



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**MEJORA DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA APLICANDO LEAN  
MANUFACTURING EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE QUITO**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Cevallos Conde Alexis Javier

**Tutora**

MSc. Álvarez Sánchez Ana

QUITO– ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Cevallos Conde Alexis Javier, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MEJORA DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE QUITO”, como requisito para optar al grado de ingeniería industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 13 días del mes de noviembre de 2025, firmo conforme:

Autor: Cevallos Conde Alexis Javier

Firma: .....

Número de Cédula: 1751458264

Dirección: Pichincha, Quito, Tababela barrio Oyambarillo

Correo Electrónico: alexco3@outlook.es

Teléfono: 0986108162

## **APROBACIÓN DEL TUTORA**

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Integración Curricular “MEJORA DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE QUITO” presentado por Cevallos Conde Alexis Javier, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 13 de noviembre del 2025

.....

MSc. Álvarez Sánchez Ana, Ing

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de ingeniería industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 13 de noviembre del 2025

.....

Cevallos Conde Alexis Javier  
C.I. 175612458264

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MEJORA DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA APLICANDO LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE QUITO, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 13 de noviembre de 2025

.....

MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea  
LECTOR

.....

MSc. Pablo Elicio Ron Valenzuela  
LECTOR

## **DEDICATORIA**

A ti, mi amor,  
por ser mi inspiración constante,  
por tus palabras de aliento en los momentos difíciles,  
y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.  
Gracias a tu apoyo incondicional, hoy estoy aquí,  
culminando este importante capítulo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi novia, por su compañía, sus palabras de aliento y por ser mi motor en los momentos más difíciles.

A mis amigos y conocidos, por compartir conmigo aprendizajes, experiencias y momentos que han enriquecido este camino.

A mis maestros, especialmente a los soldadores que me enseñaron con paciencia y dedicación, transmitiéndome no solo conocimientos técnicos, sino también valores de esfuerzo y compromiso.

A todos los que, de una u otra forma, han sido parte de este proceso: gracias por ayudarme a llegar hasta aquí.

## Índice de Contenidos

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTORA.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES .....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
Índice de Contenidos.....	viii
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes.....	6
Marco teórico.....	7
Manufactura .....	10
Lean Manufacturing.....	10
Aplicación en el sector de las metalmecánicas .....	11
Justificación .....	12
OBJETIVOS .....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II.....	15
INGENIERÍA DEL PROYECTO .....	15
Diagnóstico de la situación actual.....	15
Servicios que ofrece la empresa.....	15
Productos Producidos.....	15
Producto Principal.....	17
Características Específicas del Producto .....	17
Sistema de Producción.....	20
Control de Tiempos.....	22

Determinación de Tiempos .....	22
Tolerancias o suplementos .....	24
Calculo tolerancia y suplementos .....	27
Fases Para el Diseño Actual VSM .....	34
Alcance Del Mapeo.....	34
Justificación de Métricas en el VSM del Proceso de Fabricación de una Estructura Metálica.....	37
Análisis Mediante Diagrama de Pareto.....	39
Área de Estudio.....	45
Modelo Operativo .....	46
Desarrollo del Modelo Operativo .....	46
Identificar y medir Kpi´s.....	46
Estandarizar y controlar procesos .....	47
Mejora Continua 5s.....	47
CAPÍTULO III.....	48
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	48
Desarrollo de la propuesta .....	48
Indicadores clave de desempeño (KPI´s).....	48
Diseño del sistema de KPIs.....	49
Capacitación al personal responsable .....	52
Monitoreo y registro .....	52
Reuniones de seguimiento (Daily Lean).....	52
Gestión de desviaciones y mejora continua .....	52
Beneficios esperados.....	53
Estandarización y Control.....	54
Procedimientos Estandarizados (Sops).....	54
Propuesta de Implementación de la Herramienta Lean 5S. ....	87
Objetivo General de la Propuesta .....	87
Objetivos Específicos.....	87
Alcance .....	87
Pasos Iniciales Para la Puesta en Marcha de las 5S .....	87
Fases de Implementación de las 5S .....	89
Seiri (Clasificar).....	89
Herramientas y Recursos .....	89
Seiton (Ordenar).....	90
Creación del layout .....	91

Seiso (Limpiar) .....	95
Seiketsu (Estandarizar) .....	97
Shitsuke (Disciplinar) .....	98
Estrategia de Implementación.....	99
Control Visual y Auditorías.....	100
Cronograma de Actividades .....	100
Resultados esperados .....	102
Implementación de Célula de Trabajo Integrada Para Corte, Armado y Soldadura. .....	105
Beneficios esperados.....	105
Supuestos de la célula .....	106
Implementación de Célula de Trabajo Integrada para Instalación de Pilares y Unión de Cerchas .....	106
Justificación de métricas en el análisis del VSM futuro .....	111
Cronograma general.....	113
Análisis de Costos.....	115
Análisis de Costo Tiempo .....	118
CAPITULO IV.....	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
Conclusiones .....	122
Recomendaciones .....	123
Referencias.....	124
Anexos .....	127

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Productos y servicios ofertados por la empresa .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Factores de calificación del método Westinghouse</i> .....	23
<b>Tabla 3</b> Porcentajes de suplementos dentro del proceso productivo.....	24
<b>Tabla 4</b> Factor de calificación actividades de fabricación de estructuras metálicas ...	26
<b>Tabla 5</b> Tolerancias y suplementos.....	27
<b>Tabla 6</b> Medición de tiempo de las actividades de producción.....	27
<b>Tabla 7</b> Tiempo estándar de las distintas actividades del proceso productivo .....	29
<b>Tabla 8</b> Valores a partir de la distribución T de student para $c=0.90$ .....	30
<b>Tabla 9</b> Desviación estándar y número real de muestras necesarias .....	32
<b>Tabla 10</b> Numero de operarios en las actividades dentro del taller.....	33
<b>Tabla 11</b> Numero de operarios en las actividades de instalación.....	33
<b>Tabla 12</b> Recolección de datos VSM actual taller.....	38
<b>Tabla 13</b> Recolección de datos VSM actual campo .....	38
<b>Tabla 14</b> Desperdicios falla y retrasos .....	40
<b>Tabla 15</b> Datos diagrama de Pareto.....	42
<b>Tabla 16</b> Indicadores clave de desempeño (KPI's) del proceso.....	50
<b>Tabla 17</b> responsables de implementación.....	88
<b>Tabla 18</b> Pasos de implementación Seiri.....	90
<b>Tabla 19</b> Flujo de materiales personas e información.....	91
<b>Tabla 20</b> Departamentos considerados.....	92
<b>Tabla 21</b> Dimensiones de las áreas.....	92
<b>Tabla 22</b> Secuencias y producción de los productos.....	92
<b>Tabla 23</b> Pasos de implementación Seiton .....	94
<b>Tabla 24</b> Pasos de implementación Seiso.....	95

<b>Tabla 25</b> Pasos de implementación Seiketsu.....	97
<b>Tabla 26</b> Pasos a seguir para shitsuke .....	98
<b>Tabla 27</b> Implementación 5S.....	99
<b>Tabla 28</b> Nuevo porcentaje de suplementos.....	103
<b>Tabla 29</b> Tiempos y fiabilidad mejorada dentro de la empresa.....	104
<b>Tabla 30</b> Tiempos y fiabilidad mejora (trabajo en campo) .....	104
<b>Tabla 31</b> Recolección de datos VSM futuro taller .....	112
<b>Tabla 32</b> Recolección de datos VSM futuro campo.....	112
<b>Tabla 33</b> Análisis de costos de acciones técnicas fundamentadas para la propuesta de mejora(parte 1).....	115
<b>Tabla 34</b> Análisis de costos de la implementación de mejoras 5s (parte 2).....	116
<b>Tabla 35</b> Análisis de costos a través del tiempo.....	119

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Evolución de las mejoras en la industria del acero hasta el pronóstico del año 2025.....	2
<b>Figura 2</b> Participación (%) de empresas dedicadas a la industria metalmecánica en las provincias del Ecuador.....	4
<b>Figura 3</b> Evolución del Valor Agregado Bruto (VAB) del sector de metales comunes en Ecuador (2017–2024).....	5
<b>Figura 4</b> Estructura metálica proceso de montaje.....	9
<b>Figura 5</b> Pasos de la metodología Lean .....	11
<b>Figura 6</b> Porcentaje rentabilidad de las actividades de producción de la compañía... ..	16
<b>Figura 7</b> Diagrama de flujo del proceso de fabricación de estructuras metálicas.....	21
<b>Figura 8</b> VSM actual del proceso productivo dentro de las instalaciones de la empresa .....	35
<b>Figura 9</b> VMS actual del proceso productivo en el área de instalación y montaje... ..	36
<b>Figura 10</b> Análisis de prioridades mediante diagrama de Pareto .....	44
<b>Figura 11</b> Modelo operativo funcional.....	46
<b>Figura 12</b> Estructura organizacional del comité de 5s .....	88
<b>Figura 13</b> Layout de los 3 principales productos y servicios.....	93
<b>Figura 14</b> Diagrama de relación de las actividades .....	94
<b>Figura 15</b> Cronograma de actividades plan de implementación 5s .....	101
<b>Figura 16</b> .....	109
<b>Figura 17</b> VSM futuro del proceso en el área de instalación.....	110
<b>Figura 18</b> Cronograma general de actividades .....	114
<b>Figura 19</b> VAN y TIR del presupuesto del análisis empresarial y propuesta de mejora. ....	118

**Figura 20** Costos vs tiempo de las etapas de implementación de la propuesta ..... 121

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA**

**INDUSTRIAL**

**TEMA: MEJORA DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA APLICANDO LEAN  
MANUFACTURING EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE QUITO**

**AUTOR:** Cevallos Conde Alexis Javier

**TUTOR:** MSc. Álvarez Sánchez Ana

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo analiza la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa del sector metalmeccánico dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, con el propósito de optimizar sus procesos productivos y reducir las ineficiencias operativas que afectan la competitividad. Durante el diagnóstico inicial se identificaron problemas críticos como cuellos de botella, desperdicio excesivo de materiales, tiempos muertos prolongados y retrasos frecuentes en la entrega de proyectos, los cuales se originan principalmente por una deficiente planificación, escasa comunicación entre departamentos y la ausencia de estandarización en los procesos productivos. La hipótesis plantea que la implementación de herramientas Lean, tales como el mapeo de flujo de valor (VSM), el diagrama de Pareto, el análisis causa-efecto y la metodología 5S, contribuirá de manera significativa a la mejora del desempeño productivo y organizacional. Para ello, se aplicó una metodología con enfoque cuantitativo y diseño no experimental basada en el levantamiento de información directa en planta, análisis de datos productivos y elaboración de indicadores clave de desempeño (KPI's), que permitieron medir y evaluar los resultados de manera objetiva. Los hallazgos mostraron claramente los desperdicios existentes en las fases de corte, ensamblaje, soldadura y pintura, además de revelar tiempos improductivos que podían ser eliminados mediante intervenciones específicas. A partir de esta información se diseñó un mapa de flujo de valor futuro que evidenció una reducción estimada del 10% en los tiempos de ciclo, lo que implica una mejora significativa en la eficiencia. De igual forma, se propuso la adopción de la metodología 5S para fomentar el orden, la limpieza y la estandarización en las áreas de trabajo, facilitando así un ambiente laboral más productivo y seguro. En conclusión, el estudio demuestra que la incorporación progresiva y sistemática de herramientas Lean representa una solución viable y efectiva para mejorar la eficiencia, reducir costos operativos y aumentar la productividad en empresas metalmeccánicas con procesos artesanales o poco optimizados.

**DESCRIPTORES:** Estructuras metálicas, Manufactura esbelta, Optimización de procesos, Producción en células.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** Cevallos Conde Alexis Javier

**TUTOR:** MSc. Álvarez Sánchez Ana

**ABSTRACT**

**IMPROVING MANUFACTURING PROCESSES BY APPLYING LEAN  
MANUFACTURING IN A METALWORKING COMPANY IN QUITO**

This research analyzes the application of Lean Manufacturing tools in a metalworking company dedicated to the manufacture of metal structures, with the aim of optimizing its production processes and reducing operational inefficiencies that affect competitiveness. During the initial diagnosis, critical problems were identified, such as bottlenecks, excessive waste of materials, prolonged downtime, and frequent delays in project delivery, which are mainly caused by poor planning, poor communication between departments, and a lack of standardization in production processes. The hypothesis proposes that the implementation of Lean tools, such as value stream mapping (VSM), Pareto charts, cause-effect analysis, and the 5S methodology, will contribute significantly to improving productive and organizational performance. To this end, a quantitative, non-experimental methodology was applied, based on gathering direct information at the plant, analyzing production data, and developing key performance indicators (KPIs), which made it possible to measure and evaluate the results objectively. The findings clearly showed the waste that existed in the cutting, assembly, welding, and painting phases, as well as revealing unproductive time that could be eliminated through targeted interventions. Based on this information, a future value stream map was designed, which showed an estimated 10% reduction in cycle times, implying a significant improvement in efficiency. Similarly, the adoption of the 5S methodology was proposed to promote order, cleanliness, and standardization in work areas, thereby facilitating a more productive and safer working environment. In conclusion the study demonstrates that the progressive and systematic incorporation of Lean tools represents a viable and effective solution for improving efficiency, reducing operating costs, and increasing productivity in metalworking companies with artisanal or poorly optimized processes.

**KEYWORDS:** Cellular production, Lean manufacturing, Metal structures, Process optimization.

(Anexo 26

Aprobación de abstract departamento de idiomas)

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La industria del acero y la metalmecánica a nivel internacional se encuentra en una fase de crecimiento sostenido, impulsada por la demanda en sectores como la construcción, la automoción y la infraestructura. En 2024, la producción mundial de acero alcanzó los 1.8 mil millones de toneladas métricas y se proyecta que llegue a 2.2 mil millones de toneladas métricas para 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 2.9%. China sigue siendo el principal exportador de acero, mientras que la Unión Europea se ha convertido en el mayor importador. La adopción de tecnologías avanzadas como la digitalización y la automatización está mejorando la eficiencia de producción y reduciendo costos. La industria está invirtiendo en innovaciones sostenibles, como el acero verde producido con fuentes de energía renovable. Estas tendencias posicionan al acero como un material fundamental en la economía global, con un enfoque creciente en la sostenibilidad y la eficiencia (Globe Newswire, 2025).

Distintos países están impulsando una transición hacia la producción de acero con bajas emisiones, destacando el uso del hidrógeno verde como alternativa al carbón en el proceso de conversión del mineral de hierro. En Suecia, la empresa Stegra ha iniciado la construcción de una planta industrial que emplea electrólisis alimentada por energía hidroeléctrica y eólica para generar hidrógeno, cuyo único subproducto es el agua. Este proyecto busca producir casi 5 millones de toneladas métricas de acero libre de emisiones, respondiendo a las exigencias climáticas de la Unión Europea y al Mecanismo de Ajuste de Carbono en Frontera (CBAM), que penaliza productos con alta huella de carbono (Ortiz, 2025).

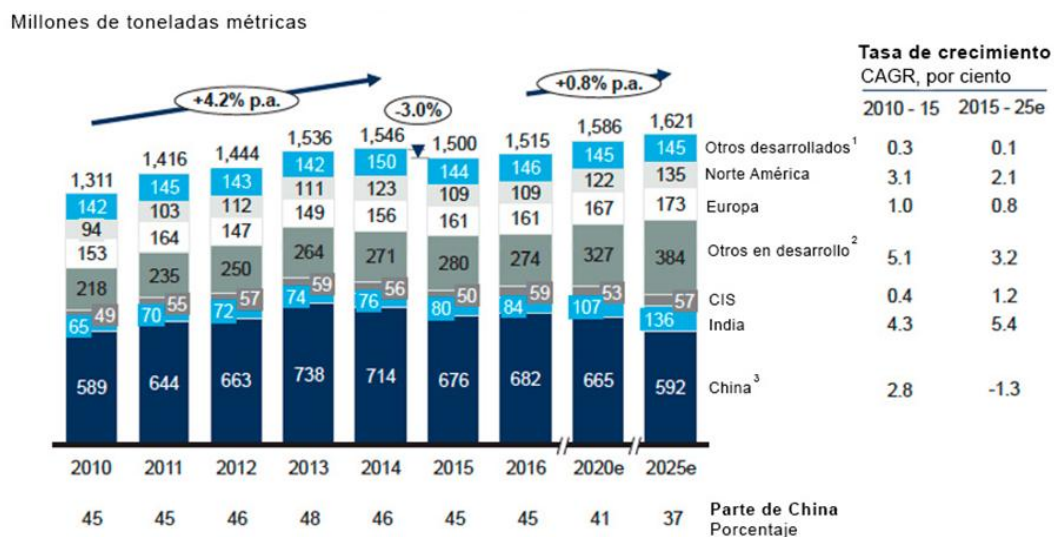
Por otro lado, en América Latina, empresas como Gerdau han comenzado a adaptar hornos con hidrógeno como combustible, logrando mejoras en eficiencia energética y reducción de emisiones. Aunque aún existen desafíos técnicos y de infraestructura, como la estabilidad operativa en altos hornos y el suministro constante de energía, se estima que el uso

de hidrógeno puede reducir las emisiones de CO2 hasta un 40%, dependiendo del grado de integración tecnológica (Tresca Engineering Solutions, 2025). Estas iniciativas representan un paso importante hacia una industria del acero más respetuosa con el medio ambiente, en la que el uso de tecnologías limpias podría convertirse en el estándar habitual en los próximos años.

En los últimos años, la industria del acero ha experimentado una transformación significativa impulsada por la innovación tecnológica, la eficiencia energética y la presión por reducir su huella ambiental. Estas mejoras han sido especialmente notables desde 2018, cuando comenzaron a implementarse estrategias más sostenibles en la producción y el reciclaje del acero. La Figura 1 visualiza los principales avances logrados en este sector durante ese período

**Figura 1**

*Evolución de las mejoras en la industria del acero hasta el pronóstico del año 2025*



*Nota:* Adaptado de *El acero en la mira mundial*, por Lampadia, 2023, <https://www.lampadia.com/analisis/recursos-naturales/el-acero-en-la-mira-mundial/>.

El desarrollo de las industrias especializadas en metalmecánica es un tema estudiado desde los años noventa a nivel internacional, así como Reino Unido, pionero en impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico para optimizar los procesos en este campo. Sin embargo,

en Ecuador existen pocos estudios que contribuyan en la gestión de innovación en las industrias metalmeccánicas (Bedoya , Argothy, Zambrano , & Donoso , 2023)

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Ecuador busca un desarrollo y consolidación de la innovación en el sector industrial, impulsando así la política I+D+i (investigación, desarrollo e innovación). Sin embargo, señala cuatro limitaciones en la política ecuatoriana que afecta en las empresas metalmeccánicas.

En primer lugar, un vínculo débil entre los diferentes actores del Sistema Nacional de Innovación en particular el eslabón entre industria y actores del sistema. En segundo lugar, reducida difusión del uso de la tecnología, como resultado de esto hay menos transformación de la innovación. En tercer lugar, escasa vinculación entre academia e industria con el ánimo de generar conocimiento. Finalmente, insuficiente investigación científica. (Morán, 2021)

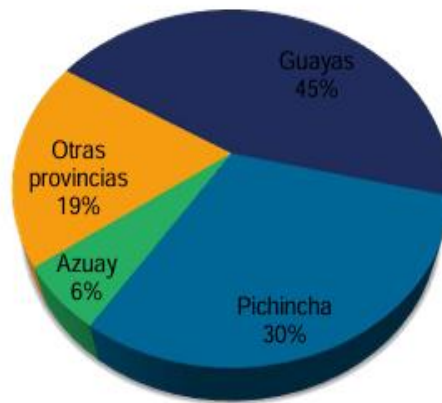
Según (Zapata, 2025) las pymes que comprenden a las pequeñas y medianas empresas contribuyen significativamente en la economía del país, sin embargo, no llegan a tener éxito y cierran antes de cumplir el año ejerciendo la actividad. Como su estudio, se debe a seis principales factores. Resumidas en tasas altas de interés y procedimientos administrativos complejos. La inestabilidad política y cargas tributarias. La inexistencia de un análisis del mercado. Seguido por la falta de gestión financiera, falta de estrategias y planificación. Finalmente, la inestabilidad de proveedores. El 75% de las pymes de Ecuador implementaron nuevas tecnologías en sus operaciones para optimizar y mejorar la competitividad en el mercado. (Redacción Comercial, 2023).

Dentro del sector metalmeccánico se observa un crecimiento sostenido en la creación de nuevas empresas dedicadas a esta actividad a pesar de las diversas dificultades que enfrentan. Este dinamismo empresarial se concentra principalmente en la región Costa, con una notable

presencia en la ciudad de Guayaquil. A continuación, en la Figura 2 se presentan las provincias con el mayor porcentaje de establecimientos vinculados a esta rama.

### Figura 2

*Participación (%) de empresas dedicadas a la industria metalmecánica en las provincias del Ecuador.*

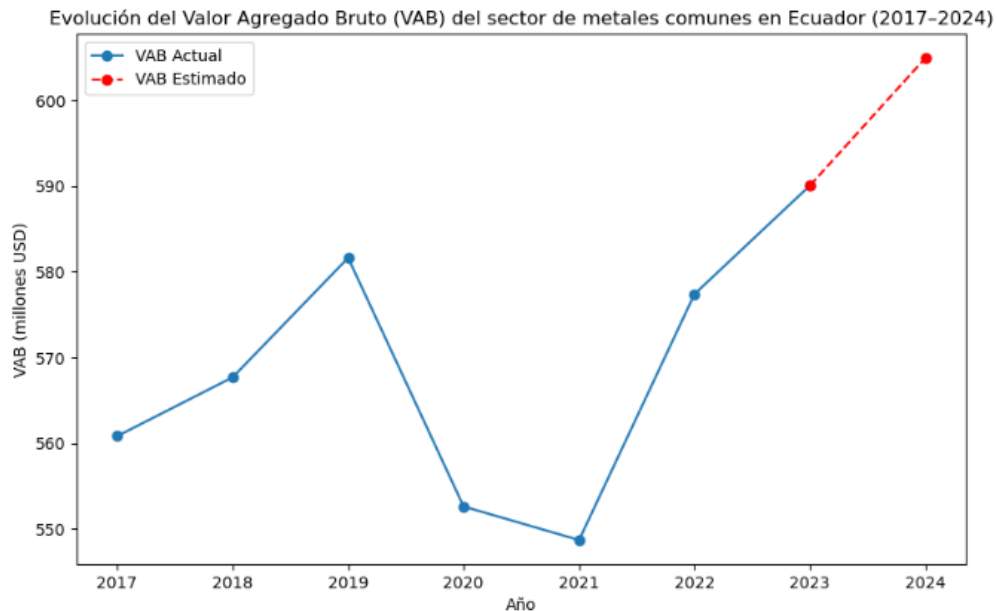


*Nota. Adaptado de ficha sectorial por Corporación financiera nacional, 2022.*

Dentro del período 2017–2023, el sector de fabricación de metales comunes en Ecuador mostro una evolución marcada por altibajos, influenciada por factores económicos globales y locales. A pesar de las caídas registradas en 2020 y 2021, el sector logro una recuperación sostenida en los últimos años. Esta tendencia positiva se refleja en el crecimiento del Valor Agregado Bruto (VAB), con una proyección que fue optimista para 2024 y la cual se cumplió con todas las expectativas. La siguiente figura ilustra esta evolución, destacando tanto los valores históricos como la estimación que se planteó para el año anterior.

### Figura 3

*Evolución del Valor Agregado Bruto (VAB) del sector de metales comunes en Ecuador (2017–2024).*



*Nota:* Elaboración propia con datos de Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2023), *Ficha sectorial: Industrias básicas de hierro y acero.*

En esta investigación se analiza a una microempresa de Quito dedicada a metalmecánica y servicios varios, donde se identificó que existen retrasos en la producción, desperdicios de material y tiempos muertos en los distintos proyectos de la empresa, debido a la falta de optimización en la gestión y comunicación. Para resolver esta problemática, este estudio tiene como objetivo implementar Lean manufacturing, metodología probada que busca optimizar los procesos mediante la eliminación de desperdicios mejora continua y enfoque en el valor para el cliente, factores esenciales para activar la productividad y competitividad de la empresa.

## **Antecedentes**

La empresa objeto de estudio tuvo sus inicios como un pequeño taller de cerrajería ubicado en la parroquia de Tababela. Hoy en día la empresa se encuentra dedicada en su mayoría a la fabricación de estructuras metálicas; contando con la maquinaria suficiente para realizar trabajos de mediana escala. La empresa cuenta con un taller principal y 2 bodegas, que suman alrededor de 2000 metros cuadrados.

Dentro de las instalaciones se usa maquinaria específica para cada procedimiento desde soldadura por proceso SMAW, GMAW, GTAW, proceso de plegado hidráulico y ente otros; permitiendo garantizar la calidad de los productos a nuestros clientes, posicionando la empresa como un referente de fiabilidad dentro del sector. La empresa actualmente presenta ciertos inconvenientes dentro de sus procesos que alteran la eficiencia y productividad y muchas veces estos inconvenientes llegan a influir en los tiempos de entrega.

La metodología de Lean manufacturing orientada a la disminución de desperdicios y la optimización de procesos nos ayudara a realizar un análisis de las actividades que intervienen en la fabricación de estructuras metálicas actuando especialmente sobre:

- Desperdicio de material
- Tiempos de espera y retrasos
- Defectos y reprocesos
- Inventario

Desde el punto de vista normativo, (International Organization for Standardization, 2015) la norma ISO 9001 se presenta como un marco fundamental para sustentar esta iniciativa. Esta norma establece un enfoque basado en procesos que permite identificar, medir, controlar y mejorar las actividades clave que afectan la calidad del producto. Su implementación asegura que todas las acciones del proyecto estén alineadas con los objetivos de calidad y eficiencia, facilitando de igual forma la integración de la filosofía Lean. ISO 9001 también promueve la

mejora continua y la satisfacción del cliente, aspectos esenciales para cualquier empresa que busque optimizar sus operaciones. En combinación con Lean Manufacturing, proporciona una metodología estructurada para maximizar la calidad, minimizar los errores y aumentar la competitividad.

En la tesis desarrollado por (Paucar , 2024)titulado "Mejora del Proceso en el Área de Abastecimiento de una Empresa Metal Mecánica", se centra en la aplicación de herramientas Lean como SMED y la estandarización para reducir los tiempos de operación. Este estudio identificó problemas como demoras en el montaje de matrices, movimientos innecesarios y la ausencia de instructivos de trabajo y control, proponiendo soluciones que contribuyeron a mejorar la eficiencia operativa.

En el trabajo de titulación elaborado por (Guerrero, 2020),titulado "Aplicación de las Herramientas de Calidad en la Línea de Producción de Envases de Hojalata para Pinturas en la Empresa GYPERFIL S.A.", propone el uso de herramientas de calidad como las 5S y manuales de procedimientos de mantenimiento para reducir los desperdicios de materiales y mejorar la calidad del producto final. Esta investigación demostró que la aplicación de metodologías de mejora continua permite corregir fallas en los procesos y elevar los estándares de calidad y productividad.

Ambos estudios refuerzan la pertinencia de aplicar herramientas de mejora continua en empresas del sector metalmeccánico, especialmente en aquellas de menor escala que presentan estructuras organizativas informales. Con base en este diagnóstico, se justifica la implementación de Lean Manufacturing como una estrategia viable para la optimización de los procesos productivos de la empresa en estudio.

### **Marco teórico**

El sector metalmeccánico constituye una parte esencial del desarrollo industrial de los países, debido a su papel transversal en diversas áreas productivas como la construcción, la

automoción, la minería y la infraestructura. Según (Pro Ecuador, 2017), esta industria agrupa a empresas dedicadas a la transformación del metal mediante procesos como el corte, conformado, soldadura y mecanizado, generando un alto valor agregado en productos intermedios y finales. Su capacidad para adaptarse a las necesidades del mercado lo convierte en un motor clave para la innovación tecnológica y la generación de empleo calificado.

Dentro del sector, la fabricación de estructuras metálicas se destaca por su importancia en la ejecución de proyectos de infraestructura civil e industrial. Estas estructuras, que incluyen desde edificaciones hasta puentes, galpones y torres, se caracterizan por su resistencia, flexibilidad y facilidad de montaje. Según (Ramírez , 2021), el diseño y la producción de estructuras metálicas requieren precisión técnica, control de calidad en materiales y procesos, así como la aplicación de normativas de seguridad estructural, además, la implementación de metodologías de mejora continua, como Lean Manufacturing, ha permitido optimizar tiempos de producción, reducir desperdicios y aumentar la eficiencia operativa en este segmento del sector metalmeccánico.

## Figura 4

### *Estructura metálica proceso de montaje*



*Nota:* El grafico es una imagen referencial de cómo se realizan los trabajos de estructuras metalmecánicas donde de la empresa estudiada.

La integración de tecnologías de diseño asistido por computadora (CAD) y manufactura asistida por computadora (CAM), junto con el uso de software especializado en estructuras como Tekla o SAP2000, ha modernizado significativamente la fabricación metálica. Estas herramientas permiten una planificación precisa, simulaciones estructurales y una mayor coordinación entre áreas de diseño, producción y montaje (Gomez & Cabrera , 2020)

En este contexto, la mejora de procesos productivos en empresas dedicadas a la metalmecánica y estructuras metálicas representa una oportunidad estratégica para aumentar la

competitividad, especialmente en micro y pequeñas empresas, que tradicionalmente operan con limitados niveles de automatización y gestión de calidad (Mendoza & Torres , 2019).

### ***Manufactura***

(Macas, 2017)define a la manufactura como un proceso que transforma la materia prima en objetos beneficiosos para la vida. Responde a un proceso sistemático que involucra la transformación del producto, evaluación del mercado, marketing y distribución de los servicios o bienes.

### ***Lean Manufacturing***

Según (Valencia, Gutierrez, & Flores, 2025)Lean Manufacturing es un conjunto de técnicas que reducen y posteriormente eliminan desperdicios. De esta forma las empresas no solo serán ágiles, sino que consecutivamente serán más flexibles y receptivas al reducir el desperdicio. Sus principales características son: usar menor material, invertir menos, almacenar menos inventario, ocupar menos espacio y utilizar mano de obra mínima requerida.

Lean Manufacturing, también conocido como "producción ajustada", es una filosofía de gestión que busca maximizar el valor para el cliente mediante la eliminación de desperdicios en los procesos productivos. Este enfoque se originó en el Sistema de Producción de Toyota, desarrollado por Taiichi Ohno en Japón durante la década de 1950. La metodología Lean se basa en principios fundamentales como la mejora continua (Kaizen), la producción Just in Time (JIT) y el uso de herramientas como las 5S, el mapeo de flujo de valor (Value Stream Mapping) y el análisis de causa raíz. En la Figura 5 se nos explica que pasos deben seguirse para completar la metodología Lean.

**Figura 5**

*Pasos de la metodología Lean*



*Nota:* Adaptado de *Lean Manufacturing: qué es, principios, herramientas y ejemplos* por Aula 21 (<https://www.cursosaula21.com/que-es-lean-manufacturing/>)

El concepto de desperdicio en Lean Manufacturing incluye cualquier actividad que no agrega valor al producto final desde la perspectiva del cliente. Entre los tipos de desperdicio identificados se encuentran el exceso de inventario, los tiempos de espera, los defectos, el transporte innecesario y la sobreproducción. La implementación de Lean Manufacturing requiere un cambio cultural en las organizaciones, promoviendo la participación de los empleados y la toma de decisiones basada en datos.

### ***Aplicación en el sector de las metalmecánicas***

En el sector de las metalmecánicas, Lean Manufacturing se aplica para optimizar procesos como el mecanizado, el ensamblaje y el control de calidad. Por ejemplo, la implementación de las 5S mejora la organización y limpieza en talleres, facilitando un entorno de trabajo más eficiente y seguro. El JIT permite reducir inventarios y tiempos de espera, asegurando que los materiales y componentes lleguen justo cuando se necesitan en el proceso productivo, además, el mapeo de flujo de valor ayuda a identificar cuellos de botella y áreas de mejora en la cadena de producción, permitiendo una planificación más estratégica.

Un caso práctico de aplicación podría incluir la integración de tecnologías avanzadas como el uso de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real para detectar desperdicios y optimizar el rendimiento de las máquinas. También se pueden implementar programas de capacitación para el personal, enfocándose en la identificación y eliminación de desperdicios, así como en la mejora continua de los procesos.

### **Justificación**

La implementación del estudio es de gran importancia pues busca maximizar la eficiencia y productividad, mediante el mejor aprovechamiento de la materia prima, evitando un alto porcentaje de desperdicios; además ayuda a la optimización en el tiempo de fabricación. Con Lean manufacturing la empresa maximiza la calidad, incrementa su competitividad y al mismo tiempo impulsa a la innovación y la mejora continua.

En la empresa metalmecánica genera un impacto directo en la rentabilidad y competitividad, pues al disminuir desperdicios y la optimización de procesos permite una respuesta más ágil a la demanda del mercado, aumentando así la satisfacción del cliente, garantizando un crecimiento sostenible y fortaleciendo su posición en la industria.

