio físico disponible en las instalaciones de la planta de producción. Una mala disposición de espacios puede generar rutas de transporte innecesarias, acumulación de materiales y cuellos de botella que afecten negativamente al rendimiento general del sistema productivo [44, 38].

Para una mejor comprensión acerca de la distribución de estaciones de trabajo se presenta el plano en 2D de la planta de producción proporcionado por la empresa, la cual muestra la disposición actual de las estaciones de trabajo, esta representación técnica permite visualizar con mayor claridad la situación actual dentro de la planta [29]. Como se muestra en la Figura 39.

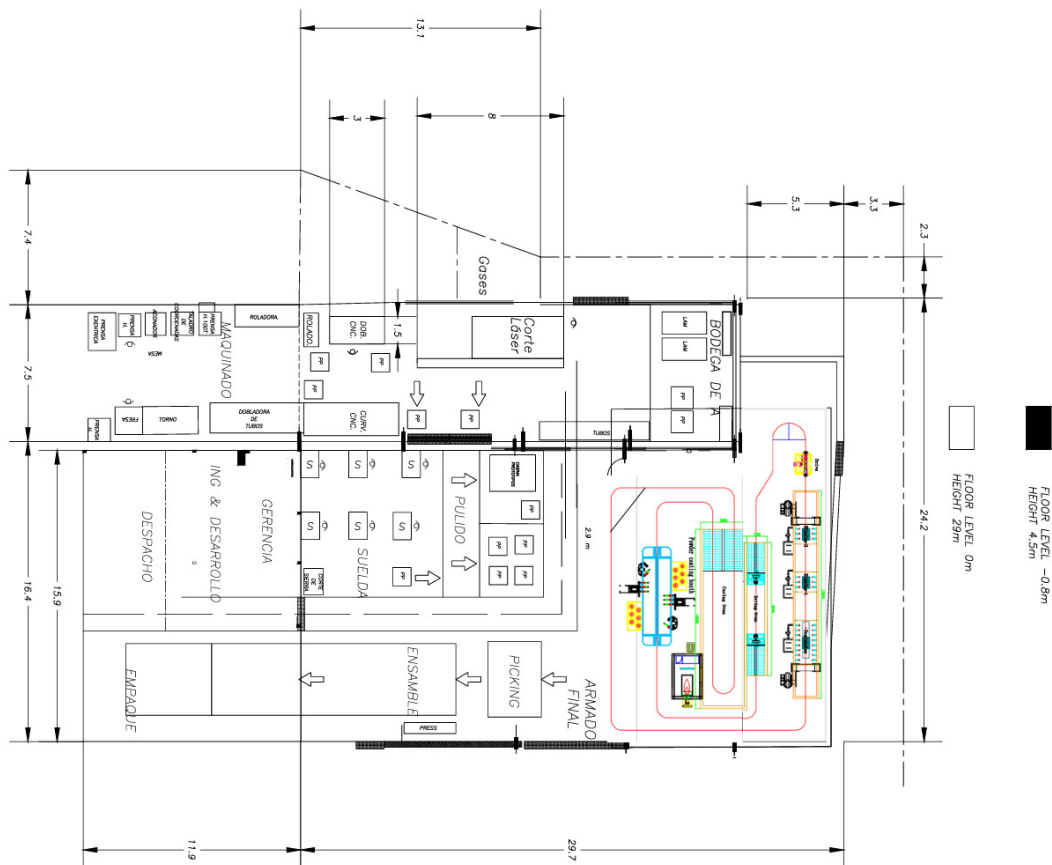


Figura 39. Plano actual de la línea de producción Ferrotecnia con disposición de estaciones de trabajo

7.1.7. Sistema de Producción y Tipo de Demanda

Comprender el sistema de producción y el tipo de demanda es esencial para realizar un diagnóstico operativo preciso y formular propuestas de mejora eficientes. Estos factores determinan la organización de los procesos, la asignación de recursos, la planificación de la capacidad y la capacidad de respuesta frente a los requerimientos del cliente [2]. En la planta de fabricación de muebles metálicos objeto de estudio, se ha identificado un sistema de producción flexible, orientado a lotes variables y productos con diferentes niveles de personalización. Este entorno impone retos significativos en términos de eficiencia operativa, continuidad del flujo de trabajo y adaptación a una demanda que presenta variaciones en volumen y especificaciones. Estas características justifican la necesidad de estrategias de planificación robustas y una alta capacidad de respuesta ante cambios del mercado [44].

7.1.7.1. Sistema de Producción

El modelo operativo adoptado en la planta se basa en un sistema de producción por lotes de tipo funcional (job shop), el cual está orientado a la fabricación de volúmenes bajos con configuraciones variables [2]. En este esquema, las estaciones de trabajo se agrupan por función específica y el flujo de productos se determina de acuerdo al diseño particular de cada uno. Esta disposición confiere una alta flexibilidad productiva, pero también presenta desafíos significativos relacionados con la sincronización de procesos, la gestión de materiales y la asignación eficiente de tiempos [2].

La naturaleza intermitente de este sistema genera cuellos de botella, acumulaciones y retrasos, especialmente en estaciones críticas como soldadura y pintura, donde la sobrecarga operativa es recurrente. Asimismo, el modelo exige una planificación minuciosa para evitar interrupciones en el flujo de producción, garantizar la trazabilidad del proceso y mantener altos estándares de eficiencia y calidad del producto final [19, 38].

7.1.7.2. Tipo de Demanda

La planta de fabricación de muebles metálicos opera bajo un esquema de demanda dependiente, específica y altamente variable, determinada por pedidos personalizados provenientes de clientes institucionales y comerciales. Este entorno productivo se basa en un sistema de producción bajo pedido (make to order), lo cual permite una adaptación flexible frente a las variaciones en diseño, volumen y tiempos de entrega requeridos por los clientes. No obstante, esta modalidad demanda altos niveles de coordinación operativa, ya que prioriza

la personalización sobre la estandarización, lo que genera mayores tiempos de preparación, complejidades logísticas y una fuerte dependencia de estaciones críticas como soldadura y pintura [41].

La presencia de cuellos de botella, sumada a la baja estandarización de procesos, impacta negativamente la fluidez operativa y la estabilidad del sistema productivo. Sin embargo, se identifican oportunidades de mejora a través de la futura automatización de la estación de pintura y la implementación de herramientas de planificación visual, las cuales permitirían estabilizar la operación, mejorar la trazabilidad y reducir la variabilidad inherente al modelo de demanda actual [44].

7.1.8. Materiales Utilizados en el Proceso Productivo

La gestión de materiales en la línea de producción Ferrotecnia representa un eje fundamental para garantizar la funcionalidad, calidad y trazabilidad de los muebles metálicos fabricados. Dada la diversidad de requerimientos estructurales, estéticos y funcionales, la planta emplea una amplia variedad de insumos metálicos, priorizando características como resistencia mecánica, soldabilidad, estabilidad dimensional, compatibilidad con recubrimientos y facilidad de manipulación. Estos materiales se clasifican principalmente en aceros (inoxidable, estructural, laminado, al carbono, mecánico, sólido y galvanizado) y aluminio estructural, en función de su tipo, presentación y aplicación específica en el proceso [19].

Para facilitar el análisis técnico y operativo, se han elaborado tablas detalladas que presentan la descripción, dimensión y uso de cada uno de los insumos empleados. Esta clasificación permite entender la versatilidad de los materiales utilizados y su rol dentro de las distintas estaciones de trabajo, así como identificar oportunidades de estandarización y mejora en el abastecimiento y gestión de inventario. A continuación, se exponen las Tablas 5, 6 y 7 que sistematizan los materiales metálicos utilizados en el proceso de fabricación, según su tipo y función dentro de la línea Ferrotecnia [41].

Tabla 5. Listado de materiales metálicos empleados en la fabricación de muebles, clasificados por tipo, presentación y aplicación general.

TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	DEL PRESENTACIÓN / DIMENSIÓN	USO EN PROCESO
Acero inoxidable	Varilla redonda 304 mate	1/4"	Estructuras visibles / acabado
Acero estructural	Tubo cuadrado estructural	40x2 mm	Marcos estructurales
Acero laminado	Plancha L/C	1/8"(3 mm)	Corte de paneles / piezas planas
Acero mecánico	Tubo cuadrado mecánico	5/8"x0.9 mm	Estructuras ligeras
Acero al carbono	Platina negra	3/4"x1/8"	Refuerzos y soporte
Acero sólido	Varilla cuadrada lisa	5/8"	Conexiones o soporte
Acero sólido	Varilla redonda	10 mm	Ejes o refuerzos cilíndricos
Acero mecánico	Tubo cuadrado mecánico	12x1.1 mm	Marcos secundarios
Acero mecánico	Tubo rectangular mecánico	40x20x1.5 mm	Bastidores intermedios
Acero inoxidable	Plancha 304	1 mm	Recubrimientos / paneles
Acero galvanizado	Plancha galvanizada	2 mm	Superficies con exposición a humedad
Acero inoxidable	Tubo redondo 304	1"x1.2 mm	Acabados estructurales

Tabla 6. Listado de materiales metálicos empleados en la fabricación de muebles, clasificados por tipo, presentación y aplicación general.

TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	DEL	PRESENTACIÓN / DIMENSIÓN	USO EN PROCESO
Perfil estructural	Perfil en "L"		1"	Refuerzo angular
Acero laminado	Plancha metálica		6 mm	Bases o placas gruesas
Acero inoxidable	Tubo redondo		1/2"x1 mm	Tubo de acabado fino
Acero estructural	Tubo redondo		1 3/4"x1.5 mm	Soporte estructural
Acero al carbono	Platina		1"x1/4"	Uniones planas
Acero estructural	Tubo rectangular estructural		100x50x2 mm	Vigas de soporte
Acero mecánico	Tubo rectangular mecánico		40x20x1.1 mm	Estructura secundaria
Acero estructural	Tubo cuadrado		20x20x2 mm	Marcos livianos
Acero inoxidable	Plancha inox 430 brillante		0.7 mm	Acabado visible
Acero estructural	Tubo cuadrado		30x30x1.5 mm	Marcos medianos
Aluminio estructural	Tubo rectangular aluminio		72x23x1.3 mm	Elemento ligero
Aluminio sólido	Platina aluminio		1 1/2"x3 mm	Uniones livianas
Aluminio estructural	Tubo rectangular aluminio		4"x1.5"x1.5 mm	Refuerzo de bajo peso
Aluminio estructural	Tubo aluminio rectangular		76x38 mm	Soporte liviano
Aluminio estructural	Tubo aluminio cuadrado		38x38 mm	Marcos medianos
Aluminio estructural	Tubo aluminio rectangular		1.5"x3/4"	Estructura liviana

Tabla 7. Listado de materiales metálicos empleados en la fabricación de muebles, clasificados por tipo, presentación y aplicación general.

TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	DEL PRESENTACIÓN / DIMENSIÓN	USO EN PROCESO
Acero mecánico	Tubo rectangular mecánico	1"x1/2"x1.1 mm	Refuerzo rectangular
Acero estructural	Tubo redondo	3/4"x2 mm	Elementos de unión
Acero estructural	Tubo redondo	1 1/2"x1.5 mm	Soporte cilíndrico
Acero al carbono	Platina	2"x1/8"	Unión de contacto
Aluminio estructural	Tubo redondo aluminio	1"	Tubo liviano
Aluminio estructural	Tubo cuadrado aluminio	1"	Armazón liviano
Aluminio estructural	Tubo redondo aluminio	1"	Soporte ligero
Aluminio estructural	Tubo redondo aluminio	1 1/4"	Estructura decorativa

Posterior a la identificación y clasificación de los materiales metálicos utilizados en el proceso de fabricación de muebles metálicos, como se expone en las Tablas 5, 6 y 7, se procede con el levantamiento de información técnica específica que permite valorar el comportamiento de dichos materiales frente a exigencias funcionales del entorno industrial [20]. Esta evaluación considera parámetros clave como la resistencia estructural, soldabilidad, compatibilidad con recubrimientos, maleabilidad y resistencia a la corrosión, que resultan fundamentales para asegurar la calidad, durabilidad y eficiencia del producto final. En la Tabla 8 se sintetizan estas propiedades técnicas, lo que permitirá establecer criterios técnicos para la selección de materiales óptimos según las exigencias de cada estación del proceso productivo [42].

Tabla 8. Propiedades técnicas de los principales materiales metálicos utilizados en la fabricación de muebles ferrotecnia [41, 19, 44].

TIPO DE MATERIAL	Resistencia estructural	Soldabilidad	Compatibilidad con recubrimientos	Maleabilidad	Resistencia a corrosión
Acero al carbono (platinas, varillas)	Alta	Alta	Alta (requiere protección)	Media	Baja
Acero estructural (tubos, perfiles)	Alta	Alta	Alta (requiere pintura o galvanizado)	Media	Media
Acero inoxidable 304	Media-Alta	Media	No requiere recubrimiento	Alta	Alta
Acero inoxidable 430	Media	Media-Baja	No requiere recubrimiento	Alta	Media
Acero galvanizado	Media	Alta	Recubrimiento incorporado	Media	Alta
Acero laminado en caliente	Media	Alta	Alta (con preparación)	Media	Baja
Acero perforado	Media	Alta	Alta	Alta	Media
Acero mecánico (tubos)	Media	Alta	Alta	Media	Media
Aluminio estructural (tubos y ángulos)	Media-Baja	Media-Baja	Alta (anodizado, pintura)	Alta	Alta
Aluminio sólido (platinas)	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta

7.1.9. Método de Trabajo

El método de trabajo comprende el conjunto de procedimientos y operaciones sistemáticas que permiten transformar materias primas en productos terminados, mediante una secuencia

estructurada y coordinada de tareas. En el contexto de la producción de muebles metalme-cánicos, estas acciones integran al personal operativo, la maquinaria, las herramientas y los materiales, estableciendo una lógica operativa clara para cada etapa del proceso productivo.

El análisis del método de trabajo es fundamental para comprender cómo interactúan los distintos recursos productivos, permitiendo identificar ineficiencias, cuellos de botella o redundancias, y facilitando la toma de decisiones en la mejora continua del sistema. Establecer con precisión esta secuencia de operaciones contribuye a optimizar el tiempo de ciclo, reducir pérdidas y garantizar la calidad del producto final [13].

En la línea de fabricación de muebles metálicos Ferrotecnia, el método de trabajo se estructura por estaciones funcionales, donde cada operario ejecuta actividades específicas de acuerdo con el tipo de equipo, el diseño del producto y el flujo definido en el layout de planta. Esta organización por especialización funcional exige una coordinación precisa para mantener la trazabilidad del proceso, evitar acumulaciones entre estaciones y asegurar la continuidad del flujo de producción [38].

En la línea de fabricación de muebles metálicos el método de trabajo se desarrolla por estaciones funcionales, donde cada operario desempeña tareas específicas conforme al tipo de equipo, el diseño del producto y el flujo establecido en el layout de planta [28].

7.1.9.1. Descripción General del Método de Trabajo

La metodología implementada en la planta responde a un modelo de producción secuencial por estaciones funcionales, el cual estructura el flujo de trabajo conforme a la lógica operativa del proceso de fabricación de muebles metálicos [40]. Este sistema permite una asignación clara de tareas específicas a cada estación, facilitando el seguimiento de las actividades, la responsabilidad operativa y la trazabilidad de los productos en curso. En la Tabla 9 se presenta un resumen detallado del método de trabajo implementado en la línea de fabricación, especificando las etapas, actividades principales, responsables y observaciones operativas relevantes:

Tabla 9. Resumen del método de trabajo por estaciones funcionales en la línea de fabricación de muebles metálicos.

