

**Plan de Mejora a los Procesos de Producción en una empresa fabricante de tubos de
Extracción de Aceite de Palma mediante herramientas Lean Manufacturing.**

Jeison Orlando Cuervo Cortázar, Jesbleidy Sánchez Trujillo, Darlis Yulied Torres
Beltrán.

Universidad ECCI, dirección de Posgrados.
Especialización en Gerencia de operaciones.
Bogotá, 2021.

Miguel Angel Urián Tinoco

Tabla de Contenidos

Anexos	6
Introducción	7
Resumen.....	9
1. Título de la investigación.....	13
2. Problema de investigación	13
2.1. Descripción del problema	13
2.2. Pregunta de investigación	14
2.3. Sistematización del problema	14
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo general.....	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. Justificación y delimitación	16
4.1. Justificación.	16
4.2. Delimitación.....	17
4.3. Limitaciones.....	17
5. Marco conceptual.....	18
5.1. Estado del arte.....	18
5.1.1. Estado del arte Nacional.	18
5.1.2. Estado del arte Internacional.....	26
5.2. Marco Teórico.....	30
5.2.1. Distribución en planta	30
5.2.2. 5 S	31
5.2.3. CPK (Capacidad de proceso)	31
5.2.4. CRP (Capacity Requeriments Planning).....	32
5.2.5. Lean Manufacturing.....	32
5.2.6. Desperdicios.....	33
5.2.7. VSM (Value Stream Mapping o Mapa de flujo de valor)	34
5.2.8. Lead Time	34
5.2.9. Takt Time.....	34
5.2.10. OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos)	35
5.2.11. 8D (8 disciplinas).....	36
5.2.12. Kaizen (Mejora continua)	36
5.2.13. JIT (Just in Time o Justo a tiempo).....	37
5.2.14. Kanban	38
5.2.15. AMEF (Failure Mode and Effect Analysis o Análisis de modo y efecto de la falla)	38
5.2.16. AS IS/ TO BE	38
5.3. Marco normativo/ legal.....	40
6. Marco metodológico	41

6.1. Recolección de la información.....	41
6.1.1. Tipo de investigación.....	41
6.1.2. Fuentes de obtención de información	42
6.1.3. Herramientas	43
6.1.4. Metodología	43
6.1.5. Información recopilada	45
6.1.5.2. VSM (Value Stream Mapping-Mapa de flujo de valor)	46
6.1.5.3. Diagrama de flujo	47
6.1.5.4. Índices de capacidad	48
6.2. Análisis de la información	49
6.2.1. Takt Time.....	50
6.2.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos) 50	
6.2.3. Diagrama de Pareto (QRS)	52
6.2.4. 8D Fase 3, 4 y 5.	52
6.3. Propuesta de solución	57
6.3.1. VSM propuesto	57
6.3.2. Instructivo para proceso de perforado.....	59
6.3.3. 5 S	59
6.3.4. Kanban	63
6.3.5. Capacitación instrumentos de medición	66
6.3.6. Poka Yokes para proceso de perforado.....	68
6.3.7. Adecuación puestos de trabajo.....	70
6.3.8. D6 (Validación de soluciones permanente)	72
6.3.9. D7 (AMEF).....	73
6.3.10. D8 (Reconocer los esfuerzos del equipo)	74
7. Impactos esperados/generados.....	75
7.1. Impactos esperados	75
7.2. Impactos alcanzados	75
8. Análisis financiero	76
8.1. Inversión de la propuesta	76
8.2. Utilidad	77
8.3. Retorno de la inversión	78
9. Conclusiones y recomendaciones	79
9.1. Conclusiones	79
9.2. Recomendaciones	80
10. Referencias.....	81
11. Anexos	92