El proyecto tiene una utilidad teórica que asume un enfoque práctico y replicable que demuestra cómo la aplicación de Lean Manufacturing puede adaptarse a contextos reales de empresas de menor escala. las investigaciones como esta permiten desarrollar modelos que integren procedimientos y estrategias eficaces para abordar fenómenos específicos. En este caso, se proporciona un conjunto de herramientas metodológicas útiles para optimizar reducir desperdicios. Se ofrece un marco conceptual aplicable a futuras investigaciones relacionadas con la mejora continua en el sector industrial, contribuyendo al cuerpo de conocimientos en ingeniería de procesos y gestión de operaciones (Cano, 2020).

Los beneficiarios directos de este proyecto son los propietarios, operarios y colaboradores de la microempresa, quienes se verán favorecidos con un entorno de trabajo más

ordenado, productivo y eficiente. A su vez, los proveedores también se beneficiarán gracias a una mejora en la calidad de los productos y servicios los cuales tendrán una disminución en los tiempos de entrega. Indirectamente, este estudio también ofrece beneficios para otras empresas del sector que enfrentan desafíos similares, brindándoles un modelo que pueden adaptar a sus propias realidades.

El proyecto es técnicamente factible, dado que se basa en la metodología Lean Manufacturing, ampliamente validada a nivel internacional por su efectividad en distintos contextos productivos, la microempresa cuenta con personal capacitado para la implementación de los cambios propuestos y con disposición al cambio. Económicamente, la inversión requerida es baja en comparación con los beneficios esperados, ya que se espera una reducción de costos y un aumento en los ingresos a mediano plazo. Según (Cano, 2020) los proyectos basados en” Lean Manufacturing tienden a ser comercialmente viables por su enfoque en la eficiencia, la reducción de desperdicios y el aprovechamiento máximo de los recursos disponibles, lo cual respalda aún más la factibilidad integral de esta propuesta.”

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Mejorar los procesos de manufactura de una empresa metalmecánica de Quito mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing con el fin de reducir desperdicios y tiempos improductivos en la fabricación de estructuras metálicas.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el proceso actual de manufactura de la empresa utilizando diagramas de flujo, el mapeo del flujo de valor (VSM) y diagrama de Pareto, identificando los puntos críticos de ineficiencia que afectan la calidad de la producción.
- Proponer mejoras en los procesos productivos a través de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing como SOP's y 5s orientadas a optimizar el control del inventario, reducir tiempos de espera y mejorar el flujo operativo.
- Desarrollar un plan de acción estructurado, indicadores clave de desempeño (KPIs), estableciendo cronogramas, responsables y recursos necesarios, para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y promover la mejora continua en la organización.

## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### **Diagnóstico de la situación actual**

La empresa objeto de estudio es una organización ecuatoriana con amplia trayectoria en la industria del metal. Fundada en el año 2000, ha evolucionado desde un pequeño taller hasta convertirse en una empresa que opera a nivel nacional.

La sociedad se especializa en la fabricación de vigas, estructuras metálicas, componentes industriales, prestación de servicios integrales de soldadura y mantenimiento industrial, orientados a satisfacer las necesidades específicas de empresas de diversos sectores productivos. Contamos con un equipo técnico altamente capacitado y con experiencia comprobada en la ejecución de trabajos tanto preventivos como correctivos, garantizando altos estándares de calidad, seguridad.

#### ***Servicios que ofrece la empresa***

- Soldadura especializada en acero al carbono, acero inoxidable y aluminio, utilizando procesos como SMAW, GMAW Y GTAW, entre otros.
- Diseño y fabricación de naves estructurales.
- Mantenimiento industrial de maquinaria, estructuras metálicas, sistemas hidráulicos y neumáticos.
- Diagnóstico técnico identificación de fallas, desgaste o necesidades de mejora en equipos e instalaciones.

#### ***Productos Producidos***

Para la elaboración del plan de mejora que disminuya los desperdicios y reprocesos se identificara el producto principal, siendo el mismo que presenta la mayor actividad operativa en el taller. Se analizará la utilidad producida por las actividades en base a los datos de contabilidad del año 2024.

**Tabla1**

*Productos y servicios ofertados por la empresa*

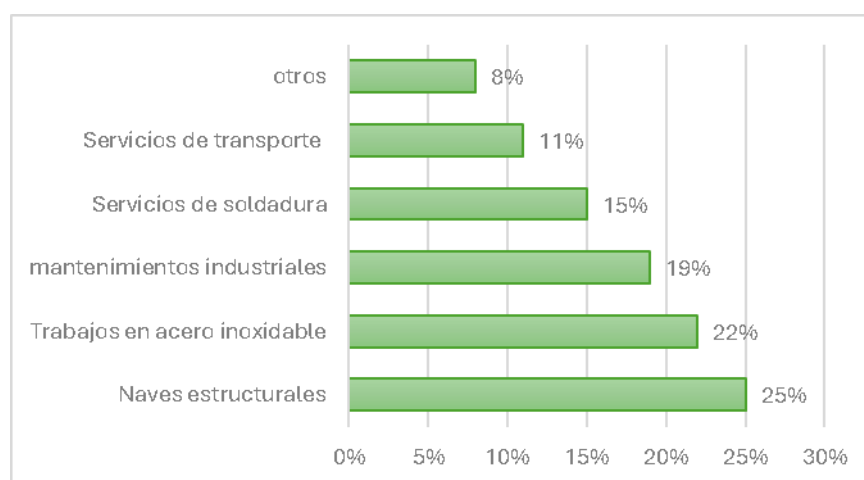
<b>Producto/Servicio</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Utilidad producida en USD (aprox.)</b>
Naves estructurales	25%	44258
Trabajos en acero inoxidable	22%	38947
Mantenimientos industriales	19%	33636
Servicios de soldadura	15%	26555
Servicios de transporte	11%	19473
Otros	8%	14.161
Total	100%	177030

La Tabla1 muestra que las naves estructurales representan el porcentaje ingresos más alto los ingresos totales de la empresa, siendo las líneas de mayor relevancia económica.

Para visualizar de forma más clara esta distribución, en la Figura 6 se presenta el gráfico de barras con los valores correspondientes.

**Figura 6**

*Porcentaje rentabilidad de las actividades de producción de la compañía.*



### ***Producto Principal***

Diseño y fabricación de naves estructurales es el servicio con mayor actividad en el área productivo, además es el producto donde se aprecia todas las actividades de producción.

En este documento se analizará un galpón de estilo industrial que representa el estándar operativo dentro de la empresa, ya que en él se concentran la mayoría de las actividades de fabricación de estructuras metálicas y se refleja el comportamiento típico del proceso productivo.

### ***Características Específicas del Producto***

La gran diversidad de diseños en estructuras metálicas que se pueden encontrar en el mercado se debe a distintos factores, los más relevantes son las dimensiones de la obra, el cálculo estructural y el presupuesto del cliente; influyendo completamente en los materiales a utilizar y los procesos en su elaboración.

Las naves estructurales por sus dimensiones comúnmente se realizan con 2 caídas, elaborando una cercha derecha y una izquierda para conformar su longitud total, el número de cerchas dependerá completamente de la longitud total del espacio donde se realizará la instalación del mismo modo los nervios utilizados dentro de la fabricación de la cercha serán dados por el cálculo estructural. Los pilares de la estructura serán de tubería metálica, para mayor eficiencia del tiempo; esto hasta cuando exista una tubería factible según el cálculo estructural, para mayores dimensiones se procederá a realizar los pilares con planchones plegados y soldadura.

La estructura puede protegerse mediante pintura industrial, adecuada para ambientes moderados y de fácil mantenimiento, o mediante galvanizado en caliente, ideal para condiciones más agresivas por su alta resistencia a la corrosión; en cuanto al montaje, este puede realizarse mediante soldadura, que ofrece uniones permanentes y rígidas, o con pernos, lo que facilita el desmontaje y mantenimiento futuro.

Se procede a la observación de cada etapa del proceso además de la toma de tiempos reales, identificando desperdicios lean e interactuando con los operarios para conocer información valiosa tal y como ocurre realmente.

Una vez con concretado el contrato y se haya realizado el diseño de la nave estructural con todas las especificaciones de los clientes se procede a su fabricación. Las actividades realizadas dentro del proceso productivo dentro de las instalaciones de la empresa corresponden a la Etapa N°1 son las siguientes:

1. Recepción de materia prima. Una vez realizado los pedidos a los centros ferreteros, la materia prima es transportada hacia la bodega de los talleres de producción.
2. Limpieza. Se procede a realizar la limpieza del material metálico, este contiene aceite polvo y restos de oxido que no son adecuados para el proceso productivo. Se utiliza desoxidante con base de fosfato para una mayor resistencia a la corrosión y adherencia de recubrimientos posteriores. Se debe esperar alrededor de 5 minutos para que el fosfato actúe con el material, este tiempo depende completamente de la temperatura ambiente entre más caliente se encuentre más rápido se mezclará el fosfato.
3. Pintura base Primer. La base de primer consiste en un recubrimiento superficial al material metálico, se procede a realizarlo de este orden, puesto que, al realizar el armado existirán lugares a los que no llegaría la pintura y de este modo este problema quedaría anulado.
4. Corte. Este proceso consiste en cortar el material de acuerdo con las especificaciones del diseño. Se hace referencia al armazón de la cercha, los nervios y los topes para las correas que posteriormente servirán para el techo.

5. Armado. El paso siguiente es el armado con todo el material necesario cortado, se procede a realizar el ensamblaje (presentar y fijar temporalmente) de todas las piezas de una cercha antes de soldar.
6. Soldadura. Se procede a rematar el ensamblaje mediante soldadura tipo Fcaw (alambre tubular para resistencia estructural).
7. Pulido y limpieza. Limpiar y alisar las superficies, especialmente las uniones soldadas, para preparar la cercha para la pintura final.
8. Recubrimiento superficial/pintura. Aplicar la capa final de pintura para protección anticorrosiva y acabado estético.
9. Transporte. Las cerchas terminadas se acumulan temporalmente en esta área hasta que son cargadas para su posterior transporte hacia el lugar de ensamble/montaje.

Las actividades correspondientes a la Etapa N°2, actividades de instalación y montaje corresponden a los siguientes:

1. Recepción de elementos metálicos. Se procede a llevar los elementos antes fabricados a la zona de instalación.
2. Instalación placas de anclaje. Se procede a instalar las placas de anclaje mediante soldadura a las zapatas de concreto.
3. Instalación de pilares. Se levantan los pilares y ubicarlos sobre las placas de anclaje mediante la elevación de un brazo grúa y fijada mediante soldadura.
4. Unión de cerchas. Se procede a unir 2 cerchas antes fabricadas para conseguir la longitud total. Se cuadran las cerchas y se procede a soldar mediante proceso SMAW (electrodo estructural AWS E-7018) o a su vez mediante proceso GMAW (alambre tubular).

5. Montaje. Se realiza el montaje de las cerchas armadas en los pilares mediante el uso de un brazo grúa, mientras 2 soldadores en cada costado proceden a fijarlo.
6. Preparación para el techo. Al culminar el montaje se procede a colocar correas tipo G para soporte de las láminas del techo en cada tramo entre cerchas.
7. Acabados. Se procede a identificar y corregir (repintar) cualquier daño, rasguño o área de soldadura retocada.
8. Techado. Para culminar se suben las planchas hacia las cerchas para su posterior empernado.
9. Entrega del cliente y cierre del proceso. Se procede a realizar la entrega hacia el cliente, si no existen reclamos o reajustes se realiza un acta de conformidad y se da por terminado el proyecto.

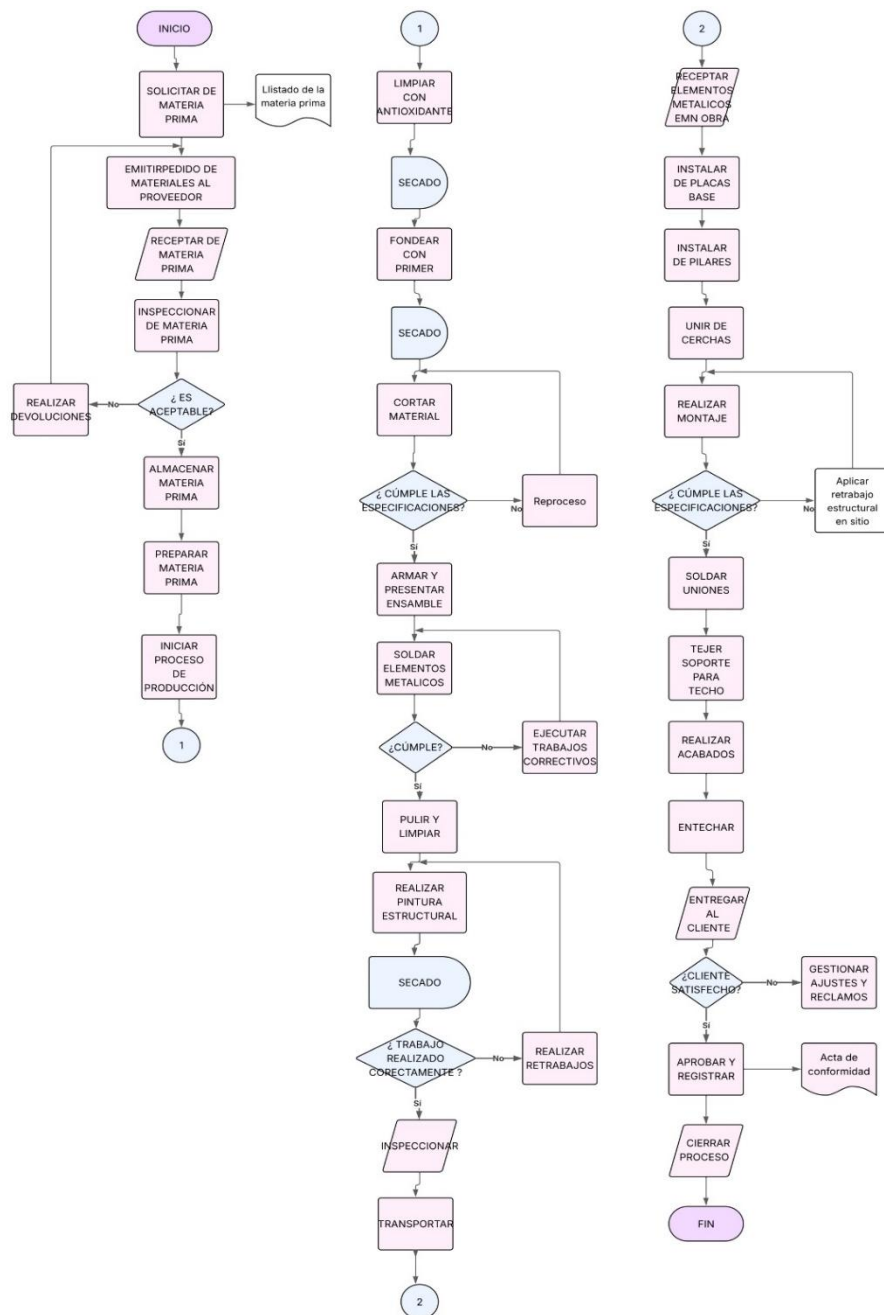
### ***Sistema de Producción.***

El sistema de producción se caracteriza por ser un sistema mixto, combinado elementos de la producción por proyecto y producción por lotes.

Para comprender visualmente la secuencia y las interacciones de las diversas tareas involucradas en cada fase de nuestro proyecto, hemos desarrollado un diagrama de flujo detallado presentado como la Figura 7. Este diagrama ilustra paso a paso el proceso de fabricación hasta la instalación de nuestras estructuras metálicas, desde la llegada de los componentes al taller hasta la entrega final al cliente.

**Figura 7**

*Diagrama de flujo del proceso de fabricación de estructuras metálicas*



*Nota:* Imagen referencial del diagrama de flujo del proceso productivo, por restricciones de formato esta figura se presenta en versión reducida. Para una visualización completa y detallada véase el Anexo 16 y Anexo 17.

## **Control de Tiempos**

El control de tiempos es una herramienta fundamental dentro de la ingeniería de métodos y del mejoramiento continuo, que permite analizar y medir el tiempo requerido para ejecutar una actividad bajo condiciones normales de trabajo. Su propósito principal es establecer estándares que permitan optimizar los recursos, equilibrar líneas de producción, eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia operativa.

Los cronómetros son herramientas clave cuando se hacen estudios de tiempos. Pero antes de usarlos, es importante tener claro si se va a medir el tiempo de una tarea completamente nueva o de una que ya se ha realizado antes. Esta distinción es clave para aplicar correctamente las técnicas de medición y análisis.

La productividad presentada en el grafico anterior es el resultado de las horas hombre trabajadas, la cual depende de 2 factores clave:

- Factores técnicos. Equipos, herramientas, materiales, dinero.
- Factor humano. Desempeño en el trabajo del empleado.

### ***Determinación de Tiempos***

Para obtener los estudios de tiempo por el método parar y observar deben aplicarse las siguientes formulas.

#### **Tiempo de ciclo**

$$T_c = c + M + d \quad (1)$$

Donde:

T<sub>c</sub>= tiempo de ciclo

C=carga

M = maquinado

D= descarga

### Tiempo normal

$$T_n = \sum t * \text{factor de calificación} \quad (2)$$

Donde:

$t_n$ = tiempo normal

$\sum t$ = media de los tiempos

Factor de calificación. Se determina por una técnica conocida como calificación de la actuación, la cual determina equitativamente el tiempo empleado para la ejecución de una tarea.

Los valores para tomar en consideración para el cálculo son los representados en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Factores de calificación del método Westinghouse*

<b>Habilidad</b>			<b>Esfuerzo</b>		
A	Habilísimo	0.15	A	Excesivo	0.15
B	Excelente	0.1	B	Excelente	0.1
C	Bueno	0.05	C	Bueno	0.05
D	Medio	0	D	Medio	0
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05
F	Malo	-0.01	F	Malo	-0.01
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15
<b>Condiciones</b>			<b>Consistencia</b>		
A	Buena	0.05	A	Buena	0.05
B	Media	0	B	Media	0
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05

*Nota.* recuperado de Ahmad, A. (octubre de 2024). ResearchGate. Obtenido de Enhancing Operational Efficiency through Stopwatch Time Study: A Systematic Approach for Performance Evaluation: [https://www.researchgate.net/publication/384731812\\_Enhancing\\_Operational\\_Efficiency\\_through\\_Stopwatch\\_Time\\_Study\\_A\\_Systematic\\_Approach\\_for\\_Performance\\_Evaluation](https://www.researchgate.net/publication/384731812_Enhancing_Operational_Efficiency_through_Stopwatch_Time_Study_A_Systematic_Approach_for_Performance_Evaluation).

La fórmula para obtener el factor de calificación sería el siguiente:

$$FC = F \text{ condiciones} + F \text{ consistencia} + F \text{ habilidad} + F \text{ esfuerzo} + 1 \quad (3)$$

La empresa trabaja en el siguiente horario:

Lunes a viernes (5 días a la semana) siendo su horario de 8:00 a 13:00 y de 14:00 a 17:00 (8 horas al día) en horario normal.

### Tiempo estándar

$$Te = \frac{tn}{td} \quad (4)$$

Donde:

tn= la relación del tiempo indisponible.

td= tiempo disponible de producción)

### Tolerancias o suplementos

Para obtener el tiempo estándar se debe conocer el tiempo indisponible y este se calcula con las tolerancias y suplementos los cuales se extraen de la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Porcentajes de suplementos dentro del proceso productivo*

Tipo	Hombres	Mujeres	F. Concentración intensa		
Necesidades personales	5	7			
Suplemento base por fatiga	4	4	Tipo de trabajo	Hombres	Mujeres
<b>2. Suplementos variables</b>			Cierta precisión	0	0
<b>A. Trabajar de pie</b>			Precisión o fatigosos	2	2
Hombres	Mujeres		Gran precisión y muy fatigosos	5	5
	2	4			
<b>B. Postura anormal</b>			<b>G. Ruido</b>		
Tipo	Hombres	Mujeres	Tipo de ruido	Hombres	Mujeres
Ligeramente incómoda	0	1	Continuo	0	2
Incómoda (inclinado)	2	3	Intermitente y fuerte	2	2

Muy incómoda (echado)	7	7	Intermitente y muy fuerte	5	5
<b>C. Uso de la fuerza / energía muscular</b>			Estridente y fuerte	5	5
<b>Peso levantado (kg)</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>H. Tensión mental</b>		
2.5	0	1			
5	1	2	<b>Tipo de proceso</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
7.5	2	3	Bastante complejo	1	1
10	3	4	Complejo o atención dividida	4	4
12.5	4	6	Muy complejo	8	8
15	6	8			
17.5	7	10	<b>I. Monotonía</b>		
20	9	13			
22.5	11	16	<b>Tipo de trabajo</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
25	13	20 (máx)	Algo monótono	0	1
30	17	—	Bastante monótono	1	4
33.5	22	—	Muy monótono	4	5
<b>E. Condiciones atmosféricas (Kata)</b>					
<b>Kata (mcal/cm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Suplemento (%)</b>		<b>J. Tedio</b>		
16	0		<b>Tipo de trabajo</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
14	0		Algo aburrido	1	1
12	3		Aburrido	2	2
10	6		Muy aburrido	5	5
8	10		<b>D. Mala iluminación</b>		
6	21				
5	31		<b>Tipo</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
4	45		Ligeramente por debajo	0	0
3	64		Bastante por debajo	2	2
2	100		Absolutamente insuficiente	5	5

*Nota.* Recuperado de Ahmad, A. (Octubre de 2024). *ResearchGate*. Obtenido de Enhancing Operational Efficiency through Stopwatch Time Study: A Systematic Approach for Performance Evaluation: [https://www.researchgate.net/publication/384731812\\_Enhancing\\_Operational\\_Efficiency\\_through\\_Stopwatch\\_Time\\_Study\\_A\\_Systematic\\_Approach\\_for\\_Performance\\_Evaluation](https://www.researchgate.net/publication/384731812_Enhancing_Operational_Efficiency_through_Stopwatch_Time_Study_A_Systematic_Approach_for_Performance_Evaluation).

Se tomará en cuenta cada literal para la toma de datos, al final se sumarán y el resultado se restará del tiempo total del día laboral.

La empresa objeto de estudio trabaja en el siguiente horario:

Lunes a viernes (5 días a la semana) siendo su horario de 8:00 a 13:00 y de 14:00 a 17:00 (8 horas al día, 480 minutos) en horario normal.

Para comenzar con el análisis iniciaremos calculando el factor de calificación, el cual permite ajustar el tiempo observado en función del desempeño del operario respecto a un estándar considerado normal.

**Tabla 4**

*Factor de calificación actividades de fabricación de estructuras metálicas*

Nº	Actividad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Fc
1	Limpieza	0	0.02	0.02	0.01	1.05
2	Fondeo con primer	0.06	0.02	0.02	0.01	1.11
3	Corte ángulos	0.06	0.05	0.02	0.01	1.14
4	Corte canales	0.08	0.05	0.02	0.01	1.16
5	Armado	0.08	0.08	0.02	0.03	1.21
6	Soldadura	0.11	0.08	0.02	0.03	1.24
7	Pulido y limpieza	0.03	0.05	0.02	0.03	1.13
8	Pintura y acabados	0.06	0.05	0.02	0.03	1.16
9	Instalación placas de anclaje	0.06	0.05	0.02	0.03	1.16
10	Instalación de pilares	0.06	0.08	0.02	0.03	1.19
11	Unión de cerchas	0.08	0.08	0.02	0.03	1.21
12	Montaje	0.08	0.08	0.02	0.03	1.21
13	Tejido soporte para el techo	0.03	0.05	0.02	0.01	1.11
14	Pintura y acabados	0.06	0.02	0.02	0.03	1.13
15	Entechado	0.06	0.08	0.02	0	1.16

Una vez determinado el factor de calificación para cada actividad, esta se multiplicará a la sumatoria de tiempos para obtener el tiempo normal.

**Tabla 5***Tolerancias y suplementos*

<b>Suplementos (operadores hombres)</b>			
<b>Constantes</b>		<b>Variables</b>	
Necesidades personales	5	Trabajar de pie	2
Fatiga	4	Uso de fuerza	3
		Ruido	2
		Monotonía	1
<b>Total</b>			<b>17%</b>

*Nota.* El porcentaje de tolerancias y suplementos se calculará junto al tiempo normal para obtener el tiempo estándar, el cual representa el tiempo total requerido para realizar una tarea bajo condiciones normales de trabajo, incluyendo pausas necesarias y demoras inevitables.

**Calculo tolerancia y suplementos**

$$T \text{ total del día laboral} = 8 \text{ horas} * 60 \text{ min} = 480 \text{ min}$$

$$T_{\text{suplementos}} = 480 \text{ min} * 17\%$$

$$T_{\text{suplementos}} = 81.6 \text{ minutos}$$

Al tomar todos estos datos procederemos a realizar los cálculos correspondientes, los cuales estarán reflejados en la Tabla 6 y la Tabla 7.

**Tabla 6***Medición de tiempo de las actividades de producción.*

<b>Operaciones</b>		<b>Tiempos en minutos</b>								<b>Resumen</b>			
N	Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	$\Sigma t$	T	Fc	Tn( min)
1	Limpieza	22.	23.	22.	23.	24.	21.	21.	22.	181.	22.	1.	23.7
		7	2	3	1	8	6	6	0	27	7	05	9

Operaciones		Tiempos en minutos								Resumen			
2	Fondeo con primer	25.5	26.8	23.3	23.7	25.6	25.9	24.5	24.5	199.85	25.0	1.11	27.73
3	Corte ángulos	35.3	31.8	32.5	35.5	32.7	31.4	33.1	35.0	267.30	33.4	1.14	38.09
4	Corte canales	36.2	33.0	36.8	33.2	33.8	35.5	35.0	36.3	279.88	35.0	1.16	40.58
5	Armado	87.9	94.9	87.3	98.1	87.3	90.2	88.4	92.0	726.07	90.8	1.21	109.82
6	Soldadura	12.2	12.1	12.5	11.2	12.0	11.4	10.9	12.3	956.78	11.9	1.24	148.30
7	Pulido y limpieza	57.5	65.0	57.0	59.4	58.5	59.2	64.1	60.4	481.09	60.1	1.13	67.95
8	Pintura y acabados	86.1	88.3	91.8	87.0	91.6	90.0	91.3	88.3	714.49	89.3	1.16	103.60
1	Instalación	41.8	39.8	40.8	42.1	36.8	38.2	40.3	40.1	319.94	40.0	1.16	46.39
0	placas de anclaje	59.1	63.9	62.7	59.4	58.8	61.2	61.0	60.1	486.19	60.8	1.19	72.32
1	Instalación de pilares	91.3	86.5	85.0	90.4	92.4	88.6	86.6	90.5	711.43	88.9	1.21	107.60
1	Unión de cerchas	45.3	43.5	45.0	42.4	45.4	47.6	45.6	42.5	357.43	44.9	1.21	54.07
3	Montaje	10.0	10.9	10.0	95.5	98.7	94.3	92.3	10.9	797.51	99.7	1.21	110.7
1	Tejido soporte para el techo	0.9	4.0	6.2	7.7	7.7	6.6	8.8	4.3	26.26	7.7	1.11	62.62
1	Pintura y acabados	45.6	48.2	48.6	48.7	52.1	51.8	51.2	49.4	395.68	49.5	1.13	55.89
1	Entechado	17.8	17.7	18.0	18.1	19.0	18.1	18.1	17.7	145.14	18.1	1.16	210.45
6		8.0	7.1	0.5	6.0	0.7	0.6	4.9	3.6	1.38	1.4	16	45

**Tabla 7***Tiempo estándar de las distintas actividades del proceso productivo*

Nº	Actividad	Tn	T total del día laboral (min)	% del suplemento	Tiempo disponible (min)	Tiempo disponible al día	T estándar (min/Actividad)
1	Limpieza	23.79	480	17%	81.6	398.4	28.67
2	Fondeo con primer	27.73	480	17%	81.6	398.4	33.41
3	Corte ángulos	38.09	480	17%	81.6	398.4	45.89
4	Corte canales	40.58	480	17%	81.6	398.4	48.89
5	Armado	109.82	480	17%	81.6	398.4	132.31
6	Soldadura	148.30	480	17%	81.6	398.4	178.68
7	Pulido y limpieza	67.95	480	17%	81.6	398.4	81.87
8	Pintura y acabados	103.60	480	17%	81.6	398.4	124.82
10	Instalación placas de anclaje	46.39	480	17%	81.6	398.4	55.89
11	Instalación de pilares	72.32	480	17%	81.6	398.4	87.13
12	Unión de cerchas	107.60	480	17%	81.6	398.4	129.64
13	Montaje	54.07	480	17%	81.6	398.4	65.15
14	Tejido soporte para el techo	110.62	480	17%	81.6	398.4	133.28
15	Pintura y acabados	55.89	480	17%	81.6	398.4	67.34
16	Entechado	210.45	480	17%	81.6	398.4	253.55

Para asegurar que los resultados del estudio de tiempos sean estadísticamente confiables, se calculará el tamaño de la muestra utilizando la desviación estándar obtenida y el intervalo de confianza. Esto permitirá determinar cuántas observaciones son necesarias para representar adecuadamente el proceso, minimizando el margen de error.

**Desviación estándar:**

$$s = \frac{\sqrt{\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{M}}}{M - 1} \quad (5)$$

Donde:

S= desviación estándar

T= tiempo

M= número de muestras

**Intervalo de confianza muestras**

$$I_M = 2T_{0,90}\left(\frac{s}{\sqrt{M}}\right) \quad (5)$$

I<sub>M</sub>= Intervalo de confianza

T<sub>0,90</sub>= T de student para coeficiente de confianza 90%

Para calcular el tamaño de la muestra con base en la desviación estándar y un nivel de confianza del 90%, se utiliza el valor crítico de la distribución t de Student. A continuación, se presenta una tabla con los valores de  $\epsilon$  correspondientes a distintos grados de libertad (gl), que se emplearán según el número de observaciones disponibles.

**Tabla 8**

Valores a partir de la distribución T de student para c=0.90

M	g.l	$\epsilon$
5	4	2.13
6	5	2.02
7	6	1.88
8	7	1.9
9	8	1.86
10	9	1.83

<b>M</b>	<b>g.1</b>	<b>€</b>
15	14	1.76
20	19	1.73
25	24	1.71
30	29	1.7
Mas de 30	-	1.65

*Nota.* Recuperado de de Ahmad, A. (octubre de 2024). *ResearchGate*. Obtenido de Enhancing Operational Efficiency through Stopwatch Time Study: A Systematic Approach for Performance Evaluation.

### **Intervalo de confianza**

$$I = 2 * 0.05\bar{T} \quad (6)$$

I= intervalo de confianza

$\bar{T}$  = media de los tiempos

A continuación, se presentan los cálculos necesarios para determinar la desviación estándar, utilizando las fórmulas previamente especificadas.

Los resultados obtenidos se organizarán en la

**Tabla 9** para facilitar su análisis y comprensión.

N°	Actividad	M	$\sum t^2$	S	$I_m$	I	N real	N real(muestra)
1	Limpieza	8	4115.18	1.0485	1.4086	2.26591042	3.092	4
2	Fondeo con primer	8	5002.15	1.1849	1.5920	2.49807917	3.249	4
3	Corte ángulos	8	8949.43	1.6228	2.1803	3.34121875	3.406	4
4	Corte canales	8	9806.69	1.4789	1.9870	3.49846042	2.581	3
5	Armado	8	66009.56	3.9923	5.3636	9.07592917	2.794	3
6	Soldadura	8	114667.45	5.8455	7.8535	11.9597375	3.450	4
7	Pulido y limpieza	8	28991.96	2.9479	3.9605	6.01364375	3.470	4
8	Pintura y acabados	8	63845.67	2.1758	2.9232	8.9311625	0.857	1
9	Instalación placas de anclaje	8	12817.07	1.7562	2.3595	3.99929375	2.785	3
10	Instalación de pilares	8	29571.35	1.8196	2.4446	6.07743542	1.294	2
11	Unión de cerchas	8	63316.32	2.6481	3.5578	8.89292083	1.280	2
12	Montaje	8	15993.51	1.5645	2.1019	4.46883333	1.770	2
13	Tejido soporte para el techo	8	79626.04	4.9771	6.6868	9.96573125	3.602	4
14	Pintura y acabados	8	19604.36	2.1934	2.9469	4.94604375	2.840	3
15	Entechado	8	263524.10	5.5144	7.4086	18.1421896	1.334	2

**Tabla 9***Desviación estándar y número real de muestras necesarias*

N°	Actividad	M	$\sum t^2$	S	$I_m$	I	N real	N real(muestra)
1	Limpieza	8	4115.18	1.0485	1.4086	2.26591042	3.092	4
2	Fondeo con primer	8	5002.15	1.1849	1.5920	2.49807917	3.249	4
3	Corte ángulos	8	8949.43	1.6228	2.1803	3.34121875	3.406	4
4	Corte canales	8	9806.69	1.4789	1.9870	3.49846042	2.581	3
5	Armado	8	66009.56	3.9923	5.3636	9.07592917	2.794	3
6	Soldadura	8	114667.45	5.8455	7.8535	11.9597375	3.450	4
7	Pulido y limpieza	8	28991.96	2.9479	3.9605	6.01364375	3.470	4
8	Pintura y acabados	8	63845.67	2.1758	2.9232	8.9311625	0.857	1
9	Instalación placas de anclaje	8	12817.07	1.7562	2.3595	3.99929375	2.785	3
10	Instalación de pilares	8	29571.35	1.8196	2.4446	6.07743542	1.294	2
11	Unión de cerchas	8	63316.32	2.6481	3.5578	8.89292083	1.280	2
12	Montaje	8	15993.51	1.5645	2.1019	4.46883333	1.770	2
13	Tejido soporte para el techo	8	79626.04	4.9771	6.6868	9.96573125	3.602	4
14	Pintura y acabados	8	19604.36	2.1934	2.9469	4.94604375	2.840	3
15	Entechado	8	263524.10	5.5144	7.4086	18.1421896	1.334	2

Para facilitar la comprensión del número de operarios requerido en cada actividad, se presentan a continuación las tablas con los datos respectivos.