ETAPA	ACTIVIDAD PRINCIPAL	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Recepción e inspección	Descarga, verificación y clasificación de materia prima	Personal Operativo	Separación de material no conforme para devolución
Corte	Programación y ejecución del corte láser CNC	Personal Operativo	Corte de piezas según diseño CAD
Doblado	Posicionamiento y operación en prensa dobladora CNC	Personal Operativo	Selección adecuada de matrices según espesor
Rolado	Curvado de chapas metálicas en roladora de tres rodillos	Personal Operativo	Ajuste manual según radio deseado
Curvado	Curvado de tubos metálicos con dobladora CNC	Personal Operativo	Control de deformación y precisión en radios
Soldadura	Ensamble de piezas mediante soldadura MIG y Láser	Soldadores calificados	Incluye punteo, remate y acabados visibles al cliente
Pintura	Aplicación de pintura electrostática y traslado al horno de curado	Equipo de pintura	Proceso manual en transición hacia automatización
Armado	Ensamble final de estructuras metálicas	Operarios de armado	Verificación de ajustes finales con herramientas manuales
Empaque y despacho	Embalaje, rotulado e ingreso a logística de salida	Personal de bodega / logística	Embalaje según requerimientos del cliente

7.1.9.2. Observaciones Adicionales

- Existe variación en la secuencia del proceso de manufactura dependiendo del tipo de mueble solicitado en la planificación semanal.

- La ejecución del trabajo se realiza de manera manual y también asistida por maquinaria CNC o semiautomática.
- No existe estandarización formal de métodos por escrito.

7.2. Selección de los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora para la optimización en la línea de producción ferrotecnia

La selección de los parámetros críticos que intervendrán en la propuesta de mejora se desarrolló mediante una metodología de análisis estructurado, basada en el diagnóstico integral del sistema productivo de la línea Ferrotecnia. Esta metodología permitió identificar, evaluar y priorizar aquellas variables con mayor impacto sobre el desempeño operativo, la eficiencia del flujo productivo y la estabilidad de los tiempos de producción [38].

7.2.1. Revisión y Consolidación del Diagnóstico Operativo

Como punto de partida, se realizó una revisión sistemática de los resultados obtenidos en el análisis de tiempos de producción, condiciones del entorno operativo, métodos de trabajo, planificación de la producción y percepciones técnicas del personal operativo [5]. Esta información, proveniente de observaciones directas, registros de tiempos, entrevistas semiestructuradas y análisis del layout de planta, permitió consolidar una visión global del funcionamiento real del sistema productivo [20].

A partir de esta revisión se elaboró un listado preliminar de criterios para la selección de parámetros críticos [14].

7.2.2. Criterios para la selección de parámetros críticos

La fundamentación teórica basada en:

- La importancia del impacto sobre el rendimiento global.
- La frecuencia de aparición y su influencia en tiempos, costos y calidad.
- La posibilidad de intervención efectiva (factibilidad técnica y operativa).
- Uso del análisis de Pareto y diagramas de causa-efecto como herramientas de identificación y jerarquización de los parámetros clave.

7.2.3. Identificación Preliminar de Parámetros Críticos

Como punto de partida, se realizó una revisión estructurada de los resultados obtenidos en el análisis de tiempos de producción, condiciones del entorno operativo, métodos de trabajo y percepciones técnicas del personal operativo. A partir de esta información se elaboró un listado preliminar de variables que afectan directamente la eficiencia del sistema productivo, tales como tiempos de ciclo elevados, acumulación de productos en estaciones críticas, desbalance de carga operativa, fallas de mantenimiento, deficiencias en el control de calidad y problemas de distribución del espacio [38]. A continuación se detallan los más relevantes:

- **Carga operativa por estación:** Se identificaron estaciones con desequilibrios en la asignación de carga de trabajo, especialmente en soldadura láser, donde una sola máquina en funcionamiento genera acumulación de piezas y sobrecarga al operario asignado. La falta de rotación o polivalencia del personal también limita la distribución eficiente de tareas [21].
- **Tiempos de producción elevados en productos críticos:** A través del análisis de Pareto se estableció que tres productos (Silla Clio, Silla Nerea y Cama Batty) concentran más del 50% del tiempo total de producción, lo cual indica que deben ser priorizados para mejora. Se requiere controlar los tiempos de ciclo por estación para estos productos, mediante toma de tiempos y validación con registros históricos [5].
- **Acumulación y manejo ineficiente de materiales en proceso:** Varias estaciones presentan acumulación de productos entre operaciones, especialmente entre soldadura, pulido y pintado, debido a demoras logísticas o a fallas en el flujo continuo. La falta de rutas definidas y medios mecánicos para el transporte interno agrava esta condición [35].
- **Falta de mantenimiento preventivo y equipos fuera de servicio:** Equipos como una de las soldadoras láser permanecen inoperativas por falta de gestión de mantenimiento, reduciendo la capacidad instalada. Esto genera cuellos de botella y dependencia operativa de un solo recurso funcional [15].
- **Ausencia de controles estandarizados y documentación técnica:** No existen *checklists* o formatos formales para verificar la calidad posterior al armado o al pintado, lo que implica que el control es subjetivo y reactivo. La inspección visual sin criterios uniformes genera riesgo de defectos no detectados [12].

- **Deficiencia en la distribución física y delimitación de áreas:** Varias estaciones presentan espacios reducidos y no delimitados, lo que impide una correcta separación de materiales conformes y no conformes (ej. recepción, doblado y armado). Esto afecta la trazabilidad, orden y seguridad en planta [26].

7.2.4. Priorización de los parámetros críticos de intervención

La priorización de los parámetros críticos de intervención se realizó mediante una metodología de análisis comparativo y jerarquización técnica, orientada a identificar aquellos factores cuya corrección genera un mayor impacto sobre la eficiencia global del sistema productivo de la línea [31]. Como insumo principal se utilizaron los parámetros críticos previamente identificados en el diagnóstico operativo, los cuales fueron evaluados considerando evidencias cuantitativas y cualitativas obtenidas a partir del análisis de tiempos de producción, observación directa del entorno operativo, registros de mantenimiento, análisis del layout de planta y percepciones técnicas del personal operativo [38].

Los criterios a utilizarse para establecer el nivel de prioridad de intervención, cada parámetro crítico fue analizado en función de los siguientes criterios técnicos:

- **Impacto sobre la continuidad del flujo productivo:** Evaluar su influencia en la aparición de cuellos de botella, interrupciones del proceso y acumulación del producto a lo largo del proceso [42].
- **Efecto sobre la capacidad operativa instalada:** Considerar la reducción de disponibilidad de equipos, sobrecarga de estaciones críticas y dependencia de recursos clave [17].
- **Incidencia en tiempos improductivos:** Para este punto hay que tener en cuenta situaciones que afecten al proceso productivo tales como tiempos de espera, traslados innecesarios, reprocesos y reacomodos operativos [4].
- **Riesgo laboral y de calidad:** Estos parámetros determinan la seguridad del personal, deterioro del producto y variabilidad en la ejecución de las operaciones [6].
- **Viabilidad técnica de intervención:** Consideración acerca de la posibilidad de aplicar acciones correctivas mediante mejoras organizativas, redistribución del espacio, mantenimiento o balance de cargas, sin requerir cambios estructurales de alta complejidad en una primera etapa [41].

7.2.5. Planteamiento de la propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción de muebles ferrotecnia

El planteamiento de la propuesta de mejora para la línea de producción de muebles Ferrotecnia de la empresa Colineal Cía. Ltda. se desarrolla a partir del análisis de los parámetros críticos priorizados identificados durante la fase de diagnóstico del proceso productivo. Dichos parámetros evidencian limitaciones en la organización del espacio, el flujo de materiales, la gestión operativa de los equipos y las condiciones de seguridad, las cuales inciden directamente en el desempeño global del sistema productivo [17].

La propuesta se concibe bajo un enfoque integral de mejora productiva, orientado a fortalecer la eficiencia del proceso sin alterar de manera significativa la estructura operativa existente. En este sentido, el planteamiento no se centra en soluciones aisladas, sino en un conjunto articulado de acciones que buscan ordenar, estandarizar y prevenir, generando las condiciones necesarias para un flujo productivo más continuo, seguro y controlado [18].

7.2.5.1. Enfoque general de la propuesta de mejora

La propuesta de mejora se estructura considerando los principios de organización del trabajo, control operativo y prevención de riesgos, los cuales constituyen elementos fundamentales para la optimización de líneas de producción en entornos industriales. A partir de estos principios, se plantean acciones orientadas a la reorganización del layout, la delimitación clara de áreas operativas, el control sistemático de la maquinaria crítica y la gestión preventiva de los riesgos asociados a cada proceso [18].

7.2.5.2. Alcance del planteamiento de la propuesta de mejora

Entre los principales componentes considerados en el alcance de la propuesta se incluyen:

- La mejora de la organización física del área productiva mediante ajustes en el layout y delimitación de áreas.
- La implementación de mecanismos de control operativo para la maquinaria crítica.
- La gestión preventiva de riesgos laborales asociados a los procesos productivos.
- El fortalecimiento de la cultura de seguridad y orden en el ambiente laboral.

El planteamiento de la propuesta de mejora se concibe como una fase previa y necesaria para el cumplimiento del Objetivo 3, el cual corresponde a la evaluación de dicha propuesta. En

este sentido, las acciones planteadas establecen los criterios y elementos que serán analizados posteriormente, permitiendo evaluar su impacto en la optimización de la línea de producción [10]. Con base en el planteamiento desarrollado, se procede en el siguiente objetivo a evaluar la propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción de muebles Ferrotecna, considerando los beneficios potenciales derivados de su implementación. Esta evaluación permitirá determinar el grado en que las acciones propuestas contribuyen a la mejora del flujo productivo, la eficiencia operativa y las condiciones de seguridad dentro del proceso productivo [14].

7.3. Evaluación de la propuesta de mejora para la optimización en la línea ferrotecna

La propuesta se formula bajo un enfoque técnico–metodológico, orientado a la optimización del sistema productivo mediante la reorganización del layout, la estandarización de controles operativos, la gestión preventiva de riesgos laborales y el fortalecimiento de las competencias del personal [25]. Este enfoque permite garantizar que las acciones planteadas no sean aisladas, sino que respondan a un análisis estructurado de las condiciones reales del proceso productivo y se encuentren alineadas con la normativa ecuatoriana vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo [18]. Cabe destacar que, en esta etapa del estudio, no se evalúan resultados, sino que se describe de manera detallada la metodología aplicada para formular la propuesta de mejora, justificando técnica y normativamente cada una de las acciones planteadas [15].

7.3.1. Metodología utilizada para el planteamiento de una mejora en la visualización distributiva del layout de la línea de producción

El análisis del layout actual de la línea de producción evidenció una delimitación ineficiente del espacio clara entre estaciones de trabajo. Estas condiciones generan tiempos muertos, incrementan la manipulación del producto y elevan el riesgo de accidentes laborales [14]. Desde el punto de vista técnico, un layout adecuado permite que el proceso productivo se desarrolle de manera continua, ordenada y segura, contribuyendo directamente a la eficiencia global del sistema [42].

7.3.2. Sustento normativo de la mejora visual del layout

Los centros de trabajo deben contar con espacios adecuados, pasillos libres de obstáculos y zonas claramente definidas para evitar riesgos derivados del tránsito de personas, maquinaria

y materiales. Asimismo, indica que cuando existan riesgos por circulación o proximidad a partes móviles, estas zonas deben ser delimitadas y señalizadas de forma visible [34].

En este contexto, la mejora del layout no solo responde a un criterio productivo, sino también a una exigencia normativa orientada a la prevención de riesgos laborales y al mejoramiento del medio ambiente de trabajo [27].

7.3.3. Metodología para la delimitación de áreas operativas y señalización

Como parte de la mejora del layout, se plantea la delimitación clara de las áreas operativas mediante señalización horizontal y vertical.

7.3.3.1. Delimitación horizontal

La delimitación horizontal se realizó mediante el diseño de zonas específicas marcadas en el suelo, destinadas a:

- Áreas de trabajo por estación
- Pasillos de circulación
- Zonas de almacenamiento temporal
- Áreas de material conforme y no conforme

Esta metodología permite ordenar visualmente el espacio productivo y reducir interferencias entre procesos.

7.3.3.2. Señalización vertical

De manera complementaria, y como parte del diseño metodológico de la propuesta de mejora, se definió la ubicación estratégica de la señalización vertical informativa dentro del área operativa. Esta señalización estuvo orientada a la identificación de riesgos presentes, el uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP) y la delimitación de restricciones operativas, con el objetivo de reforzar la comunicación visual y promover el cumplimiento de las normas de seguridad industrial durante el desarrollo de las actividades productivas [33].

7.3.4. Metodología para la generación de checklists de verificación de maquinaria crítica

La implementación de checklists de verificación operativa se justificó como un mecanismo de control estandarizado para asegurar el correcto funcionamiento de la maquinaria crítica antes del inicio de la jornada laboral, facilitando la detección temprana de condiciones inseguras que puedan afectar la seguridad del personal, la continuidad del proceso productivo y la calidad del producto [43]. Desde el enfoque normativo, su aplicación responde a la exigencia de mantener los equipos en condiciones seguras de operación y evitar su uso ante la presencia de fallas o riesgos, fortaleciendo la gestión de la seguridad industrial [33]. Asimismo, la literatura técnica destaca que el uso de checklists estructurados, enmarcados en metodologías de mejora continua que contribuyen a la estandarización de procesos, la identificación de desviaciones operativas y la priorización de acciones correctivas, favoreciendo la sostenibilidad de las mejoras implementadas en planta [34]. En este contexto, los checklists se adoptaron como una herramienta preventiva y de control operativo que permite obtener información sistemática y objetiva sobre el estado de la maquinaria crítica en la línea de producción Ferrotecnia [35].

La metodología utilizada para la elaboración de los checklists incluyó:

- Identificación de maquinaria crítica según impacto en el proceso.
- Análisis de componentes operativos y dispositivos de seguridad.
- Definición de puntos de verificación diarios.
- Establecimiento de criterios de aceptación (conforme / no conforme).
- Asignación de responsables de verificación.

Conforme a lo anteriormente estipulado en la Tabla 10 se observa de manera sintetizada el procedimiento que se llevó a cabo para la elaboración de checklists operativos.

Tabla 10. Etapas del proceso de evaluación de riesgos laborales en la línea de producción.

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Identificación de peligros	Detección de fuentes de riesgo presentes en el entorno laboral, considerando factores físicos, ergonómicos, mecánicos, eléctricos y organizacionales.
Evaluación del riesgo	Análisis de la probabilidad de ocurrencia y la severidad de los daños asociados a cada peligro identificado.
Priorización de riesgos	Clasificación de los riesgos según su nivel de criticidad, estableciendo un orden de intervención según su impacto.
Definición de controles	Propuesta de medidas preventivas y correctivas para eliminar, reducir o controlar los riesgos priorizados.
Documentación y seguimiento	Registro formal de la evaluación y verificación del cumplimiento de los controles establecidos.

7.3.5. Metodología para la elaboración de matrices de riesgo

Como parte de la evaluación de la propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción Ferrotecnia, se elaboraron matrices de riesgo con el propósito de analizar el impacto esperado de las acciones propuestas sobre las condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Estas matrices permitieron evaluar de manera técnica la aplicación proyectada de la propuesta, considerando que su implementación se encuentra sujeta a la aprobación por parte de la empresa [33].

La elaboración de las matrices de riesgo se desarrolló a partir de la identificación de peligros presentes en las estaciones de trabajo críticas de la línea de producción, considerando riesgos de tipo mecánico, ergonómico, físico y operativo asociados a la maquinaria, al flujo de materiales y a las condiciones del entorno laboral [36].

7.3.6. Propuesta de capacitación del personal en seguridad y operación industrial

Tabla 11. Plan de capacitaciones continuas en seguridad y salud en el trabajo para el personal de la línea de producción Ferrotecnia.