Tabla de figuras

Figura 1. <i>D1-Conformación de Equipo de Trabajo</i>	46
Figura 2. <i>D2-Descripción del Problema</i>	46
Figura 3. <i>VSM Actual de la Empresa</i>	47
Figura 4. <i>Diagrama de Flujo del Proceso</i>	48
Figura 5. <i>Análisis de Capacidad Primer Semestre 2021</i>	49
Figura 6. <i>Tendencia de Indicador OEE</i>	51
Figura 7. <i>Diagrama de Pareto de Quejas y Reclamos Primer Semestre Año 2021</i>	52
Figura 8. <i>D3-Implementar Solución Temporal</i>	53
Figura 9. <i>D4-Análisis del Problema</i>	54
Figura 10. <i>Pareto de diagrama causa-efecto</i>	55
Figura 11. <i>VSM Propuesto</i>	58
Figura 12. <i>Herramientas Desorganizadas</i>	61
Figura 13. <i>Herramientas Clasificadas</i>	61
Figura 14. <i>Herramientas Necesarias para las Máquinas</i>	62
Figura 15. <i>Puesto de Trabajo de Perforado</i>	62
Figura 16. <i>Tablero de Tarjetas</i>	65
Figura 17. <i>Ejemplo de almacén Kanban</i>	66
Figura 18. <i>Medición Entre Centros de Perforación</i>	67
Figura 19. <i>Verificación de Profundidad de Huecos</i>	67
Figura 20. <i>Dispositivo para Movientes de Tubos</i>	68
Figura 21. <i>Dispositivo de topes</i>	69
Figura 22 <i>Dispositivo para Regular los Movimientos en los Tubos</i>	69
Figura 23. <i>Dispositivo para Giro de Tubos</i>	70
Figura 24. <i>Iluminación de puestos de trabajo</i>	71
Figura 25. <i>Dispositivos para altura de colaborador</i>	71
Figura 26. <i>Gráfica de relación: meta, control y avance real</i>	73
Figura 27. <i>D8-Reconocimiento de equipo de proyecto</i>	75

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Marco legal</i>	40
Tabla 2. <i>Matriz análisis de herramientas</i>	44
Tabla 3. <i>Takt Time (Segundos/fila)</i>	50
Tabla 4. <i>OEE Primer Semestre 2021</i>	51
Tabla 5. <i>Técnica de los 5 Porqués</i>	56
Tabla 6. <i>Propuestas 8D</i>	57
Tabla 7. <i>Análisis de Costos y Rotación de las Referencias de Tubos</i>	63
Tabla 8. <i>Promedio de Costos</i>	64
Tabla 9. <i>Porcentaje de Participación</i>	64
Tabla 10. <i>Modelo Kanban</i>	65
Tabla 11. <i>D6-Metas y avances semanales de entrega</i>	72
Tabla 12. <i>D7-AMEF de las Propuestas del Proyecto</i>	74
Tabla 13. <i>Presupuesto de mano de obra</i>	76
Tabla 14. <i>Presupuesto materiales</i>	77
Tabla 15. <i>Análisis de utilidad</i>	78
Tabla 16. <i>Calculo retorno de la inversión</i>	78

Anexos

Anexo No. A Estructura organizacional	92
Anexo No. B Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 1	93
Anexo No. C Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 2	94
Anexo No. D Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 3	95
Anexo No. E Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 4	96
Anexo No. F Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 5	97
Anexo No. G Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 6	98
Anexo No. H Cursograma parte 1	99
Anexo No. I Cursograma parte 2	100
Anexo No. J Cursograma parte 3	101
Anexo No. K Cursograma parte 4	102
Anexo No. L Diagrama de recorrido actual	103
Anexo No. M Matriz de relación actividades	104
Anexo No. N Representación nodal	105
Anexo No. O Superficies	106
Anexo No. P Combinación diagrama nodal y superficies	107
Anexo No. Q Boceto de empresa	108
Anexo No. R Plano de empresa	109
Anexo No. S Instructivo parte 1	110
Anexo No. T Instructivo parte 2	111
Anexo No. U Instructivo parte 3	112
Anexo No. V Instructivo parte 4	113
Anexo No. W Instructivo parte 5	114