**Tabla 10**

*Numero de operarios en las actividades dentro del taller*

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad de operarios</b>
1	Limpieza	1
2	Fondeo con primer	1
3	Corte ángulos	1
4	Corte canales	1
5	Armado	2
6	Soldadura	2
7	Pulido y limpieza	1
8	Pintura y acabados	1
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>

**Tabla 11**

*Numero de operarios en las actividades de instalación.*

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad de operarios</b>
1	Instalación placas de anclaje	6
2	Instalación de pilares	6
3	Unión de cerchas	6
4	Montaje	6
5	Tejido soporte para el techo	6
6	Pintura y acabados	6
7	Entechado	6

*Nota.* Tomar en cuenta que en el trabajo en campo solamente trabajarán 6 personas de planta las cuales tendrán que turnarse y ayudar en distintas actividades y un externo el cual será el operador de la grúa.

## **Fases Para el Diseño Actual VSM**

Con la información antes proporcionada se realiza el VSM (mapeo de flujo de valor).

Se tomará en cuenta una nave estructural de 1000m<sup>2</sup> como base. Este tipo de estructura tiene cerchas armadas a partir de canales U y ángulos, deben unirse 2 para formar el ancho total de la estructura (11 cerchas), con pilares de tubería cuadrada (22 unidades) y placas base de 20mm de espesor.

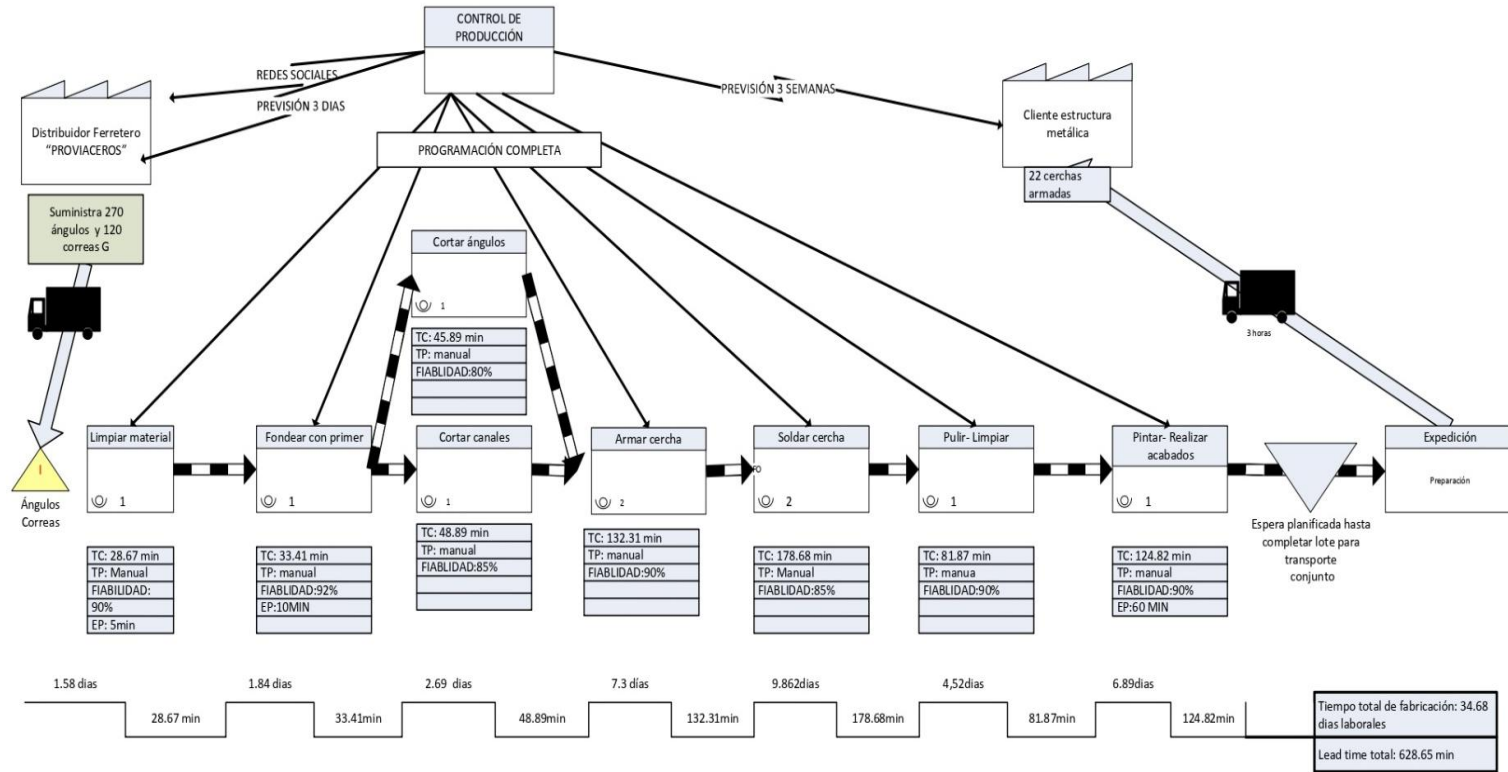
### ***Alcance Del Mapeo***

- Inicio. Recepción de materia prima.
- Fin. Entrega de producto terminado.
- Cobertura. Área de producción completa y zona de montaje.

Con base en la información recopilada en los estudios anteriores, se procederá a elaborar el mapa de flujo de valor del proceso productivo actual, tanto en planta como en el campo de instalación. Este mapeo permitirá visualizar las actividades que agregan y no agregan valor, facilitando la identificación de oportunidades de mejora en toda la cadena de productividad

**Figura 8**

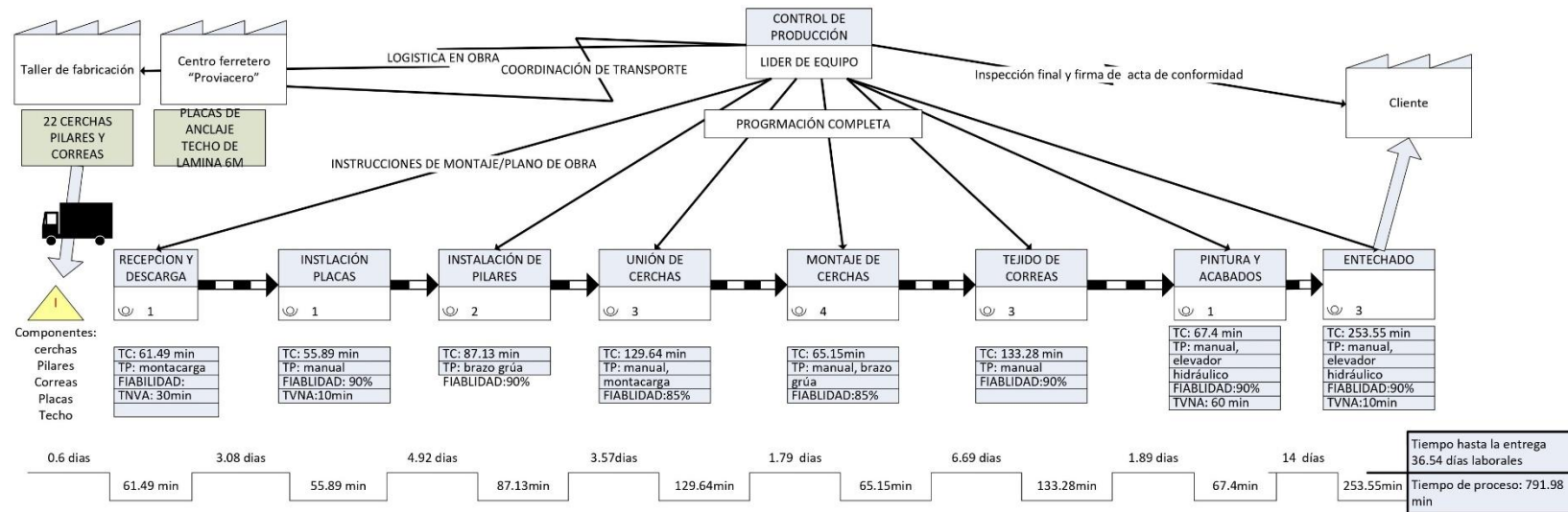
*VSM actual del proceso productivo dentro de las instalaciones de la empresa*



*Nota:* Imagen referencial del VSM actual dentro de la empresa, por restricciones de formato esta figura se presenta en versión reducida. Para una visualización completa y detallada véase el Anexo 18 y Anexo 19.

**Figura 9**

*VMS actual del proceso productivo en el área de instalación y montaje.*



*Nota:* Imagen referencial del VSM actual dentro de la empresa, por restricciones de formato esta figura se presenta en versión reducida. Para una visualización completa y detallada véase el Anexo 20y Anexo 21 .

## *Justificación de Métricas en el VSM del Proceso de Fabricación de una Estructura*

### *Metálica*

En el análisis del flujo de valor se han utilizado métricas clave que permiten evaluar el desempeño real del proceso productivo. A continuación, se justifica el uso de cada una:

1. Tiempo de Ciclo: Esta métrica fue registrada para cada actividad del proceso. Su inclusión permite identificar las etapas que consumen más tiempo y evaluar la capacidad de producción y se encuentra desglosada en la Tabla 7. Es fundamental para detectar cuellos de botella, lo que facilita la alineación con la demanda del cliente.

2. Fiabilidad: Se ha considerado la fiabilidad para reflejar la estabilidad de cada operación. Esta métrica permite identificar procesos con alta variabilidad o propensos a errores, lo cual es crítico en estructuras metálicas donde la precisión y la calidad son esenciales. Una baja fiabilidad indica necesidad de estandarización, y hasta un posible rediseño del proceso.

3. Tipo de Proceso: La clasificación de cada actividad como manual o con herramienta especial permite entender el nivel de intervención humana y su impacto en la variabilidad del proceso. Los procesos manuales, comunes en soldadura y montaje, tienden a tener mayor dispersión en tiempos y calidad, lo que justifica su análisis para futuras capacitaciones.

4. Lead Time: El lead time total fue calculado desde la recepción del pedido hasta la entrega del producto final. Esta métrica refleja el tiempo de respuesta al cliente y permite identificar tiempos de espera, transporte o inspección que no agregan valor. Su análisis es clave para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia global.

5. Tiempo Total de Fabricación: Se ha sumado el tiempo efectivo de todas las actividades productivas. Esta métrica permite calcular el porcentaje de tiempo que realmente agrega valor al producto. Su comparación con el lead time evidencia la proporción de tiempo perdido en actividades no productivas, lo que orienta las acciones de mejora Lean.

A continuación, se presenta una tabla que resume los datos obtenidos y el procedimiento seguido para su obtención.

**Tabla 12**

*Recolección de datos VSM actual taller*

Proceso	Cantidad	TC (min/unidad)	TCT (min/lote)
Limpiar material	22	28.65	630,3
Fondear con primer	22	33.41	735,02
corte	22	48.89	1075,58
Armar	22	132.31	2910,82
Soldar	22	178.68	3930,96
Pulir-limpiar	22	81.87	1801,14
Pintar-realizar acabados	22	124.82	2746,04

**Tabla 13**

*Recolección de datos VSM actual campo*

Proceso	Cantidad	TC (min/unidad)	TPT (min/lote)
Recepción y descarga	—	61,49	—
Instalación de placas	22	55.89	122958
Instalar pilares	22	87,13	1916,86
Unir cerchas	11	129,64	1426,04
Montaje de cerchas	11	65,15	716,65
Tejido de correas	22	133,28	2932,16
Pintura y acabados	22	67,4	1482,8
Entechado	22	253,55	5578,1

Con los datos recolectados se toma en cuenta que 1 día de trabajo corresponde a 398,4min, teniendo en cuenta los porcentajes de suplementos obtenidos de la Tabla 7.

Se calcula la suma de los tiempos de procesamiento (TP) dentro del taller.

Valor TP dentro del taller:  $28.65+33.41+48.89+132.31+178.68+81.87+124.82$   
 $=628.65\text{min}$

Lead time taller:  $(628.65) * 22 \text{ ciclos} = 13829.86 \text{ min}$

Lead time taller:  $13829.86 \text{ min} / 398.4 \text{ min (1 día laboral)} = 34.68 \text{ días laborales.}$

A continuación, se presenta el Lead Time correspondiente al proceso de instalación en campo. En este caso, no se calcula el TP ya que cada actividad debe completarse en su totalidad antes de poder iniciar la siguiente, lo que impide la ejecución simultánea de tareas.

Para el cálculo se usa el TPT mostrado en la Tabla 13.

Lead time campo:

$61.49 + 122958 + 1916,86 + 1426,04 + 716,65 + 2932,16 + 1482,8 + 5578,1 = 137072,1 \text{ min}$

Lead time campo:  $137072.1 \text{ min} / 398.4 \text{ min (1 día laboral)} = 36.54 \text{ días laborales.}$

Una vez obtenidos los Lead Time individuales del taller y del campo, se procede a calcular el Lead Time total del proceso. Este valor representa la duración completa desde el inicio de la fabricación hasta la finalización de la instalación en sitio.

Lead time total:  $34.68 \text{ días laborales} + 36.54 \text{ días laborales} = 71.22 \text{ días laborales.}$

El Lead Time total o tiempo de proceso de fabricación del proceso actual, que abarca tanto las operaciones en taller como en campo, refleja las condiciones operativas antes de aplicar mejoras Lean. Este tiempo se estima en 71.22 días laborales, evidenciando la presencia de actividades con bajo valor agregado, tiempos de espera prolongados y cuellos de botella que afectan la eficiencia general del flujo. Esta medición sirve como punto de partida para identificar oportunidades de optimización y establecer comparaciones con el escenario propuesto en el VSM futuro.

### **Análisis Mediante Diagrama de Pareto**

Con el objetivo de identificar y priorizar las actividades que generan mayor impacto en el tiempo total del proceso productivo, se ha desarrollado un análisis basado en el Diagrama de Pareto. Este método gráfico, sustentado en el principio 80/20, permite visualizar cuáles son las etapas que concentran la mayor parte del tiempo de ejecución o los mayores desperdicios,

facilitando así la toma de decisiones enfocadas en la mejora continua. A partir del diagrama de flujo del proceso, los tiempos registrados por actividad y el VSM actual, se ha elaborado este Pareto para evidenciar las principales oportunidades de optimización en el flujo de valor.

En la Tabla 14 se presenta un análisis cuantitativo de diversas actividades operativas dentro del proceso productivo, considerando variables clave como el tiempo de ejecución por ciclo, el porcentaje de fallas detectadas, el tiempo desperdiciado asociado a dichas fallas y el número total de repeticiones por actividad. Este enfoque permite identificar el impacto real de los errores recurrentes como medidas incorrectas o ejecuciones defectuosas que generan retrabajo y aumentan el tiempo total de producción. El cálculo del tiempo desperdiciado se realiza multiplicando el porcentaje de fallas por el tiempo de proceso, y luego por el número de ciclos ejecutados, lo que permite estimar con precisión el costo temporal de los defectos. Cada actividad se clasifica según el tipo de desperdicio Lean correspondiente, siendo el retrabajo por errores una manifestación directa del desperdicio por defectos. Esta estructura facilita la priorización de mejoras operativas, la identificación de cuellos de botella y la formulación de estrategias de estandarización y control de calidad. En la Tabla 15 se mostrarán los datos para la creación del diagrama de Pareto.

**Tabla 14**

*Desperdicios falla y retrasos*

N°	Actividad	Tiempo de proceso (min)	Falla detectada	% de fallas	Tiempo desperdiciado (min)	N° de ciclos	Tiempo total desperdiciado en todo el proyecto (min)	Tipo de desperdicio	Desperdicio lean (categoría)
1	Corte de nervios(ángulos)	33.4	Retraso por fallo en las medidas	20	6.67	22	146.70	Retrabajo	Defectos

N°	Actividad	Tiempo de proceso (min)	Falla detectada	% de fallas	Tiempo desperdiciado (min)	N° de ciclos	Tiempo total desperdiciado en todo el proyecto (min)	Tipo de desperdicio	Desperdicio lean (categoría)
2	Corte de canales	35	Retraso por fallo en las medidas	15	4.23	22	93.14	Retrabajo	Defectos
3	Soldadura	119.6	Soldaduras deficientes	15	14.52	22	319.33	Retrabajo	Defectos
4	Pulido y limpieza	60.1	Sin desbastar en lugares necesarios	5	3.02	22	66.53	Reproceso	Defectos
5	Entechado	181.4	Pernos de mala calidad	5	9.27	20	203.89	Defecto en calidad del producto	Defectos
6	Pintura en montaje	89.3	Sobrecarga y chorreamiento	5	4.54	11	99.79	Pintura corrida	Defectos
7	Limpieza y pintura en taller	15	Secado de fondo y acción de fosfato	100	15.00	22	330.00		Espera
8	Montaje final	44.7	Piezas no encajan	11	4.93	11	54.28	Defectos + retrabajo	Espera
9	Espera de insumos		Operarios a la espera de materiales consumibles	----- --	160.00	1	160.00	Tiempos improductivos	Espera
10	Recepción de materia prima		No cumple con las especificaciones/ devoluciones	----- ---	180.00	1	180.00	Tiempos improductivos	Espera

N°	Actividad	Tiempo de proceso (min)	Falla detectada	% de fallas	Tiempo desperdiciado (min)	N° de ciclos	Tiempo total desperdiciado en todo el proyecto (min)	Tipo de desperdicio	Desperdicio lean (categoría)
11	Recepción y descarga en el lugar a instalar	30	Descarga de material (espera de grúa o equipo)	----- ----	30	1	30	Tiempos improductivos	Espera
12	Instalación de placas	10	Acomodar las placas a las dimensiones de la zapata	----- ----	10	22	220	Tiempos muertos	Movimiento

*Nota:* los datos fueron obtenidos mediante observación directa y registros operativos durante el ciclo completo de producción.

Para asegurar que nuestro estudio sea lo más accionable posible, hemos decidido conscientemente excluir el Impacto Climático del análisis de Pareto. Si bien reconocemos que las condiciones meteorológicas pueden causar demoras significativas y son un factor real en la instalación en campo, su variabilidad extrema y su naturaleza incontrolable podrían distorsionar nuestro enfoque. Al centrarnos exclusivamente en los desperdicios que sí podemos gestionar y eliminar mediante cambios internos en nuestros procesos y prácticas, podremos identificar las causas raíz más controlables y desarrollar soluciones efectivas y sostenibles. Esto nos permitirá asignar nuestros recursos y esfuerzos donde realmente podemos generar un impacto tangible

**Tabla 15**

*Datos diagrama de Pareto*

Problema	Frecuencia (min)	P. Acumulado
Limpieza y pintura	330.00	17%

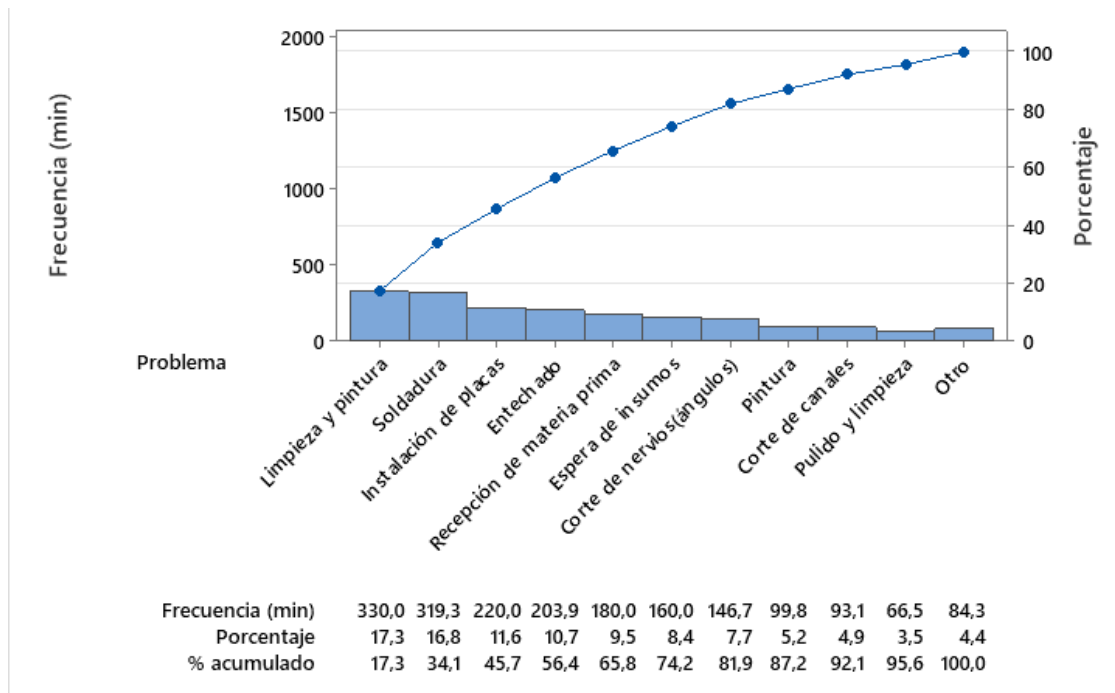
Soldadura	319.33	34%
Instalación de placas	220	46%
Entechado	203.89	56%
Recepción de materia prima	180.00	66%
Espera de insumos	160.00	74%
Corte de nervios(ángulos)	146.70	82%
Pintura	99.79	87%
Corte de canales	93.14	92%
Pulido y limpieza	66.53	96%
Montaje final	54.28	98%
Recepción y descarga en el lugar a instalar	30	100%
Total	1903.66	

Como se observa en la tabla, los problemas con valores más altos son evidentes; el uso del diagrama de Pareto sigue siendo válido y útil en este caso, ya que permite identificar visualmente los problemas con mayor impacto operativo. Al ordenar los problemas por frecuencia (en minutos), se evidencia que ciertos errores concentran una proporción significativa del tiempo desperdiciado, lo que justifica priorizar su análisis y corrección. El principio de Pareto que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas no exige una distribución exacta, sino una tendencia que permita enfocar los esfuerzos en las causas más críticas. De este modo el gráfico facilitara la toma de decisiones al destacar los problemas más recurrentes.

A partir de la información recopilada anteriormente, se procede a construir el Diagrama de Pareto con el objetivo de visualizar de forma jerárquica los procesos, fallas y/o tipos de desperdicio que generan mayor impacto dentro del sistema productivo.

**Figura 10**

*Análisis de prioridades mediante diagrama de Pareto*



El diagrama muestra las causas que generan mayor tiempo desperdiciado en el proceso de fabricación de estructuras metálicas. Al aplicar el principio 80/20, se identificaron las siguientes actividades como prioritarias:

- Limpieza y pintura en taller
- Soldadura
- Instalación de placas
- Recepción de materia prima
- Espera de insumos
- Corte de nervios (ángulos)

Estas seis actividades concentran el 80% del tiempo total desperdiciado en el proyecto, lo que justifica su inclusión como causas críticas en el gráfico de Pareto.

En la Tabla 15 se mencionan también otras actividades como entechado, pulido y limpieza, y corte de canales. Aunque estas no superan el umbral del 80% acumulado, fueron incluidas por su relevancia operativa. Estas actividades presentan fallas que, aunque menos frecuentes, afectan directamente la calidad del producto final, la seguridad en el montaje y la coordinación entre áreas. Por ello, se consideró pertinente destacarlas en el análisis como parte de una visión integral del proceso.

La diferencia entre las causas mostradas en el diagrama de Pareto y las mencionadas en el texto responde a una estrategia de análisis complementaria:

El gráfico de Pareto se enfoca en la priorización cuantitativa de las causas más críticas.

La explicación textual incorpora una visión cualitativa, considerando también factores como la criticidad técnica, el impacto en la calidad y la posibilidad de intervención mediante herramientas Lean.

### **Área de Estudio**

- **Dominio:** Tecnología y sociedad
- **Línea de investigación:** Sistemas Industriales
- **Sub línea:** Producción, análisis, diseño, simulación, logística, validación, P+L1, mantenimiento y mejora de sistemas productivos combinando calidad, costo y tiempos de entrega oportunos.
- **Campo:** Ingeniería Industrial
- **Área:** procesos productivos
- **Aspectos:** Aplicación de herramientas Lean Manufacturing en el abastecimiento de materiales
- **Objeto de estudio:** Empresa dedicada a la industria metalmecánica ubicada en la ciudad de Quito.
- **Periodo de análisis:** agosto 2024- agosto 2025.

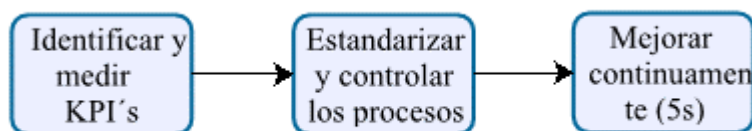
## Modelo Operativo

Para el desarrollo de esta propuesta se utiliza un Modelo Operativo Funcional representado mediante un diagrama de bloques, debido a que permite visualizar de forma clara y estructurada las acciones a realizar en la propuesta y su secuencia lógica. Este enfoque permite identificar oportunidades de mejora, facilitar la toma de decisiones y alinear los recursos con los objetivos planteados. El modelo sirve como base para la implementación de herramientas Lean.

Se procede a esquematizar los componentes y en el diagrama a continuación.

**Figura 11**

*Modelo operativo funcional*



## Desarrollo del Modelo Operativo

La propuesta de mejora se ejecutará siguiendo Modelo Operativo, el cual permitirá estructurar y controlar de manera secuencial la implementación de herramientas Lean Manufacturing para optimizar los procesos de manufactura de estructuras metálicas. A continuación, se describe cómo se aplicarán los componentes y actividades en cada fase:

### *Identificar y medir Kpi's*

Se implementará un sistema de medición basado en KPI's (indicador clave de desempeño) que permita monitorear el desempeño de cada actividad del proceso productivo, identificar desviaciones, evaluar la eficiencia operativa y toma de decisiones considerando el impacto de las mejoras.

### ***Estandarizar y controlar procesos***

Se procederá a la elaboración de los Procedimientos estandarizados (SOPs) para cada etapa del proceso productivo, con el objetivo de documentar y reducir la variabilidad operativa y de esta manera facilitar la capacitación del personal en la fabricación y montaje de estructuras metálicas.

### ***Mejora Continua 5s***

Se elaborará un manual práctico para aplicar la herramienta de la metodología Lean 5S en las áreas de producción, acompañado de un cronograma de seis meses que guíe la implementación progresiva por zonas, promoviendo el orden, la limpieza y la disciplina operativa.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Desarrollo de la propuesta**

Esta propuesta se fundamenta en un diagnóstico estratégico del proceso actual, respaldado por herramientas como el Mapa de Flujo de Valor (VSM), diagramas de flujo, análisis de Pareto y observaciones directas. A partir de esta base, se diseñará un plan de mejora que integra herramientas Lean Manufacturing como 5S, SOP's con el fin de reducir desperdicios, mejorar la eficiencia operativa y elevar la calidad del producto final gestionándolos mediante el seguimiento de KPI's definidos en cada actividad productiva. Esta metodología no solo busca estandarizar y controlar los procesos, sino también fomentar una cultura de mejora continua que beneficie tanto al personal operativo como a la gestión estratégica de la organización.

#### **Medición y seguimientos**

##### ***Indicadores clave de desempeño (KPI's)***

Como parte del control y mejora continua del proceso de fabricación e instalación de estructuras metálicas, se han definido Indicadores Clave de Desempeño (KPI's) para cada una de las actividades descritas en los SOP's. Estos KPI's permiten evaluar el rendimiento, identificar desviaciones y proponer acciones correctivas.

##### **Antecedentes**

El diagnóstico inicial de la empresa en conjunto con el VSM actual identificó cuellos de botella y tiempos no agregadores de valor, mientras que los SOP's estandarizaron los métodos de trabajo. Como siguiente paso, se propone implementar un sistema de seguimiento basado en KPI's para garantizar el cumplimiento y sostenibilidad de las mejoras.

## **Objetivo**

Establecer un sistema de seguimiento basado en KPIs que permita medir la eficiencia, calidad y cumplimiento de cada etapa del proceso, desde la fabricación hasta la instalación en sitio, orientada a la mejora continua.

## **Marco Metodológico**

Busca la Integración con Herramientas Lean como: los SOP's Ya que cada KPI se vincula a un procedimiento estandarizado (quién, cómo, con qué). De igual forma el VSM donde KPIs permiten monitorear los tiempos reales vs. ideales del mapa de flujo de valor actualizado.

## ***Diseño del sistema de KPIs***

Para mejorar el control y la eficiencia de las actividades productivas, es necesario establecer indicadores que permitan medir su desempeño de forma objetiva. Los KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) ofrecen una herramienta útil para evaluar resultados, identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones basadas en datos reales del proceso.

A continuación, se presenta una tabla con los KPIs definidos para las distintas actividades productivas de la fabricación de estructuras metálicas, los cuales permitirán evaluar su desempeño en términos de eficiencia, calidad y cumplimiento de tiempos.

**Tabla 16***Indicadores clave de desempeño (KPI's) del proceso*

<b>Etapa</b>	<b>KPI</b>	<b>Unidad</b>	<b>Meta</b>	<b>Fórmula</b>
Corte	Tiempo promedio por corte	min/unidad	$\leq 0.5\text{min}$	Tiempo total de corte / N° de cortes en perfiles
Corte	% de piezas correctas	%	$\geq 80\%$	(piezas cortadas correctamente/total de piezas) *100
Limpieza	Tiempo promedio por pieza limpiada	min/unidad	$\leq 3 \text{ min}$	Tiempo total de limpieza / N° de piezas
Limpieza	% piezas correctamente limpiadas	%	$\geq 95\%$	(piezas sin errores / total piezas) * 100
Fondeo	Tiempo promedio de fondeo por pieza	min/unidad	$\leq 5 \text{ min}$	Tiempo total de fondeo / N° de piezas
Fondeo	% de cobertura uniforme del primer	%	$\geq 95\%$	(piezas con cobertura uniforme / total piezas) * 100
Armado	Tiempo promedio de armado	min/unidad	$\leq 75 \text{ min}$	Tiempo total de armado / N° de estructuras
Armado	% estructuras alineadas correctamente	%	$\geq 80\%$	(estructuras alineadas / total estructuras) * 100
Soldadura	Tiempo promedio por soldadura	min/unidad	$\leq 75 \text{ min}$	Tiempo total de soldadura / N° de uniones
Soldadura	% soldaduras sin defectos	%	$\geq 80\%$	(Soldaduras sin defectos / total Soldaduras) * 100
Pulido	Tiempo promedio de limpieza por pieza	min/unidad	$\leq 75 \text{ min}$	Tiempo total de limpieza / N° de piezas
Pulido	% superficies aceptadas sin retrabajo	%	$\geq 95\%$	(Superficies aceptadas / total Superficies) * 100

<b>Etapa</b>	<b>KPI</b>	<b>Unidad</b>	<b>Meta</b>	<b>Fórmula</b>
Pintura (taller)	Tiempo promedio aplicación de pintura	min/unidad	≤ 110 min	Tiempo total de pintura / N° de piezas
Pintura (taller)	% piezas pintadas sin defectos	%	≥ 95%	(piezas sin defectos / total pintadas) * 100
Instalación placas	Tiempo promedio instalación de placa	min/unidad	≤ 50 min	Tiempo total / N° de placas
Instalación placas	% placas instaladas sin correcciones	%	≥ 95%	(placas sin correcciones / total placas) * 100
Montaje - pilares	Tiempo promedio instalación de pilar	min/unidad	≤ 87 min	Tiempo total / N° de pilares
Montaje - pilares	% pilares instalados sin correcciones	%	≥ 95%	(pilares sin correcciones / total pilares) * 100
Montaje – cerchas	Tiempo promedio unión de cerchas	min/unidad	≤ 120 min	Tiempo total / N° de uniones
Montaje – cerchas	% uniones sin defectos	%	≥ 90%	(uniones correctas / total uniones) * 100
Montaje – correas	Tiempo promedio instalación de correa	min/unidad	≤ 10 min	Tiempo total / N° de correas
Montaje – correas	% correas instaladas sin correcciones	%	≥ 95%	(correcciones sin defectos / total correas) * 100
Pintura (campo)	Tiempo promedio aplicación de pintura	min/unidad	≤ 61 min	Tiempo total / N° de tramos de la estructura
Pintura (campo)	% superficie pintada sin defectos	%	≥ 95%	(Superficie aceptada / total Superficie) * 100
Instalación techo	Tiempo promedio por m <sup>2</sup> instalado	min/m <sup>2</sup>	≤ 5 min	Tiempo total / m <sup>2</sup> instalados
Instalación techo	% láminas instaladas sin correcciones	%	≥ 95%	(Láminas sin correcciones / total Láminas) * 100

Los indicadores definidos permiten tener una visión clara del comportamiento de la actividad productiva, facilitando el seguimiento de aspectos clave como la eficiencia operativa, la calidad del trabajo realizado y el cumplimiento de los tiempos establecidos. Al contar con estos datos, es posible detectar desviaciones, tomar decisiones correctivas oportunas y fomentar una mejora continua en el proceso.

### ***Capacitación al personal responsable***

Se instruye a los responsables en el uso correcto del formato de seguimiento, interpretación de datos y frecuencia de registros.