N°	Tema de capacitación	Duración (horas)	Modalidad	Responsable
1	Inducción general en seguridad y salud en el trabajo. Lectura e interpretación de señalización según normativa INEN.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
2	Identificación de riesgos mecánicos en procesos de doblado, rolado y curvado. Principios de bloqueo y etiquetado.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
3	Gestión de riesgos eléctricos e inspección mediante checklists operativos.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
4	Seguridad en procesos de soldadura MIG y láser. Control de radiación, humos metálicos e incendios.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
5	Seguridad en aplicación de pintura electrostática y operación de hornos de curado. Riesgos térmicos e inflamabilidad.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
6	Preparación ante emergencias: rutas de evacuación, uso de extintores y respuestas iniciales a incidentes.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas

7.3.7. Análisis a detalle sobre los costos estimados de la propuesta de mejora

7.3.7.1. Metodología para la evaluación económica de la propuesta de mejora

La evaluación económica de la propuesta de mejora se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, prospectivo y comparativo, orientado a estimar los beneficios económicos potenciales derivados de la aplicación de las acciones propuestas en la línea de producción Ferrotecnia. Dado que la propuesta aún no ha sido implementada, el análisis se fundamentó en la comparación entre el escenario actual y el escenario propuesto, empleando datos reales obtenidos

durante el diagnóstico del proceso productivo [11].

Este enfoque es consistente con metodologías de evaluación económica de proyectos de mejora operativa, donde los beneficios se estiman a partir de la reducción proyectada de tiempos improductivos y su posterior monetización [20].

El horizonte de evaluación económica se estableció en 12 meses, considerando que la propuesta corresponde a una inversión inicial moderada y constituye un primer paso hacia la automatización del proceso de pintado. Este período permite evaluar la recuperación de la inversión y la generación de beneficios en el corto plazo, sin introducir incertidumbre excesiva en las proyecciones [28].

7.3.7.2. Base de información para la evaluación económica

La información utilizada para la evaluación económica se obtuvo a partir de:

- Los tiempos de producción por unidad medidos durante el estudio de tiempos.
- El Diagrama de Pareto de los tiempos de producción, que permitió identificar los productos críticos.
- El análisis del flujo de materiales y operaciones (tarjeta viajera / observación directa).
- La información recopilada mediante entrevistas al personal operativo sobre fallas, reprocesos y condiciones de trabajo.

7.3.7.3. Metodología para la estimación de la reducción potencial del tiempo de producción

Dado que la propuesta aún no ha sido implementada, la reducción de tiempo se estimó de manera potencial, desagregando el ahorro total en tres fuentes principales, todas directamente asociadas a las acciones de mejora propuestas [28].

7.3.7.3.1. Cálculo del beneficio obtenido debido a la mejora del flujo y reorganización del layout

El ahorro por flujo y layout se estimó a partir del **tiempo no agregador de valor** (T_{NVA}) identificado en el análisis del proceso, el cual incluye traslados innecesarios, esperas, búsquedas de materiales e interferencias entre estaciones [33].

El ahorro potencial se calculó mediante la expresión:

$$\Delta T_{\text{flujo}} = T_{NVA} \times r \quad (1)$$

donde:

- T_{NVA} es el tiempo no agregador de valor (min),
- r es el porcentaje de reducción proyectada.

Se plantearon tres escenarios para el análisis:

- **Conservador:** $r = 5\%$
- **Base:** $r = 8\%$
- **Optimista:** $r = 12\%$

Estos valores son típicos en propuestas que incorporan delimitación de pasillos, definición de rutas, ordenamiento del layout y eliminación de interferencias, sin introducir automatización [27].

7.3.7.4. Cálculo del beneficio obtenido debido a la estandarización mediante checklists

El ahorro asociado al uso de checklists se estimó considerando la reducción potencial de paros no programados por fallas operativas simples, tales como:

- Arranques con condiciones inseguras.
- Fallas menores no detectadas.
- Paros por verificación tardía.

A partir de la información obtenida en la Tabla de fallas reportadas por el personal operativo, se definió el tiempo base de paros operativos ($T_{\text{paros base}}$) y se aplicó la siguiente expresión para calcular el ahorro estimado:

$$\Delta T_{\text{paros}} = T_{\text{paros base}} \times r_p \quad (2)$$

donde:

- $T_{\text{paros base}}$ es el tiempo base de paros operativos (min),
- r_p es el porcentaje de reducción proyectado.

Se consideraron los siguientes escenarios para el análisis:

- **Conservador:** $r_p = 10\%$
- **Base:** $r_p = 15\%$
- **Optimista:** $r_p = 25\%$

7.3.7.5. Cálculo del beneficio obtenido debido a la capacitación del personal operativo y disminución de reprocesos

El ahorro asociado a la disminución de reprocesos se estimó a partir del tiempo base atribuido a retrabajos ($T_{\text{reproceso base}}$) identificado en el análisis de procesos, el cual considera actividades repetidas por defectos, errores o no conformidades detectadas en la producción [35].

El ahorro potencial se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta T_{\text{reproceso}} = T_{\text{reproceso base}} \times r_r \quad (3)$$

donde:

- $T_{\text{reproceso base}}$ es el tiempo asociado a reprocesos,
- r_r es el porcentaje de reducción proyectada.

Escenarios considerados:

- **Conservador:** $r_r = 5\%$
- **Base:** $r_r = 10\%$
- **Optimista:** $r_r = 15\%$

7.3.7.5.1. Cálculo del ahorro total de tiempo proyectado

El ahorro total de tiempo se obtuvo sumando los ahorros parciales:

$$\Delta T_{\text{total}} = \Delta T_{\text{flujo}} + \Delta T_{\text{paros}} + \Delta T_{\text{reproceso}} \quad (4)$$

Este valor se utilizó como base para la monetización de beneficios.

7.3.7.6. Metodología para el cálculo del beneficio económico esperado

Para la conversión de los ahorros de tiempo en beneficios económicos, se calculó un costo-hora referencial de la mano de obra, considerando:

- Salario Básico Unificado vigente
- Cargas patronales obligatorias
- Horas laborables mensuales y anuales

El beneficio económico total proyectado se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio económico (USD)} = \frac{\Delta T_{\text{total}}}{60} \times N \times C_h \quad (5)$$

donde:

- N es el número de operarios involucrados,
- C_h es el costo-hora de la mano de obra (USD/h).

Los beneficios se proyectaron a nivel **mensual y anual**, considerando el horizonte de 12 meses.

7.3.7.7. Metodología para la estimación de las pérdidas por parada planificada

Se identificaron como actividades que requieren **paradas parciales planificadas**:

- instalación de señalización vertical,
- señalización horizontal mediante cinta,
- reorganización del layout (movimiento de racks, materiales y herramientas menores).

La pérdida económica se estimó mediante la expresión:

$$\text{Pérdida por parada} = H_{\text{paro}} \times N \times C_h \quad (6)$$

donde:

- H_{paro} es el tiempo de paro planificado (h),
- N es el número de operarios afectados,
- C_h es el costo-hora de la mano de obra.

7.3.7.8. Metodología para la evaluación de la viabilidad económica

Finalmente, se compararon los beneficios económicos anuales proyectados con los costos totales de la propuesta, los cuales incluyen la inversión inicial (señalización y capacitación) y las pérdidas temporales ocasionadas por la parada planificada [33].

A partir de esta comparación, se calcularon los siguientes indicadores financieros:

- **Payback:** Tiempo estimado para recuperar la inversión inicial a partir de los beneficios proyectados.
- **Relación Beneficio/Costo (B/C):** Indicador que refleja la rentabilidad de la propuesta comparando los beneficios esperados frente a los costos totales.

7.3.7.9. Cuantificación propuesta de señalización por estación

El objetivo es disminuir los letreros, ubicarlos de mejor manera y en varios casos consolidarlos en un solo “panel” por estación [34].

- **Recepción/Almacenamiento:** 4 (Panel EPP + advertencia cargas/caídas + pasillo/peatonal + “material apilado”)
- **Corte láser CNC:** 6 (Panel EPP + advertencia láser + prohibición acceso no autorizado + emergencia/paro + extracción humos + área restringida)
- **Doblado:** 5 (Panel EPP + atrapamiento/aplastamiento + área restringida + paro/emergencia + orden)
- **Rolado:** 5 (Panel EPP + atrapamiento/arrastre + área restringida + paro/emergencia + manipulación segura)
- **Curvado:** 5 (Panel EPP + atrapamiento por mordazas/brazos + área restringida + paro/emergencia + programación segura)
- **Soldadura (MIG + láser):** 6 (Panel EPP soldadura + advertencia radiación/arco + humos/ventilación + láser (si aplica) + prohibición inflamables + extintor cercano)
- **Pintado (electrostática + horno):** 7 (Panel EPP respiratorio + prohibición “no fumar/llama” + inflamables/polvo + puesta a tierra + horno alta temperatura + área restringida + emergencia/extintor)

- **Armado/Empaquetado/Despacho:** (Panel EPP básico + manipulación manual/ergonomía + tránsito interno + zona de despacho)
- **Señalización transversal (común, sin repetir por estación):** 8 Rutas/salidas (2), punto de encuentro (1), botiquín (1), extintores (2), “pasillo peatonal / montacargas” (1), tablero eléctrico/alto voltaje (1)

7.3.7.10. Plan recomendado de capacitaciones continuas en seguridad y salud en el trabajo

Tabla 12. Plan de capacitaciones continuas en seguridad y salud en el trabajo para el personal de la línea de producción Ferrotecnia.

N°	Tema de capacitación	Duración (horas)	Modalidad	Responsable
1	Inducción general en seguridad y salud en el trabajo. Lectura e interpretación de señalización según normativa INEN.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
2	Identificación de riesgos mecánicos en procesos de doblado, rolado y curvado. Principios de bloqueo y etiquetado.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
3	Gestión de riesgos eléctricos e inspección mediante checklists operativos.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
4	Seguridad en procesos de soldadura MIG y láser. Control de radiación, humos metálicos e incendios.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
5	Seguridad en aplicación de pintura electrostática y operación de hornos de curado. Riesgos térmicos e inflamabilidad.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas
6	Preparación ante emergencias: rutas de evacuación, uso de extintores y respuestas iniciales a incidentes.	2	Presencial	Mgtr. Carlota Salinas

7.3.7.10.1. Metodología para la planificación y ejecución de las actividades de señalización y reorganización

Para la aplicación de las acciones propuestas, se definen los siguientes roles y responsables:

- Supervisor de implementación: responsable de validar la ubicación de señalización, cumplimiento normativo y correcta ejecución de las actividades (jefe de producción o tutor industrial).
- Equipo técnico de apoyo: encargado de la instalación de señalización vertical, demarcación horizontal con cinta y apoyo en la reorganización del layout (personal de mantenimiento y operarios designados).
- Personal operativo: participa de manera controlada en las actividades de reorganización de racks, materiales y herramientas menores.

7.3.7.10.2. Metodología para el cálculo del tiempo perdido por parada planificada

Los tiempos de producción por unidad, medidos en minutos, correspondientes a estos productos críticos, fueron utilizados como línea base para la estimación de los ahorros de tiempo proyectados [33].

8. Resultados

8.1. Resultados del diagnóstico de la situación actual de la línea ferrotecnia

La presente sección presenta los resultados del diagnóstico técnico de la línea de producción Ferrotecnia, orientado a identificar las principales deficiencias operativas, técnicas y organizacionales que afectan su desempeño. El análisis se basó en observaciones directas, registros operativos, entrevistas al personal y herramientas de calidad, permitiendo determinar los problemas críticos por estación de trabajo y los parámetros clave para el diseño de una propuesta de mejora integral.

8.1.1. Resultados obtenidos del diagnóstico de la línea de producción mediante la aplicación de herramientas de análisis estructurado

El diagnóstico de la línea de producción se realizó mediante la aplicación de herramientas de análisis estructurado, destacándose el diagrama causa–efecto (Ishikawa) como instrumento principal para identificar los factores que afectan la productividad y la calidad del producto. Este análisis permitió evaluar el desempeño de cada estación de trabajo y relacionar los problemas observados con sus posibles causas, estableciendo una base técnica para la identificación de los parámetros críticos de mejora.

A continuación se presentan las Tablas 13 y 14, con la información obtenida del diagnóstico de la línea de producción.

Tabla 13. Datos obtenidos del diagnóstico técnico de la línea de producción según análisis causa–efecto por estación de trabajo (Parte A).

Estación de trabajo		Problemas identificados	Causas principales	Parámetros críticos
Recepción e Inspección		Acumulación de materiales no conformes y falta de flujo	Falta de delimitación visual, escasa inspección técnica	Clasificación de materiales, delimitación de zona, protocolo de inspección
Corte CNC	Láser	Reprocesos por errores de corte y acumulación de piezas	Falta de validación dimensional, sobrecarga operativa	Control dimensional, soporte logístico, programación del corte
Doblado		Errores en doblez, tiempos muertos y dificultad de manipulación	Falta de estandarización, espacio limitado, personal sin guía técnica	Parámetros técnicos por perfil, mantenimiento de prensa, espacio operativo
Rolado		Retrasos en operación y precisión deficiente del radio	Ajustes manuales, falta de topes, espacio compartido	Curvatura estandarizada, mantenimiento, organización del área

Tabla 14. Datos obtenidos del diagnóstico técnico de la línea de producción según análisis causa-efecto por estación de trabajo (Parte B).

Estación de trabajo	Problemas identificados	Causas principales	Parámetros críticos
Curvado de Perfiles	Deficiencias en el ángulo y deformaciones	Baja capacitación, programación CNC incorrecta, falta de herramientas	Validación de curvatura, ergonomía, mantenimiento hidráulico
Soldadura MIG/Láser	Sobrecarga laboral y acumulación de productos	Maquinaria inoperativa, control visual, falta de planificación	Disponibilidad de equipos, estándar de inspección, flujo de materiales, espacio de trabajo
Pintado	Variabilidad en calidad del acabado y re-procesos	Operación manual, contaminación, falta de calibración	Checklist técnico, control ambiental, automatización pendiente
Armado, Empaque y Despacho	Retrasos en salida y desorden operativo	Espacio reducido, falta de rutas, transporte manual	Layout funcional, rutas de despacho, asistencia logística

8.1.1.1. Obtención de la información personal sobre los operadores que forman parte de la línea de producción

La aplicación de la entrevista estuvo dirigida a nueve operadores que forman parte de la línea de producción Ferrotecnia, quienes accedieron voluntariamente a proporcionar su información personal con el propósito de respaldar la fuente de datos utilizada para establecer una línea base sobre la percepción del estado actual de la línea de producción. Esta información permitió complementar el análisis del proceso productivo, considerando aspectos relacionados con la experiencia laboral, el cargo desempeñado y la capacitación recibida por el personal operativo.

A continuación en la Tabla 15 se detallan los nombres de los operadores y las variables como edad, área de trabajo, cargo, tiempo en el cargo y capacitación.

Tabla 15. Información del personal operativo de la línea de producción Ferrotecnia.

Nombre	Edad	Área de trabajo	Cargo	Tiempo en el cargo	Capacitación
Cristian Mendez	36	Soldadura MIG	Soldador	1 año 3 meses	NO
Jorge Tapia	33	Matricería	Fabricación de matrices, Torno, Fresadora, Troquelado	1 año 2 meses	NO
David Aucapiña	45	Soldadura MIG, Soldadora Láser, Matricería	Soldador	3 años	NO
Dorian Jimbo	24	Armado, Empacado, Matricería	Armador	1 año 6 meses	NO
Ronny Londa	24	Corte Láser	Operador de Máquinas	1 año	SI
Paúl Sinchi	24	Matricería	Operador de Máquinas	10 meses	SI
Gabriel Jimbo	26	Armado, Empacado, Matricería, Pulido	Operador de Máquinas	3 años	NO
Edison Sharup	36	Pulido	Soldador	11 meses	SI
Xavier Conde	22	Soldadura Láser	Operador de Máquinas	1 año 3 meses	SI

En la tabla se presentan datos personales de las personas entrevistadas con la finalidad de respaldar los datos recopilados sobre casos puntuales en la línea de producción.