Introducción

En el proceso de extracción de aceite de palma, se encuentra el proceso de prensado el cual es realizado por una máquina que tiene seis referencias en el mercado actualmente, las cuales se clasifican de acuerdo con la capacidad en toneladas de la planta extractora, estas referencias son: T-5, T-9, T-10, T-12, T-15 Y T-20, en la actualidad, la mayoría de las extractoras a nivel nacional están emigrando a las referencias de T-15 y T-20, esto se debe a que dejan una mayor rentabilidad por el aumento de capacidad. De los componentes más relevantes de la máquina se encuentra la canasta perforada, que es la unión de dos tubos a través de dos tornillos tipo sin fin. El principio de funcionamiento de la máquina comienza con los frutos digeridos dentro de las canastas donde los tornillos generan contrapresión el uno con el otro siendo apoyadas por unos conos en los extremos de la canasta, esta operación es realizada de forma hidráulica dando como resultado el aceite crudo que será clarificado en procesos posteriores. Por la constante fricción que se genera entre los tornillos y canastas, el tiempo de vida es corto, por tal motivo se genera la necesidad de tener proveedores que estén abasteciendo a las extractoras con estos dos repuestos principales a la velocidad con la que lo requieren.

Es por esto, que la investigación plantea un plan de mejora al proceso de producción de tubos para la extracción de aceite de palma empleando herramientas Lean Manufacturing.

La finalidad del estudio es identificar las causas que limitan la respuesta oportuna a las extractoras y de acuerdo con el análisis realizar una propuesta que minimice los desperdicios como: sobre producción, inventarios, sobre procesos, no calidad, movimientos innecesarios, esperas y transportes en la empresa.

Esta investigación iniciará con el diagnóstico de la empresa mediante la herramienta 8D, en el que se conformará el equipo de trabajo, el cual describirá el problema con ayuda de: VSM actual, diagrama de flujo, índices de capacidad, Tackt time, OEE y QRS; para posteriormente hacer el análisis del problema con diagrama causa-efecto, diagrama de Pareto, técnica de los 5 porqués, y finalmente realizar la propuesta de mejora con: VSM propuesto, estandarización del proceso, 5S, Kanban, capacitación a personal, Poka Yokes, adecuación de puestos de trabajo y revisión de soluciones con AMEF, con el fin de prevenir recurrencias de los problemas identificados.

Resumen

El siguiente trabajo de investigación se llevó a cabo en una empresa fabricante de tubos para la extracción de aceite de palma, donde los investigadores realizaron una serie de visitas a la planta de producción con la finalidad de recopilar información del proceso e identificar el flujo actual para analizar aquellos procesos que no agregaban valor al producto final y eran causantes de desperdicios.

En la primera fase del estudio se utiliza la herramienta 8D, donde se conforma un equipo interdisciplinar que realiza la descripción del problema de la empresa, debido al aumento de quejas en el primer semestre del 2021, dando como punto de partida el despliegue del análisis en el proyecto de investigación.

De acuerdo con lo anterior se realiza el análisis del problema empleando un diagrama causa-efecto, donde todos los participantes realizan una lluvia de ideas de las posibles causas que están generando el problema, posterior a este paso se cuantifica el impacto de las causas identificadas y se analizan con ayuda de un diagrama de Pareto, el cual priorizará los planes de acción para la propuesta; para complementar el proceso de análisis, se realiza la técnica de los 5 porqués con la finalidad de identificar cuáles de las causas analizadas tienen impactos significativos para la empresa.

En la tercera fase partiendo del diagnóstico y el análisis del proceso, se realiza la propuesta de solución con ayuda de la herramienta 8D, donde se plantea un VSM propuesto el cual tiene como objetivo reducir los tiempos de entrega y desperdicios en los procesos de la empresa. Para lograr esto se plantean las siguientes soluciones: estandarización del proceso, implementación de la metodología 5s, análisis por costos y

rotación de referencias para la creación de super mercados Kanban, programas de capacitación al personal, creación de Poka Yokes que disminuyan tiempos de perforado y mejoren la calidad en profundidades de perforación, adecuación de puestos de trabajo y el desarrollo de la herramienta AMEF, con el fin de prevenir recurrencias en los problemas identificados y en las soluciones planteadas.

Palabras Claves

8D, VSM, diagrama de flujo, índices de capacidad, Tackt time, OEE, QRS, diagrama causa-efecto, diagrama de Pareto, técnica de 5 porqués, 5S, análisis de costos y rotación, Kanban, Poka Yokes, AMEF.

Abstract

The following research work was carried out in a company that manufactures tubes for the extraction of palm oil, where the researchers made a series of visits to the production plant to collect information on the process and identify the current flow to analyze those processes that did not add value to the final product and caused waste.