### ***Monitoreo y registro***

Los KPIs serán registrados y evaluados de forma diaria durante la ejecución del proyecto, y consolidados en reportes semanales para análisis de tendencias y toma de decisiones.

Frecuencia diaria: Registro de tiempo y calidad por unidad o lote.

Frecuencia semanal: Consolidación de datos y análisis de tendencia.

El personal anota manualmente los valores al cierre de cada turno, y los responsables (líder de equipo / supervisor) consolidan la información en la plantilla presentes en el Anexo 11 Anexo 12.

### ***Reuniones de seguimiento (Daily Lean)***

Reuniones breves (5–10 minutos) diarias para revisión rápida de desempeño por área.

Reuniones semanales para análisis profundo y toma de decisiones.

### ***Gestión de desviaciones y mejora continua***

Si un KPI no se cumple por más de dos días seguidos:

Se ejecuta un análisis de causa raíz (5 porqués, Ishikawa).

Se activa una acción correctiva.

Se documentan los resultados y se ajustan las metas si es necesario.

### ***Beneficios esperados***

Mayor control sobre el cumplimiento de tiempos estándar.

Reducción de defectos y retrabajos.

Aumento en la disciplina operativa y visibilidad del desempeño.

Cultura de mejora continua sostenida por datos objetivos.

Como parte de una posible segunda fase del sistema de seguimiento con KPI's, se propone la implementación de tableros visuales tipo Andon, físicos o digitales, que permitan representar de forma gráfica y accesible el desempeño diario de las etapas productivas. Esta herramienta contribuirá a la detección temprana de desviaciones, el fortalecimiento del trabajo en equipo y la consolidación de una cultura de mejora continua.

La implementación podrá desarrollarse una vez que los registros diarios y semanales de los indicadores estén estabilizados y correctamente gestionados por los responsables de cada célula o área.

## **Estandarización y Control**

### ***Procedimientos Estandarizados (Sops)***

Como parte del proceso de estandarización, se han desarrollado Procedimientos Operativos Estándar (SOPs) de cada actividad operativa influyente dentro de la producción de estructuras metálicas que permiten visualizar de forma estructurada todas sus tareas clave, cada KPI definido anteriormente se encuentra vinculado directamente con uno o más SOPs operativos, permitiendo evaluar el desempeño específico de cada proceso y facilitar la toma de decisiones basada en datos reales.

Se presentan las matrices desarrolladas de (SOPs), con el fin de estandarizar las actividades y garantizar la repetibilidad de las tareas bajo criterios de calidad y eficiencia.

<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>			
Limpieza de material			
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>
FEM-001	001	2025	Producción

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para realizar la limpieza de material metálico, eliminando grasas y suciedades mediante el uso de desengrasante, para garantizar condiciones óptimas antes de iniciar procesos de fabricación.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal del área de fabricación encargado de preparar el material metálico antes de corte, armado o soldadura.

### **3. Definiciones**

Material metálico: Superficie de acero u otro metal utilizado en la fabricación de estructuras.

Desengrasante: Producto químico utilizado para remover grasa, aceite y suciedad de superficies metálicas.

### **4. Responsabilidades**

Operador de limpieza: Ejecutar el procedimiento de limpieza según lo establecido.

Supervisor de taller: Verificar cumplimiento del procedimiento y condiciones de seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Desengrasante industrial
- Trapos o paños de limpieza
- Cepillo de cerdas duras
- Guantes de nitrilo, gafas de seguridad.
- Recipiente para aplicación mezclar y preparar el producto

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Recibir y revisar el material a limpiar	Operador	Orden de trabajo
2	Mezclar y preparar el producto (desengrasante)	Operador	Registro de limpieza
3	Colocar EPP y preparar área de limpieza	Operador	Check list de seguridad
4	Aplicar desengrasante sobre la superficie metálica	Operador	Ficha técnica del producto
5	Frotar con cepillo o paño para remover impurezas	Operador	Registro de limpieza
6	Retirar residuos con paño limpio	Operador	Registro de limpieza
7	Dejar a que actúe el fosfato para una mejor adherencia de la pintura	Operador	Registro de limpieza
8	Verificar limpieza visual y registrar actividad	Operador / Supervisor	Formato de control

## 7. Indicadores de Desempeño

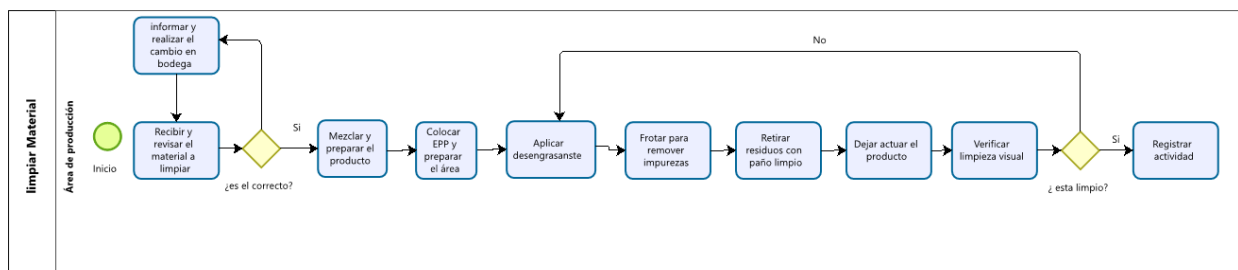
- Tiempo promedio por pieza limpiada

Tiempo total de limpieza dividido por el número de piezas limpiadas en un turno.

- Porcentaje de piezas correctamente limpiadas

Número de piezas que cumplen con el estándar de limpieza dividido por el total de piezas limpiadas, multiplicado por 100%.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>			
Preparación fondeo con primer			
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>
FEM-002	001	2025	Producción

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para aplicar primer anticorrosivo sobre superficies metálicas, asegurando una base adecuada para la pintura final y protección contra la oxidación.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal encargado de preparar y fondear superficies metálicas en el área de fabricación.

### **3. Definiciones**

Primer: Recubrimiento base aplicado sobre metal limpio para mejorar la adherencia de la pintura y prevenir la corrosión.

Fondeo: Proceso de aplicación de primer sobre superficies metálicas.

### **4. Responsabilidades**

Operador de fondeo: Ejecutar el procedimiento de aplicación del primer según lo establecido.

Supervisor de taller: Verificar cumplimiento del procedimiento y condiciones de seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Primer anticorrosivo
- Pistola de aplicación
- Compresor de aire
- EPP: guantes, gafas, mascarilla, overol
- Trapos, solvente industrial (thinner)

## 6. Descripción de las actividades

Tareas	Descripción	Responsable	Documentos relacionados
1	Verificar que la superficie esté limpia y seca	Operador	Orden de trabajo
2	Preparar el área de trabajo y colocar EPP	Operador	Lista de verificación de seguridad
3	Preparar el primer según especificaciones del fabricante	Operador	Etiqueta del producto
4	Aplicar el primer uniformemente sobre la superficie	Operador	Ficha técnica del producto
5	Dejar secar el primer según el tiempo recomendado	Operador	Manual de aplicación del producto
6	Verificar cobertura y registrar actividad	Operador supervisor	/ Formato de control

## 7. Indicadores de Desempeño

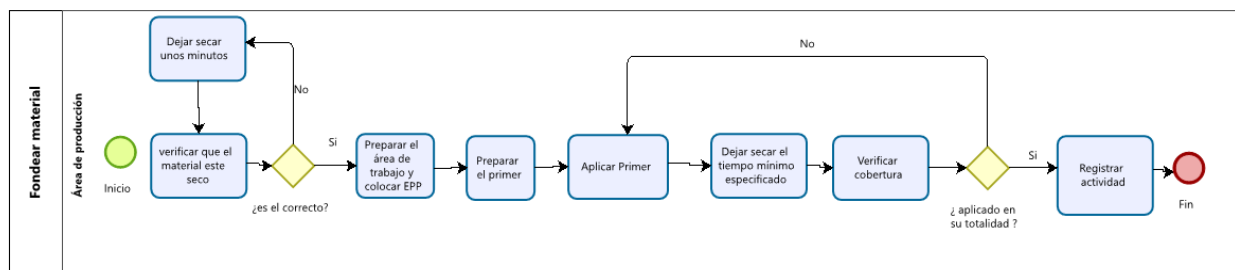
- Tiempo promedio de fondeo por pieza.

Mide el tiempo promedio en minutos que se tarda en limpiar cada pieza, calculado dividiendo el tiempo total de limpieza entre el número de piezas limpiadas.

- Porcentaje de Cobertura uniforme del primer.

Indica el porcentaje de piezas que cumplen con el estándar de limpieza, calculado dividiendo el número de piezas sin errores entre el total de piezas limpiadas y multiplicando por 100%.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>			
Corte de material metálico- Célula de trabajo			
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>
FEM-003.1	001	2025	Producción

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para realizar el corte de perfiles y elementos metálicos con precisión y seguridad, como parte del flujo de trabajo de la célula de fabricación.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal dentro de la célula de trabajo (corte-armado-soldadura).

### **3. Definiciones**

Corte mecánico: Proceso de seccionamiento mediante sierra, amoladora, tronzadora, plasma, cizalla, etc.

### **4. Responsabilidades**

Operador de corte: Ejecutar el procedimiento.

Supervisor: Verificar cumplimiento y seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Amoladora, tronzadora y plasma.
- EPP, guantes de operador, protección auditiva, mascara facial, mascarilla, mandil de cuero.
- Herramientas de medición como cinta métrica, flexómetro, escuadra, marcador
- Planos de fabricación.

## 6. Descripción de las actividades

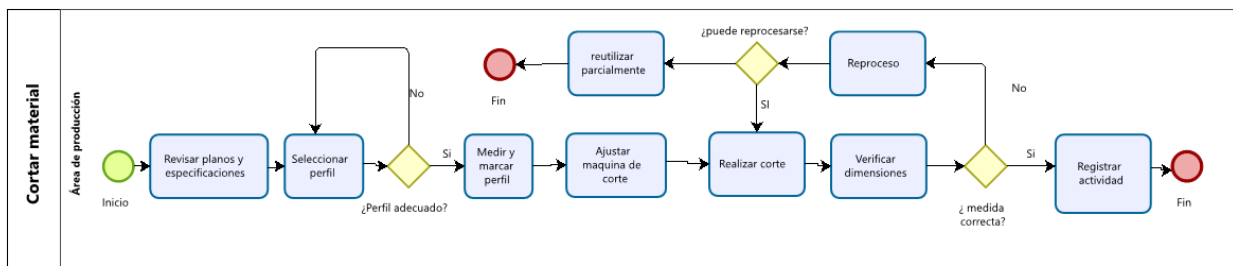
Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Revisar planos y especificaciones de corte	Operador	Plano de fabricación
2	Seleccionar el perfil adecuado	Operador	Orden de trabajo
3	Medir y marcar el perfil	Operador	Herramientas de medición
4	Ajustar máquina de corte	Operador	Manual de máquina
5	Realizar el corte	Operador	Registro de producción
6	Verificar dimensiones	Operador / Supervisor	Check list de calidad (Anexo 14)
7	Continuar al proceso de armado	Operador	Formato de control (planos de fabricación)

## 7. Indicadores de Desempeño

Eficiencia: Tiempo promedio por corte.

Eficacia: Precisión del corte ( $\pm 1$  mm).

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Armado- Célula de trabajo				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEM-003.2	001	2025	Producción	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para el armado de estructuras metálicas según planos y especificaciones técnicas.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal dentro de la célula de trabajo (corte-armado-soldadura).

### **3. Definiciones**

Armado: Unión temporal de piezas metálicas mediante puntos de soldadura o fijación.

Plantilla: Herramienta para asegurar alineación y dimensiones.

### **4. Responsabilidades**

Armador: Ejecutar el procedimiento.

Supervisor: Verificar cumplimiento y seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Soldadora de electrodo, soldadora mig.
- EPP, guantes de cuero, protección auditiva, mascara de soldar, mascarilla, mandil de cuero.
- Herramientas de medición como cinta métrica, flexómetro.
- Planos de fabricación.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Revisar planos de armado	Armador	Plano de fabricación
2	Posicionar piezas según diseño	Armador	Orden de trabajo
3	Alinear y fijar temporalmente mediante herramientas de sujeción.	Armador	Herramientas de sujeción
4	Verificar medidas y escuadras haciendo uso de cintas métricas y/o flexómetros.	Armador Supervisor	Procedimiento de armado.
5	Realizar puntos de soldadura mediante proceso SMAW O GMAW.	Armador	Procedimiento de armado
6	Continuar al proceso de soldadura.	Armador	Orden de trabajo

## 7. Indicadores de Desempeño

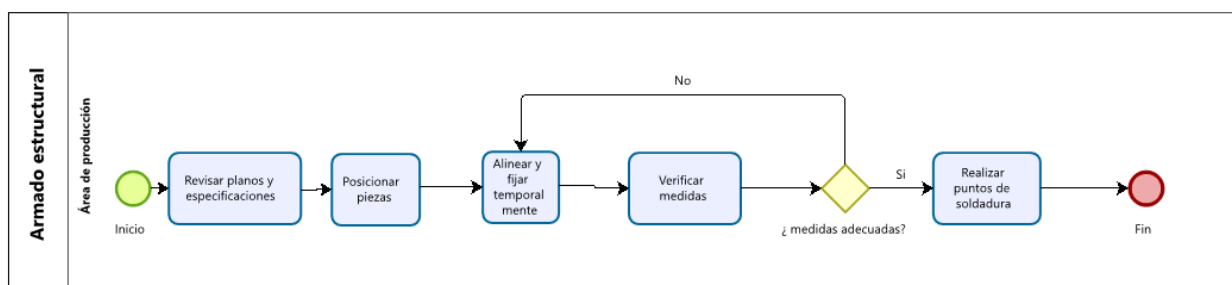
- Tiempo promedio de armado

Mide el tiempo promedio, en minutos, que se tarda en armar una estructura, calculado dividiendo el tiempo total de armado entre el número de estructuras armadas.

- Porcentaje de estructura alineadas correctamente.

Indica el porcentaje de estructuras que cumplen con los criterios de alineación establecidos, calculado dividiendo el número de estructuras alineadas correctamente entre el total de estructuras armadas y multiplicando por 100%.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
soldadura- Célula de trabajo				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEM-003.3	001	2025	Producción	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para realizar soldaduras estructurales seguras y de calidad.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal dentro de la célula de trabajo (corte-armado-soldadura).

### **3. Definiciones**

Soldadura: Unión permanente de metales mediante calor.

Cordón de soldadura: Depósito de material fundido.

### **4. Responsabilidades**

Soldador: Ejecutar la soldadura.

Supervisor: Verificar calidad y seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Soldadora de electrodo, soldadora mig.
- EPP, guantes de cuero, protección auditiva, mascara de soldar, mascarilla, mandil de cuero.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Preparar equipo de soldadura y EPP	Soldador	Lista de verificación de seguridad
2	Verificar armado y puntos de fijación	Soldador	Plano de fabricación
3	Realizar soldadura según especificaciones (soldadura mediante proceso FCAW con alambre tubular de 1.2mm de diámetro)	Soldador	Procedimiento de soldadura
4	Limpiar cordones de soldadura mediante gratas circulares	Soldador	Procedimiento de soldadura
5	Verificar calidad visual de la soldadura	Soldador Supervisor	/ Formato de calidad del proceso.

## 7. Indicadores de Desempeño

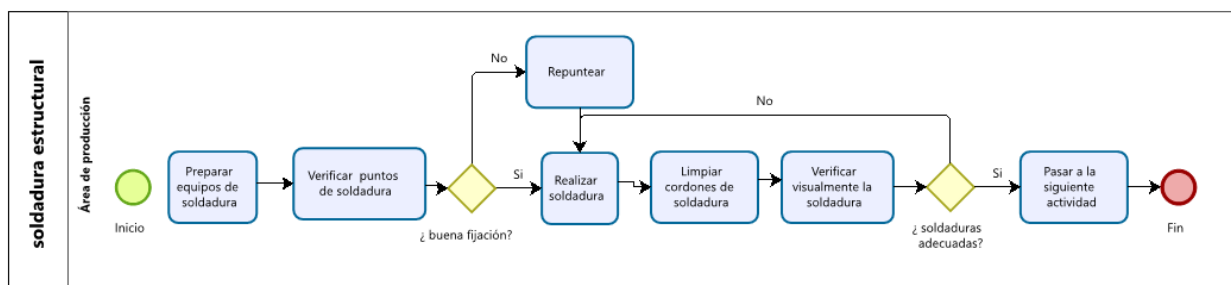
- Tiempo promedio por soldadura.

Mide el tiempo promedio, en minutos, que se tarda en realizar cada unión soldada, calculado dividiendo el tiempo total de soldadura entre el número de uniones realizadas.

- Porcentaje de soldaduras sin defectos.

Indica el porcentaje de soldaduras que cumplen con los estándares de calidad, calculado dividiendo el número de soldaduras sin defectos entre el total de soldaduras realizadas y multiplicando por 100%.

## 8. Diagrama de flujo



Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)			
Pulido y limpieza			
Código	Versión	Fecha de emisión	Área responsable
FEM-00	001	2025	Producción

### 1. Objetivo

Establecer el procedimiento para realizar la limpieza y el pulido de estructuras metálicas, garantizando superficies libres de contaminantes y listas para procesos posteriores como pintura o inspección.

### 2. Alcance

Aplica a todo el personal que realiza limpieza y pulido dentro del área de fabricación.

### 3. Definiciones

Limpieza: Eliminación de residuos, polvo, óxidos o contaminantes de la superficie metálica.

Pulido: Proceso mecánico para alisar y mejorar el acabado superficial mediante herramientas abrasivas.

### 4. Responsabilidades

Operador: Ejecutar las tareas de limpieza y pulido según el procedimiento.

Supervisor: Verificar la correcta ejecución y cumplimiento de estándares de calidad.

### 5. Equipos y Materiales

- Amoladora angular.
- Discos flap, discos de lija, gratas de alambre.
- Trapos industriales, solventes desengrasantes.
- EPP: gafas de seguridad, guantes, protección auditiva, mascarilla, mandil.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Preparar herramientas y EPPs adecuados	Operador	Lista de verificación de seguridad
2	Eliminar residuos gruesos (escoria, salpicaduras).	Operador	Instrucciones de trabajo
3	Pulir cordones y superficies según especificaciones, haciendo uso de amoladoras con discos adecuados (disco de desbaste /disco laminado)	Operador	Plano de fabricación
4	Limpiar con trapo y solvente para una mejora adherencia del recubrimiento	Operador	Procedimiento de limpieza
5	Verificar acabado superficial	Operador / Supervisor	Formato de calidad (Anexo 14)

## 7. Indicadores de Desempeño

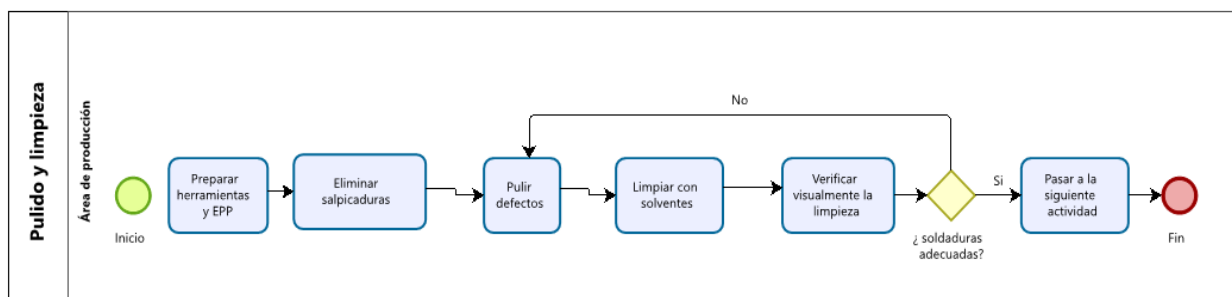
- Tiempo promedio de limpieza por pieza.

Se mide en minutos por unidad y representa el tiempo total dedicado a la limpieza dividido entre el número de piezas limpiadas. Se registra diariamente.

- Porcentaje de superficies aceptadas sin retrabajo.

Representa la proporción de superficies que no requieren corrección tras la limpieza, evaluadas sobre el total de superficies procesadas. Se mide por lote.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>			
Pintura y acabados			
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>
FEM-005	001	2025	Producción

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para aplicar pintura y acabados en estructuras metálicas, asegurando protección contra corrosión y una presentación estética adecuada.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal que realiza tareas de pintura y acabados dentro del área de fabricación.

### **3. Definiciones**

Pintura: Aplicación de recubrimientos líquidos sobre superficies metálicas para protección y estética.

Acabado: Etapa final que incluye retoques, inspección visual y corrección de imperfecciones.

### **4. Responsabilidades**

Operador de pintura: Ejecutar la aplicación de pintura y acabados según especificaciones.

Supervisor: Verificar cumplimiento de estándares de calidad y seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Pistola de pintura, compresor de aire.
- Pintura anticorrosiva, esmalte, diluyentes.
- EPP: mascarilla, guantes, gafas, overol, protección auditiva.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Preparar área de pintura y EPP	Operador	Lista de verificación de seguridad
2	Mezclar pintura según especificaciones	Operador	Hoja técnica del producto
3	Reaplicar pintura base (primer) en las soldaduras. 2 capas.	Operador	Procedimiento de pintura
4	Aplicar 2 capas de pintura anticorrosiva	Operador	Plano de fabricación / especificaciones
5	Realizar inspección visual y retoques	Operador / Supervisor	Formato de calidad

## 7. Indicadores de Desempeño

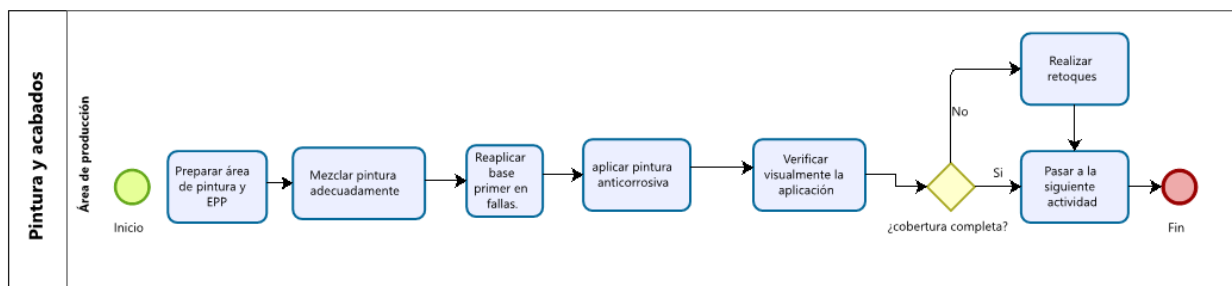
- Porcentaje de piezas pintadas sin defectos

Se mide en porcentaje y representa la proporción de piezas que no presentan fallas visibles tras la aplicación de pintura, dividido sobre el total de piezas pintadas por el 100%.

- Tiempo promedio por aplicación de pintura.

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a pintar dividido entre el número de piezas pintadas. Se registra diariamente.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Instalación de placas				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-001	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para la instalación segura y precisa de placas metálicas en el sitio de montaje, garantizando alineación, nivelación y fijación adecuada.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Pilar: Elemento vertical estructural que transfiere cargas desde la estructura superior hacia la base.

Alineación: Verificación de la verticalidad y posición del pilar respecto a los planos.

Fijación: Método de unión del pilar a la base mediante pernos o soldadura.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Ejecutar la instalación del pilar conforme a planos y especificaciones.

Líder de equipo: Verificar verticalidad, nivelación y seguridad del proceso.

### **5. Equipos y Materiales**

- Placas metálicas según plano.
- Nivel de burbuja, cinta métrica, escuadra.
- Taladro, pernos, tuercas, arandelas.
- Soldadora, martillo, cincel
- EPP: casco de soldar, guantes, botas de seguridad, gafas.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Verificar ubicación y condiciones del área	Instalador	Plano de instalación
2	Preparar herramientas y EPP	Instalador	Lista de verificación de seguridad
3	Perforar placa según las distancias de las varillas de la cadena de la zapata. (25mm)	Instalador	Procedimiento de instalación
4	Posicionar placa según plano	Instalador	Plano de fabricación
5	Nivelar y alinear la placa	Instalador	Procedimiento de instalación
6	Fijar la placa (pernos y soldadura tubular)	Instalador	Especificaciones técnicas
7	Verificar instalación final	Instalador Supervisor	/ Formato de inspección de montaje (Anexo 15)

## 7. Indicadores de Desempeño

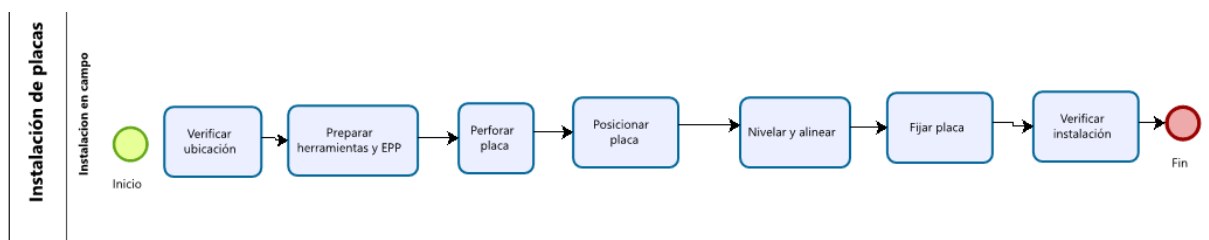
- Tiempo promedio por instalación de placa

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a instalar placas dividido entre el número de placas instaladas. Se registra diariamente para evaluar la eficiencia del equipo en esta actividad.

- Porcentaje de placas instaladas sin correcciones.

Se mide en porcentaje y representa la proporción de placas que fueron instaladas correctamente en el primer intento, sin necesidad de ajustes posteriores, sobre el total de placas instaladas.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Instalación de pilares				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-002	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para la instalación segura y precisa de placas metálicas en el sitio de montaje, garantizando alineación, nivelación y fijación adecuada.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Pilar: Elemento vertical estructural que transfiere cargas desde la estructura superior hacia la base.

Alineación: Verificación de la verticalidad y posición del pilar respecto a los planos.

Fijación: Método de unión del pilar a la base mediante pernos o soldadura.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Ejecutar la instalación del pilar conforme a planos y especificaciones.

Líder de equipo: Verificar verticalidad, nivelación y seguridad del proceso.

### **5. Equipos y Materiales**

- Grúa o polipasto.
- Nivel láser y/o plomada, cinta métrica, escuadra
- Soldadora.
- EPP: casco, guantes, botas, gafas, arnés.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Verificar ubicación y condiciones de base para los pilares.	Instalador	Plano de instalación
2	Preparar herramientas, equipos y EPP	Instalador	Lista de verificación de seguridad
3	Asegurar pilar para su elevación	Operador de grúa	Procedimiento de instalación
4	Posicionar el pilar con grúa o polipasto	Instalador/ operador de grúa	Plano de fabricación
5	Alinear y nivelar el pilar mediante plomadas y medidas.	Instalador	Procedimiento de instalación
6	Fijar el pilar con soldadura (FCAW o AWS e7018)	Instalador	Especificaciones técnicas
7	Verificar verticalidad y fijación final	Instalador Supervisor	/ Formato de inspección de montaje

## 7. Indicadores de Desempeño

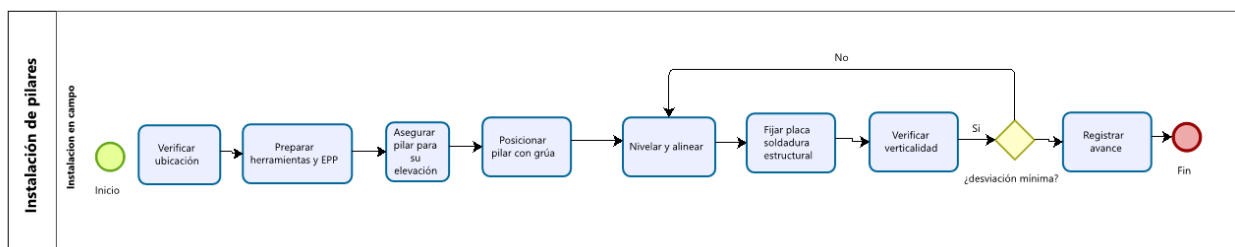
- Tiempo promedio por instalación de pilar

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a instalar pilares dividido entre el número de pilares instalados. Este indicador permite controlar el ritmo de avance en la estructura vertical.

- Porcentaje de pilares instalados sin correcciones

Se mide en porcentaje y representa la proporción de pilares que fueron instalados correctamente sin necesidad de correcciones, sobre el total de pilares colocados.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Unión de cerchas				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-003	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para realizar la unión de cerchas mediante soldadura en campo, asegurando alineación, distancia especificada y calidad estructural.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Cercha: Estructura triangular compuesta por perfiles metálicos, utilizada para soportar cargas en techos o estructuras elevadas.

Unión de cerchas: Proceso de soldadura entre dos cerchas para formar una sola unidad estructural con una longitud determinada.

Distancia especificada: Longitud total que debe cumplir la cercha unida según plano de fabricación.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Posicionar, alinear y soldar las cerchas según especificaciones.

Líder de equipo: Verificar alineación, distancia y calidad de la soldadura.

### **5. Equipos y Materiales**

- Grúa o polipasto
- Cinta métrica larga, nivel láser, escuadra
- Soldadora MIG o de electrodo.
- EPP: casco, guantes, gafas, botas, arnés
- Cuñas, soportes temporales, esmeril, grata de alambre.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Nivelar área de trabajo utilizando niveles tradicionales y nivel laser.	Instalador	Plano de instalación
2	Preparar herramientas, equipos y EPP	Instalador	Lista de verificación de seguridad
3	Posicionar las cerchas en el área nivelada.	Instalador	Plano de instalación
4	Alinear cerchas y verificar distancias totales entre los ejes principales, asegurando una tolerancia de $\pm 4\text{mm}$ .	Instalador	Procedimiento de unión
5	Realizar soldadura de unión (1° cara) mediante alambre tubular y/o electrodo E-7018	Instalador	Especificaciones técnicas
6	Elevar y girar cercha mediante brazo grúa.	Operador de grúa	Procedimiento de unión
7	Realizar soldadura de unión (2° cara) mediante alambre tubular y/o electrodo E-7018	Instalador	Procedimiento de unión
8	Limpiar cordones mediante gratas y verificar calidad visual	Instalador / Supervisor	Formato de inspección

## 7. Indicadores de Desempeño

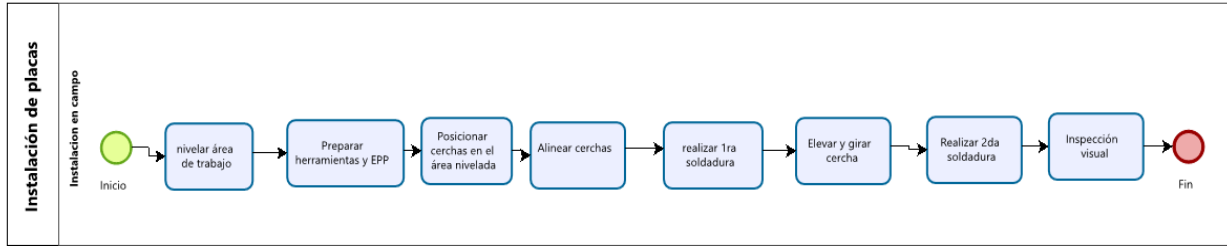
- Tiempo promedio por unión de cerchas

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a unir cerchas dividido entre el número de uniones realizadas. Este KPI refleja la eficiencia en el ensamblaje de la estructura superior.

- Porcentaje de uniones sin defectos

Se mide en porcentaje y representa la proporción de uniones que cumplen con los estándares de calidad sin presentar defectos, sobre el total de uniones realizadas.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Montaje				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-004	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para el montaje seguro y preciso de cerchas unidas sobre pilares, asegurando alineación estructural y calidad en las soldaduras de unión.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Montaje: Posicionamiento, alineación y fijación de la cercha sobre los pilares.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Ejecutar el posicionamiento, alineación y soldadura de cerchas sobre pilares.

Líder de equipo: Verificar cumplimiento de especificaciones técnicas y de seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Grúa o polipasto.
- Canas de elevación hidráulica.
- Soldadora MIG o de electrodo.
- EPP: casco, guantes, gafas, botas, arnés.
- Cuñas, soportes temporales, esmeril, grata de alambre.