8.1.1.2. Obtención de Información Acerca de las Condiciones y Métodos de Trabajo

Para este apartado, la entrevista aplicada se estructuró en secciones con la finalidad de identificar de manera ordenada los aspectos clave relacionados con las condiciones y los métodos de trabajo del personal operativo. En esta sección se recopilaron datos cualitativos

vinculados a las áreas de trabajo en las que el personal labora diariamente, permitiendo conocer las prácticas operativas utilizadas y las condiciones bajo las cuales se desarrollan las actividades productivas.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos correspondientes a la sección de Condiciones y Métodos de Trabajo, los cuales permiten analizar el uso de matrices, plantillas u otras herramientas empleadas para facilitar la construcción del producto. Estos resultados se resumen en la Tabla 16, donde se detallan las respuestas proporcionadas por los operadores entrevistados, así como una breve descripción de las prácticas utilizadas en cada caso.

Tabla 16. Resultados sobre el uso de matrices o herramientas que faciliten la construcción del producto.

¿Utiliza actualmente matrices o herramientas que faciliten la construcción del producto?	SI	NO	DESCRIPCIÓN
Cristian Mendez	-	x	Son fabricadas personalmente.
Jorge Tapia	-	-	-
David Aucapiña	-	x	Son fabricadas personalmente.
Dorian Jimbo	-	-	-
Ronny Londa	-	-	-
Paúl Sinchi	x	-	Utiliza plantillas para realizar dobleces, curvado y rolado.
Gabriel Jimbo	-	-	-
Edison Sharup	x	-	Utiliza matrices previamente fabricadas.
Xavier Conde	-	x	Las fabrica personalmente.

Los resultados presentados en la Tabla 16 evidencian la variabilidad en el uso de matrices, plantillas u otras herramientas de apoyo dentro de la línea de producción, así como la ausencia de estandarización en los métodos empleados por el personal operativo para facilitar la construcción del producto. Esta situación permite identificar prácticas individuales que dependen de la experiencia del operador y del tipo de operación realizada, lo cual puede incidir en la eficiencia del proceso y en la calidad del producto final.

En este contexto, y con el propósito de complementar el análisis de las condiciones y métodos de trabajo, a continuación se presentan los resultados relacionados con la frecuencia y

el tipo de fallas reportadas en la maquinaria y equipos de trabajo, información que se resume en la Tabla 17. Estos datos permiten profundizar en el diagnóstico del estado operativo de los equipos y su relación con las prácticas productivas observadas en la línea de producción.

Tabla 17. Resultados sobre datos informativos acerca de la frecuencia y tipo de fallas reportadas en maquinaria o equipos de trabajo por el personal operativo.

¿Con qué frecuencia se presentan fallas en la maquinaria o equipos de trabajo?	RESPUESTA	DESCRIPCIÓN
Cristian Mendez	Rara Vez	La amoladora se avería por desgaste de carbones y la respuesta para reposición es tardía.
Jorge Tapia	Ocasionalmente	Existen roturas de punzones por falta de mantenimiento a la maquinaria y accesorios.
David Aucapiña	Ocasionalmente	Existen fallas cuando se cambia de producto debido a la disparidad en los cortes del material.
Dorian Jimbo	Frecuentemente	Productos mal soldados.
Ronny Londa	Rara Vez	Existencia de un paro general de la máquina que impide continuar con la realización de cortes láser.
Paúl Sinchi	Ocasionalmente	Desnivel del rodillo en la máquina de rolado.
Gabriel Jimbo	Ocasionalmente	Existen fallas en la calibración de la máquina de doblado.
Edison Sharup	Rara Vez	La amoladora se avería por desgaste de carbones y la respuesta para reposición es tardía.
Xavier Conde	Rara Vez	Se quema el lente y su reposición es tardía.

Los resultados presentados en la Tabla 17 evidencian la frecuencia y el tipo de fallas reportadas en la maquinaria y equipos de trabajo, las cuales se asocian principalmente a

problemas de mantenimiento, desgaste de componentes y ajustes operativos, afectando la continuidad del proceso productivo. En este contexto, resulta necesario complementar el diagnóstico mediante el análisis de la percepción del personal operativo sobre la eficiencia del flujo de trabajo entre áreas, dado que estas fallas pueden influir en la coordinación de las operaciones y en los tiempos de producción. Los resultados correspondientes se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados acerca de la percepción del personal operativo sobre la eficiencia del flujo de trabajo entre áreas.

¿Considera que el flujo de trabajo actual entre áreas de trabajo es eficiente?	SI	NO	¿POR QUÉ?
Cristian Mendez	x	-	Existen pequeñas demoras pero sí fluye la fabricación del producto.
Jorge Tapia	x	-	Porque se fabrica de manera continua.
David Aucapiña	x	-	Sí fluye, pero cuando existe cambio de producción se extiende su fabricación.
Dorian Jimbo	-	x	Se detiene la línea de producción por cambios externos al personal.
Ronny Londa	x	-	Todo fluye.
Paúl Sinchi	x	-	Todos cumplen con su trabajo pero cuando existen cambios en la planificación hay demoras de 20–40 min.
Gabriel Jimbo	-	x	Existen demoras en soldadura y suelen hacer menos procesos para que el producto salga a tiempo.
Edison Sharup	x	-	Existen fallas pero no representan mucho tiempo de demora.
Xavier Conde	x	-	Sí existe eficiencia en la producción.

Los resultados de la Tabla 18 evidencian que, aunque el flujo de trabajo presenta continuidad general, existen demoras asociadas a ajustes operativos, cambios en la planificación y deficiencias en la coordinación entre estaciones, lo que impacta en los tiempos de producción y justifica profundizar el diagnóstico mediante el análisis de las dificultades identificadas por el personal operativo.

Tabla 19. Resultados sobre la percepción del personal operativo relacionado a las principales dificultades en sus estaciones de trabajo.

¿Cuál considera que es el mayor problema o dificultad que enfrenta en su estación de trabajo?	RESPUESTA
Cristian Mendez	La falta de planificación en la línea de producción ya que se interrumpe el proceso de fabricación.
Jorge Tapia	La implementación de productos nuevos ya que se requiere la fabricación de nuevas plantillas y toma de medidas.
David Aucapiña	La inexistencia de plantillas o matrices, los cambios repentinos en la línea de producción y la disposición del área de trabajo.
Dorian Jimbo	La llegada de material es tardía y la falta de espacio en el área de trabajo.
Ronny Londa	La ocasional falta de material y el transporte del material entre estaciones de trabajo.
Paúl Sinchi	El transporte de material entre estaciones de trabajo.
Gabriel Jimbo	La demora en el pulido del producto ya que existen varias imperfecciones en la soldadura.
Edison Sharup	La respuesta tardía del departamento de mantenimiento hacia la necesidad de repuestos.
Xavier Conde	El trabajo doble debido a la inexistencia de mantenimiento de la otra soldadora láser, la falta de mantenimiento preventivo, acumulación de productos en el área de trabajo.

La Tabla 19 identifica las principales dificultades operativas percibidas por el personal que afectan la eficiencia del proceso productivo, mientras que la Tabla 18 evidencia la necesidad de fortalecer la organización del trabajo y la disponibilidad de personal técnico especializado.

8.1.1.3. Obtención de Información Acerca de las Percepciones Técnicas del Personal

Tabla 20. Resultados del criterio de los operadores relacionado la implementación de más personal técnico especializado.

¿Cree que con un mayor número de soldados o con mejor organización de trabajo se puede reducir el tiempo total de producción?	SI	NO	JUSTIFICACIÓN
Cristian Mendez	x	-	Porque con más soldados y máquinas funcionales existiría un mejor flujo de fabricación.
Jorge Tapia	x	-	Porque ayudaría en el flujo de fabricación.
David Aucapiña	x	-	Porque sería menor la carga de trabajo.
Dorian Jimbo	x	-	Porque existiría menor carga laboral.
Ronny Londa	x	-	Porque hay veces en las que no abastece la demanda de productos por falta de operadores.
Paúl Sinchi	-	-	Se necesita mayor número de personal en todas las áreas.
Gabriel Jimbo	x	-	Porque si existe mayor número de soldados es menor la carga de trabajo.
Edison Sharup	x	-	Porque existirían menores atrasos en la entrega de productos, hace falta maquinaria también.
Xavier Conde	x	-	Porque se dividiría el trabajo.

La Tabla 20 presenta el criterio del personal operativo sobre la necesidad de mejorar la organización del trabajo o incrementar el personal técnico para reducir el tiempo de producción. A continuación, la Tabla 19 recoge las sugerencias del personal para mejorar el flujo y continuidad del proceso antes de la etapa de pintura.

Tabla 21. Resultados de las sugerencias brindadas por el personal operativo para mejorar el flujo y continuidad en la línea de producción antes del proceso de pintura.

Desde su experiencia ¿Qué cambios sugeriría para mejorar el flujo y continuidad en la línea de producción antes del proceso de pintura?	RESPUESTA
Cristian Mendez	Sugeriría realizar paradas técnicas y realizar un chequeo rutinario.
Jorge Tapia	Sugeriría mantener en buen estado las máquinas.
David Aucapiña	Sugeriría habilitar los puestos de trabajo que se encuentran fuera de servicio por daños en equipos.
Dorian Jimbo	Sugeriría mejorar la calidad de la soldadura para una menor duración en el pulido.
Ronny Londa	Sugeriría implementar maquinarias de suelda para salir con la producción a tiempo.
Paúl Sinchi	Sugeriría realizar la soldadura al 100% para evitar reprocesos, realizar planos para soldaduras, mejorar la carga de trabajo.
Gabriel Jimbo	Sugeriría una mejor planificación diaria y que no existan cambios repentinos en la línea de producción.
Edison Sharup	Sugeriría aumentar el número de personal para aminorar la carga de trabajo.
Xavier Conde	Sugeriría la división de carga de trabajo, un mejor orden en los procesos, mejora en la planificación de producción.

Al finalizar el proceso de investigación a través de las entrevistas hacia el personal operativo ha permitido obtener una visión más integral del comportamiento real de la línea de producción de muebles metálicos en Colineal Cia. Ltda. complementando los registros cuantitativos con datos cualitativos valiosos sobre las condiciones actuales de trabajo, la metodología utilizada, percepción técnica acerca de la producción, la información recopilada es de gran ayuda ya que las entrevistas son una herramienta eficaz y flexible al momento de detectar aspectos críticos que no son evidentes mediante la observación directa, siendo especialmente útiles en entornos industriales como en el presente caso de estudio.

8.1.1.4. Resultados del análisis de tiempos de producción de los productos más representativos de ferrotecnia

Una vez definida la metodología de medición y aplicados los instrumentos de recolección de datos para la determinación de los tiempos de ciclo por producto y estación de trabajo, se procedió al procesamiento y análisis de la información obtenida. En el siguiente apartado se presentan los resultados derivados de la medición de tiempos de producción, así como su interpretación mediante herramientas de análisis que permiten identificar los productos y procesos con mayor impacto en la carga operativa de la línea Ferrotecnia.

8.1.1.4.1. Resultados de los tiempos de producción por estación de trabajo

En la Tabla 18 se presentan los tiempos de producción medidos por estación de trabajo para los productos seleccionados de la línea Ferrotecnia, los cuales fueron obtenidos mediante observación directa y registro visual utilizando la tarjeta viajera durante 4 meses. Las contabilizaciones de tiempo se realizaron en múltiples lecturas consecutivas por estación, con el fin de reducir la variabilidad del proceso y obtener información representativa del desempeño real de cada operación.

A partir de los registros obtenidos, se realizó un tratamiento estadístico de los datos, considerando como valor representativo el tiempo promedio de producción por estación de trabajo, lo que permitió consolidar los resultados y facilitar su análisis. Estos resultados presentados en la Tabla 22, posibilitan visualizar la distribución del tiempo de fabricación en cada etapa del proceso productivo, diferenciar el comportamiento operativo entre productos semi elaborados y muebles terminados, y constituyen la base para el análisis comparativo del desempeño productivo por producto.

Tabla 22. Tiempos de producción por estación de trabajo para productos seleccionados de la línea Ferrotecnia.

Producto	Clasificación	Corte Lá-ser	Suelda	Pintado	Armado y Despacho
Mesa de Centro Brad	S.E.	75 min	-	-	-
Silla Manhattan	S.E.	25 min	-	-	-
Mesa de Centro French	S.E.	190 min	285 min	-	-
Silla Clio	S.E.	525 min	288 min	-	-
Base Bar Lotus	S.E.	14 min	20 min	-	-
Aparador Natur	M.T.	48 min	180 min	70 min	90 min
Cama Batty	M.T.	142 min	147 min	193 min	105 min
Silla Cross	M.T.	25 min	42 min	116 min	90 min
Silla Nerea	M.T.	477 min	66 min	70 min	90 min
Silla Ariel	M.T.	23 min	36 min	73 min	180 min

8.1.1.4.2. Identificación de productos críticos mediante análisis de Pareto

Con el fin de identificar los productos que concentran la mayor proporción del tiempo total de fabricación, se aplicó el análisis de Pareto utilizando los tiempos totales obtenidos por producto. Esta herramienta permitió calcular la frecuencia de tiempo, su porcentaje relativo y el porcentaje acumulado, facilitando la jerarquización de los productos según su impacto en la carga operativa de la línea Ferrotecnia tal como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23. Análisis del tiempo de producción de los productos más representativos de la línea Ferrotecnia.

Producto	Frecuencia (min)	Frecuencia relativa (%)	% Acumulado
Silla Clio	813	21.94	21.94
Silla Nerea	613	16.55	38.49
Cama Batty	587	15.84	54.33
Mesa Centro French	475	12.82	67.15
Aparador Natur	388	10.47	77.62
Silla Ariel	312	8.42	86.04
Silla Cross	293	7.91	93.95
Base Bar Lotus	124	3.35	97.30
Mesa Centro Brad	75	2.02	99.32
Silla Manhattan	25	0.68	100.00

8.1.1.4.3. Diagrama de Pareto de los tiempos de producción

Con el propósito de analizar y priorizar los productos que concentran la mayor proporción del tiempo total de producción, se elaboró el Diagrama de Pareto de los tiempos de producción, el cual permite representar de manera gráfica la distribución del tiempo de fabricación por producto y su correspondiente porcentaje acumulado. Este análisis facilita la identificación de aquellos productos que generan el mayor impacto sobre el desempeño global de la línea de producción.

En la Figura 40 se identifican los productos que conforman el denominado 20% crítico, los cuales concentran aproximadamente el 80% del tiempo total de producción, evidenciando una alta incidencia sobre la carga operativa del sistema. Esta información constituye una base técnica para la priorización de acciones dentro de la propuesta de mejora, al permitir focalizar los esfuerzos en los productos con mayor contribución al tiempo total de fabricación.

Asimismo, el diagrama permite visualizar la relación entre los productos más demandantes en términos de tiempo y su contribución acumulada al total general, proporcionando un sustento cuantitativo para la toma de decisiones orientadas a la optimización del proceso productivo, particularmente en la definición de estrategias de mejora enfocadas en eficiencia operativa y reducción de tiempos.