## 6. Descripción de las actividades

<b>Tarea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Documentos Relacionados</b>
1	Verificar y marcado de ubicación de cerchas considerando la altura desde el nivel del piso y la longitud entre ejes de pilares para asegurar alineación estructural.	Instalador	Plano de instalación
2	Preparar herramientas, equipos y EPP en canasta de elevación	Instalador	Lista de verificación de seguridad
3	Elevar canasta de con operador y equipo	Instalador	Procedimiento de montaje
4	Elevar cercha a la altura de los pilares	Instalador	Procedimiento de montaje
5	Posicionar las cerchas en el área de unión marcada.	Instalador	Plano de instalación
6	Alinear cerchas mediante maniobras controladas del brazo grúa, verificando su nivelación mediante niveles laser y nivel convencional.	Instalador	Procedimiento de montaje
7	Se realizará soldadura a tope con penetración completa en tres posiciones: ascendente, plana y sobre cabeza, para la unión entre pilar y cercha. Proceso SMAW (electrodo revestido E7018): Soldadura vertical y sobre cabeza: 100 amperios Soldadura en posición plana: aproximadamente 130 amperios Proceso FCAW (alambre tubular): Soldadura ascendente: 18 voltios Soldadura en posición plana: aproximadamente 24 voltios Las soldaduras se ejecutarán conforme a planos estructurales y normas aplicables (AWS D1.1), asegurando penetración completa, continuidad del cordón y tolerancias dimensionales según especificaciones del proyecto.	Instalador	Especificaciones técnicas
8	Limpiar cordones y verificar calidad visual	Instalador Supervisor	/ Formato de inspección

## 7. Indicadores de Desempeño

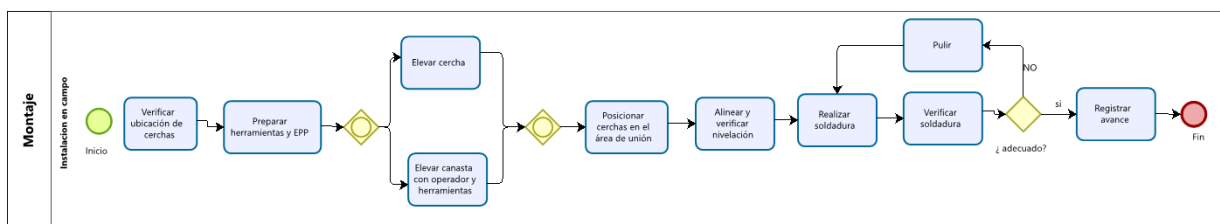
- Tiempo promedio por unión de cerchas

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a unir cerchas dividido entre el número de uniones realizadas. Este indicador permite evaluar la eficiencia del equipo en el ensamblaje de la estructura superior. Se registra diariamente para identificar posibles retrasos o mejoras en el proceso.

- Porcentaje de uniones sin defectos

Se mide en porcentaje y representa la proporción de uniones que cumplen con los estándares de calidad sin presentar defectos, sobre el total de uniones realizadas. Este KPI refleja el nivel de precisión y calidad en el trabajo de montaje, y ayuda a reducir retrabajos que pueden afectar el cronograma.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Tejido de correas (soporte del techo)				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-005	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para la instalación de correas tipo G entre cerchas, garantizando su correcta alineación, fijación y soporte estructural para la cubierta del techo

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Correa tipo G: Perfil metálico en forma de “G” utilizado como soporte horizontal entre cerchas para fijación de cubiertas.

Tejido de correas: Proceso de instalación secuencial de correas entre cerchas, siguiendo una modulación específica.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Ejecutar la instalación de correas según planos y especificaciones.

Líder de equipo: Verificar cumplimiento de especificaciones técnicas y de seguridad.

### **5. Equipos y Materiales**

- Canasta de elevación hidráulica.
- Correas tipo G según plano
- Soldadora
- EPP: casco, guantes, gafas, botas, arnés

### **6. Descripción de las actividades**

<b>Tarea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Documentos Relacionados</b>
1	Preparar herramientas, equipos y EPP	Instalador	Lista de verificación de seguridad
2	elear canastas con herramientas y operario, utilizando equipo de izaje. Cada canasta debe estar en una cercha para subir una correa entera de 6m.	Instalador	Procedimiento de instalación
3	Un operario ubicado a ras de piso realizó el amarre de la correa tipo G, asegurándola correctamente según el punto de izaje indicado en el plano. Posteriormente, el operario ubicado dentro de la canasta procedió a elevar la correa utilizando el sistema de elevación, verificando su estabilidad durante el ascenso.	Instalador	Procedimiento de instalación
4	Alinear correas tipo G sobre las cerchas, verificando modulación con cinta métrica y nivel láser. Confirmar que la distancia entre correas cumpla con el plano estructural.	Instalador	Procedimiento de instalación
5	Fijar correas mediante soldadura continua en puntos definidos por el plano. Usar electrodo E6011, con amperaje entre 90–120 A. Verificar penetración y limpieza de la soldadura.	Instalador	Procedimiento de instalación

## 7. Indicadores de Desempeño

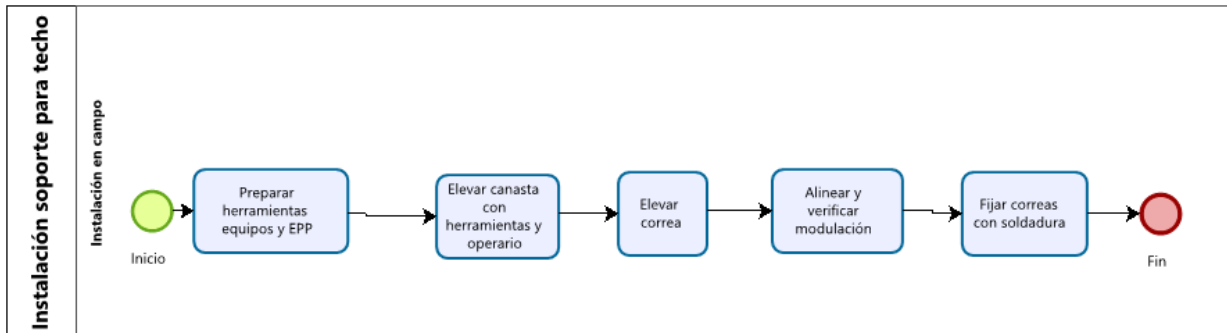
- Tiempo promedio por instalación de correa

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a instalar correas dividido entre el número de correas colocadas. Este indicador permite evaluar la rapidez en tareas repetitivas.

- Porcentaje de correas instaladas sin correcciones

Se mide en porcentaje y representa la proporción de correas que fueron instaladas correctamente sin necesidad de ajustes, sobre el total de correas instaladas.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Pintura y acabados				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-006	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para realizar la pintura y acabados de estructuras metálicas en el sitio de instalación, asegurando la eliminación de defectos y la correcta aplicación del recubrimiento protector

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Pintura en campo: Aplicación de recubrimientos sobre estructuras ya montadas.

Acabado: Corrección de imperfecciones y aplicación final de pintura.

### **4. Responsabilidades**

Operador de pintura: Ejecutar la limpieza, corrección y aplicación de pintura.

Líder de equipo: Verificar la eliminación de defectos y la correcta aplicación del recubrimiento.

### **5. Equipos y Materiales**

- Canasta de elevación hidráulica.
- Amoladora angular, grata de alambre.
- Pistola de pintura, compresor de aire.
- Pintura anticorrosiva.
- Trapos, solventes.
- EPP: casco, guantes, gafas, mascarilla, overol, protección auditiva, arnés.

## 6. Descripción de las actividades

Tarea	Descripción	Responsable	Documentos Relacionados
1	Preparar herramientas, equipos y EPP	Pintor	Lista de verificación de seguridad
2	Verificar condiciones de la estructura	Pintor	Plano de instalación
3	Eliminar defectos superficiales con amoladora (disco de desbaste y laminado)	Pintor	Procedimiento de corrección
4	Limpiar superficie con trapo y solvente	Pintor	Procedimiento de limpieza
5	Aplicar pintura base y 2 capas de pintura final	Pintor	Hoja técnica del producto
6	Verificar acabado final y realizar retoques	Pintor / Supervisor	Formato de inspección

## 7. Indicadores de Desempeño

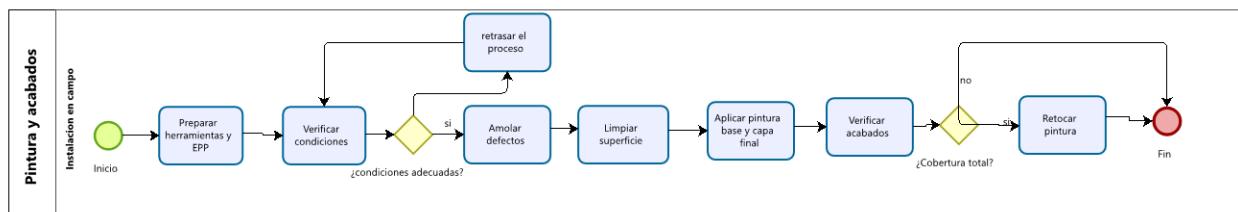
- Porcentaje de superficie pintada sin defectos

Se mide en porcentaje y representa la proporción de piezas que no presentan fallas visibles tras la aplicación de pintura, sobre el total de piezas pintadas.

- Tiempo promedio por aplicación de pintura

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a pintar dividido entre el número de tramos o piezas pintadas. Se registra diariamente para controlar el avance de acabados.

## 8. Diagrama de flujo



<b>Procedimientos Operativos Estándar (SOPs)</b>				
Entechado				
<b>Código</b>	<b>Versión</b>	<b>Fecha de emisión</b>	<b>Área responsable</b>	
FEMC-007	001	2025	Producción/Montaje	

### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para la instalación segura y eficiente de la cubierta del techo sobre la estructura metálica, garantizando fijación adecuada, alineación y estanqueidad.

### **2. Alcance**

Aplica a todo el personal asignado a la instalación en campo, dentro del proceso de montaje estructural.

### **3. Definiciones**

Cubierta metálica: Lámina de acero galvanizado utilizada como techo.

Entechado: Proceso de instalación de láminas sobre correas para formar la cubierta.

Fijación: Unión de la lámina a la estructura mediante tornillos autoperforantes o remaches.

### **4. Responsabilidades**

Equipo de montaje: Ejecutar la instalación de la cubierta según planos y especificaciones.

Líder de equipo: Verificar alineación, fijación y cumplimiento de normas de seguridad...

### **5. Equipos y Materiales**

- Láminas de cubierta (galvanizadas).
- Taladro atornillador, tornillos autoperforantes.
- Cinta métrica.
- Canasta de elevación.
- EPP: casco, guantes, gafas, botas, arnés de seguridad.

## 6. Descripción de las actividades

<b>Tarea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Documentos Relacionados</b>
1	Verificar estructura y condiciones climáticas	Instalador	Plano de instalación
2	Preparar herramientas, equipos y EPP	Instalador	Lista de verificación de seguridad
3	Subir láminas al techo haciendo uso de la canasta levadiza (no exceder de 4 láminas a la vez)	Instalador	Procedimiento de entechado
4	Posicionar y alinear la primera lámina tomando en cuenta los ejes de las cerchas y las correas G.	Instalador	Plano de fabricación
5	Fijar lámina a correas con tornillos	Instalador	Especificaciones técnicas
6	Continuar instalación solapando láminas	Instalador	Procedimiento de entechado
7	Verificar alineación mediante distancias.	Instalador	Formato de inspección de montaje

## 7. Indicadores de Desempeño

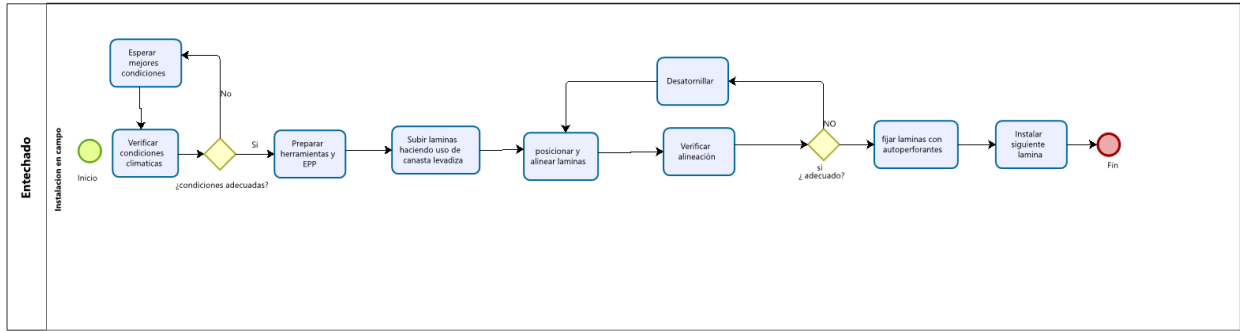
- Tiempo promedio por metro cuadrado instalado

Se mide en minutos y representa el tiempo total dedicado a instalar el techo dividido entre los metros cuadrados colocados. Este KPI permite evaluar la productividad en la fase final del montaje.

- Porcentaje de láminas instaladas sin correcciones

Se mide en porcentaje y representa la proporción de láminas que fueron instaladas correctamente sin necesidad de ajustes, sobre el total de láminas colocadas.

## 8. Diagrama de flujo



## **Propuesta de Implementación de la Herramienta Lean 5S.**

### ***Objetivo General de la Propuesta***

Implementar la metodología 5S en todas las áreas operativas que interfieren en la fabricación de estructuras metálicas de la empresa para organizar y estandarizar el entorno de trabajo, con el fin de mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad, y fomentar una cultura de mejora continua.

### ***Objetivos Específicos***

- Transformar las áreas laborales en espacios más limpios y seguros para el personal, lo que a su vez facilitará la detección de necesidades de mantenimiento y estimulará la adopción de buenos hábitos y criterios por parte de los empleados.
- Aumentar la eficiencia operativa y la productividad mediante la mejora de la calidad de los productos, el uso más eficiente de los recursos y la reducción de pérdidas y costos.
- Proyectar una imagen profesional y positiva de la empresa ante terceros, al mismo tiempo que se fomenta una cultura de mejora continua y orden interno.

### ***Alcance***

El alcance de esta propuesta de implementación de 5S abarca todas las áreas operativas de la fabricación de estructuras metálicas, incluyendo corte, armado, soldadura, pintura, entre otros. La estrategia es lo suficientemente flexible como para aplicarse simultánea en todas las áreas, adaptándose así a las necesidades y ritmo de la organización.

### ***Pasos Iniciales Para la Puesta en Marcha de las 5S***

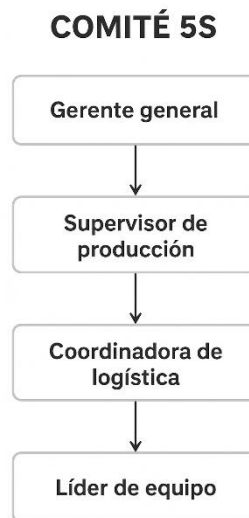
1. **Compromiso de la alta gerencia:** Es fundamental obtener el apoyo y la participación activa de los líderes de la empresa. Su respaldo es clave para el éxito del proyecto.

2. **Creación de equipos/ comités de 5S:** Se deben formar comités o grupos de trabajo encargados de liderar la implementación de las 5S en diferentes áreas de la organización.

la estructura organizacional del comité será la mostrada a continuación:

**Figura 12**

*Estructura organizacional del comité de 5s*



Las personas a cargo de la implementación de la propuesta serán las siguientes:

**Tabla 17**

*responsables de implementación*

N°	Cargo	Rol
1	Gerente general	Lidera la iniciativa, asigna recursos y toma decisiones estratégicas. Su principal función es asegurar el éxito del programa.
2	Supervisor de producción	Es el responsable directo de la planificación e implementación del programa 5S. Actúa como el puente entre la alta gerencia y los equipos de trabajo, asegurando que los objetivos se cumplan.
3	Coordinadora de logística	Apoya al coordinador principal y es crucial para asegurar que la metodología se aplique de manera eficiente en la cadena de suministro y en la gestión de materiales. También es responsable de las auditorías internas.
4	Líder de equipo	Es la figura clave para la ejecución diaria de las 5S. Trabaja directamente con el personal operativo, asegurando que los

N°	Cargo	Rol
		estándares se mantengan y reportando los avances y problemas al Supervisor de Producción.

*Nota.* Las funciones de los responsables son: planificar, capacitar coordinar, realizar informes y auditorias sobre la implementación de las 5S en la empresa de metalmecánica en estudio.

3. **Capacitación de instructores:** Se necesita entrenar a un grupo de personas que serán responsables de enseñar y guiar a sus compañeros en la aplicación de la metodología. para el resto del comité de 5s. Talleres sobre conceptos, roles y el uso de herramientas.
4. **Desarrollo de un plan de trabajo:** Se diseñará una estrategia detallada con los pasos a seguir, los plazos y los responsables de cada actividad el cual será especificado en el cronograma de las 5s.
5. **Lanzamiento oficial del proyecto 5S:** Se comunicará formalmente el inicio de la iniciativa a toda la empresa.

## Fases de Implementación de las 5S

### *Seiri (Clasificar)*

CLASIFICAR → Separar lo necesario de lo innecesario en cada área de trabajo.

**Objetivo:** liberar espacio, reducir desperdicio, mejorar flujo de materiales, evitar confusión.

### *Herramientas y Recursos*

1. Tarjeta roja (Red Tag). Es la herramienta principal: identifica objetos dudosos o innecesarios. La cual puede apreciarse en el Anexo 2.
2. Panel de resultados 5S. Un mural para mostrar fotos antes/después, y evidenciar lo eliminado.
3. Regla de las 48 horas. Criterio simple: todo lo que no se usa en 48 horas, no pertenece al área (aplicable a herramientas, materiales, documentos, etc.).

Clasificar elementos en: *Desechar / Reubicar / Reparar / Archivar.*

**Tabla 18***Pasos de implementación Seiri*

<b>N.º</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción Detallada</b>	<b>Herramienta/Documento</b>
1	Identificar área piloto	Seleccionar la zona crítica donde se aplicará Seiri por primera vez. (área de soldadura)	Plano de áreas / Comité 5S
2	Hacer inventario físico	Elaborar listado de todos los artículos, materiales, equipos y documentos en el área.	Formato de inventario
3	Clasificar artículos	Determinar si cada ítem es necesario, innecesario, o de uso dudoso.	Regla de las 48 horas
4	Aplicar tarjeta roja	Etiquetar con tarjeta roja los ítems de uso dudoso o innecesarios.	Modelo tarjeta roja (3" x 6", color rojo)
5	Reubicar temporalmente	Agrupar los artículos etiquetados en una zona de almacenamiento temporal separada del área de trabajo.	Área señalizada
6	Fotografiar evidencia	Tomar fotos del área ANTES de la aplicación, del cúmulo de artículos descartados y del área DESPUÉS.	Cámara con fecha integrada
7	Panel de resultados	Colocar fotos en un mural visible para todo el personal, mostrando resultados y generando motivación.	Panel de resultados 5S
8	Decidir destino final	El comité decide: vender, reparar, reubicar, reciclar o eliminar los artículos clasificados como innecesarios.	Acta de descarte / registro de acciones
9	Retroalimentar al equipo	Presentar resultados en reunión breve: volumen eliminado, espacio liberado, impacto visual.	Informe corto / Reunión

*Nota.* La Tarjeta Roja será el instrumento clave durante la etapa Seiri para clasificar artículos y evidenciar el descarte. Todo objeto innecesario o dudoso debe ser identificado con una Tarjeta Roja, la cual permanecerá visible hasta que se defina su destino final. Se establece la Regla de las 48 horas para decidir rápidamente el destino de artículos marcado. El presente plan incluye como Anexo 2 el Formato Oficial de Tarjeta Roja.

**Seiton (Ordenar)**

ORGANIZAR → Asegurar que todo lo necesario esté ubicado en el lugar correcto, claramente identificado y de fácil acceso.

**Objetivo:** Optimizar tiempos de búsqueda, reducir desplazamientos innecesarios, facilitar el flujo de trabajo y mantener cada objeto siempre en su lugar.

## ***Creación del layout***

Dado que la empresa no cuenta con un layout formal, se propone la creación de un diseño espacial (layout) que permita visualizar y organizar eficientemente los elementos del entorno operativo. Este layout servirá como base para delimitar zonas de trabajo, optimizar recorridos, reducir tiempos de búsqueda y facilitar el acceso a recursos según su frecuencia de uso, conjuntamente se convierte en una herramienta clave para consolidar el orden alcanzado en esta etapa, además de facilitar la estandarización en fases posteriores.

Se tomará en cuenta las actividades productivas más sobresalientes reflejadas en la Figura 6 para la creación del layout :

1. Diseño y fabricación de estructuras metálicas.
2. Servicios de soldadura.
3. Mantenimiento industrial.

Donde tendremos el siguiente flujo de materiales representado en la tabla a continuación

**Tabla 19**

*Flujo de materiales personas e información*

<b>Tipo de flujo</b>	<b>Descripción breve</b>	<b>Origen destino</b>
Materiales	Movimiento de insumos, producto terminado.	Recepción → corte → soldadura → pintura
Personas	Movimiento de operarios y técnicos	Camerinos- área de producción (taller, campo) -oficina- recepción.
Información	Planificación, seguimiento, controles de calidad	Plano de línea de vida de oficina técnica- supervisor de área-operarios- control e calidad

Teniendo en cuenta la información anterior procederemos a recopilar datos para realizar el diagrama de relaciones.

**Tabla 20**

*Departamentos considerados*

<b>Código</b>	<b>Departamento</b>
<b>A</b>	Recepción y oficina
<b>B</b>	Bodega materia prima y herramientas
<b>C</b>	Área de limpieza
<b>D</b>	Área de armado y soldadura
<b>E</b>	Área de pintura
<b>F</b>	Área de transporte

**Tabla 21**

*Dimensiones de las áreas*

<b>Operación</b>	<b>Área m2</b>
Recepción y oficina	120
Bodega de materia prima y herramientas	120
Área de limpieza	200
Área de armado y soldadura	225
Área de pintura	215
Área de transporte	120
Total, m2	1000

**Tabla 22**

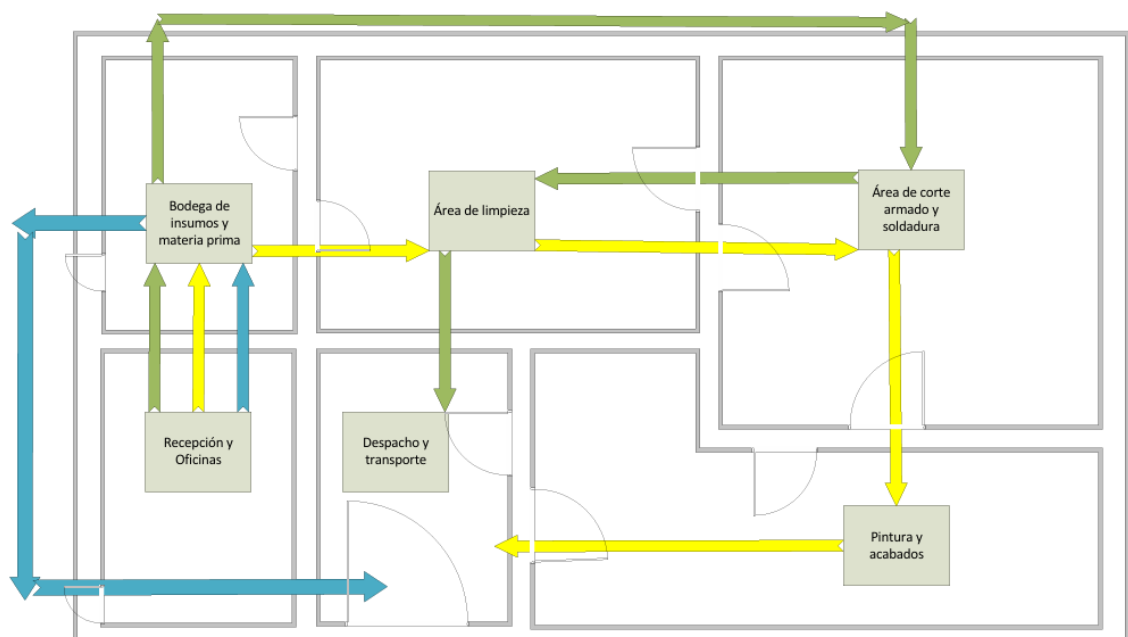
*Secuencias y producción de los productos*

Producto	Secuencia	Producción diaria
1(Estructuras metálicas)	A-b-c-d-e-f	200kg
2(Servicios de soldadura)	A-b-d-c-f	153kg
3(Mantenimiento industrial)	A-b-f	118kg

A continuación, se realizará el Layout de la Planta Industrial

### Figura 13

Layout de los 3 principales productos y servicios



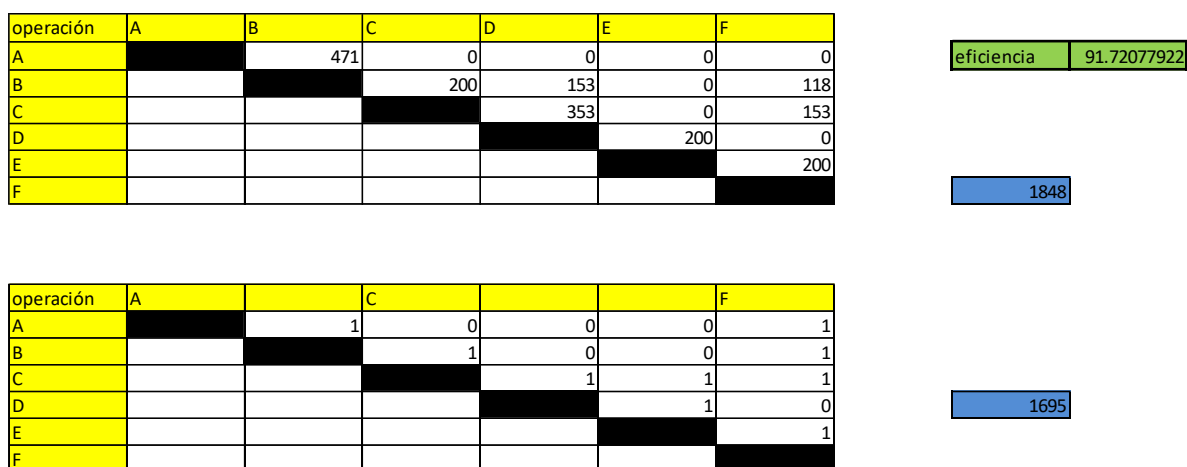
Cabe recalcar que los productos y servicios tomados se representan de la siguiente forma:

- Estructuras metálicas(amarillo).
- Trabajos en acero inoxidable (verde).
- Trabajos de mantenimiento industrial (azul)

Para poder confirmar que el establecimiento de las áreas dentro de la empresa nos ayudase a mejorar la eficiencia se realizara una matriz desde- hacia para comprobarlo.

**Figura 14**

*Diagrama de relación de las actividades*



Esto nos confirma que el prototipo del layout con la redistribución de las áreas ha mejorado significativamente el flujo productivo al respetar la secuencia lógica del proceso, reducir distancias entre operaciones, agilizar el transporte de materiales y fortalecer el control de inventario mediante la ubicación estratégica del almacén y el área de despacho.

A continuación, se detallará de manera estructurada el proceso de implementación del Seiton dentro de la empresa, considerando cada etapa necesaria para su correcta aplicación.

**Tabla 23**

*Pasos de implementación Seiton*

N.º	Actividad	Descripción Detallada	Herramienta/Documento
1	Analizar frecuencia de uso	Revisar cuáles herramientas y materiales se usan más seguido para definir su ubicación óptima.	Observación directa
2	Definir ubicación y espacio	Asignar un lugar fijo a cada elemento según su frecuencia y flujo de trabajo.	Plantilla de registro de ubicación.
3	Rotular y señalar áreas	Colocar etiquetas, rótulos y letreros visibles en estantes, armarios y zonas.	Etiquetas / Rótulos impresos
4	Aplicar colores y delimitaciones	Usar pintura o cintas adhesivas para marcar áreas de almacenamiento, zonas de paso y zonas de trabajo.	Cinta de señalización / Pintura de piso

N.º	Actividad	Descripción Detallada	Herramienta/Documento
5	Instalar panel de herramientas	Colocar paneles con siluetas o contornos para cada herramienta, de modo que sea evidente si falta algo.	Panel de herramientas / Soportes
6	Verificar disposición final	Revisar con el comité 5S y operarios que la organización sea práctica y funcional.	Lista de verificación
7	Tomar fotos de evidencia	Capturar imágenes del área organizada para el Panel de Resultados 5S.	Cámara / Mural Seiton
8	Retroalimentar y ajustar	Presentar resultados, recoger comentarios y realizar ajustes necesarios para mantener la organización.	Acta de reunión / Panel de resultados

*Nota.* Durante la actividad N.º 2: "Definir ubicación y espacio", se utilizará una plantilla de registro de ubicación como herramienta clave para documentar la asignación de espacios a herramientas, materiales y equipos. Esta plantilla permitirá registrar de forma estandarizada la ubicación definida para cada elemento, considerando su frecuencia de uso y el flujo de trabajo. Para mayor detalle sobre la asignación de espacios a herramientas y materiales, consultar la Plantilla de Registro de Ubicación en el Anexo 3.

### **Seiso (Limpiar)**

LIMPIAR → Eliminar suciedad y elementos innecesarios del área de trabajo.

**Objetivo:** Mejorar la seguridad, detectar anomalías a tiempo, prolongar la vida útil de los equipos y generar un entorno de trabajo agradable.

A continuación, se detallará de manera estructurada el proceso de implementación del Seiso dentro de la empresa, considerando cada etapa necesaria para su correcta aplicación.

#### **Tabla 24**

##### *Pasos de implementación Seiso*

N.º	Actividad	Descripción Detallada	Herramienta/Documento
1	Identificar fuentes de suciedad	Detectar las áreas, equipos o procesos que generan más suciedad o residuos.	Observación directa / Lista de verificación
2	Asignar responsables de limpieza	Definir quién limpia qué, cuándo y con qué frecuencia.	Formato de asignación de tareas

<b>N.º</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción Detallada</b>	<b>Herramienta/Documento</b>
<b>3</b>	Establecer rutina de limpieza	Establece como se realizará la limpieza de cada área.	Plan de limpieza t registro de limpieza
<b>4</b>	Limpiar profundamente	Realizar una limpieza exhaustiva de todas las áreas, herramientas y equipos.	Herramientas de limpieza / EPP
<b>5</b>	Detectar y reportar anomalías	Observar durante la limpieza si hay fugas, piezas sueltas o condiciones inseguras.	Formato de reporte de anomalías
<b>6</b>	Tomar fotos de evidencia	Capturar imágenes del antes y después para el Panel de Resultados 5S.	Cámara / Mural Seiso
<b>7</b>	Retroalimentar y ajustar	Evaluar la efectividad de la limpieza y ajustar rutinas si es necesario.	Acta de reunión / Panel de resultados

*Nota.* En la actividad N.º 3, se implementará un calendario de limpieza para organizar y visualizar las tareas por área, frecuencia y responsable. Esta herramienta será esencial para mantener la limpieza de manera constante y ordenada. Su aplicación se detalla en los Anexos 4, 5 y 6.

## ***Seiketsu (Estandarizar)***

ESTANDARIZAR → Establecer normas visuales y procedimientos para mantener las tres primeras S.

**Objetivo:** Garantizar la uniformidad, facilitar el cumplimiento de las 5S y evitar retrocesos en la organización.

A continuación, se detallará de manera estructurada el proceso de implementación del Seiketsu dentro de la empresa, considerando cada etapa necesaria para su correcta aplicación.

**Tabla 25**

### *Pasos de implementación Seiketsu*

<b>N.º</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción Detallada</b>	<b>Herramienta/Documento</b>
<b>1</b>	Documentar buenas prácticas	Registrar las mejores formas de ordenar, limpiar y clasificar en cada área.	Formato de estandarización / SOPs
<b>2</b>	Crear instructivos visuales	Diseñar carteles, diagramas o fotos que muestren cómo debe mantenerse cada espacio.	Instructivos / Señalización visual/ registros fotográficos
<b>3</b>	Integrar 5S en procedimientos	Incluir criterios de orden y limpieza en los procedimientos operativos existentes.	SOPs actualizados
<b>4</b>	Capacitar sobre estándares	Realizar sesiones de formación sobre los nuevos estándares visuales y operativos.	Material de capacitación / Lista de asistencia
<b>5</b>	Verificar cumplimiento	Evaluar si los estándares se están aplicando correctamente en cada área.	Lista de verificación / Auditoría 5S

*Nota.* Durante la actividad N.º 1: "Documentar buenas prácticas", se utilizará un formato de estandarización para registrar de manera clara y visual las mejores prácticas de orden y limpieza por área.

Actualmente, el área de producción cuenta con un Procedimiento Operativo Estándar (SOP) técnico que describe detalladamente las actividades del proceso productivo. Sin embargo, como parte de la estandarización del sistema 5S, se desarrollará un SOP complementario enfocado exclusivamente en prácticas de orden, limpieza y organización visual. Este nuevo SOP 5S permitirá mantener las condiciones óptimas del área de trabajo,

alineadas con los principios de Seiton, Seiso y Seiketsu, y facilitará su integración en auditorías y capacitaciones futuras.

Para más información, consultar el Formato de Estandarización en el Anexo 7.

Se implementa un registro fotográfico de antes y después para evidenciar visualmente las mejoras realizadas en cada área o actividad del proceso productivo. Este registro permite comparar el estado inicial con el resultado posterior a la intervención, facilitando la validación de cambios, la comunicación de buenas prácticas y la sostenibilidad del sistema.

Para su aplicación consultar el formato de registro fotográfico

### ***Shitsuke (Disciplinar)***

La disciplina es la base para sostener las 5S en el tiempo. En esta etapa se consolidan los hábitos adquiridos, se refuerzan las buenas prácticas y se promueve la mejora continua mediante la participación activa del personal. A través de auditorías, retroalimentación y reconocimiento, se busca mantener el compromiso con el orden, la limpieza y la estandarización como parte de la cultura organizacional.

A continuación, se detallará de manera estructurada el proceso de implementación del Shitsuke dentro de la empresa, considerando cada etapa necesaria para su correcta aplicación.

### **Tabla 26**

#### *Pasos a seguir para shitsuke*

<b>N.º</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia / Herramienta</b>
<b>1</b>	Auditorías internas 5S	Verificar el cumplimiento sostenido de las 5S en cada área.	Semanal / Checklist
<b>2</b>	Retroalimentación continua	Compartir resultados de auditorías y sugerencias de mejora.	Semanal / Actas de reunión
<b>3</b>	Reconocimiento de buenas prácticas	Premiar a equipos que mantengan altos estándares de 5S.	Mensual / Panel de resultados
<b>4</b>	Capacitación y refuerzo	Reforzar conceptos y prácticas de 5S mediante charlas breves.	Mensual / Material de capacitación

<b>N.º</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia / Herramienta</b>
5	Seguimiento de indicadores	Monitorear KPIs relacionados con orden, limpieza y disciplina.	Mensual / Tablero de indicadores
6	Actualización de estándares	Ajustar SOPs y formatos según observaciones y mejoras propuestas.	Trimestral / Comité 5S
7	Cultura de mejora continua	Fomentar la participación activa del personal en propuestas de mejora.	Permanente / Buzón de ideas

### ***Estrategia de Implementación***

La implementación del manual de 5S se llevará a cabo conforme al siguiente cronograma, el cual establece de manera ordenada las actividades, responsables y tiempos estimados para cada etapa del proceso.

**Tabla 27**

#### ***Implementación 5S***

<b>Etap</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempo estimado</b>
1	Sensibilización gerencial y operativa	Dirección y RRHH	Semana 1-2
2	Formación del Comité 5S	Dirección	Semana 2
3	Capacitación y diagnóstico inicial	Facilitadores	Semanas 3-4
4	Aplicación de Seiri y Seiton	Todos los equipos	Semana 5-8
5	Ejecución de Seiso y Seiketsu	Supervisores de áreas	Semana 9-14
6	Ejecución Shitsuke	Todo el personal	Semana 15-17
7	Auditoría interna y reconocimiento	Comité 5S	Semana 18-21
8	Implementación de mejoras sostenibles	Todo el personal	Semana 22-24
9	Evaluación final y ajustes	Gerencia + Comité 5S	Semana 22-24

### ***Control Visual y Auditorías***

Uso de tableros 5S con imágenes “Antes y Después”, la manera clara de realizarlo se encuentra en el Anexo 8.

Panel de tarjetas rojas con acciones correctivas.

Formato de lista de chequeo 5S (producción y oficinas).

Auditorías internas mensuales y aleatorias. El formato de auditorías se encuentra en Anexo 9

### ***Cronograma de Actividades***

A continuación, se presenta el cronograma detallado de actividades planificadas para la implementación del sistema 5S en la empresa. Este cronograma contempla las fases clave del proceso, los responsables asignados y los tiempos estimados para cada actividad, con el objetivo de asegurar una ejecución ordenada, participativa y sostenible.

**Figura 15**

*Cronograma de actividades plan de implementación 5s*

Nº	Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1	sensibilización Gerencial y operativa	■	■																						
2	Organización Comité 5S	■	■																						
3	Planificación actividades 5S	■	■																						
4	Difusión				■																				
5	Capacitaciones 5S		■	■																					
6	Seiri					■	■																		
7	Seiton							■	■																
8	Seiso									■	■	■													
10	Seiketsu												■	■	■										
11	Shitsuke															■	■	■	■						
12	Auditoria internas																	■	■	■	■				
13	Evaluación																						■	■	

*Nota.* El presente cronograma está sujeto a ajustes según la disponibilidad de recursos, tiempos de producción y retroalimentación del personal involucrado. Se recomienda realizar revisiones periódicas para asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos y garantizar la sostenibilidad del sistema 5S a lo largo del tiempo.

La implementación de las 5S en una empresa puede durar hasta 6 meses o incluso más, ya que no se limita a una simple limpieza, sino que implica un profundo proceso de transformación cultural y organizacional. El tiempo es necesario para cada fase, primero se dedican a la preparación y planificación, asegurando el compromiso de la dirección, formando al equipo y comunicando los objetivos. Los siguientes meses se invierten en la implementación exhaustiva de las tres primeras S (Clasificación, Orden y Limpieza), que requieren un esfuerzo considerable para organizar los espacios y eliminar las fuentes de suciedad. Finalmente, el tiempo restante se destina a la estandarización (creación de procedimientos y normas) y al inicio del fomento de la disciplina, que es un proceso continuo. Este cronograma extendido garantiza que los nuevos hábitos se arraiguen en la cultura de la empresa, asegurando que las mejoras sean duraderas y sostenibles, en lugar de ser un esfuerzo temporal.

## **Resultados esperados**

Como resultado del análisis actual y del VSM (Value Stream Mapping) inicial, se identificaron tiempos excesivos en actividades críticas del proceso, principalmente relacionados con traslados innecesarios, esperas entre operaciones y falta de sincronización entre etapas. Con el objetivo de reducir significativamente los tiempos de ciclo y eliminar desperdicios, se propone un VSM mejorado que incorpora ajustes en la secuencia operativa, reducción de tiempos muertos y la implementación de una célula de trabajo. Esta célula permitirá agrupar operaciones complementarias en un mismo espacio, facilitar el flujo continuo de materiales, mejorar la comunicación entre operarios y maximizar la eficiencia del proceso productivo bajo los principios Lean.

Comienza el desarrollo con la mejora del porcentaje de suplementos en donde lo reduciremos basándonos en el ruido y la monotonía que son los factores más controlables de los presentados anteriormente. El trabajo monótono se verá reducido mediante la rotación del personal, dado que existen operaciones con un mayor nivel de complejidad y especificidad, cuyo aprendizaje requiere más tiempo y capacitación técnica, el proceso se estructura en dos grupos de rotación. La rotación estará orientada a actividades similares encapsulando limpieza y pintura en un grupo y corte armado y soldadura en el otro, permitiendo una asignación adecuada según el nivel de destreza requerido en cada etapa.

Respecto al control del ruido, se implementarán las medidas necesarias para garantizar la protección auditiva de cada operario, asignando el equipo de protección adecuado según la naturaleza de su actividad y el nivel de exposición sonora

Considerando los nuevos parámetros establecidos, se procede a la elaboración de Tabla 28, con el fin de asegurar un adecuado control y actualización de los datos pertinentes.

**Tabla 28**

*Nuevo porcentaje de suplementos*

<b>Suplementos (operadores hombres)</b>			
<b>Constantes</b>		<b>Variables</b>	
Necesidades personales	5	Trabajar de pie	2
Fatiga	4	Uso de fuerza	3
<b>Total</b>			<b>14%</b>

*Nota:* Hemos mejorado las condiciones variables, eliminando la monotonía de la ecuación al aplicar las células de trabajo por ende disminuye el porcentaje de suplementos

Con base en los datos obtenidos, se procede a calcular el nuevo tiempo total empleado durante el día.

Tiempo utilizado= 8horas\*60min-14%= 432minutos utilizados en el día.

Posteriormente, con el tiempo total calculado, se determina el porcentaje de mejora alcanzado en relación con la situación inicial.

Con el objetivo de optimizar los tiempos y asegurar la fiabilidad de los resultados:

Se estima una reducción del 10% en el tiempo de ciclo como resultado de la aplicación de herramientas Lean como 5S, estandarización de procesos, y el uso de KPI's. Este valor se basa en referencias comunes en la literatura Lean Manufacturing, donde mejoras iniciales sin automatización suelen generar entre 5% y 20% de reducción en tiempos operativos.

En este caso, se ha optado por un valor conservador y realista del 10%, considerando que las mejoras propuestas se enfocan en organización, flujo de trabajo y capacitación, sin requerir grandes inversiones en tecnología.

El aumento del 5% en la fiabilidad se fundamenta en la implementación de estándares operativos (SOPs), capacitación del personal y mejora continua. Estas acciones están orientadas a reducir la variabilidad en la ejecución de tareas y minimizar errores humanos.

Un incremento del 5% es una meta alcanzable en el corto plazo, respaldada por experiencias en entornos similares donde la estandarización y la supervisión activa han demostrado mejoras sostenidas en la calidad del proceso.

Estos cambios se representan en la Tabla 29 y Tabla 30

**Tabla 29**

*Tiempos y fiabilidad mejorada dentro de la empresa*

<b>Actividad</b>	<b>TC actual (min)</b>	<b>TC Mejorado (min)</b>	<b>Fiabilidad actual</b>	<b>Fiabilidad Mejorada</b>
Limpieza	28.67	<b>25.8</b>	90%	<b>95%</b>
Fondeo con primer	33.41	<b>30.07</b>	92%	<b>97%</b>
Pulido y limpieza	81.87	<b>73.68</b>	90%	<b>95%</b>
Pintura y acabados	124.82	<b>112.34</b>	90%	<b>95%</b>

*Nota:* Tomando en cuenta los datos de los VSM actuales se espera que, con la aplicación de la propuesta, se mejore los tiempos y fiabilidad del trabajo hasta llegar a estos valores.

**Tabla 30**

*Tiempos y fiabilidad mejora (trabajo en campo)*

<b>Actividad</b>	<b>TC Original (min)</b>	<b>TC Mejorado (min)</b>	<b>Fiabilidad Original</b>	<b>Fiabilidad Mejorada</b>
Instalación placas de anclaje	<b>55.89</b>	50.3	90%	95%
Instalación de pilares	<b>87.13</b>	78.42	90%	95%
Unión de cerchas	<b>129.64</b>	116.68	85%	90%
Montaje	<b>65.15</b>	58.63	85%	90%
Tejido soporte para el techo	<b>133.28</b>	119.95	90%	95%
Pintura y acabados	<b>67.34</b>	60.61	90%	95%

<b>Actividad</b>	<b>TC Original (min)</b>	<b>TC Mejorado (min)</b>	<b>Fiabilidad Original</b>	<b>Fiabilidad Mejorada</b>
Entechado	<b>253.55</b>	228.2	90%	95%

*Nota.* En las actividades que presentan un mayor tiempo de fabricación, se implementaran células de trabajo con el propósito de organizar los recursos humanos y técnicos en una disposición funcional y secuencial.

La estrategia de células de trabajo permite distribuir las tareas entre varios operarios especializados, reduciendo los tiempos de espera entre operaciones, mejorando el flujo del proceso y eliminando desperdicios asociados al transporte, movimiento innecesario y tiempos ociosos. Se diseña considerando la naturaleza de la operación, la carga de trabajo y la sincronización de actividades, con el fin de optimizar el rendimiento global y aumentar la eficiencia en los procesos de mayor duración.

#### ***Implementación de Célula de Trabajo Integrada Para Corte, Armado y Soldadura.***

Célula de trabajo dentro de la empresa abarcara las actividades de corte, armado y soldadura. En donde se usarán a los mismos operarios, pero con una distribución muy diferente que sería la siguiente:

1. 6 operarios se distribuyen inicialmente: en 3 en corte y 3 en armado.
2. Al terminar la tarea de corte que es la de menor tiempo los operarios rotan hacia el armado
3. Finalmente, los 6 operarios proceden a la soldadura en conjunto.

Se realizarán los cálculos correspondientes de la célula de trabajo

#### ***Beneficios esperados***

- Balanceo de carga entre estaciones.
- Mayor eficiencia en el uso de operarios.
- Reducción de inventario en proceso (WIP).
- Mejora del flujo continuo, alineado con principios Lean.

### **Datos de entrada.**

- Corte (promedio de ángulos y canales):  
45.89+48.892=47.39 min
- Armado: 132.31 min
- Soldadura: 178.68 min

### **Tiempo total original (sin colaboración):**

$$T_{total}=47.39+132.31+178.68=358.38 \text{ min}$$

### ***Supuestos de la célula***

- 6 operarios trabajando en conjunto.
- Colaboración cruzada: los operarios rotan y ayudan en la siguiente estación.
- Eficiencia colaborativa: 80% (es decir, no se aprovecha el 100% del paralelismo por coordinación, tiempos de cambio, etc.)

En donde se usaría la siguiente formula

$$Tc \text{ optimizado} = \frac{T \text{ total original}}{\text{numero de operarios} * \text{eficiencia colaborativa}} \quad (6)$$

$$Tc \text{ optimizado} = \frac{358.38}{6 * 0.8} = 74.66 \text{ minutos}$$

74.66 minutos es el tiempo estimado para producir una unidad dentro de la célula, considerando que los 6 operarios están trabajando de forma coordinada y flexible, ayudando a evitar acumulaciones y cuellos de botella.

### ***Implementación de Célula de Trabajo Integrada para Instalación de Pilares y Unión de Cerchas***

Célula de trabajo usada en la instalación y montaje (campo) abarcara las actividades de instalación de pilares y unión de cerchas, puesto que ambas necesitan la ayuda del brazo grúa para completar sus ciclos productivos. En el campo habrá una totalidad de 6 operarios los cuales

deberán rotar y apoyarse en todas las actividades productivas y un externo encargado de la grúa.

### **Datos de Entrada**

Tienes 22 pilares y 11 cerchas:

El pilar limita la secuencia, porque debes tener el pilar antes de colocar la cercha.

Así que:

11 ciclos completos: Instalas pilar y unes cercha.

Los 11 pilares extra: Solo instalación pilar (porque ya no hay cercha que unir).

Entonces:

11 ciclos de 116.68 min (pilar + cercha en paralelo)

11 ciclos de 78.42 min (solo pilar)

Total:

$11 \times 116.68 = 1283.48 \text{ min}$

$11 \times 78.42 = 862.62 \text{ min}$

Tiempo célula= 2146.1 min

Al aplicar estas células de trabajo nos permite:

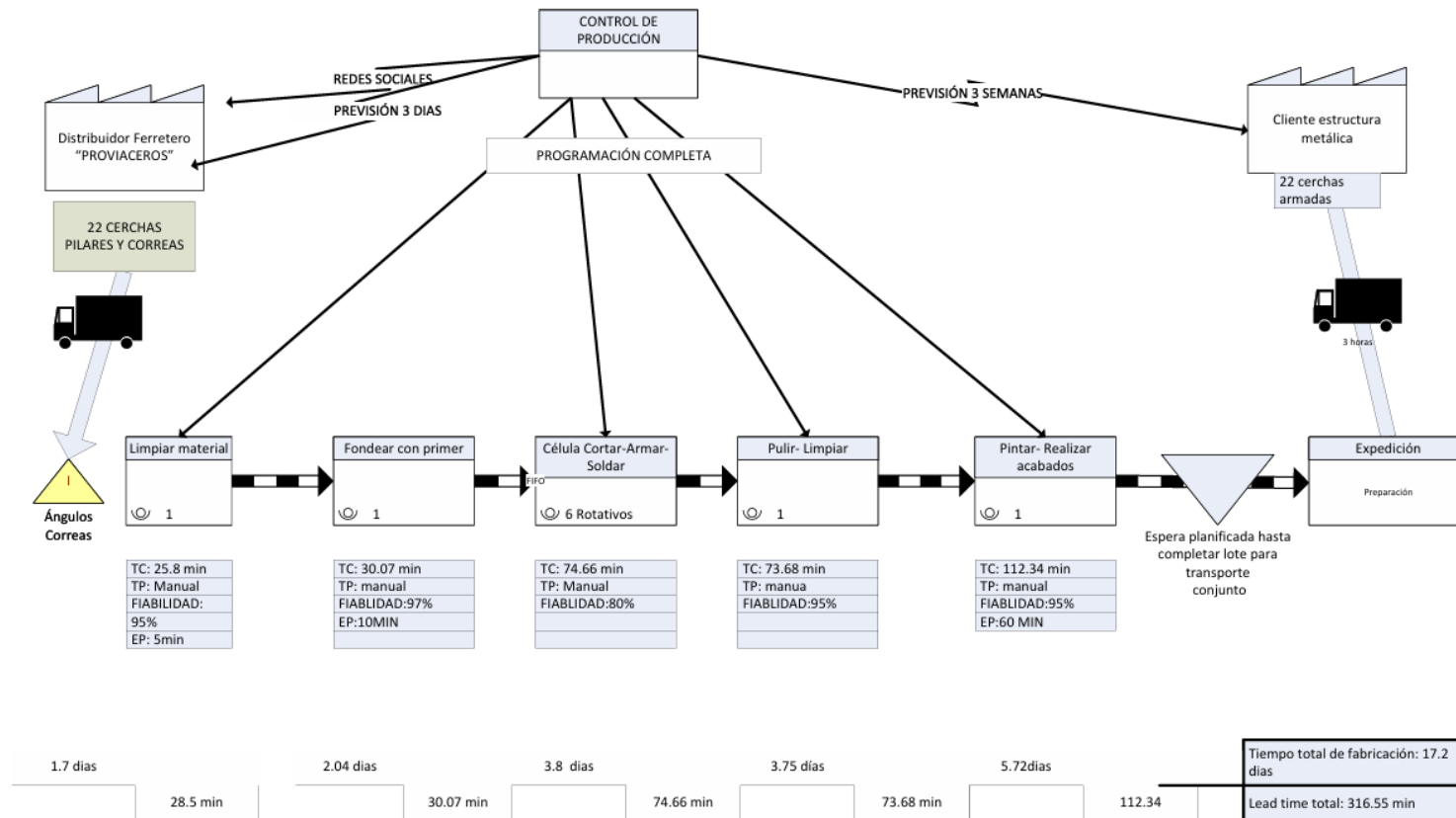
- Evitar cuellos de botella por acumulación.
- Aumentar la flexibilidad del equipo.
- Reducir tiempos de espera entre estaciones.

Se estima una fiabilidad inicial del 80% para la célula de trabajo, considerando que, aunque se mejora el flujo y se reduce la acumulación de material, el modelo de rotación y colaboración entre operarios introduce variabilidad en la ejecución. Este valor refleja un equilibrio entre los beneficios del trabajo en equipo y los desafíos operativos que pueden surgir en la etapa de implementación. Se espera que esta fiabilidad aumente progresivamente con la estandarización de tareas, capacitación continua.

Una vez implementadas las mejoras propuestas, tales como las células de trabajo se proceden a presentar el nuevo Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), tanto de las actividades realizadas dentro de la empresa como las de la instalación en el campo. La representación del proceso mejorado puede observarse en la Figura 16 la cual constituye un insumo clave para la estandarización operativa y el monitoreo continuo del desempeño.

**Figura 16**

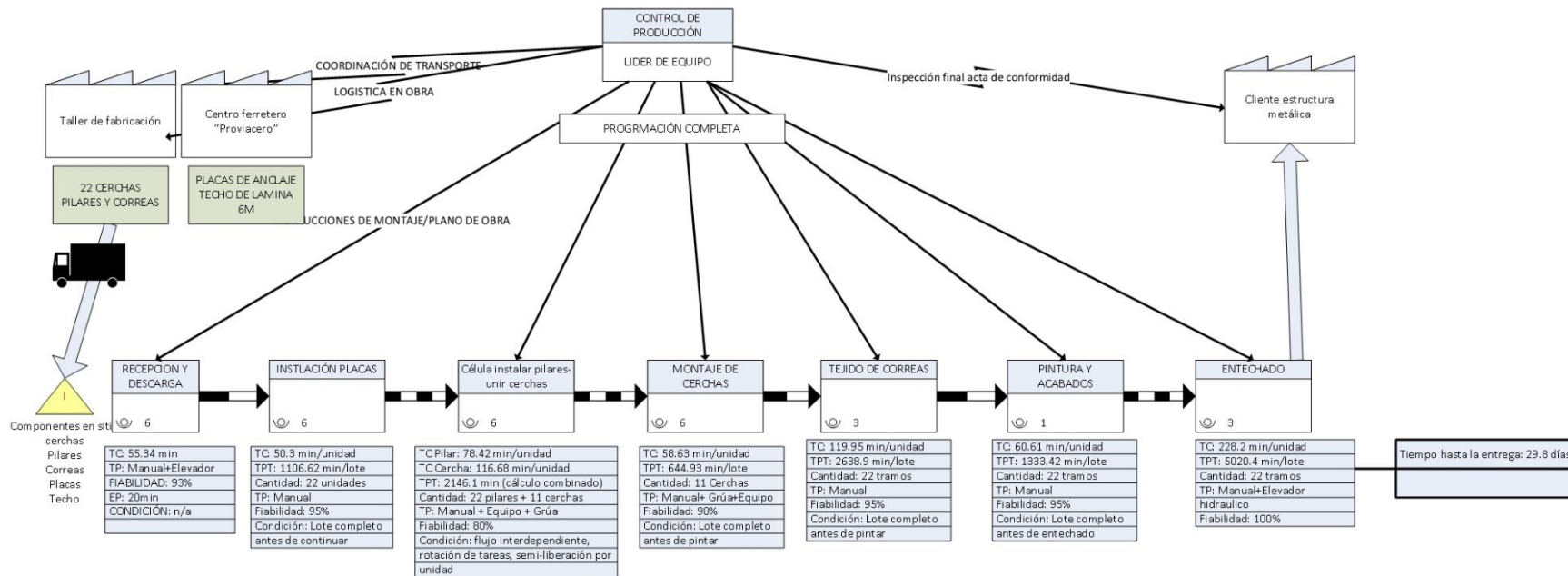
*VSM futuro del proceso dentro de la empresa*



*Nota:* Imagen referencial del VSM actual dentro de la empresa, por restricciones de formato esta figura se presenta en versión reducida. Para una visualización completa y detallada véase Anexo 22 y Anexo 23.

**Figura 17**

*VSM futuro del proceso en el área de instalación*



*Nota:* Imagen referencial del VSM actual dentro de la empresa, por restricciones de formato esta figura se presenta en versión reducida. Para una visualización completa y detallada véase Anexo 24 y Anexo 25.

### ***Justificación de métricas en el análisis del VSM futuro***

Las métricas seleccionadas permiten una evaluación integral del desempeño operativo de cada actividad dentro del flujo de valor. El tiempo de ciclo refleja la duración efectiva de ejecución por unidad, mientras que el tiempo total de preparación contempla los ajustes previos necesarios para iniciar la operación, como configuración de herramientas o verificación de materiales. La cantidad de ciclos ejecutados por actividad permite escalar los tiempos individuales a un impacto acumulado, facilitando el cálculo de carga operativa y desperdicio potencial. El tipo de proceso influye directamente en la variabilidad de los tiempos y en la posibilidad de estandarización. La fiabilidad mide el porcentaje de ejecuciones sin errores, y su análisis permite cuantificar el tiempo desperdiciado por retrabajo, clasificado como desperdicio por defectos según la filosofía Lean. Finalmente, la condición de lote completado como prerequisite para avanzar a la siguiente actividad introduce una lógica secuencial que impacta directamente en el lead time total, ya que cualquier retraso en una etapa afecta el inicio de la siguiente. Estas métricas, en conjunto, permiten identificar cuellos de botella, evaluar la eficiencia real del sistema y proyectar escenarios de mejora en el diseño futuro del flujo.

Con el fin de justificar el tiempo total de entrega (lead time global) y el tiempo de fabricación de un elemento mostrado en los Mapa de Flujo de Valor, se presenta un cálculo de ejemplo basado en los tiempos de ciclo y de procesamiento por lote (TPT) de cada etapa. Este procedimiento permite obtener el valor total de días señalado en el VSM.

A continuación, se presentarán los datos recopilados del VSM del taller y del VSM del campo en las siguientes tablas:

**Tabla 31***Recolección de datos VSM futuro taller*

<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>TC (min/unidad)</b>	<b>TCT (min/lote)</b>
Limpiar material	22	28,5	627
Fondear con primer	22	30,07	661,54
Célula cortar- armar-soldar	22	74,66	1642,52
Pulir-limpiar	22	73,68	1620,96
Pintar-realizar acabados	22	112,34	2471,48

**Tabla 32***Recolección de datos VSM futuro campo*

<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>TC (min/unidad)</b>	<b>TPT (min/lote)</b>
Recepción y descarga	—	55,34	—
Instalación de placas	22	50,3	1106,62
Célula pilares + cerchas	22 + 11	116,68	2146,1
Montaje de cerchas	11	58,63	644,93
Tejido de correas	22	119,95	2638,9
Pintura y acabados	22	60,61	1333,42
Entechado	22	228,2	5020,4

Con los datos recolectados se toma en cuenta que 1 día de trabajo corresponde a 432min, teniendo en cuenta los porcentajes de suplementos obtenidos de la Tabla 28.

Se calcula la suma de los tiempos de procesamiento (TP) dentro del taller.

Valor TP dentro del taller:  $28,5+30,07+74,66+73,68=316.55\text{min}$

Lead time taller:  $(28,5+30,07+74,66+73,68) * 22\text{ciclos} = 7023.05\text{min}$

Lead time taller:  $7023.05\text{min} / 432\text{min} (1 \text{ día laboral}) = 17,2 \text{ días laborales.}$

A continuación, se presenta el Lead Time correspondiente al proceso de instalación en campo. En este caso, no se calcula el TP ya que cada actividad debe completarse en su totalidad antes de poder iniciar la siguiente, lo que impide la ejecución simultánea de tareas.

Para el cálculo se usa el TPT mostrado en la Tabla 32.

Lead time campo:  $1106,62+2146,1+644,93+2638,9+1333,42+5020,4=12945,71\text{min}$

Lead time taller:  $12945,71\text{min}/432\text{min}$  (1 día laboral) = 29.8 días laborales.

Una vez obtenidos los Lead Time individuales del taller y del campo, se procede a calcular el Lead Time total del proceso. Este valor representa la duración completa desde el inicio de la fabricación hasta la finalización de la instalación en sitio.

Lead time total:  $29,8\text{ días laborales}+17,2\text{ días laborales}=47\text{ días laborales}$ .

El Lead Time total del proceso, que contempla tanto las actividades realizadas en el taller como en el campo, ha sido significativamente reducido gracias a la implementación de mejoras operativas. Actualmente, se estima en 47 días, lo que representa una optimización importante en comparación con el tiempo previamente requerido para completar el proyecto.

### **Cronograma general**

El cronograma general de actividades propuesto coincide con la implementación de la metodología 5S, ya que cada etapa del modelo operativo se desarrolla en conjunto con una “S” correspondiente. Esto permite que, mientras se estandarizan procesos (SOPs), se aplique la fase de Clasificación; al definir KPIs, se refuerza el Orden; durante la mejora del layout y flujo, se promueve la Limpieza y Estandarización; y en las evaluaciones y auditorias se refuerza y actualiza las matrices realizadas. Al compartir responsables y avanzar al mismo ritmo, el cronograma general y el manual de 5S se ejecutan como un solo plan integrado, asegurando coherencia y efectividad en la transformación operativa. La siguiente referencia Tabla 17 permite acceder directamente al contenido de las personas responsables.



## Análisis de Costos

A continuación, se presentan los costos asociados a la implementación y ejecución de este proyecto. Se mostrarán a continuación en las siguientes tablas

**Tabla 33**

*Análisis de costos de acciones técnicas fundamentadas para la propuesta de mejora (parte 1)*

<b>Descripción de la Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Recolección y análisis de datos relevantes	60	horas	\$ 7.96	\$ 477.60
Gastos asociados al traslado logístico	15	horas	\$ 3.50	\$ 52.50
Transformación de problemas operativos en oportunidades de mejora	12	horas	\$ 7.96	\$ 95.52
Optimización de la capacidad instalada y recursos disponibles	34	horas	\$ 7.96	\$ 270.64
Definición de oportunidades de mejora como ejes de la propuesta Lean	20	horas	\$ 7.96	\$ 159.20
Rediseño de procesos operativos a partir de su evaluación actual	12	horas	\$ 7.96	\$ 95.52
Formulación del plan para implementar la metodología 5S	40	horas	\$ 7.96	\$ 318.40
Redacción del Manual de Procedimientos Estandarizados (SOPs)	40	horas	\$ 7.96	\$ 318.40
Capacitación técnica dirigida a los instructores del sistema	4	capacitaciones	\$ 150.00	\$ 600.00
Suministro de papel para documentación	1	paquete	\$ 5.00	\$ 5.00
Adquisición de tinta y realización de impresiones necesarias	1	paquete	\$ 12.00	\$ 12.00
<b>TOTAL</b>				\$ 2,404.78

**Tabla 34***Análisis de costos de la implementación de mejoras 5s (parte 2)*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Subtotal (USD)</b>
Manuales impresos para participantes	15 copias (12 en uso más 3 extras)	1.8	\$ 27.00	\$ 27.00
Tiempo hombre en capacitación	12 personas x 2 h x 12 sesiones	2.5	\$ 720.00	\$ 720.00
Afiches visuales para capacitación y murales 5S	20 unidades	3.5	\$ 70.00	\$ 70.00
Incentivos motivacionales	12 unidades	3	\$ 45.00	\$ 45.00
Señalización visual (Seiton y Seiketsu)	Cintas, carteles, pictogramas	25 unidades	\$ 4.00	\$ 100.00
Etiquetas rojas y cajas para clasificación (Seiri)	Kit completo	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Estanterías, cajas y orden visual (Seiton)	6 unidades	45	\$ 270.00	\$ 270.00
Kit limpieza completo (Seiso)	4 kits	35	\$ 140.00	\$ 140.00
SOPs y estandarización (Seiketsu)	Diseño, impresión y tableros	1 lote	\$ 200.00	\$ 200.00
Checklists de control y hojas de auditoría	150 hojas	0.3	\$ 45.00	\$ 45.00
Auditorías internas (3 ciclos)	Coordinación y evaluación	3	\$ 60.00	\$ 180.00
Evaluación final y presentación	Informe y presentación	1	\$ 120.00	\$ 120.00

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Coordinación y supervisión interna	Planificación y seguimiento (6 meses)	1 rol	\$ 290.00	\$ 290.00
Resmas de papel y tinta para impresión	3 resmas + tinta	—	\$ 90.00	\$ 90.00
<b>TOTAL</b>				\$ 2,347.00

Luego de detallar los costos asociados a las actividades de análisis, documentación y capacitación, se procede a sumar estos valores con los costos previamente establecidos en la fase inicial del proyecto. El objetivo es obtener una visión completa del presupuesto requerido para la implementación total de la propuesta.

Costo total de la parte 1: \$2404.78

Costo total de la parte 2 \$2.347.00

Costo total del estudio y la implementación de la propuesta: \$4751.78

Este valor representa el presupuesto estimado para ejecutar todas las actividades contempladas, incluyendo análisis técnico, elaboración de documentación, materiales, logística y capacitación del personal.

## Figura 19

*VAN y TIR del presupuesto de la propuesta de mejora*

Flujo de ingresos		Flujo de egresos		Flujo de efectivo neto	
A		B		A-B	
Año	Valor	Año	Valor	Año	Valor
1	615000	1	529530	1	85470
2	523076	2	485656	2	37420
3	456521	3	426741	3	29780
4	397000	4	372640	4	24360
<b>Total</b>	<b>1991597</b>	<b>Total</b>	<b>1814567</b>	<b>Total</b>	<b>177030</b>

Inversión inicial	4752	\$
n	4	años
Interés	10%	%

VAN	\$152,389.98
TIR	126.63%

El VAN de **\$152,389.98** es muy positivo, lo que indica que el proyecto es extremadamente rentable y viable.

La TIR del 100%+ es mucho mayor que cualquier tasa de descuento razonable, lo que confirma que la inversión de \$ 4752 generaría un retorno muy superior al costo de capital.

### *Análisis de Costo Tiempo*

Con el objetivo de evaluar la eficiencia y viabilidad de cada fase del proyecto de implementación de las metodologías Lean, se ha desarrollado un análisis costo-tiempo que relaciona la inversión económica estimada con la duración de cada actividad. Este análisis permite identificar qué fases requieren mayores recursos por unidad de tiempo, facilitando así la toma de decisiones estratégicas respecto a la asignación de presupuesto, priorización de tareas y control de avances. La siguiente tabla resume esta relación para cada una de las etapas planificadas.

**Tabla 35***Análisis de costos a través del tiempo*

N.º	Fase	Presupuesto		
		Semanas	Vr.	Acum
1	Aplicación del diagnóstico general como base de intervención	Semana 1	\$ 270.00	\$ 270.00
2	Rediseño del proceso operativo a partir de la evaluación	semana 1 y 2	\$ 385.50	\$ 655.50
3	Optimización de la capacidad no instalada y recursos disponibles.	semana 2	\$ 210.00	\$ 865.50
4	Transformación de problemas operativos en oportunidades de mejora	semana 3	\$ 340.00	\$ 1,205.50
5	Uso de datos operativos para decisiones basadas en evidencia	semana 1 - 4	\$ 200.00	\$ 1,405.50
6	Definición de oportunidades de mejora como ejes de la propuesta Lean	semana 5	\$ 240.00	\$ 1,645.50
7	Planificación de la propuesta	semana 5	\$ 320.00	\$ 1,965.50
8	Sensibilización gerencial	semanas 6 y 7	\$ 100.00	\$ 2,065.50
9	Organización de comités	semana 6	\$ 180.00	\$ 2,245.50
10	Capacitación de instructores	semanas 7 y 8	\$ 600.00	\$ 2,845.50
11	Difusión	semana 9	\$ 90.00	\$ 2,935.50
12	Seiri	semanas 10 y 11	\$ 290.00	\$ 3,225.50
13	Seiton	semanas 12 y 13	\$ 290.00	\$ 3,515.50
14	Seiso	semanas 14-16	\$ 280.00	\$ 3,795.50

N.º	Fase	Presupuesto		
		Semanas	Vr.	Acum
15	Seiketsu	semanas	\$	\$
		17–19	260.00	4,055.50
16	Shitsuke	semanas	\$	\$
		20–22	260.00	4,315.50
17	Auditorías internas	semanas	\$	\$
		23–26	245.00	4,560.50
18	Evaluaciones	semanas	\$	\$
		27–29	191.28	4,751.78
TOTAL			\$	
			4,751.78	

En base a tabla anterior se realiza el siguiente gráfico que muestra la distribución del presupuesto asignado a cada fase del proyecto de implementación de la Propuesta. Se observa una inversión inicial significativa en el diagnóstico, seguida de asignaciones diferenciadas según la complejidad e impacto de cada etapa, desde la sensibilización hasta la evaluación final.