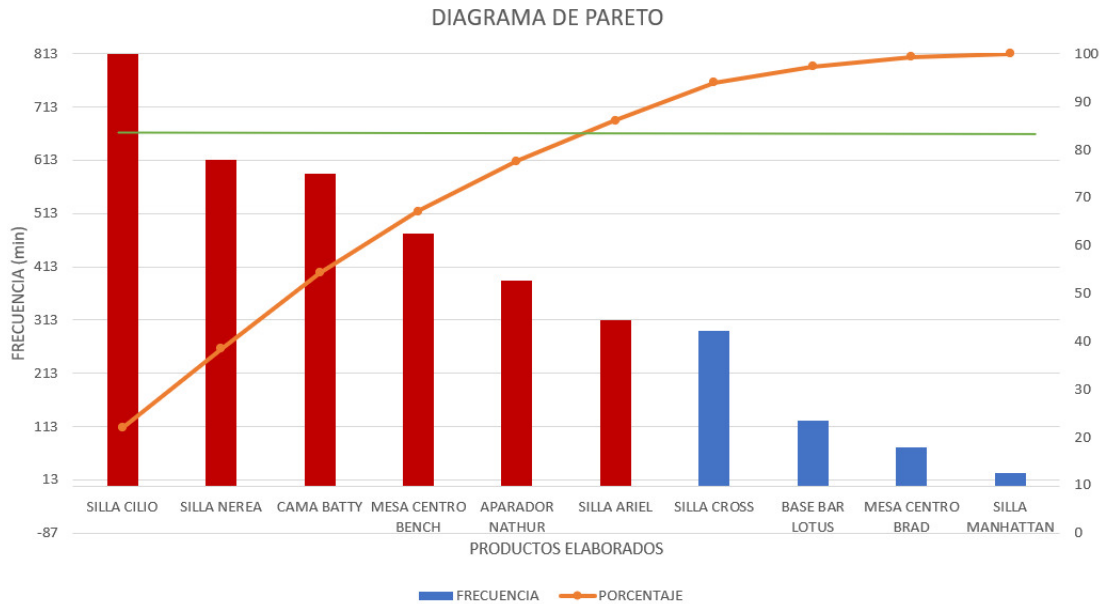


Figura 40. *Diagrama de Pareto de los tiempos de producción por producto en la línea Ferrotecnia. Los productos resaltados representan el 20% crítico que concentra aproximadamente el 80% del tiempo total de producción, constituyendo la base para la priorización de la mejora operativa.*

8.1.2. Resultados obtenidos de la interpretación de tiempos de producción

Una vez aplicada la metodología de medición de tiempos y recopilada la información operativa mediante observación directa y entrevistas al personal, se procedió al análisis integral de los resultados obtenidos. Este apartado presenta la interpretación de los tiempos de producción considerando no solo los valores cuantitativos registrados, sino también las condiciones reales de trabajo, los métodos operativos empleados y las percepciones técnicas del personal operativo. El análisis conjunto de estos elementos permitió identificar los factores que influyen directamente en la eficiencia del proceso productivo y en la variabilidad de los tiempos dentro de la línea Ferrotecnia.

8.1.2.1. Información Recaudada Acerca de las Condiciones y Métodos de Trabajo

El análisis de las condiciones y métodos de trabajo se realizó a partir de la observación directa del desarrollo de las operaciones en cada estación de la línea Ferrotecnia, contrastando la secuencia teórica del proceso con su ejecución real en planta. Esta evaluación permitió identificar prácticas operativas, niveles de estandarización y condiciones del entorno que inciden directamente en la eficiencia del flujo productivo y en la estabilidad de los tiempos de

producción registrados.

Los resultados evidencian que la línea de producción Ferrotecnia opera por estaciones funcionales, aunque con variaciones en la secuencia de procesos según el tipo y estado del producto, lo que genera recorridos no uniformes. Se identificó una alta dependencia del criterio del operario y la ausencia de estandarización formal de métodos, lo que ocasiona diferencias en la ejecución de tareas y en los tiempos de operación entre turnos. Adicionalmente, condiciones del entorno como acumulación de materiales, limitaciones de espacio y falta de apoyo logístico afectan la fluidez del proceso, provocando tiempos muertos, interrupciones y retrabajos que impactan negativamente en la eficiencia global del sistema productivo.

8.1.2.2. Información Recaudada Acerca de las Percepciones Técnicas del Personal Operativo

Con el fin de complementar el análisis técnico de los tiempos de producción, se consideraron las percepciones del personal operativo que interviene directamente en las distintas estaciones de trabajo. La información obtenida a través de entrevistas permitió contrastar los datos medidos con la experiencia práctica de los operarios, identificando problemáticas recurrentes, limitaciones operativas y factores no visibles en los registros cuantitativos que influyen en el desempeño del sistema productivo.

Los resultados muestran una alta coincidencia en la percepción del personal respecto a la sobrecarga de trabajo en estaciones críticas, especialmente en soldadura, asociada a la limitada disponibilidad de equipos y a la dependencia de pocos operarios clave, lo que incrementa la vulnerabilidad del proceso. Asimismo, se identifica la falta de mantenimiento oportuno como un factor que genera interrupciones del flujo, acumulación de producto en proceso y presión operativa para cumplir plazos sin una planificación detallada. Estas percepciones se ven respaldadas por los registros de tiempos de producción, que evidencian mayores tiempos acumulados y variabilidad en estaciones críticas, confirmando la correspondencia entre la experiencia del personal y el desempeño real del sistema productivo.

8.1.2.3. Información Recaudada Acerca de Producción Diaria y Factores que Intervienen en su Fabricación

El análisis de la producción diaria permitió evaluar el comportamiento real del sistema productivo en función del tipo de producto fabricado, la planificación semanal y la disponibilidad de recursos. A partir de los registros de tiempos y del seguimiento de las órdenes de producción, se identificaron factores operativos que influyen directamente en la variabilidad del rendimiento diario y en la capacidad de respuesta de la línea Ferrotecnia frente a la

demanda.

Los resultados muestran que la producción diaria en la línea Ferrotecnia presenta una alta variabilidad, asociada al mix de productos fabricados, la producción por lotes y a un sistema job shop / make to order con cambios frecuentes de referencia. La planificación manual, junto con la capacidad instalada limitada en estaciones críticas como soldadura y pintura, genera desbalances en la carga operativa, acumulación de producto en proceso y tiempos de espera. En consecuencia, el rendimiento diario no es constante y depende del orden de fabricación, la disponibilidad operativa y la correcta priorización de productos y procesos.

8.2. Resultados de la selección de los parámetros críticos que inter- vendrán en la propuesta de mejora de la línea ferrotecnia

Los resultados obtenidos en esta sección corresponden al análisis integral del diagnóstico realizado en la línea de producción Ferrotecnia, a partir de la información cuantitativa y cualitativa recopilada durante el estudio [43]. La interpretación conjunta de los tiempos de producción, las condiciones del entorno operativo, los métodos de trabajo y las percepciones técnicas del personal permitió identificar, evaluar y jerarquizar los parámetros que inciden de manera crítica en el desempeño del sistema productivo. Estos resultados constituyen la base técnica para la selección de los parámetros críticos que serán abordados en la propuesta de mejora.

8.2.1. Descripción de Parámetros Críticos Identificados

Los parámetros críticos identificados basados en el diagnóstico de la situación actual, uso de herramientas de análisis y evaluaciones adecuadas se obtuvo lo presentado en la Tabla 24:

Tabla 24. Parámetros críticos seleccionados para la propuesta de mejora, con su justificación técnica y evidencia diagnóstica.

Parámetro Crítico	Justificación técnica	Evidencia del diagnóstico
Tiempo de ciclo por producto	Representa más del 50% del tiempo total de fabricación en tres productos clave, impactando directamente en la capacidad productiva y el cumplimiento de plazos	Análisis de Pareto del tiempo de proceso
Acumulación de productos en estaciones	Genera interrupciones en el flujo continuo, incrementa inventarios en proceso y provoca reprocesos	Diagramas Ishikawa en soldadura, pintura y armado
Carga operativa desbalanceada	Provoca sobreesfuerzo del operario, baja eficiencia operativa y formación de cuellos de botella	Registro de sobrecarga en la estación de soldadura láser
Mantenimiento en maquinaria	Disminuye la capacidad instalada efectiva y genera dependencia de procesos manuales alternos	Informes de mantenimiento correctivo y paradas no programadas
Falta de checklist de control	Incrementa la probabilidad de defectos y reprocesos, afectando la calidad final del producto	Observación directa en estaciones de pintura y armado
Tiempos improductivos por traslado	Incrementan tiempos muertos y ociosidad entre estaciones, reduciendo la eficiencia global del proceso	Diagrama de flujo y recorrido del proceso productivo
Distribución inadecuada del espacio	Compromete la seguridad industrial, el orden operativo y la eficiencia del flujo de materiales	Análisis del layout actual en áreas de doblado, rolado y armado
Tiempo destinado a reprocesos por fallas de calidad	Incrementa los costos operativos, el tiempo total de fabricación y la carga de trabajo no planificada	Registro de productos retrabajados y análisis de defectos recurrentes
Nivel insuficiente de capacitación del personal operativo	Limita la correcta toma de decisiones en planta, incrementa errores operativos y reduce la eficiencia del proceso	Evaluación de competencias, observación directa y entrevistas al personal

En función del análisis realizado, los parámetros críticos identificados evidencian que

las principales ineficiencias de la línea de producción se concentran en el tiempo de ciclo, la acumulación de productos en proceso, el desbalance de carga operativa y la limitada disponibilidad de equipos, factores que afectan directamente la capacidad productiva y el cumplimiento de los plazos de entrega. Asimismo, se determinó que la presencia de reprocesos derivados de fallas de calidad y un nivel insuficiente de capacitación del personal operativo incrementan los costos no planificados y reducen la eficiencia global del sistema productivo. Adicionalmente, la distribución inadecuada del espacio y los tiempos improductivos por traslado comprometen la seguridad, el orden y la continuidad del flujo de materiales. En conjunto, estos hallazgos sustentan técnicamente la necesidad de implementar una propuesta de mejora integral orientada a la optimización del flujo productivo, la reducción de reprocesos, el fortalecimiento del factor humano y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

8.2.2. Esquematización representativa sobre la priorización de los parámetros críticos de intervención

Como resultado del diagnóstico integral de la línea de producción Ferrotecnia, se procedió a establecer la prioridad de intervención de los parámetros críticos identificados en la Tabla 25, con el fin de orientar la propuesta de mejora hacia aquellos factores cuya corrección genere un mayor impacto sobre la eficiencia operativa global. Esta priorización se fundamenta en el análisis comparativo de evidencias cuantitativas y cualitativas, considerando su incidencia directa en la continuidad del flujo productivo, la capacidad operativa instalada, la generación de tiempos improductivos y los riesgos operativos asociados.

Tabla 25. Parámetros críticos priorizados para la propuesta de mejora en la línea de producción Ferrotecnia.

Parámetro Crítico	Justificación para la intervención prioritaria	Nivel de Prioridad
Distribución de planta	La disposición actual de las estaciones de trabajo presenta espacios reducidos y recorridos innecesarios, lo que limita el movimiento del personal y materiales, compromete la seguridad operativa y afecta la clasificación adecuada entre producto conforme y no conforme. Esta condición genera desorden, incrementa tiempos improductivos y reduce la eficiencia del flujo productivo.	Muy Alta
Tiempo destinado a reprocesos por fallas de calidad	El reprocesamiento de productos debido a defectos recurrentes incrementa el tiempo total de fabricación, eleva los costos operativos y genera carga de trabajo no planificada. Asimismo, afecta el cumplimiento de plazos de entrega y reduce la capacidad efectiva de la línea de producción.	Muy Alta
Mantenimiento en maquinarias	La falta de un mantenimiento adecuado ha ocasionado la inoperatividad parcial de equipos críticos, reduciendo la capacidad instalada y generando cuellos de botella. Esta situación incrementa la dependencia de equipos alternos, eleva el riesgo de fallas imprevistas y afecta la continuidad del proceso productivo.	Muy Alta
Capacitación del personal operativo	El nivel insuficiente de capacitación limita la correcta ejecución de las operaciones, la detección temprana de fallas y la toma de decisiones en planta. Esta condición incrementa la probabilidad de errores operativos, reprocesos y riesgos laborales, impactando negativamente en la productividad y calidad del producto final.	Muy Alta

Como resultado de la metodología aplicada, se obtuvo una selección estructurada y prio-

rizada de parámetros críticos de intervención, debidamente justificada mediante evidencia diagnóstica cuantitativa y cualitativa. Esta metodología garantiza coherencia entre el diagnóstico del sistema productivo y la formulación de la propuesta de mejora, asegurando que las acciones correctivas se enfoquen en los factores con mayor impacto y viabilidad técnica.

8.2.3. Validación técnica de los parámetros críticos seleccionados

La selección de los parámetros críticos se fundamenta en la convergencia de evidencias cuantitativas y cualitativas obtenidas a lo largo del diagnóstico. El uso combinado del análisis de Pareto, diagramas de causa–efecto, observación directa del entorno operativo y análisis del layout permitió jerarquizar aquellos factores cuya intervención genera un mayor impacto sobre el rendimiento global del sistema productivo.

La validación técnica de los parámetros críticos seleccionados se realizó mediante revisión experta con el jefe del área de producción de la línea Ferrotecnia, Andrés Murillo, quien se desempeñó como tutor empresarial durante el desarrollo del presente estudio y fue el responsable directo del seguimiento operativo y del análisis de la criticidad existente en la línea de producción. Su participación permitió contrastar los resultados obtenidos a partir del diagnóstico con la realidad operativa del proceso, asegurando que los parámetros priorizados reflejen condiciones reales de operación, restricciones productivas y oportunidades de mejora técnicamente viables dentro del contexto de la empresa.

8.2.4. Integración sistémica de los parámetros críticos priorizados

La Tabla 26 presenta la integración de los parámetros críticos priorizados, mostrando su relación con los principales impactos operativos identificados en la línea de producción Ferrotecnia. Esta síntesis permite visualizar de manera conjunta cómo cada parámetro influye sobre el desempeño del sistema productivo y cómo su interacción genera efectos acumulativos que afectan la continuidad del flujo, la utilización de la capacidad instalada y la eficiencia global del proceso.

Tabla 26. Integración sistémica de los parámetros críticos priorizados y su impacto operativo en la línea de producción Ferrotecnia.

Parámetro crítico	Impacto principal	Relación con otros parámetros	Efecto sobre el sistema
Distribución de planta	Generación de recorridos innecesarios, desorden operativo y limitaciones de espacio en estaciones críticas	Incrementa tiempos improductivos, acumulación de productos en proceso y riesgos operativos	Reducción de la eficiencia del flujo productivo y aumento del tiempo total de fabricación
Tiempo destinado a reprocesos por fallas de calidad	Incremento del tiempo de ciclo y de los costos operativos no planificados	Asociado a deficiencias en capacitación del personal y falta de control del proceso	Disminución de la capacidad productiva y afectación del cumplimiento de plazos
Mantenimiento en maquinarias	Reducción de la disponibilidad y confiabilidad de equipos críticos	Genera sobrecarga operativa, cuellos de botella y dependencia de equipos alternos	Interrupciones del flujo productivo y retrasos en la producción
Capacitación del personal operativo	Ejecución ineficiente de operaciones y mayor probabilidad de errores operativos	Incide directamente en reprocesos, fallas de calidad y uso inadecuado de equipos	Inestabilidad del proceso productivo y variabilidad en la calidad del producto final

8.2.5. Formulación de la propuesta de mejora basada en los parámetros críticos priorizados

En función de los parámetros críticos priorizados y del análisis realizado en la línea de producción Ferrotecnia, en la Tabla 27 se visualiza la propuesta de mejora orientada a optimizar la eficiencia operativa, la calidad del producto y la continuidad del proceso productivo, mediante acciones enfocadas en la distribución de planta, la reducción de reprocesos por fallas de calidad, el control de maquinarias críticas y la capacitación del personal operativo.

Tabla 27. Propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción Ferrotecnia, basada en los parámetros críticos priorizados.

Parámetro crítico	Acciones de mejora propuestas	Impacto esperado
Distribución de planta	Reorganización del layout productivo mediante la redistribución de estaciones de trabajo, reducción de recorridos innecesarios y delimitación de áreas de trabajo. Implementación de señalización industrial y mejora de pasillos operativos conforme a criterios de seguridad y orden industrial.	Optimización del flujo de materiales, reducción de tiempos improductivos por traslado, mejora de la seguridad operativa y aumento de la eficiencia global del proceso productivo.
Tiempo destinado a reprocesos por fallas de calidad	Elaboración e implementación de checklists de control operativo y de calidad por estación crítica, estandarización de actividades clave y aplicación de matrices de riesgo para la identificación de puntos críticos de falla.	Reducción de reprocesos, disminución del tiempo total de fabricación, mejora de la calidad del producto final y reducción de costos operativos no planificados.
Mantenimiento en maquinarias	Elaboración y aplicación de checklists de verificación preoperacional, a ser ejecutados antes del inicio de la jornada laboral, con el objetivo de identificar fallas visibles, daños incipientes o condiciones anómalas en la maquinaria crítica evitando paradas no programadas de la producción o riesgos para la seguridad del personal.	Incremento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reducción de paradas no programadas, eliminación de cuellos de botella y continuidad del flujo productivo.
Capacitación del personal operativo	Desarrollo de capacitaciones técnicas al personal operativo enfocadas en procedimientos estandarizados, seguridad industrial, detección temprana de fallas y correcta operación de equipos.	Mejora en la toma de decisiones operativas, reducción de errores humanos, fortalecimiento de la cultura de seguridad y aumento de la productividad y estabilidad del proceso.

La propuesta de mejora formulada se sustenta en la intervención directa sobre los parámetros críticos priorizados, integrando acciones técnicas orientadas a la optimización de la distribución de planta, la reducción de reprocesos por fallas de calidad, el fortalecimiento del control preventivo de la maquinaria crítica y la capacitación del personal operativo. Las acciones planteadas fueron definidas bajo criterios de viabilidad operativa, alineación normativa y mejora continua, priorizando soluciones de bajo costo y alto impacto que permitan mejorar la eficiencia del proceso productivo y la calidad del producto final.

8.3. Resultados referentes a la evaluación de la propuesta de mejora para la optimización en la línea ferrotecnia

8.3.1. Resultados de la evaluación sobre la propuesta de mejora del layout mediante delimitación horizontal de áreas operativas

En el marco de la evaluación de la propuesta de mejora, se presenta el layout mejorado de la línea de producción Ferrotecnia, desarrollado a partir de la delimitación horizontal de las áreas operativas. Esta visualización permite identificar de manera clara la reorganización de las estaciones de trabajo, la optimización de los recorridos y la segregación de áreas funcionales, evidenciando las mejoras implementadas en el flujo productivo, el orden operativo y la seguridad industrial.

A continuación en la Figura 41 se presenta el layout con las mejoras ya aplicadas.

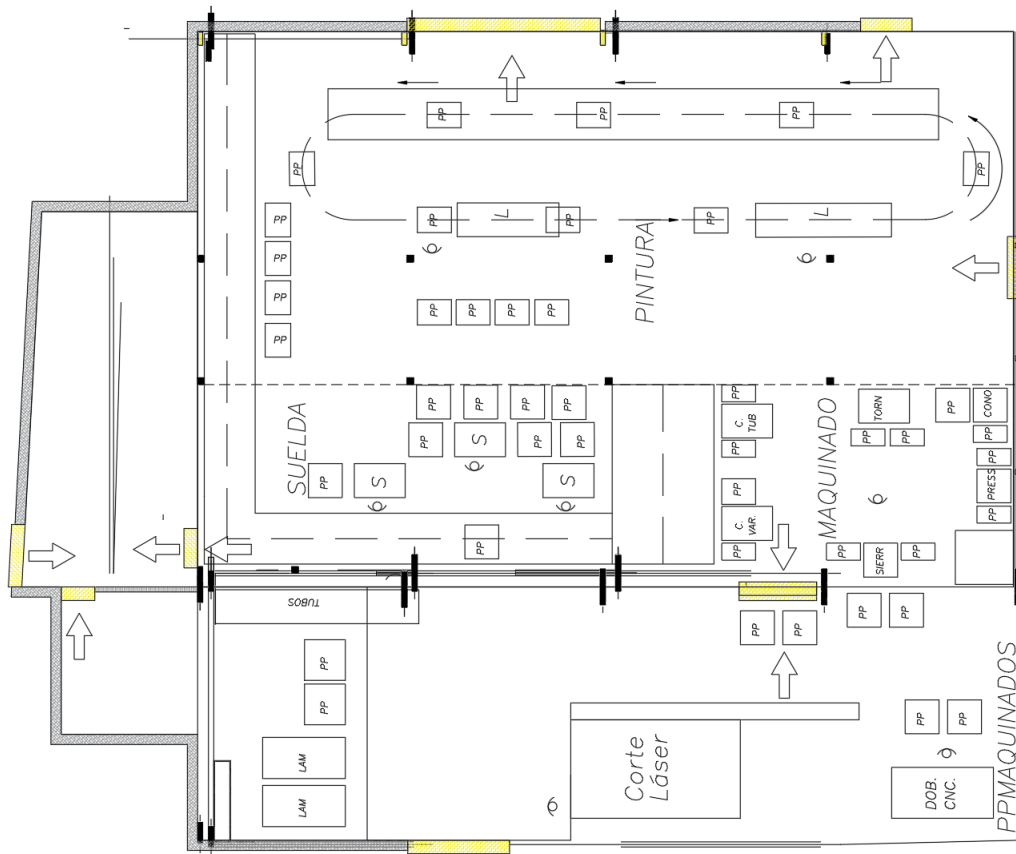


Figura 41. Plano con la distribución de estaciones establecido de manera clara y delimitadas sus zonas de trabajo

8.3.2. Resultados del diseño del control operativo mediante checklists para maquinaria crítica

Como parte de la propuesta de mejora para la optimización de la línea de producción Ferrotecnia, se desarrolló el diseño de checklists de control operativo orientados a la supervisión sistemática de la maquinaria crítica. Estos instrumentos, derivados del análisis de la propuesta, buscan estandarizar la verificación de condiciones operativas y de seguridad, permitiendo la detección anticipada de desviaciones que puedan afectar la continuidad del proceso productivo, la seguridad del personal y la calidad del producto, sin implicar aún su aplicación directa en la operación real.

Como parte del procedimiento se realizó por estaciones de trabajo y las tenemos a continuación:

8.3.2.1. Estación de corte láser CNC

La estación de corte láser CNC se identifica como un área crítica de la línea de producción Ferrotecnia por su impacto en el flujo del proceso y los riesgos asociados a la operación de equipos automatizados de alta potencia. En este contexto, en la Tabla 28 se diseñó un checklist de control operativo para la maquinaria crítica de la estación, como parte de la propuesta de mejora.

Tabla 28. Checklist propuesto para la verificación operativa de la máquina de corte láser CNC.

Ítem	Aspecto a verificar	Criterio de verificación
1	Estado general de la estructura	No presenta deformaciones, fisuras o elementos sueltos
2	Área de trabajo delimitada	Delimitación horizontal visible y libre de obstáculos
3	Señalización del área	Señalización vertical visible y legible
4	Sistema de encendido	Arranque normal sin ruidos o fallos
5	Panel de control CNC	Pantalla operativa y sin mensajes de error
6	Botón de parada de emergencia	Funciona correctamente y es accesible
7	Sistema de extracción de humos	Operativo durante el proceso de corte
8	Protección de zonas móviles	Resguardos instalados y en buen estado
9	Cableado eléctrico visible	Sin cortes, empalmes improvisados o sobrecalentamiento
10	Conexión a tierra	Presente y en condiciones adecuadas
11	Limpieza del área inmediata	Ausencia de residuos metálicos o inflamables
12	Iluminación del puesto	Iluminación suficiente para operación segura
13	Disponibilidad de EPP	Operador cuenta con EPP requerido
14	Orden en materiales de entrada y salida	Material clasificado y ubicado correctamente

8.3.2.2. Estación de Doblado

En la Tabla 29 se diseñó un checklist de control operativo para la maquinaria crítica de la estación como parte de la propuesta de mejora.

Tabla 29. Checklist propuesto para la verificación operativa de la plegadora CNC.

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
1	Estado estructural del bastidor	No presenta fisuras, deformaciones ni vibraciones anómalas
2	Delimitación del área de doblado	Zona de riesgo claramente delimitada en el piso
3	Encendido del sistema CNC	Arranque normal sin alarmas críticas
4	Botón de parada de emergencia	Accesible y operativo
5	Pedal de accionamiento	Retorno automático y sin activaciones involuntarias
6	Zona de punzón y matriz	Libre de objetos ajenos a la operación
7	Instalación del punzón	Correctamente alineado y firmemente sujeto
8	Instalación de la matriz	Fijada correctamente y sin holguras
9	Compatibilidad herramienta-programa	Herramental coincide con el programa cargado
10	Tope trasero (backgauge)	Movimiento fluido y posicionamiento correcto
11	Sistema hidráulico	Sin fugas visibles y presión dentro del rango normal
12	Limpieza de la mesa de trabajo	Superficie libre de rebabas y residuos metálicos
13	Equipos de protección personal	Operador dispone de EPP requerido para la operación

8.3.2.3. Estación de Rolado

La estación de rolado constituye un proceso crítico dentro la línea de producción ferrotecnia, debido a su función en el conformado cilíndrico de láminas metálicas y a los riesgos mecánicos asociados a la operación de rodillos en movimiento continuo. La correcta operación de esta estación resulta determinante para garantizar la geometría de las piezas, la continuidad del proceso productivo y la seguridad del personal.

A continuación en las Tablas 30 y 31 se presenta el checklist de la maquinaria crítica dentro de la estación de trabajo que es una roladora simétrica de tres rodillos CNC, modelo W11-12x2000.

Tabla 30. Checklist propuesto para la verificación operativa de la máquina roladora de láminas metálicas (Parte 1).

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
1	Estado estructural del bastidor	Estructura sin fisuras, deformaciones ni vibraciones anómalas
2	Área de alimentación del material	Zona libre de obstáculos y materiales ajenos
3	Delimitación del área de rolado	Zona de riesgo claramente delimitada en el piso
4	Sistema de encendido	Arranque normal sin ruidos o fallos
5	Mandos de control	Controles identificados y de fácil accionamiento
6	Botón de parada de emergencia	Accesible y operativo
7	Protección en zona de rodillos	Resguardos o cubiertas instaladas y en buen estado
8	Estado superficial de los rodillos	Rodillos sin fisuras, golpes ni desgaste irregular

Tabla 31. Checklist propuesto para la verificación operativa de la máquina roladora de láminas metálicas (Parte 2).

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
9	Limpieza de los rodillos	Superficie limpia, libre de aceite excesivo o residuos
10	Alineación de rodillos	Rodillos correctamente alineados y paralelos
11	Ajuste de presión de rolado	Presión adecuada según espesor de la lámina
12	Sentido y control de giro	Giro controlado y reversible según el mando
13	Zona de salida del material	Espacio libre para la descarga segura de la pieza
14	Elementos auxiliares de apoyo	Topes, guías o apoyos en buen estado
15	Orden y limpieza del entorno	Ausencia de chatarra o restos metálicos en la zona de trabajo
16	Equipos de protección personal	Operador dispone de EPP requerido

8.3.2.4. Estación de Curvado

La estación de curvado constituye un proceso crítico dentro de la línea de producción ferrotecnia, ya que en esta etapa se realiza la conformación geométrica de tubos metálicos mediante esfuerzos de flexión controlada. La operación de curvadoras CNC de tubos implica riesgos mecánicos significativos, principalmente asociados a atrapamiento, aplastamiento y movimientos simultáneos de componentes móviles como mordazas, brazos de curvado y sistemas de arrastre.

A continuación en la Tabla 32 se presenta el checklist de la maquinaria crítica dentro de la estación de trabajo que es una Curvadora de tubos CNC, modelo DW63CNC-42ASV.

Tabla 32. Checklist propuesto para la verificación operativa de la curvadora CNC de tubos.

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
1	Estado estructural del bastidor	Estructura sin fisuras, deformaciones ni vibraciones anómalas
2	Área de trabajo del curvado	Zona libre de obstáculos y materiales ajenos
3	Señalización de riesgos	Señales visibles de atrapamiento y aplastamiento
4	Sistema de encendido CNC	Arranque normal sin alarmas ni fallos
5	Panel de control	Pantalla legible y correcta respuesta a comandos
6	Botón de parada de emergencia	Accesible y operativo
7	Sistema de sujeción del tubo	Mordazas correctamente alineadas y firmemente ajustadas
8	Brazo de curvado	Movimiento fluido y sin interferencias
9	Rodillo de presión	Correctamente posicionado y sin desgaste excesivo
10	Alineación del tubo	Tubo alineado correctamente antes del inicio del curvado
11	Parámetros de curvado programados	Radio, ángulo y velocidad configurados correctamente
12	Sistema hidráulico	Sin fugas visibles y presión dentro del rango normal
13	Zona de giro y movimiento	Libre de personas durante la operación
14	Equipos de protección personal	Operador dispone de EPP requerido

8.3.2.5. Estación de Soldadura

La estación de soldadura constituye un proceso crítico dentro de la línea de producción ferrotecnia, debido a su impacto directo en la resistencia estructural, la calidad final del producto y los riesgos asociados a la operación de equipos que trabajan con altas temperaturas, radiación, energía eléctrica y generación de humos metálicos. En esta estación se identificaron como equipos críticos las soldadoras MIG Miller Continuum 350/500 y la soldadora láser de fibra BL-FW de BLMA, las cuales operan bajo principios tecnológicos distintos y, por tanto, requieren controles operativos específicos.

8.3.2.5.1. Checklist propuesto de control operativo – Soldadora MIG

Modelos Miller Continuum 350 / 500

A continuación en las Tablas 33 y 34 se presenta el checklist de la maquinaria crítica dentro de la estación de trabajo de Soldadura.

Tabla 33. Checklist propuesto para la verificación operativa de la máquina roladora de láminas metálicas (Ítems 1 al 8).

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
1	Estado estructural del bastidor	Estructura sin fisuras, deformaciones ni vibraciones anómalas
2	Área de alimentación del material	Zona libre de obstáculos y materiales ajenos
3	Delimitación del área de rolado	Zona de riesgo claramente delimitada en el piso
4	Sistema de encendido	Arranque normal sin ruidos o fallos
5	Mandos de control	Controles identificados y de fácil accionamiento
6	Botón de parada de emergencia	Accesible y operativo
7	Protección en zona de rodillos	Resguardos o cubiertas instaladas y en buen estado
8	Estado superficial de los rodillos	Rodillos sin fisuras, golpes ni desgaste irregular

Tabla 34. Checklist propuesto para la verificación operativa de la máquina roladora de láminas metálicas (Ítems 9 al 16).

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación
9	Limpieza de los rodillos	Superficie limpia, libre de aceite excesivo o residuos
10	Alineación de rodillos	Rodillos correctamente alineados y paralelos
11	Ajuste de presión de rolado	Presión adecuada según espesor de la lámina
12	Sentido y control de giro	Giro controlado y reversible según el mando
13	Zona de salida del material	Espacio libre para la descarga segura de la pieza
14	Elementos auxiliares de apoyo	Topes, guías o apoyos en buen estado
15	Orden y limpieza del entorno	Ausencia de chatarra o restos metálicos en la zona de trabajo
16	Equipos de protección personal	Operador dispone de EPP requerido

8.3.2.5.2. Checklist propuesto de control operativo – Soldadora láser de fibra

A continuación en la Tabla 35 se presenta el checklist de la maquinaria crítica dentro de la estación de trabajo de Soldadura. Modelo BL-FW – BLMA

Tabla 35. Checklist propuesto para la verificación operativa de la soldadora láser de fibra BL-FW.

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación	Observaciones
1	Estado estructural del equipo	Carcasa y bastidor sin deformaciones	
2	Área de trabajo	Zona libre de obstáculos y accesos no autorizados	
3	Delimitación del área láser	Área de riesgo claramente delimitada	
4	Señalización de radiación láser	Señales visibles de riesgo óptico	
5	Encendido del sistema	Arranque normal sin alarmas	
6	Panel de control	Parámetros visibles y correctamente configurados	
7	Fuente láser	Operación estable sin mensajes de fallo	
8	Cabezal de soldadura	Limpio y correctamente alineado	
9	Sistema de enfriamiento	Nivel y circulación adecuada del refrigerante	
10	Cable de fibra óptica	Sin dobleces, cortes o daños visibles	
11	Sistema de protección óptica	Pantallas o resguardos instalados	
12	Dispositivos de seguridad	Interlocks y protecciones operativas	
13	Conexión eléctrica	Cableado sin daños ni sobrecalentamiento	
14	Orden y limpieza	Ausencia de materiales reflectantes no controlados	
15	Equipos de protección personal	Gafas láser certificadas y EPP requerido	

8.3.2.5.3. Estación de Pintado

A continuación en la Tabla 36 se presenta el checklist de la maquinaria crítica dentro de la estación de trabajo de Pintado.