**Figura 20**

*Costos vs tiempo de las etapas de implementación de la propuesta*



*Nota.* La figura resume la inversión, asegurando una asignación eficiente y proporcional del presupuesto a cada fase del proyecto.

Cabe recalcar que esto es el valor de la propuesta tomando en cuenta que la persona al frente de toda esta investigación y la implementación de la propuesta trabaje como un empleado interno dentro de la empresa recibiendo un sueldo mensualmente. Puesta que la implementación de todo esto se acercaría a los \$15000 con auditoría externa.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

El análisis mediante diagramas de flujo, VSM y diagrama de Pareto permitió identificar los puntos críticos del proceso de manufactura siendo predominantes los pertenecientes a las actividades de soldadura corte y armado, provocando acumulación de inventario en el proceso, tiempos muertos entre operaciones, los cuales se acercan a 1 hora de tiempo desperdiciado (57.25 min) dentro del taller de producción y fallas recurrentes. Estos hallazgos evidencian la necesidad de una intervención estructurada para mejorar la eficiencia operativa.

La elaboración de los procedimientos operativos estándar (SOPs) para las actividades clave del proceso de manufactura ha permitido establecer una base técnica clara para la ejecución eficiente y controlada de las operaciones. Se ha planteado la propuesta de implementación de la herramienta 5S como una estrategia futura para mejorar la organización del área de trabajo, aunque aún no ha sido ejecutada. La implementación de la propuesta permitirá reducir el tiempo de entrega de una nave estructural de 1000 m<sup>2</sup> a 47 días, logrando una mejora de casi 15 días respecto al método actual. El tiempo de producción de cerchas disminuirá de 446 a 316 minutos, lo que representa una mejora del 29% en eficiencia operativa. Estos avances no solo optimizan la productividad, sino que también fortalecen la disciplina operativa, al establecer condiciones de trabajo más estables y eficientes. Esto contribuye directamente a la reducción de desperdicios relacionados con la variabilidad, la falta de estandarización y el entorno poco controlado, alineándose con los principios de mejora continua y calidad total.

La formulación de un plan de acción estructurado, que incluye la implementación de SOPs, la capacitación en herramientas Lean, la propuesta de aplicación de 5S y el seguimiento mediante KPIs, proporciona una hoja de ruta clara para la mejora continua. Este plan,

respaldado por un cronograma definido y responsables asignados, permite una ejecución ordenada y medible de las acciones, asegurando que las mejoras no solo se implementen, sino que se mantengan y evolucionen con el tiempo.

### **Recomendaciones**

Establecer auditorías mensuales de cumplimiento operativo que evalúen el grado de aplicación de los SOPs y el avance en la implementación de la herramienta 5S. Estas auditorías deben incluir listas de verificación estructuradas, observaciones en campo y retroalimentación directa del personal, con el fin de asegurar la mejora continua y corregir desviaciones de manera oportuna.

Se recomienda implementar de forma inmediata la herramienta 5S en las áreas críticas del proceso de manufactura, iniciando con una fase piloto en las zonas de corte, armado y soldadura, donde se han identificado los mayores niveles de desperdicio. La aplicación debe comenzar con actividades de sensibilización y capacitación del personal, seguidas por las etapas de clasificación, orden y limpieza. Esta estrategia permitirá mejorar la organización del espacio de trabajo, reducir tiempos de búsqueda, minimizar interrupciones operativas y aumentar la seguridad, generando un entorno más eficiente y controlado que favorezca la disciplina operativa y la mejora continua.

Fomentar espacios de comunicación interna y participación activa del equipo, mediante reuniones breves, buzones de sugerencias y mecanismos de reconocimiento. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora desde la práctica diaria, fortalecer el compromiso del personal con la eficiencia operativa y consolidando una cultura organizacional orientada a la calidad.

## Referencias

- Ahmad, A. (Octubre de 2024). *ResearchGate*. Obtenido de Enhancing Operational Efficiency through Stopwatch Time Study: A Systematic Approach for Performance Evaluation: [https://www.researchgate.net/publication/384731812\\_Enhancing\\_Operational\\_Efficiency\\_through\\_Stopwatch\\_Time\\_Study\\_A\\_Systematic\\_Approach\\_for\\_Performance\\_Evaluation](https://www.researchgate.net/publication/384731812_Enhancing_Operational_Efficiency_through_Stopwatch_Time_Study_A_Systematic_Approach_for_Performance_Evaluation)
- Álvarez, A. (2024). *Estándares de mano de obra indirecta y general (Presentación Power Point)*. Quito: Universidad Indoamerica.
- Aula 21. (s.f.). *Lean Manufacturing: qué es, principios, herramientas y ejemplos*. Obtenido de Aula 21: <https://www.cursosaula21.com/que-es-lean-manufacturing/>
- Bedoya , M., Argothy, A., Zambrano , J., & Donoso , K. (17 de Mayo de 2023). *Política de apoyo y probabilidad de innovar en la industria metalmecánica de Ecuador*. Obtenido de [Revistadyo: https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/download/682/716?inline=1](https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/download/682/716?inline=1)
- Cano, M. (3 de Mayo de 2020). *Una primera evaluación de los métodos de Lean Management para la Industria 4.0*. Obtenido de UWS University of the west of school: [https://research-portal.uws.ac.uk/en/publications/an-initial-assessment-of-lean-management-methods-for-industry-40?utm\\_source=chatgpt.com](https://research-portal.uws.ac.uk/en/publications/an-initial-assessment-of-lean-management-methods-for-industry-40?utm_source=chatgpt.com)
- Cooperación Financiera Nacional. (2022). Ficha sectorial . En C. F. Nacional, *Industrias básicas de hierro y acero* (pág. 22). Gobierno del Ecuador .
- Globe Newswire. (11 de Febrero de 2025). *Informe de análisis comercial de la industria mundial del acero 2025: China sigue siendo el exportador de acero dominante, la Unión Europea se convierte en el principal importador de acero - Pronóstico global hasta 2030*. Obtenido de Globe Newswire: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/02/11/3023958/28124/en/Steel-Global-Industry-Industry-Business->

Analysis-Report-2025-China-Remains-the-Dominant-Steel-Exporter-European-Union-Becomes-the-Top-Steel-Importer-Global-Forecast-to-2030.html

Gomez, P., & Cabrera, J. (2020). Innovaciones tecnológicas en la fabricación de estructuras metálicas. *Revista de Ingeniería Industrial*, 35(2), 55-66.

Guerrero, D. (2020). *Aplicación de las herramientas de calidad en la línea de producción de envases de hoalata para pintura en la empresa Gyperfil S.A.* Universidad indoamericana.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements*. International Organization for Standardization.

Macas, E. M. (2017). *Definición y Estado del Arte de la Ingeniería Concurrente la Manufactura*. INNOVA.

Mendoza, R., & Torres, L. (2019). Diagnóstico del sector metalmecánico y propuestas de mejora en microempresas manufactureras. *Revista Ciencia y Tecnología*, 18(3), 22-30.

Morán, F. (22 de Agosto de 2021). *La gestión en innovación y las exportaciones de la industria metalmecánica en Ecuador- una propuesta de mejora de valor agregado*. Obtenido de ResearchGate:

[https://www.researchgate.net/publication/353763386\\_La\\_gestion\\_en\\_innovacion\\_y\\_las\\_exportaciones\\_de\\_la\\_industria\\_metalmecanica\\_en\\_Ecuador-\\_una\\_propuesta\\_de\\_mejora\\_de\\_valor\\_agregado](https://www.researchgate.net/publication/353763386_La_gestion_en_innovacion_y_las_exportaciones_de_la_industria_metalmecanica_en_Ecuador-_una_propuesta_de_mejora_de_valor_agregado)

Muñoz Choque, A. (2021). ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 40-54.

Ortiz, O. (30 de Enero de 2025). *Infobae*. Obtenido de Suecia lidera la revolución del acero verde con la primera planta industrial de cero emisiones:  
<https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2025/01/30/suecia-lidera-la-revolucion-del-acero-verde-con-la-primera-planta-industrial-de-cero-emisiones/>

- Paucar , D. (2024). *Mejora del proceso en el área de abastecimiento de una empresa metalmeccanica*. Universidad Indoamerica.
- Pro Ecuador. (2017). *Estudio sectorial de la industria metalmeccánica en Ecuador*. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones.
- Ramirez , F. (2021). Diseño y evaluación estructural de galpones industriales metálicos: Un enfoque práctico. *Revista de Construcción y Estructuras*, 12(1), 40-52.
- Redacción Comercial. (13 de junio de 2023). *Pymes ecuatorianas: Un vistazo en datos*. Obtenido de PRIMICIAS: [https://www.primicias.ec/nota\\_comercial/hablemos-de/empresas/actualidad-empresas/pymes-ecuatorianas-transformacion-crecimiento-exponencial/](https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos-de/empresas/actualidad-empresas/pymes-ecuatorianas-transformacion-crecimiento-exponencial/)
- Salazar, B. (24 de Marzo de 2024). <https://ingenieriaindustrialonline.com/>. Obtenido de Valoración del ritmo de trabajo: [https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/?utm\\_source=chatgpt.com](https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/?utm_source=chatgpt.com)
- Tresca Enginnering Solutions. (2025). Uso del hidrógeno e la producción de acero. *Tresca Enginnering Solutions*, 1-4.
- Valencia, J. L., Gutierrez, G. A., & Flores, V. M. (4 de Abril de 2025). *Lean Manufacturing en el mejoramiento continuo de la productividad*. Obtenido de Scielo: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2739-00632025000202105](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2739-00632025000202105)
- Zapata, B. (5 de Julio de 2025). *El Universo*. Obtenido de Estos son los seis riesgos que pueden hacer que una pequeña y mediana empresa fracase en Ecuador: <https://www.eluniverso.com/noticias/informes/estos-son-los-seis-riesgos-que-pueden-hacer-que-una-pyme-fracase-en-ecuador-nota/>

## Anexos

### Anexo 1

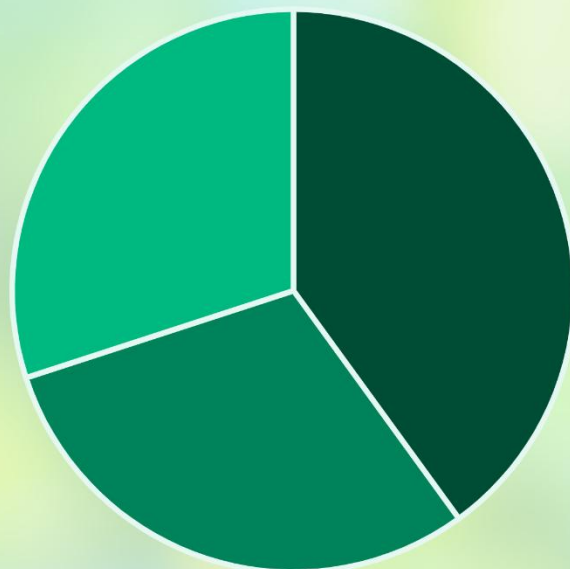
#### *Presentación guía de capacitadores*



## Seiri (Clasificar): El Primer Paso Hacia la Eficiencia

Seiri, o "Clasificar", es la piedra angular de las 5S. Consiste en distinguir entre lo necesario y lo innecesario en el lugar de trabajo y deshacerse de esto último. Este paso inicial libera espacio, reduce el desorden visual y minimiza las distracciones, sentando las bases para los siguientes pasos.

Estudios recientes muestran que un entorno de trabajo sin desorden puede **aumentar la productividad en un 15%** y reducir los tiempos de búsqueda de herramientas en **hasta un 30%**.



■ Reducción de Desorden

■ Aumento de Productividad

■ Mejora en la Búsqueda

## Herramienta Clave: La Tarjeta Roja en Acción

La "Tarjeta Roja" es una herramienta visual esencial para la fase de Seiri. Se utiliza para identificar y marcar elementos innecesarios o que no pertenecen al área de trabajo. Una vez etiquetados, estos ítems se trasladan a un área de retención para su evaluación y eventual descarte, venta o reubicación.

**Caso de Estudio:** Una planta de manufactura implementó el sistema de Tarjeta Roja. En el primer mes, lograron **eliminar el 20% del inventario obsoleto** y liberar **150 metros cuadrados de espacio**, optimizando sus operaciones logísticas.



## Seiton (Ordenar): Un Lugar para Cada Cosa



### Definir Ubicaciones

Asignar un lugar específico y claramente marcado para cada herramienta, material o documento.



### Etiquetar Todo

Utilizar etiquetas, códigos de color y diagramas para facilitar la identificación y el retorno de los ítems a su lugar.



### Optimizar el Acceso

Organizar los elementos de uso frecuente para que sean fácilmente accesibles, minimizando el movimiento y el tiempo de búsqueda.

Seiton, o "Ordenar", se enfoca en establecer un sistema para la organización eficiente de todos los elementos esenciales. No se trata solo de colocar cosas en estantes, sino de optimizar el flujo de trabajo y reducir el tiempo perdido buscando.

## Seiso (Limpiar): Más Allá de la Estética



### Inspección Activa

La limpieza en Seiso es una forma de inspección, que permite identificar problemas como fugas, desgastes o averías incipientes.



### Mantenimiento Proactivo

Un entorno limpio facilita el mantenimiento preventivo de equipos y maquinaria, extendiendo su vida útil y mejorando su rendimiento.



### Seguridad Mejorada

Un área de trabajo limpia y ordenada reduce significativamente los riesgos de accidentes y lesiones.

Seiso, o "Limpiar", va más allá de la simple higiene. Implica limpiar el área de trabajo, las herramientas y el equipo, no solo para mantenerlos en buen estado, sino también para identificar y solucionar las fuentes de suciedad. Esto convierte la limpieza en una forma de inspección.

## Seiketsu (Estandarizar): Creando las Reglas

Seiketsu, o "Estandarizar", es la fase donde se establecen los procedimientos y las mejores prácticas para mantener los primeros tres pasos (Seiri, Seiton, Seiso) en el tiempo. Aquí se crean las guías visuales y los procesos para que la organización y limpieza sean consistentes.

1

### Documentación

Creación de manuales y procedimientos claros para cada tarea.

2

### Ayudas Visuales

Uso de señalización, plantillas y códigos de color para indicar estándares.

3

### Auditorías Regulares

Implementación de verificaciones periódicas para asegurar el cumplimiento de los estándares.

4

### Capacitación Continua

Asegurar que todo el personal conozca y aplique los estándares establecidos.

## Shitsuke (Mantener): La Clave del Éxito a Largo Plazo

Shitsuke, o "Mantener", es el pilar final y el más crítico. Implica hacer de las 5S un hábito y una parte integral de la cultura de la empresa, a través de la autodisciplina y el compromiso continuo.



### Liderazgo Comprometido

El apoyo de la dirección es fundamental para el éxito.



### Participación Activa

Involucrar a todos los miembros del equipo en el proceso.



### Reconocimiento y Recompensa

Incentivar la adopción de las prácticas de las 5S.



### Mejora Continua

Ver las 5S como un camino, no como un destino.

¡Gracias por su atención! ¿Preguntas?

Contacto: [capacitacion@empresa.com](mailto:capacitacion@empresa.com) | Recursos: [www.sitio.com/5S](http://www.sitio.com/5S)

## Anexo 2

### Plantilla tarjeta roja

Nº Tarjeta Roja	Elemento	Motivo	Fecha	Aplicó	Destino	Fecha de cierre

## Anexo 3

### Plantilla de registro de ubicación

Elemento		Ubicación		
Descripción	Código	Destino	Sector	Código

## Anexo 4

### Plantilla de registro de limpieza

Ficha de registro de limpieza		Mes:	
Fecha	Operación realizada	Realizado por:	Observaciones

## Anexo 5

### Plantilla instructivo de limpieza

INSTRUCTIVO DE LIMPIEZA	
Código de Instructivo:	
Máquina/Sector:	
Frecuencia de Limpieza:	
<b>PASO Nº 1</b>	Actividad:
	Elementos necesarios:
<b>PASO Nº 2</b>	Actividad:
	Elementos necesarios:

## Anexo 6

### *Plantilla plan de limpieza*

Sector	Frecuencia de limpieza	Responsable	Código de instructivo

## Anexo 7

### Formato Sop's 5s

<b>Formato de SOP 5S por Proceso</b>	
Título del SOP	Aplicación de 5s en el proceso de corte
Área de Aplicación	Zona de corte perfiles metálicos
Responsable	Comité 5s
Fecha	-----
Versión	001

#### **Objetivo**

Describir las actividades de orden, limpieza, estandarización y disciplina aplicadas a una actividad específica del proceso productivo, con base en los principios del sistema 5S.

#### **S Aplicación específica en el proceso de corte**

<b>Seiri (Clasificar)</b>	Eliminación de herramientas no utilizadas y materiales sobrantes en la mesa de corte.
<b>Seiton (Ordenar)</b>	Ubicación fija para discos de corte, herramientas de medición y EPP. Uso de paneles y señalización.
<b>Seiso (Limpiar)</b>	Rutina diaria de limpieza de virutas metálicas y polvo. Revisión de condiciones de la máquina.
<b>Seiketsu (Estandarizar)</b>	Instructiva visual con fotos del área ordenada. Checklist de limpieza y orden.
<b>Shitsuke (Disciplina)</b>	Auditorías semanales 5S. Capacitación continua. Registro de cumplimiento por operario.

#### **Indicadores de Cumplimiento**

- % de cumplimiento de checklist 5S en corte

Tiempo promedio de búsqueda de herramientas

Número de hallazgos por auditoría

Participación en capacitaciones 5S

#### **Documentos Relacionados**

- SOP técnico del proceso
- Plantilla de registro de ubicación
- Calendario de limpieza
- Formato de estandarización
- Actas de reunión 5S

#### **Observaciones**

Este SOP 5S complementa el procedimiento técnico del proceso productivo, y debe ser aplicado en paralelo para asegurar condiciones óptimas de orden y limpieza.

## Anexo 8

### *Registro Fotográfico*

MEJORA:

EQUIPO:

FOTO TOMADA EN LA FECHA:

FOTO TOMADA EN LA FECHA:



## Anexo 9

### Formato de auditoria 5s

Herramienta Auditoria 5S						
• Empresa:		• Tipo de trabajo que se realiza en el sector: Metalmecánica		Fecha: 20/03/2025		
• Área:		• Personal Involucrado: Toda la planta		Puntaje Anterior:		
• Responsable del sector		• Metros cuadrados				

5s	Nº	Ítem a Evaluar	Valor Asignado				
			1	2	3	4	5
GENERALES	1	¿Todas las máquinas y equipos son necesarios? ¿Están operables?			X		
	2	¿Hay materiales obsoletos o productos innecesarios? ¿Son descartables?			X		
	3	¿Hay documentación compartida en el sector? ¿Se utiliza con frecuencia?				X	
	4	¿Se encuentran elementos que debieran pertenecer a otro sector?			X		
	Puntaje Total (Max 20 puntos)			13			
PUESTOS DE L	1	¿Existen objetos innecesarios, chatarra y/o basura en el lugar de trabajo?			X		
	2	¿Sobre las mesas de trabajo hay cosas innecesarias?		X			
	3	¿Existen en el puesto de trabajo, las herramientas que se necesitan?			X		
	4	¿Hay objetos afectando las áreas de circulación?			X		
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
GENERALES	1	¿Se encuentran ordenados los cables y mangueras?					
	2	¿Es fácil identificar y ubicar los elementos de seguridad?					
	3	¿Se utilizan letras, números, dibujos y colores para las indicaciones?					
	4	¿Se encuentran claramente identificados los corredores de circulación?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
PUESTOS DE L	5	¿Cómo es la ubicación y devolución de herramientas, materiales y equipos?					
	6	¿Se encuentran ordenadas las herramientas, y los documentos técnicos?					
	7	¿Hay objetos sobre armarios y equipos?					
	8	¿Están definidas las ubicaciones de máquinas y existen sectorizaciones?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
GENERALES	1	¿Se encuentran sucios o rotos los vidrios? ¿Las paredes estan limpias?					
	2	¿Hay derrames de líquidos ( agua, aceite, etc.) en los corredores?					
	3	¿Se encuentran ordenados los elementos de limpieza?					
	4	¿Se encuentran identificados y ubicados los desperdicios y el scrap?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
PUESTOS DE L	5	¿Cuál es el grado de limpieza en los sectores comunes?					
	6	¿Tiene establecido una rutina de limpieza?					
	7	¿Limpieza de armarios, estanterías, herramientas y mesas de trabajo?					
	8	¿Limpieza de máquinas y equipos?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
GENERALES	1	¿Están estandarizados los criterios adoptados?					
	2	¿Las acciones realizadas estan formalizadas? ¿Se comunican?					
	3	¿Estan establecidos los responsables de seguir las acciones de mejora?					
	4	¿Existe un tablero de seguimiento de 5s?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
PUESTOS DE L	13	¿ Se aplican las 3 primeras S?					
	14	¿Cómo es el aspecto del lugar de trabajo?					
	15	¿Se hacen mejoras en el ambiente?¿Se generan procedimientos?					
	16	¿Se utiliza el CONTROL VISUAL como herramienta?					
	Puntaje Total (Max 40 puntos)						
GENERALES	1	¿El personal esta capacitado en 5s?					
	2	¿Se forman equipos de trabajo para realizar mejoras?					
	3	¿Que percepción tiene la dirección sobre los sectores de trabajo?					
	4	¿Los indicadores son favorables en el tiempo?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						
PUESTOS DE L	17	¿El personal mantiene su sector de trabajo sin la exigencia de un superior?					
	18	¿Se cumplen las normas y procedimientos de la empresa?					
	19	¿Se requiere uniforme de trabajo y/o elementos de protección, se emplean?					
	20	¿Se cumple con la planificación de la implementación de 5s?					
	Puntaje Total (Max 20 puntos)						





## Anexo 14

### Check list de calidad

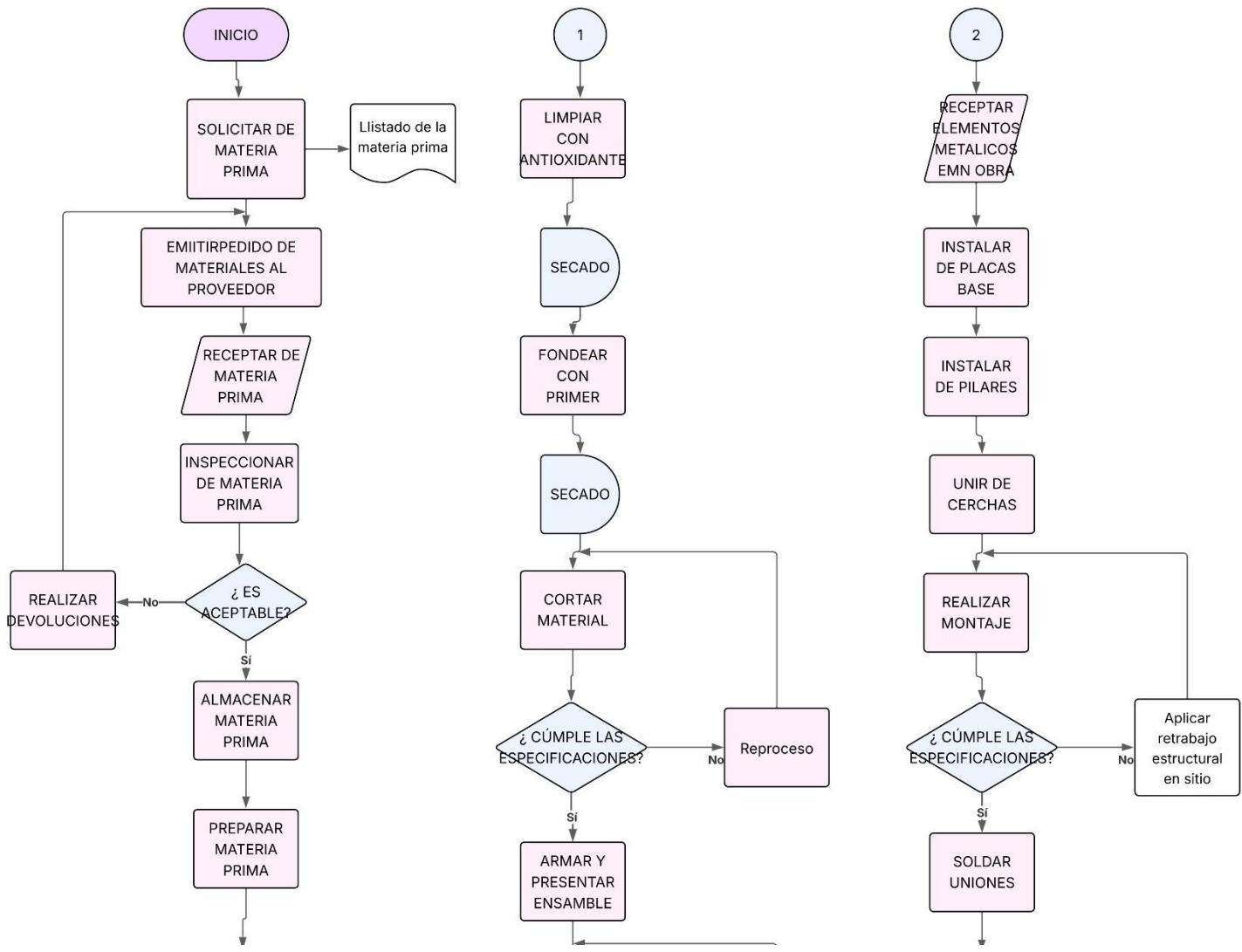
Checklist de Calidad para un Proceso		
<b>Información del Proceso</b>		
<b>Nombre del Proceso:</b>	[Insertar nombre del proceso]	
<b>Fecha:</b>	[dd/mm/aaaa]	
<b>Responsable:</b>	[Nombre del responsable]	
<b>Producto/Servicio:</b>	[Descripción breve del producto o servicio]	
Verificación de la Calidad - Fase de Ejecución		
<b>No.</b>	<b>Punto de Verificación</b>	<b>Estado</b>
		<b>Observaciones / Acciones Correctivas</b>
1	¿Se han revisado y aprobado los materiales antes de iniciar?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
2	¿Se están siguiendo los procedimientos operativos estándar?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
3	¿El equipo está calibrado y en buen estado de funcionamiento?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
4	¿Se está manteniendo el área de trabajo limpia y organizada?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
5	¿Se han registrado las mediciones de calidad en los puntos de control?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
6	¿Se han identificado y segregado las no conformidades (si las hay)?	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
7	[Añadir punto específico del proceso]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
8	[Añadir punto específico del proceso]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
9	[Añadir punto específico del proceso]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
10	[Añadir punto específico del proceso]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A
Resumen de la Revisión		
<b>Comentarios del Revisor</b>	<b>Acciones de</b>	<b>Fecha Límite</b>
<b>Hallazgos:</b>		
<b>Acciones requeridas:</b>		
<b>Mejoras sugeridas:</b>		
Aprobación		
<b>Revisor:</b> [Nombre y firma]	<b>Fecha de Aprobación:</b> [dd/mm/aaaa]	
<b>Instrucciones de Uso:</b>		
<b>Estado:</b> Usa " <input checked="" type="checkbox"/> " para <b>Conforme</b> , " <input checked="" type="checkbox"/> " para <b>No Conforme</b> , y "N/A" para <b>No Aplica</b> .		
<b>Observaciones:</b> Detalla cualquier hallazgo, problema o sugerencia de mejora.		
<b>Personalización:</b> Añade o elimina filas en la tabla de verificación para que coincidan con las necesidades específicas de tu proceso.		
<b>Seguimiento:</b> Asegúrate de que las acciones de seguimiento se asignen a un responsable y se les dé un plazo para su implementación.		

## Anexo 15

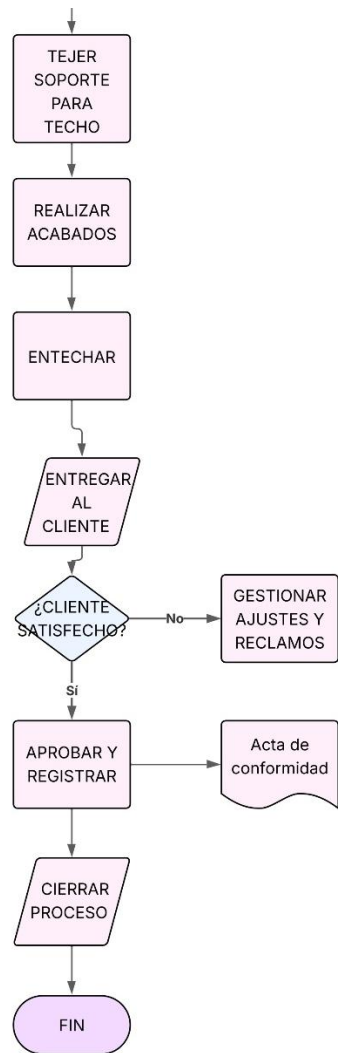
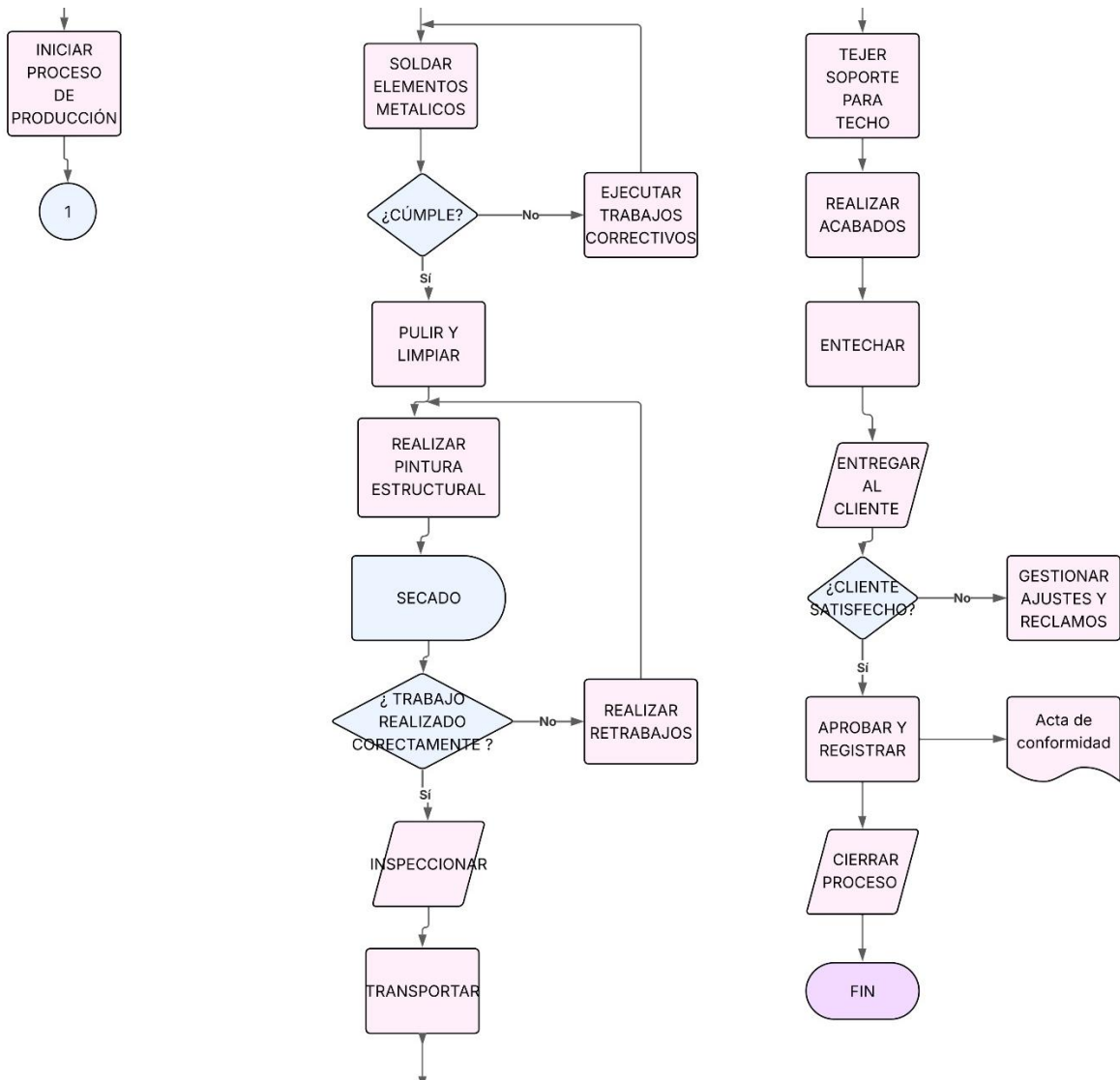
### Formato de inspección

Inspección de montaje				
<b>Información del Proceso</b>				
<b>Nombre del Proceso:</b>		[Insertar nombre del proyecto]		
<b>Ubicación:</b>		dirección o area específica		
<b>Fecha:</b>		[dd/mm/aaaa]		
<b>Inspector:</b>		[Nombre del responsable]		
<b>Elemento/ eje a inspeccionar</b>		[Ejem: columna 1 -12, soldadura de union 1-3]		
Verificación de la Calidad - Fase de Ejecución				
No.	Punto de Inspección	Criterio de Aceptación	Estado	Observaciones / Acciones Correctivas
1	Materiales: ¿Se ha verificado que los materiales son los correctos según los planos?	Los materiales coinciden con las especificaciones del diseño (tipo, dimensiones, grado).	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
2	Condición de los materiales: ¿Hay daños (ej. abolladuras, corrosión) en los elementos antes del montaje?	No hay daños que comprometan la integridad o estética del elemento.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
3	Cimentación/Base: ¿Es la superficie de apoyo adecuada, limpia y nivelada?	La base está limpia, nivelada y preparada según los planos.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
4	Alineación y Plomada: ¿Están los elementos estructurales alineados y a plomo?	La desviación no excede las tolerancias establecidas en los planos.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
5	Uniones y conexiones: ¿Las uniones atornilladas o soldadas se han ejecutado correctamente?	Los tornillos están apretados con el torque correcto; las soldaduras tienen la calidad y dimensiones requeridas.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
6	Arriostramiento: ¿Se han instalado los elementos de arriostramiento temporal y permanente?	Todos los arriostramientos están en su lugar y correctamente fijados.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
7	Protección anticorrosiva: ¿Se ha aplicado correctamente la protección (pintura, galvanizado) en las áreas de unión?	El recubrimiento es uniforme y sin daños en las áreas expuestas.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
8	Seguridad en el montaje: ¿Se utilizan los equipos de protección personal (EPP) y los procedimientos de seguridad adecuados?	Todo el personal utiliza EPP y los riesgos están mitigados.	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
9	[Añadir punto específico del proyecto]	[Añadir criterio de aceptación]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
10	[Añadir punto específico del proyecto]	[Añadir criterio de aceptación]	<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/> / N/A	
Resumen y Aprobación				
<b>Comentarios del Inspector</b>		Acciones de Seguimiento	Fecha Límite	
Hallazgos:				
Acciones correctivas requeridas:				
Observaciones para próximas fases:				
<b>Revisor:</b> [Nombre y firma] <b>Fecha de Aprobación:</b> [dd/mm/aaaa]				
Instrucciones de Uso:				
<b>Estado:</b> Usa " <input checked="" type="checkbox"/> " para <b>Conforme</b> , " <input checked="" type="checkbox"/> " para <b>No Conforme</b> , y "N/A" para <b>No Aplica</b> .				
<b>Observaciones:</b> Detalla cualquier hallazgo, problema o sugerencia de mejora.				
<b>Personalización:</b> Añade o elimina filas en la tabla de verificación para que coincidan con las necesidades específicas de tu proceso.				
<b>Seguimiento:</b> Asegúrate de que las acciones de seguimiento se asignen a un responsable y se les dé un plazo para su implementación.				