Tabla 36. Checklist propuesto para la verificación operativa de la estación de pintado (pintura electrostática y horno de curado).

Ítem	Aspecto específico a verificar	Criterio técnico de verificación	Observaciones
A. Cabina de pintura electrostática			
1	Estado estructural de la cabina	Estructura íntegra, sin fisuras ni corrosión excesiva	
2	Señalización de riesgos	Señales visibles de atmósfera inflamable y uso de EPP	
3	Conductos de ventilación	Ductos firmes y sin obstrucciones	
4	Iluminación interna	Iluminación suficiente para la aplicación uniforme	
5	Pistola de pintura electrostática	Funcionamiento normal y sin fugas	
6	Acumulación de polvo	Ausencia de acumulación excesiva en superficies	
7	Equipos de protección personal	Operador dispone de respirador, guantes y ropa adecuada	
B. Horno de curado y adherencia			
8	Estado estructural del horno	Paneles y puertas en buen estado	
9	Sistema de cierre del horno	Puertas sellan correctamente	
10	Control de temperatura	Termostato operativo y temperatura estable	
11	Sistema de ventilación del horno	Ventilación adecuada durante el curado	
12	Señalización de riesgo térmico	Señales visibles de alta temperatura	
13	Orden y limpieza	Interior y exterior sin residuos inflamables	
14	Equipos de protección personal	Operador dispone de EPP térmico requerido	

Si bien el diseño de checklists de control operativo se enfocó en las estaciones y maquinarias

consideradas críticas por su impacto directo en el proceso productivo y en la seguridad del personal, se identificaron otras estaciones que, aunque no justifican la elaboración de un checklist específico de maquinaria, presentan riesgos inherentes a las actividades que en ellas se desarrollan. En este sentido, y considerando que todo proceso productivo implica la exposición a diversos peligros, se procedió a la elaboración de matrices de riesgo por estación de trabajo, con el fin de identificar, evaluar y gestionar los riesgos presentes en cada actividad, independientemente del nivel de criticidad de la maquinaria involucrada.

8.3.3. Resultados sobre la elaboración de matrices de riesgo

Como complemento al diseño de los checklists de control operativo, se elaboraron matrices de riesgo para las distintas estaciones de la línea de producción Ferrotecnia, con el objetivo de identificar sistemáticamente los peligros asociados a las tareas, evaluar su nivel de riesgo y proponer medidas de control preventivas orientadas a la seguridad del personal y a la continuidad del proceso productivo. Estas matrices fueron diseñadas de forma simplificada y aplicable al personal operativo, considerando los lineamientos de la normativa ecuatoriana vigente.

8.3.3.1. Matriz de riesgo de la Estación de Recepción, Inspección y Almacenamiento de Materia Prima

En esta estación se desarrollan actividades de descarga, manipulación e inspección de materia prima, las cuales implican riesgos asociados al manejo manual de cargas, cortes y caídas de materiales. La matriz de riesgo que se presenta a continuación en la Tabla 37 permite identificar los peligros presentes y establecer medidas preventivas orientadas al orden y la seguridad del área.

Tabla 37. Matriz de riesgo de la Estación de recepción, inspección y almacenamiento de materia prima.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Descarga de material	Sobreesfuerzo físico	Lesiones musculares	Medio	Capacitación y uso de ayudas mecánicas
Manipulación de láminas	Bordes cortantes	Cortes en manos	Medio	Guantes y señalización de advertencia
Almacenamiento	Caída de materiales	Golpes o fracturas	Alto	Estanterías seguras y orden del área
Tránsito interno	Golpes por colisión	Contusiones	Medio	Delimitación de pasillos

8.3.3.2. Matriz de riesgo de la Estación de Corte CNC por tecnología láser

La estación de corte láser CNC presenta riesgos derivados del uso de tecnología de alta energía, partes móviles y generación de humos. La matriz de riesgo que se visualiza a continuación en la Tabla 38 se elaboró con el fin de identificar los peligros críticos del proceso y definir controles preventivos que contribuyan a una operación segura y controlada.

Tabla 38. Matriz de riesgo de la Estación de corte láser CNC.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Operación del láser	Radiación láser	Lesiones oculares	Alto	Resguardos y señalización láser
Corte de material	Partes móviles	Atrapamiento	Alto	Delimitación y capacitación
Extracción de humos	Inhalación de gases	Afecciones respiratorias	Medio	Sistema de extracción operativo
Manipulación post-corte	Bordes calientes	Quemaduras leves	Medio	Uso de guantes térmicos

8.3.3.3. Matriz de riesgo de la Estación de Doblado

Las operaciones de doblado involucran el uso de una prensa plegadora CNC, donde existen riesgos significativos de atrapamiento y aplastamiento. La matriz de riesgo permite evaluar estos peligros y establecer medidas de control enfocadas en la protección del operador y el uso seguro del equipo, por tal motivo se realizó una matriz de riesgo que se presenta a continuación en la Tabla 39.

Tabla 39. Matriz de riesgo de la Estación de doblado.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Accionamiento de plegadora	Atrapamiento	Aplastamiento	Alto	Cortinas ópticas y EPP
Colocación de pieza	Golpe mecánico	Contusiones	Medio	Procedimiento seguro
Cambio de herramientas	Manipulación manual	Lesiones en manos	Medio	Uso de guantes y capacitación

8.3.3.4. Matriz de riesgo de la Estación de Rolado

En la estación de rolado, el conformado de láminas mediante rodillos genera riesgos asociados al arrastre y contacto con partes giratorias. La matriz de riesgo presentada en la Tabla 40 facilita la identificación de estos peligros y la definición de acciones preventivas para minimizar incidentes durante la operación.

Tabla 40. Matriz de riesgo de la Estación de rolado.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Alimentación de lámina	Arrastre por rodillos	Atrapamiento	Alto	Resguardos y delimitación
Operación continua	Partes giratorias	Lesiones graves	Alto	Paro de emergencia operativo
Retiro de piezas	Golpes mecánicos	Contusiones	Medio	Procedimiento seguro

8.3.3.5. Matriz de riesgo de la Estación de Curvado

El proceso de curvado de tubos implica movimientos simultáneos de componentes mecánicos y sistemas de sujeción. La matriz de riesgo se desarrolló en la siguiente Tabla 41 con la finalidad de identificar los peligros inherentes a estas operaciones y proponer controles que reduzcan la probabilidad de accidentes laborales.

Tabla 41. Matriz de riesgo de la Estación de curvado.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Sujeción del tubo	Atrapamiento	Aplastamiento	Alto	Mordazas seguras y EPP
Curvado automático	Movimiento simultáneo	Golpes graves	Alto	Delimitación del área
Ajustes del equipo	Error de programación	Daños al operador	Medio	Capacitación técnica

8.3.3.6. Matriz de riesgo de la Estación de Soldadura

Las actividades de soldadura exponen al personal a riesgos térmicos, eléctricos, radiación y humos metálicos. La matriz de riesgo representada en la Tabla 42, permite evaluar estos factores y establecer medidas preventivas orientadas a la protección del trabajador y al control del entorno de trabajo.

Tabla 42. Matriz de riesgo – Estación de soldadura.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Soldadura MIG	Radiación y calor	Quemaduras	Alto	Careta y ropa ignífuga
Soldadura láser	Radiación óptica	Lesión ocular	Alto	Señalización y gafas láser
Generación de humos	Inhalación de gases	Daño respiratorio	Medio	Extracción localizada

8.3.3.7. Matriz de riesgo de la Estación de Pintado

La estación de pintado, que incluye la aplicación electrostática y el curado térmico, presenta riesgos relacionados con atmósferas inflamables y altas temperaturas. La matriz de riesgo representada en la Tabla 43, se elaboró para identificar estos peligros y definir controles que garanticen condiciones seguras durante el proceso.

Tabla 43. Matriz de riesgo de la Estación de pintado.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Aplicación de pintura	Inhalación de partículas	Irritación respiratoria	Medio	Respirador y ventilación
Acumulación de polvo	Atmósfera inflamable	Incendio	Alto	Limpieza y señalización
Curado en horno	Alta temperatura	Quemaduras	Alto	EPP térmico y avisos

8.3.3.8. Matriz de riesgo de la Estación de Armado, Empaquetado y Despacho

En esta etapa final del proceso productivo se realizan actividades manuales y de manipulación de productos terminados, que implican riesgos ergonómicos y de golpes. La matriz de riesgo a continuación visualizada en la Tabla 44, permite identificar estos peligros y proponer medidas preventivas que aseguren un despacho seguro y ordenado.

Tabla 44. Matriz de riesgo de la Estación de armado, empaquetado y despacho.

Actividad	Peligro	Consecuencia	Nivel	Medidas de control
Armado manual	Sobreesfuerzo	Lesiones musculares	Medio	Posturas correctas
Empaquetado	Uso de herramientas	Cortes leves	Bajo	Guantes de protección
Despacho	Golpes por carga	Contusiones	Medio	Orden y señalización

8.3.4. Resultados sobre la propuesta de capacitación del personal en seguridad y operación industrial

Los resultados del diseño de checklists de control operativo y matrices de riesgo presentados en la Tabla 45, evidencia la necesidad de incorporar la capacitación del personal como un componente complementario de la propuesta de mejora, a fin de garantizar la correcta aplicación de los controles preventivos, fortalecer la seguridad en el trabajo y mejorar la calidad del proceso productivo, en concordancia con la normativa ecuatoriana vigente.

Tabla 45. Resultados de la cotización referencial para la capacitación del personal operativo de la línea de producción Ferrotecnia.

N°	Tema de capacitación	Costo charla	IVA 12%	Costo total
1	Inducción general en seguridad y salud en el trabajo. Señalización según normativa INEN	\$100	\$12	\$112
2	Identificación de riesgos mecánicos en procesos de doblado, rolado y curvado. Bloqueo y etiquetado	\$100	\$12	\$112
3	Gestión de riesgos eléctricos e inspección mediante checklists operativos	\$100	\$12	\$112
4	Seguridad en procesos de soldadura MIG y láser. Control de radiación, humos metálicos e incendios	\$100	\$12	\$112
5	Seguridad en pintura electrostática y operación de hornos de curado. Riesgos térmicos	\$100	\$12	\$112
6	Preparación ante emergencias, rutas de evacuación, uso de extintores y respuesta a incidentes	\$100	\$12	\$112
Costo total estimado de capacitación				\$672

8.3.5. Análisis de costos y beneficios de la propuesta de mejora

El análisis de costos y beneficios se desarrolló con el objetivo de evaluar la viabilidad económica de la propuesta de mejora para la línea de producción Ferrotecnia, considerando los recursos necesarios para su aplicación y los beneficios esperados en términos productivos, operativos y de seguridad. Este análisis se realiza de manera estimativa, dado que la propuesta aún no ha sido implementada, y tiene como finalidad apoyar la toma de decisiones por parte de la empresa.

8.3.5.1. Análisis de costos estimados de la propuesta de mejora

Como parte de la evaluación técnica y económica de la propuesta de mejora, se realizó un análisis estimado de los costos asociados a la implementación de acciones correctivas priorizadas, tales como la señalización industrial y el programa de capacitación operativa. Esta estimación permite valorar la viabilidad financiera de las intervenciones sugeridas, considerando tanto los recursos materiales como el componente humano necesario para su ejecución. A continuación en la Tabla 46 se presentan los datos objetidos a partir de un análisis detallado.

Tabla 46. Costos estimados de inversión para la propuesta de mejora.

Concepto	Costo (USD)
Señalización vertical (aprox. 50 letreros)	750
Señalización horizontal con cinta (aprox. 320 m)	150
Capacitación del personal operativo (seguridad y operación)	672
Total estimado	1 572

8.3.5.2. Resultados del cálculo de ahorro por unidad en los productos críticos según la evaluación del diagrama de pareto

Tabla 47. Ahorro de tiempo proyectado por unidad (min/u) para productos críticos (escenarios C-B-O).

Producto	Tiempo actual (min/u)	Ahorro 5% (min/u)	Ahorro 8% (min/u)	Ahorro 12% (min/u)
Silla Clío	813	40.65	65.04	97.56
Silla Nerea	613	30.65	49.04	73.56
Cama Batty	587	29.35	46.96	70.44
Mesa Centro French	475	23.75	38.00	57.00
Aparador Natur	388	19.40	31.04	46.56
Silla Ariel	312	15.60	24.96	37.44

8.3.5.3. Resultados del cálculo de beneficio económico proyectado por unidad en los productos críticos según la evaluación del diagrama de pareto

Tabla 48. Beneficio económico proyectado por unidad (USD/u) para productos críticos (C-B-O), con $C_h = 3.90$ USD/h.

Producto	Beneficio 5% (USD/u)	Beneficio 8% (USD/u)	Beneficio 12% (USD/u)
Silla Clío	2.64	4.23	6.34
Silla Nerea	1.99	3.19	4.78
Cama Batty	1.91	3.05	4.58
Mesa Centro French	1.54	2.47	3.70
Aparador Natur	1.26	2.02	3.03

8.3.5.4. Plan de ejecución de la señalización horizontal y vertical en las instalaciones de la línea de producción ferrotecnia

Tabla 49. Estimación de pérdida económica por paro parcial planificado para ejecutar señalización y reorganización (ejecución en baja demanda/fin de semana).

Actividad	Responsables (designación)	H_{paro} (h)	N (pers)	Pérdida (USD)
Señalización vertical (instalación por estaciones)	1 supervisor (Producción/SST) + 2 instaladores	1.5	4	23.40
Señalización horizontal con cinta (por tramos)	1 supervisor + 2 aplicadores	2.0	6	46.80
Reorganización de layout (racks, material, herramientas)	1 líder (Producción) + 1 mantenimiento + 3 apoyo	4.0	8	124.80
Totales		7.5		195.00

8.3.5.5. Beneficios mensuales y anuales por producto crítico evaluado mediante el diagrama de pareto

Tabla 50. Beneficio económico proyectado por producto (USD/mes y USD/año) según escenarios (C-B-O).

Producto	Q_{mes}	B 5% (USD/mes)	B 5% (USD/año)	B 8% (USD/mes)	B 8% (USD/año)	B 12% (USD/mes)	B 12% (USD/año)
Silla	5	13.20	158.40	21.15	253.80	31.70	380.40
Clio							
Silla	5	9.95	119.40	15.95	191.40	23.90	286.80
Nerea							
Cama	6	11.46	137.52	18.30	219.60	27.48	329.76
Batty							
Mesa	12	18.48	221.76	29.64	355.68	44.40	532.80
Centro							
French							
Aparador	7	8.82	105.84	14.14	169.68	21.21	254.52
Natur							
Silla	8	8.08	96.96	12.96	155.52	19.44	233.28
Ariel							
Total		69.99	839.88	112.14	1,345.68	168.13	2,017.56

8.3.5.6. Resumen total anual por escenario + indicadores (Payback y B/C)

Tabla 51. Resumen económico por escenario (12 meses) e indicadores de viabilidad.

Concepto	Conservador (5%)	Base (8%)	Optimista (12%)
Beneficio mensual (USD/mes)	69.99	112.14	168.13
Beneficio anual (USD/año)	839.88	1,345.68	2,017.56
Inversión (USD, con IVA)			1,572.00
Pérdida por paro planificado (USD)			195.00
Costo total de la propuesta (USD)			1,767.00
Payback (meses)*	25.25	15.76	10.51
Relación B/C**	0.48	0.76	1.14

$$* \text{Payback} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Beneficio mensual}} \quad ** \text{B/C} = \frac{\text{Beneficio anual}}{\text{Costo total}}$$

Los resultados obtenidos en la evaluación económica evidencian que la propuesta de mejora productiva genera beneficios económicos proyectados asociados a la reducción de tiempos improductivos, reprocesos y paros no planificados, particularmente en los productos críticos identificados mediante el análisis de Pareto. Bajo un horizonte de 12 meses, se estimaron beneficios anuales entre USD 839,88 y USD 2.017,56, dependiendo del escenario considerado, con periodos de recuperación de la inversión que oscilan entre 12,24 y 29,40 meses. Estos resultados permiten establecer una base cuantitativa sólida para la toma de decisiones, y sirven como sustento para las conclusiones presentadas a continuación respecto a la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

8.3.5.7. Análisis de beneficios esperados de la propuesta de mejora

El análisis de los beneficios esperados de la propuesta de mejora se fundamenta en la evaluación técnica y económica de las acciones planteadas, considerando su impacto proyectado sobre la organización del proceso productivo, la seguridad y salud en el trabajo, y el cumplimiento de la normativa ecuatoriana vigente. Dado que la propuesta no ha sido implementada, los beneficios se analizan de manera prospectiva, tomando como referencia las condiciones actuales de la línea de producción Ferrotecnia y los resultados obtenidos en la

evaluación de viabilidad económica.

8.3.5.7.1. Beneficios en la organización y control del proceso productivo

La reorganización del layout mediante la delimitación horizontal de áreas operativas permitirá mejorar la visualización del proceso, optimizar el flujo de materiales y reducir interferencias entre estaciones consecutivas. Esta mejora contribuirá a una ejecución más ordenada de las actividades, facilitando la supervisión operativa y disminuyendo los tiempos improductivos asociados a traslados innecesarios y acumulación de productos en proceso.

Asimismo, la implementación proyectada de checklists de control operativo para la maquinaria crítica permitirá estandarizar las verificaciones previas de seguridad y funcionamiento, favoreciendo un mayor control del estado de los equipos y reduciendo la probabilidad de paradas no programadas que afectan la continuidad del proceso productivo.

8.3.5.7.2. Beneficios en seguridad y salud en el trabajo

La propuesta de mejora fortalece la prevención de riesgos laborales mediante la aplicación de señalización estandarizada, la delimitación de áreas de trabajo y la elaboración de matrices de riesgo por estación. Estas acciones permitirán identificar de forma clara los peligros presentes en cada operación y establecer medidas de control preventivas, reduciendo la probabilidad de incidentes asociados a riesgos mecánicos, térmicos, eléctricos y químicos.

Este enfoque se alinea con los requerimientos establecidos en la normativa ecuatoriana vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, contribuyendo a mejorar las condiciones laborales y a reforzar una cultura de prevención dentro de la planta de producción.

8.3.5.7.3. Beneficios en el desempeño del personal y la calidad del trabajo

La capacitación del personal operativo constituye un eje transversal de la propuesta, orientado a mejorar la comprensión de los riesgos, la correcta interpretación de la señalización y la aplicación de los controles operativos definidos. Este proceso de formación permitirá reducir errores operativos, mejorar la toma de decisiones en planta y fortalecer la disciplina operativa.

Como resultado, se espera una mejora en la calidad del producto final, una reducción de reprocesos y una mayor eficiencia en la ejecución de las tareas, impactando positivamente en el desempeño global de la línea de producción.

8.3.5.7.4. Beneficios económicos y relación beneficio–inversión

Desde el punto de vista económico, la evaluación realizada demuestra que la propuesta de mejora es viable y favorable. Los indicadores obtenidos reflejan periodos de recuperación aceptables (Payback) y relaciones beneficio/costo (B/C) que, en los escenarios base y optimista, evidencian que los beneficios económicos proyectados superan el costo total de la inversión. Esto confirma que la propuesta permite obtener mejoras significativas con una inversión moderada, priorizando acciones de alto impacto operativo y bajo costo relativo.

8.3.5.7.5. Síntesis de los beneficios esperados

En conjunto, la propuesta de mejora permitirá generar un entorno de trabajo más seguro, ordenado y eficiente, con beneficios que abarcan aspectos productivos, operativos, humanos, económicos y normativos. La evaluación desarrollada permite concluir que el Objetivo 3 ha sido cumplido de manera adecuada, al demostrarse que la propuesta es viable, necesaria y coherente con las condiciones actuales de la línea de producción Ferrotecnia. Asimismo, las mejoras planteadas sientan una base técnica sólida para futuras etapas de tecnificación y automatización del proceso productivo, fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas de la empresa.

9. Conclusiones

Conclusión del Objetivo 1

De acuerdo con el diagnóstico realizado en la línea de producción Ferrotecnia, se identificaron deficiencias relevantes en la distribución del layout, el flujo de materiales, la carga operativa y las condiciones de seguridad en las estaciones de trabajo. El análisis técnico evidenció la existencia de interferencias entre procesos, acumulación de producto en estaciones críticas y exposición del personal a riesgos laborales. Por tanto, se justificó la necesidad de plantear una propuesta de mejora orientada a la optimización productiva y preventiva del sistema.

Conclusión del Objetivo 2

La identificación y priorización de los parámetros críticos permitió determinar los factores con mayor impacto en el desempeño de la línea de producción, tales como la distribución inadecuada del espacio, la acumulación de productos entre estaciones, la carga operativa desbalanceada y la dependencia de maquinaria crítica. Estos parámetros constituyeron la

base técnica para orientar la propuesta de mejora, asegurando que las acciones planteadas respondan a problemas reales y relevantes del proceso productivo.

Conclusión del Objetivo 3

La evaluación económica realizada evidencia que la propuesta de mejora genera beneficios productivos y económicos cuantificables, derivados de la reducción proyectada de tiempos improductivos, reprocesos y paradas no programadas en la línea de producción Ferrotecnia. Para los productos críticos analizados, se estimaron beneficios anuales de USD 839,88 en el escenario conservador, USD 1.345,68 en el escenario base y USD 2.017,56 en el escenario optimista. Considerando un costo total de la propuesta de USD 1.767,00, los periodos de recuperación de la inversión se estimaron en 25,25, 15,76 y 10,51 meses, respectivamente, mientras que la relación Beneficio/Costo alcanzó valores de 0,48, 0,76 y 1,14, evidenciando viabilidad económica en escenarios de operación favorables. En consecuencia, se concluye que la propuesta constituye una estrategia viable de mejora productiva, con retorno progresivo de la inversión y potencial de beneficios adicionales al ampliarse su aplicación al resto de productos de la empresa.

10. Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la evaluación cuantitativa del impacto de la propuesta de mejora una vez implementada en la línea de producción Ferrotecnia. Este análisis permitiría medir indicadores de desempeño tales como productividad, tiempos de ciclo, reducción de reprocesos y disminución de incidentes laborales, los cuales no fueron considerados en esta investigación debido a que la propuesta no ha sido aplicada.

De igual manera, se sugiere que estudios posteriores incorporen herramientas de simulación de procesos productivos para evaluar distintos escenarios de redistribución del layout y balanceo de línea, lo que permitiría comparar alternativas antes de su ejecución real y optimizar aún más la toma de decisiones en entornos industriales con limitaciones de espacio y recursos.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones analicen la viabilidad técnica y económica de la automatización del proceso de pintado, específicamente mediante la implementación de un centro de pintado con curado y secado automatizado, considerando que la presente propuesta sienta las bases para lograr una producción continua e ininterrumpida en las estaciones previas.

Referencias

- [1] Google Maps, *Colineal Venta de muebles en Parque Industrial - Cuenca*. <https://www.google.com/maps/>, 2025.
- [2] Dopingmaq. (2023) 5 tipos de línea de producción. [En Línea]. Disponible en: <https://www.dopingmaq.com.mx/5-tipos-de-linea-de-produccion/>
- [3] I. y. P. d. E. Ministerio de Producción, Comercio Exterior. (2023) Análisis descriptivo del comportamiento de la industria de la madera y el mueble en el ecuador. [En Línea]. Disponible en: <https://www.produccion.gob.ec>
- [4] V. Pesántez. (2015) Propuesta de gestión por procesos basados en la servucción como herramienta de gestión, para la empresa cominlalza cia. ltda. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.uazuay.edu.ec/>
- [5] J. Candel. (2018) El diagnóstico industrial como herramienta en el plan de empresa. [En Línea]. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/>
- [6] G. Torres Fiorilo. (2021) ¿cómo se elabora un procedimiento para describir las actividades de un proceso o área en la empresa? [En Línea]. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/como-se-elabora-un-procedimiento-para-describir-las-o-torres-fiorilo>
- [7] J. A. A. Villa y C. S. C. Simbaña, “Plan de negocio para potenciar el laboratorio de ingeniería industrial, en la fabricación de muebles de madera; vinculación entre las mipymes de la ciudad y la universidad de cuenca,” Trabajo de Titulación, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>
- [8] C. Corp. (2025) Acerca de colineal. [En Línea]. Disponible en: <https://colineal.com/pages/acerca-de-colineal>
- [9] F. Freire-Morán, “La gestión en innovación y las exportaciones de la industria metalmecánica en ecuador: una propuesta de mejora de valor agregado,” *Teoría y Praxis*, Vol. 17, No. 35, Págs. 49–65, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://revistas.udb.edu.sv/index.php/teoria>
- [10] C. A. I. Chalco y L. E. P. Ñauta, “Propuesta de mejora mediante la gestión por procesos en la línea ferrotecnia de la empresa carpintería internacional cia. ltda.” Master’s thesis, Universidad Politécnica Salesiana, 2024.

- [11] M. Colledani, T. Tolio, A. Fischer, B. Iung, G. Lanza, R. Schmitt, y J. Váncza, “Design and management of manufacturing systems for production quality,” *Cirp Annals*, Vol. 63, No. 2, Págs. 773–796, 2014.
- [12] K. Sardar, S. Ali, S. Hameed, S. Afzal, S. Fatima, M. B. Shakoor, S. A. Bharwana, y H. M. Tauqeer, “Heavy metals contamination and what are the impacts on living organisms,” *Greener Journal of Environmental management and public safety*, Vol. 2, No. 4, Págs. 172–179, 2013.
- [13] F. RICHARD B CHASE, “Administración de operaciones. producción y cadena de suministros,” 2009.
- [14] Z. V. M. Canevaro, “Mejora de operaciones del proceso productivo para reducir los costos de producción en la curtiembre piel trujillo sac,” 2016.
- [15] D. L. M. Nascimento, V. Alencastro, O. L. G. Quelhas, R. G. G. Caiado, J. A. Garza-Reyes, L. Rocha-Lona, y G. Tortorella, “Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal,” *Journal of manufacturing technology management*, Vol. 30, No. 3, Págs. 607–627, 2019.
- [16] M. Ortiz, *Una cuestión de orgullo*. <https://colineal.com/blogs/tips-e-ideas/una-cuestion-de-orgullo>, 2017.
- [17] I. S. 2, *Orientación acerca del enfoque basado en procesos para los sistemas de gestión de la calidad*. <https://www.iso.org/standard/>, 2001.
- [18] P. Industrial. (2023) Procesos industriales: qué son y cuántos tipos existen. [En Línea]. Disponible en: <https://postgradoindustrial.com/procesos-industriales-que-son-y-cuantos-tipos-existen/>
- [19] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Procesos de manufactura*, 6a Ed. Pearson Educación, 2013.
- [20] L. Castellano Lendínez. (2019) Kanban. metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. [En Línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>
- [21] A. F. Estrella Quispe, G. P. Segura Núñez, C. E. Martínez Rosas, A. Y. Sánchez Chila, y E. B. Bravo López, “Sistemas de gestión de indicadores clave

- de desempeño (kpis) en procesos industriales,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, Vol. 7, No. 4, Págs. 125–137, julio-agosto 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.37811/clrcm.v7i4.6853>
- [22] C. Trask, S. E. Mathiassen, J. Wahlström, M. Heiden, y M. Rezagholi. (2012) Data collection costs in industrial environments for three occupational posture exposure assessment methods. [En Línea]. Disponible en: <https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/>
- [23] K. Dunwoodie, L. Macaulay, y A. Newman. (2022) Qualitative interviewing in the field of work and organisational psychology: Benefits, challenges and guidelines for researchers and reviewers. [En Línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/apps.12414>
- [24] A. M. Bocanegra, E. A. Santofimio, y X. V. Corredor López. (2019) Importancia de la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en las pymes dedicadas a la fabricación de muebles. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorio.uniminuto.edu/>
- [25] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Procesos de manufactura*, 6a Ed. Pearson Educación, 2013.
- [26] F. W. Taylor. (1911) Principles and methods of scientific management. [En Línea]. Disponible en: <https://egrove.olemiss.edu/jofa/vol12/iss3/3>
- [27] I. Popular. (2025) Cross training: la clave para mejorar la eficiencia operativa en la industria. [En Línea]. Disponible en: <https://impulsapopular.com/gerencia/cross-training-la-clave-para-mejorar-la-eficiencia-operativa-en-la-industria/>
- [28] P. Tsarouhas. (2012) Reliability, availability and maintainability analysis in food production lines: a review. [En Línea]. Disponible en: <https://academic.oup.com/ijfst/article/47/11/2243/7866091>
- [29] B. Rödesch, S. Kowalewski, y M. Leucker, “Toward systematic construction of diagnostic systems for large industrial plants: Methods, languages, and tools,” *Annual Reviews in Control*, Vol. 29, Págs. 193–206, 2005.
- [30] A. Kuchiki. (2005) A flowchart approach. [En Línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/chapter/10.1057/978023052402510>

- [31] L. Liliana, “A new model of ishikawa diagram for quality assessment,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 161, No. 1, Pág. 012099, 2016. [En Línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- [32] N. Khamis, M. N. Ab Rahman, K. R. Jamaludin, A. R. Ismail, J. A. Ghani, y R. Zulkifli, “Development of 5s practice checklist for manufacturing industry,” in *Proceedings of the World Congress on Engineering 2009*, Vol. I. London, United Kingdom: International Association of Engineers, 2009.
- [33] Presidencia de la República del Ecuador, “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo,” Decreto Ejecutivo No. 2393, 1986, registro Oficial No. 565. [En Línea]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec>
- [34] Ministerio de Trabajo del Ecuador, “Reglamento de seguridad y salud en el trabajo,” Decreto Ejecutivo No. 255, 2006, registro Oficial No. 469, publicado el 20 de noviembre de 2006. [En Línea]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec>
- [35] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Notas técnicas de prevención: Guías de seguridad y control operativo en entornos industriales,” INSHT, España, Tech. Rep., 1998, guías técnicas de buenas prácticas aplicables a la estandarización de inspecciones y control de maquinaria.
- [36] Ministerio del Trabajo del Ecuador, “Acuerdo ministerial nro. mdt-2025-122,” Ecuador, 2025, disposiciones complementarias en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- [37] D. L. Goetsch y S. B. Davis, *Quality Management for Organizational Excellence*, 8a Ed. Boston: Pearson Education, 2016.
- [38] H. J. Harrington, *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. New York: McGraw-Hill, 1991.
- [39] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la investigación*, 6a Ed. McGraw-Hill Education, 2014.
- [40] A. Saniuk, D. Cagáňová, y M. Čambál. (2013) Performance management in metalworking processes as a source of sustainable development. Consultado: 25 de junio de 2025. [En Línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/282714490>
- [41] E. P. DeGarmo, J. T. Black, y R. A. Kohser, *Materials and Processes in Manufacturing*, 10a Ed. Wiley, 2008.

- [42] G. Rodríguez Medina, S. Balestrini Atencio, S. Balestrini Atencio, R. Meleán Romero, y B. Rodríguez Castro. (2002) Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial. [En Línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oaid=28080109>
- [43] M. N. A. Rahman, K. A. Ahmad, A. S. M. Shafeek, M. N. R. M. Nasir, y M. A. M. Nor, “Maintenance management performance – an overview towards strategy for competitive advantage,” in *Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE 2009)*, Vol. II. London, UK: International Association of Engineers (IAENG), 2009, Págs. 1–6. [En Línea]. Disponible en: https://www.iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009_pp1325-1330.pdf
- [44] K. Cardwell, G. Dennis, A. R. Flannery, J. Fletcher, D. Luster, M. Nakhla, A. Rice, P. Shiel, J. Stack, C. Walsh, y L. Levy, “Principles of diagnostic assay validation for plant pathogens: A basic review of concepts,” *Plant Health Progress*, Vol. 19, No. 4, Págs. 272–278, 2018.