# Anexo 16

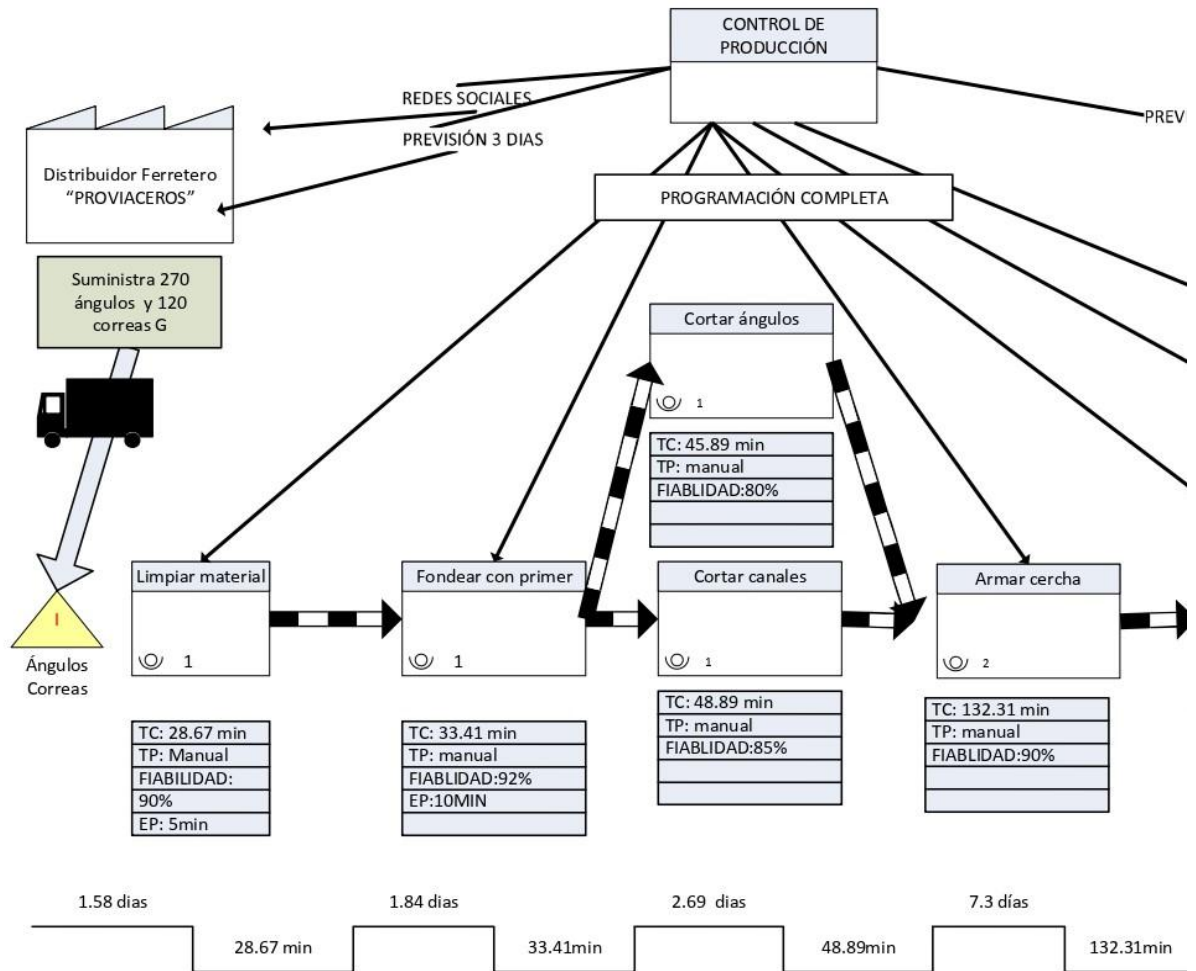


# Anexo 17



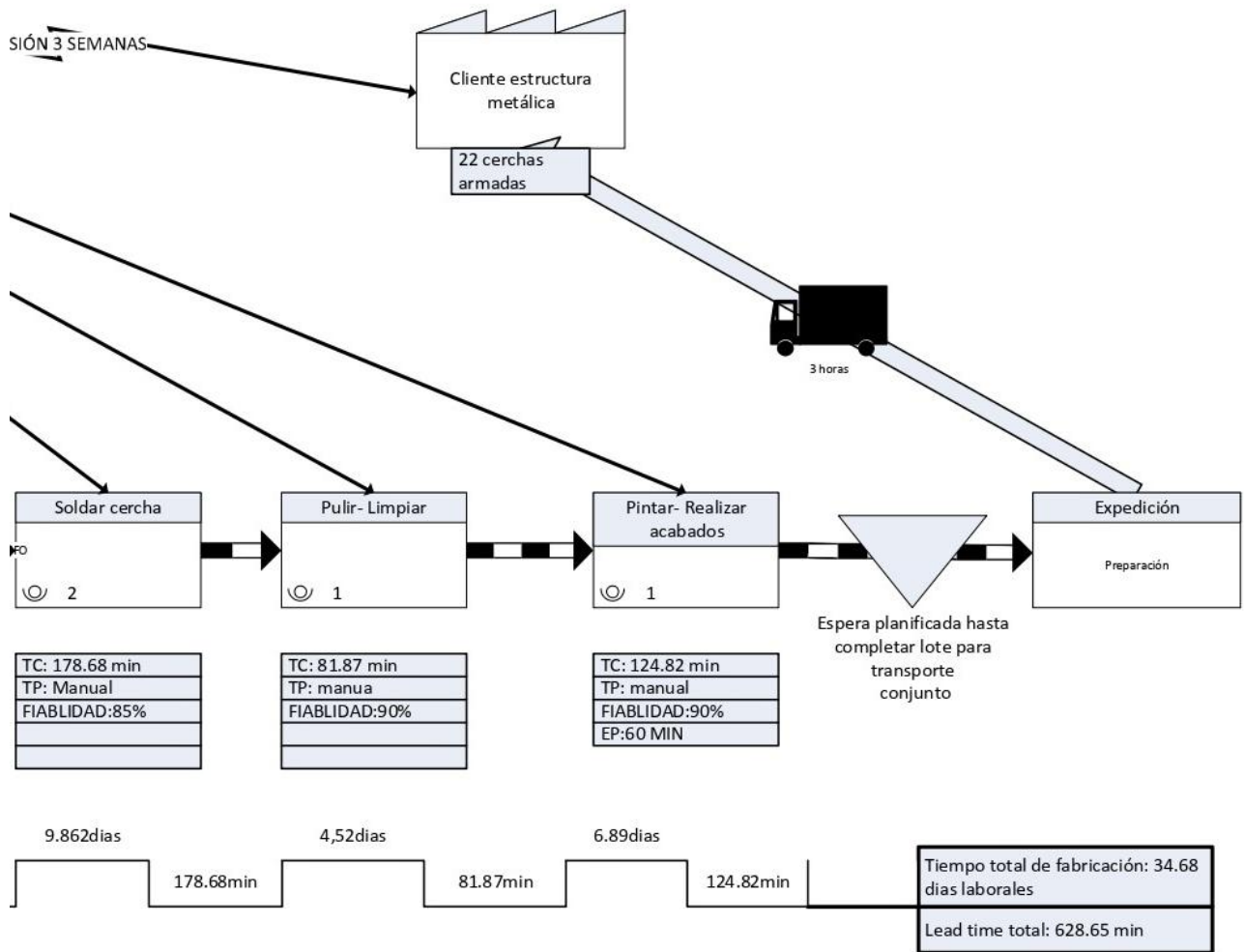
# Anexo 18

## VSM actual taller parte 1.



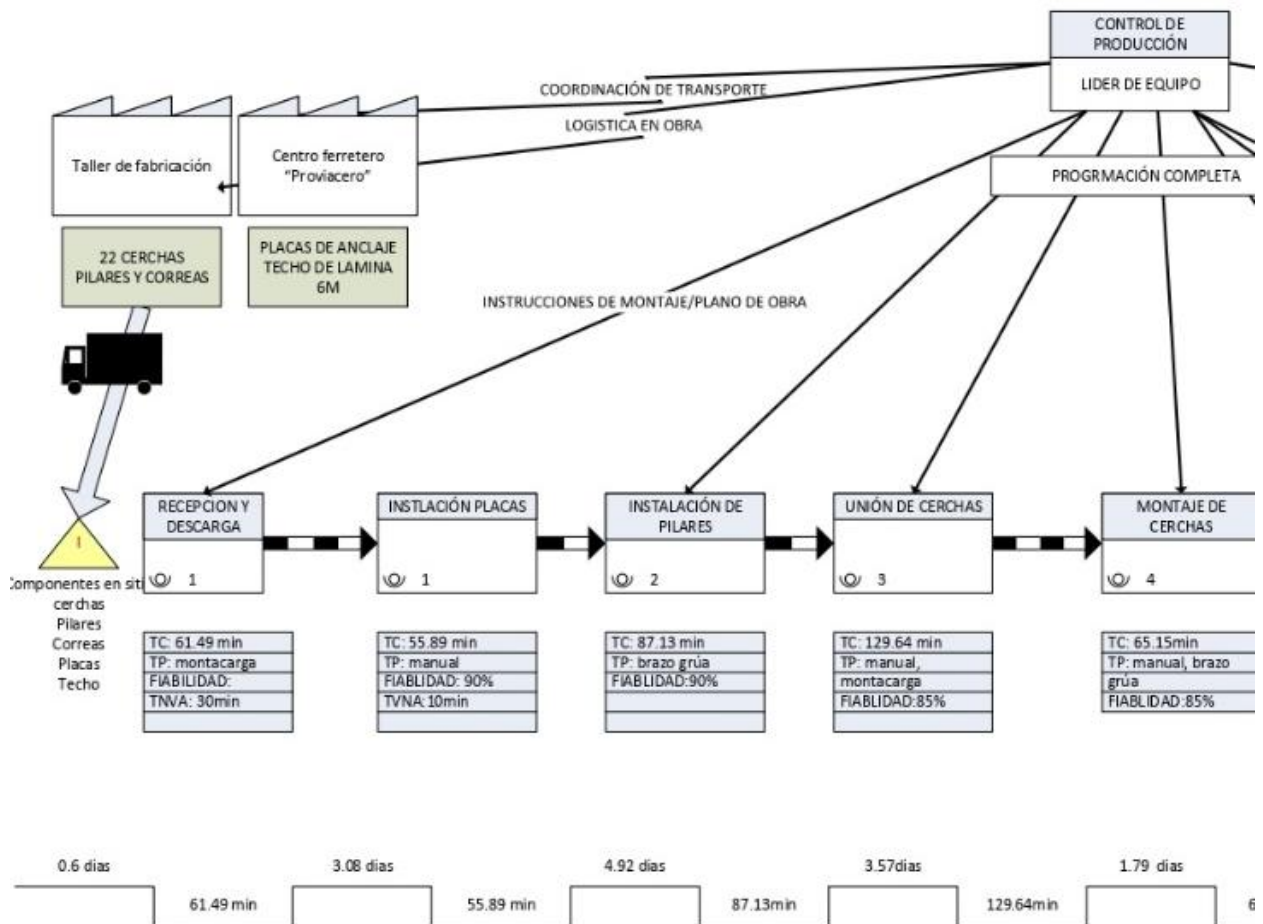
# Anexo 19

## VSM actual taller parte 2

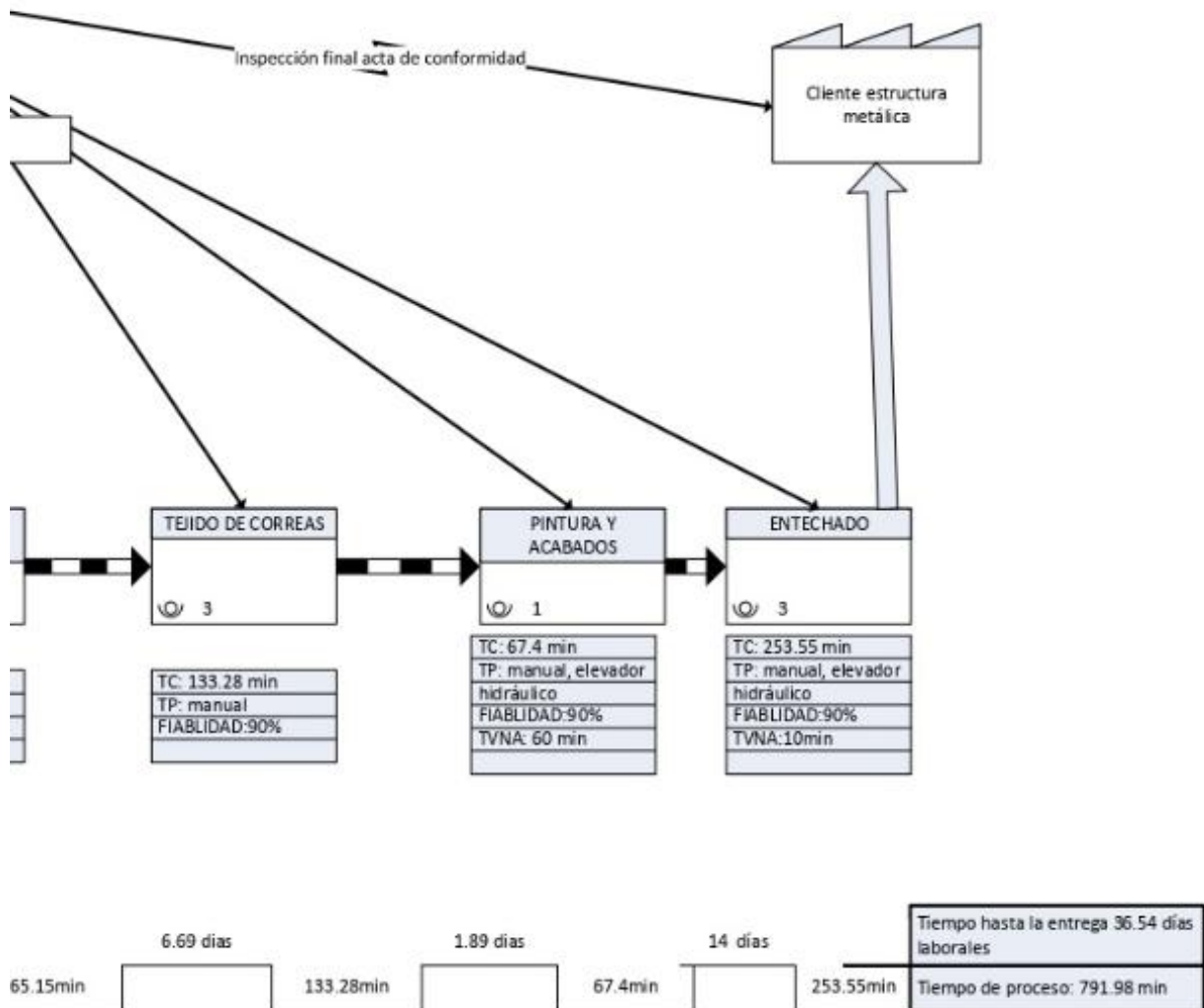


# Anexo 20

## VSM del montaje parte 1

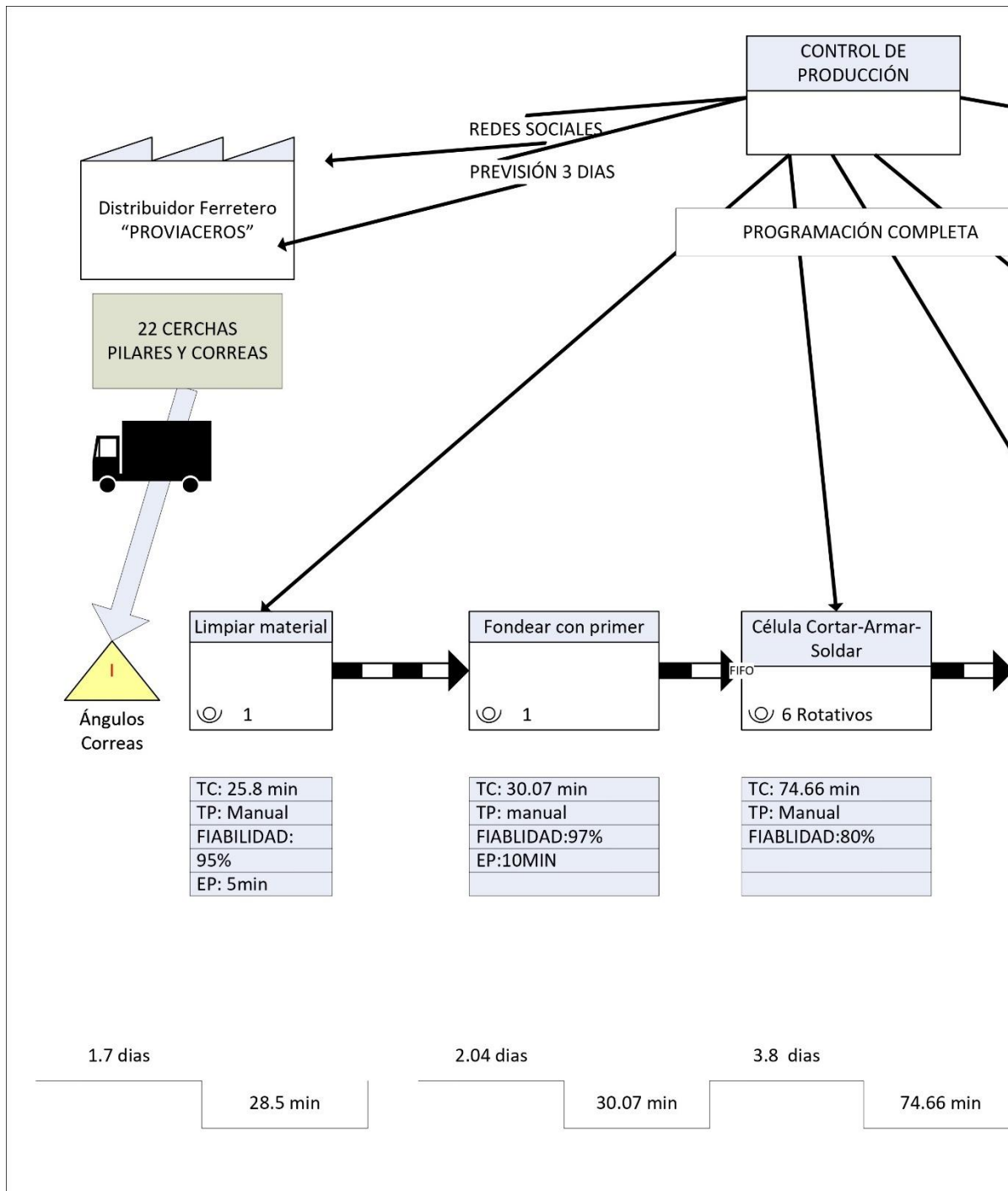


**Anexo 21**  
*VSM del montaje parte 2*



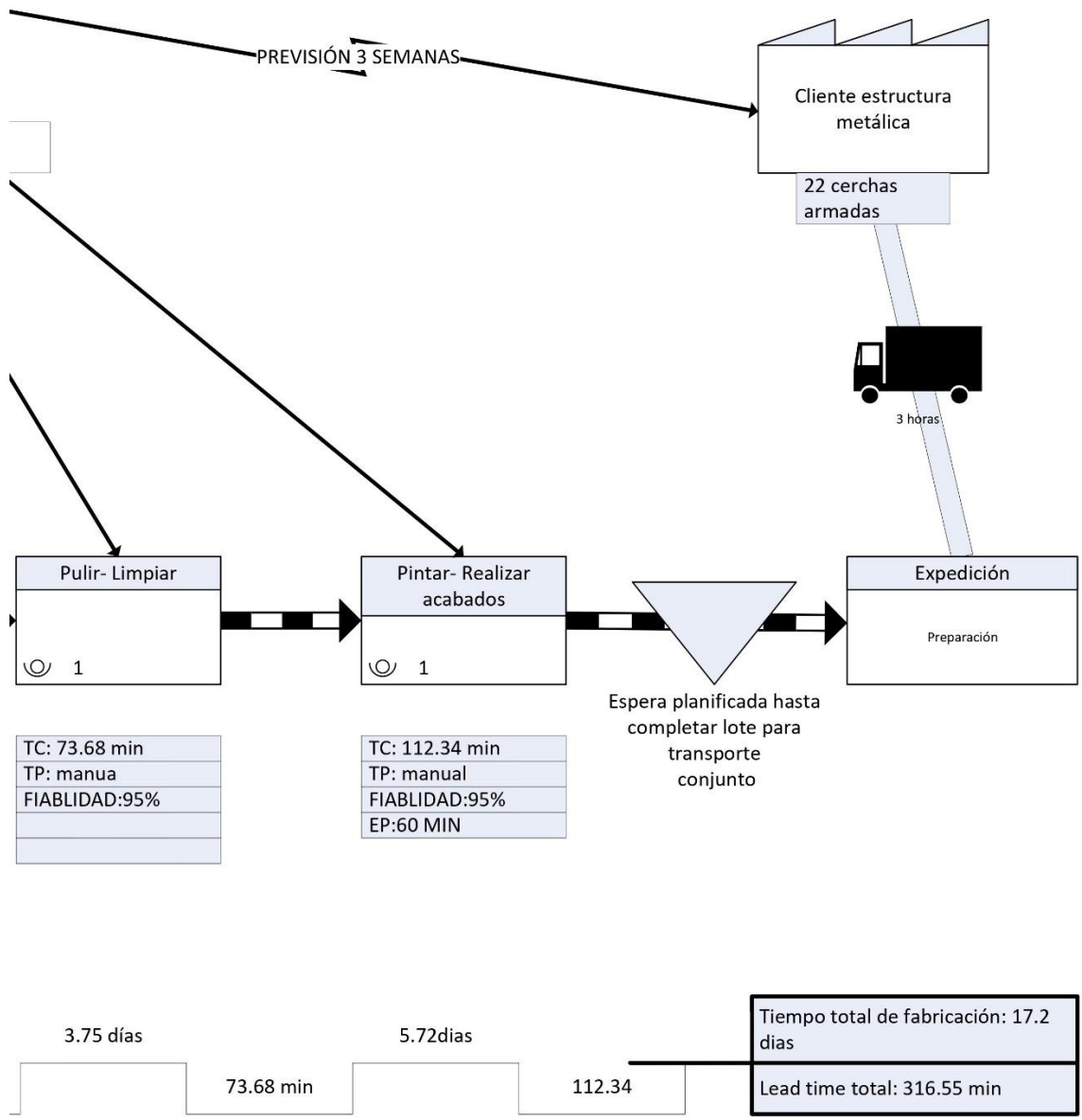
## Anexo 22

### VSM futuro de la industria parte 1



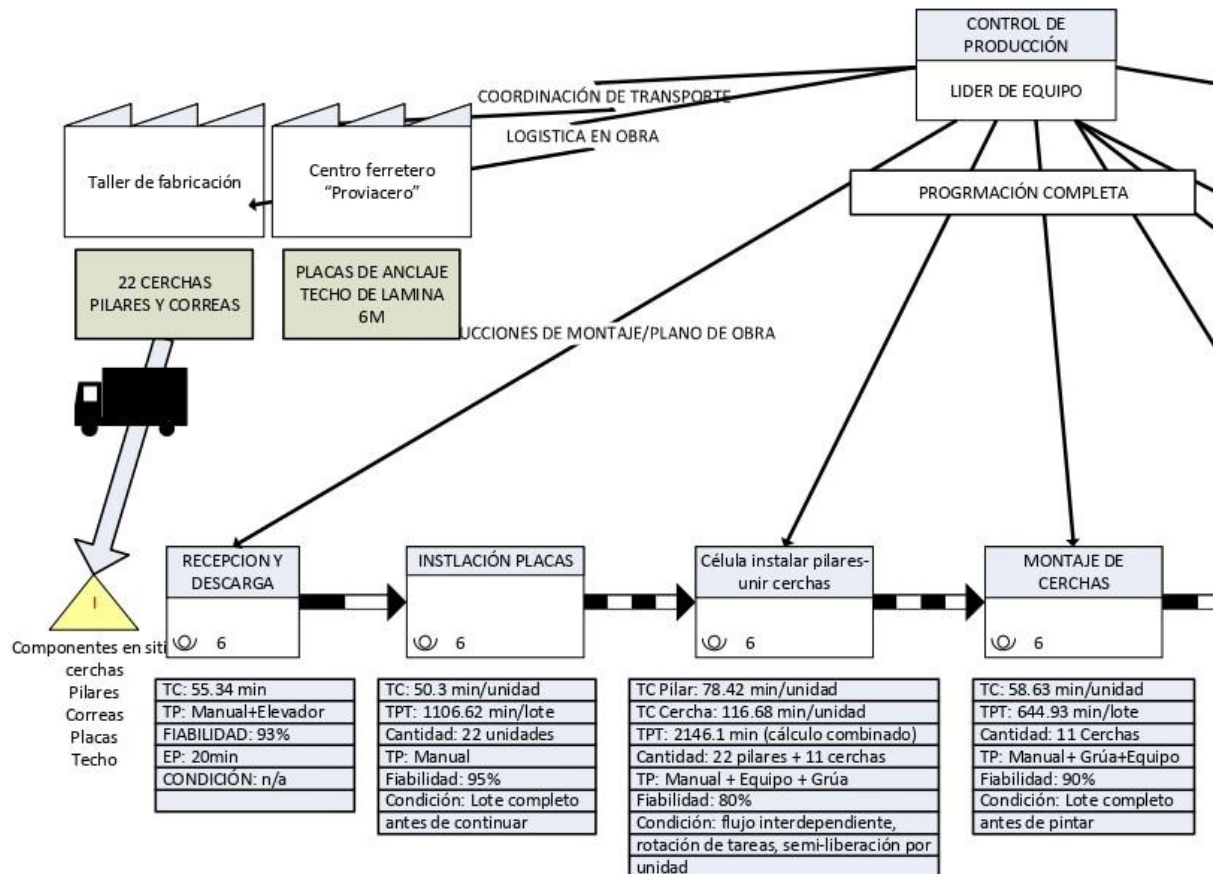
# Anexo 23

## VSM futuro de la industria parte 2



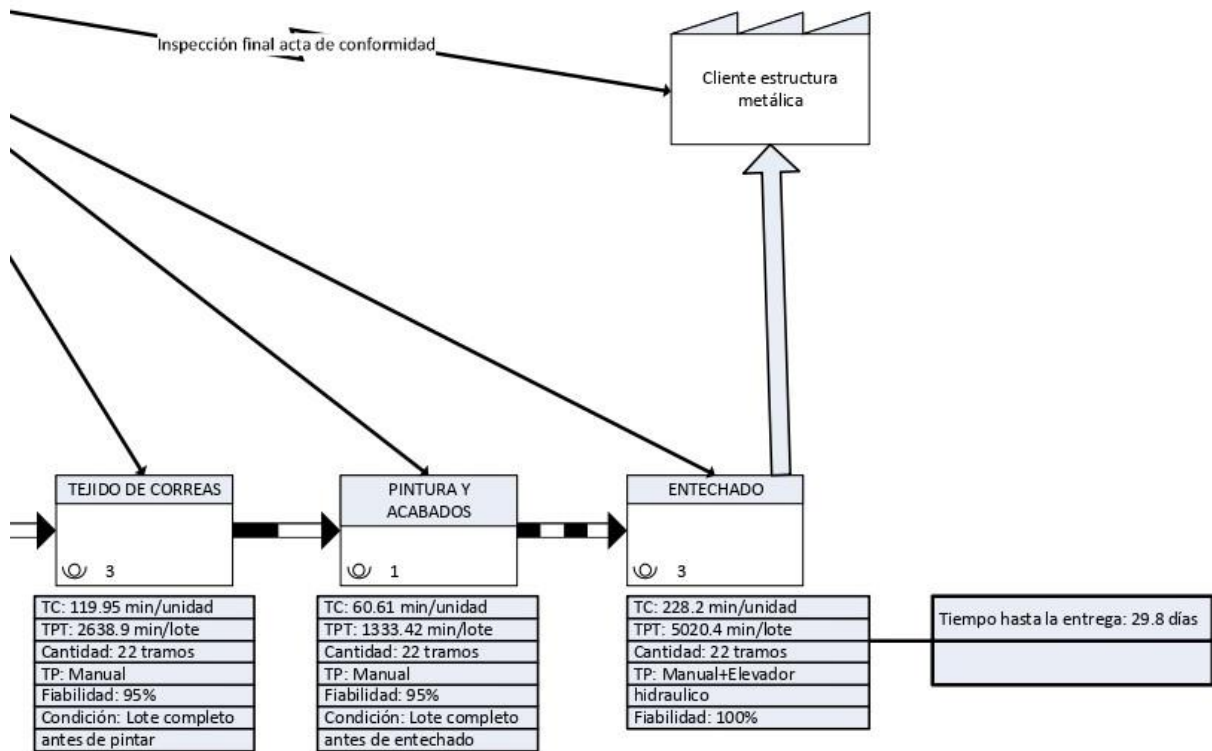
## Anexo 24

### VSM futuro de campo parte 1



## Anexo 25

### VSM futuro de campo parte 2



## Anexo 26

### *Aprobación de abstract departamento de idiomas*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** CEVALLOS CONDE ALEXIS JAVIER

**TUTOR:** MSc. ALVAREZ SANCHEZ ANA

#### **ABSTRACT**

##### **IMPROVING MANUFACTURING PROCESSES BY APPLYING LEAN MANUFACTURING IN A METALWORKING COMPANY IN QUITO**

This research analyzes the application of Lean Manufacturing tools in a metalworking company dedicated to the manufacture of metal structures, with the aim of optimizing its production processes and reducing operational inefficiencies that affect competitiveness. During the initial diagnosis, critical problems were identified, such as bottlenecks, excessive waste of materials, prolonged downtime, and frequent delays in project delivery, which are mainly caused by poor planning, poor communication between departments, and a lack of standardization in production processes. The hypothesis proposes that the implementation of Lean tools, such as value stream mapping (VSM), Pareto charts, cause-effect analysis, and the 5S methodology, will contribute significantly to improving productive and organizational performance. To this end, a quantitative, non-experimental methodology was applied, based on gathering direct information at the plant, analyzing production data, and developing key performance indicators (KPIs), which made it possible to measure and evaluate the results objectively. The findings clearly showed the waste that existed in the cutting, assembly, welding, and painting phases, as well as revealing unproductive time that could be eliminated through targeted interventions. Based on this information, a future value stream map was designed, which showed an estimated 10% reduction in cycle times, implying a significant improvement in efficiency. Similarly, the adoption of the 5S methodology was proposed to promote order, cleanliness, and standardization in work areas, thereby facilitating a more productive and safer working environment. In conclusion,

**KEYWORDS:** Cellular production, Lean manufacturing, Metal structures, Process optimization.