In the first phase of the study, the 8D tool is used, where an interdisciplinary team is formed that describes the company's problem, due to the increase in complaints in the first half of 2021, giving as a starting point the deployment of the analysis in the research project.

In accordance with the above, the analysis of the problem is carried out using a cause-effect diagram, where all the participants did a brainstorm about the possible causes that are generating the problem, after this step the impact of the identified causes is quantified and they are analyzed with the help of a Pareto chart, which will prioritize the action plans for the proposal; To complement the analysis process, the 5 whys technique is carried out in order to identify the causes analyzed that have significant impacts on the company.

In the third phase, starting from the diagnosis and analysis of the process, the solution proposal is made with the help of the 8D tool, where a VSM is proposed which aims to reduce delivery times and waste in the company's processes. To achieve this, the following solutions are proposed: standardization of the process, implementation of the 5s methodology, cost analysis and rotation of references for the creation of Kanban supermarkets, personnel training programs, creation of Poka Yokes that reduce drilling

times and improve quality in drilling depths, adaptation of jobs and the development of the FMEA tool, to prevent recurrences in the problems identified and, in the solutions, proposed.

Keywords:

8D, VSM, flow chart, capacity indices, Tackt time, OEE, QRS, cause-effect diagram, Pareto chart, 5 whys technique, 5S, cost and turnover analysis, Kanban, Poka Yokes, FMEA

1. Título de la investigación

Propuesta para la aplicación de herramientas Lean en una empresa del sector metalmeccánico.

2. Problema de investigación

2.1. Descripción del problema

A nivel global las organizaciones buscan ser más competitivas a partir del mejoramiento continuo de sus procesos, el sector de manufactura por ser intensivo en procesos de transformación ha avanzado durante los años en la solución de un gran número de problemáticas. En Colombia se adelantan esfuerzos por mejorar los resultados de empresas de diferentes sectores, es así como en el sector metalmeccánico una empresa fabricante de equipos para la extracción de aceite de palma ubicada en Soacha-Cundinamarca, ha presentado aumento del 20% de quejas y reclamos en el primer semestre del año 2021 para las referencias de tubos en el proceso de prensado.

El tiempo de entrega pactado con el cliente es de 5 días, pero se observa que la entrega actual está siendo en 7,33 días, de los cuales 3,6 días agregan valor al producto final y 3,73 días son desperdicios en el proceso, estos retrasos generan un trabajo bajo presión, ocasionando que se intensifiquen los riesgos en la ejecución de cada actividad. Los retrasos en las entregas han generado un nivel bajo de satisfacción en los clientes, lo cual se refleja a través del indicador de quejas y reclamos, la consecuencia de estas puede generar la pérdida de clientes y credibilidad en el sector.

El incremento en la demanda de los clientes ha sobrepasado la capacidad de la cual la empresa puede producir fabricar mensualmente. El proceso de producción de tubos se ha visto afectado por la falta de:

- Estandarización en el proceso de perforado de las referencias.
- Orden en los puestos de trabajo.
- Poka-yokes.
- Desplazamientos innecesarios.
- Reprocesos.
- Tiempo de alistamiento de máquinas.
- Flujo del proceso.

La disminución de desperdicios y aumentar la eficiencia de los procesos, son temas constantes de estudio en las empresas manufactureras; más aún, en las empresas metalmecánicas donde la disposición de los puestos de trabajo e incluso los métodos usados para el mecanizado del material, afectan directamente estos factores.

2.2. Pregunta de investigación

¿Cómo mejorar el proceso de producción de tubos para extracción de aceite de palma en una empresa metalmecánica?

2.3. Sistematización del problema

¿Cómo se realiza el proceso de producción actualmente en la empresa?

¿Qué prácticas permiten entender el proceso de producción actual?

¿Son las herramientas Lean las más adecuadas para lograr mejora continua al proceso productivo en la empresa metalmeccánica?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Reducir tiempos de entrega de los tubos para extracción de aceite de palma, realizando una propuesta de mejora al sistema de producción para eliminar los desperdicios en el proceso.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico al sistema productivo actual de la empresa a través de diagramas de procesos, Takt Time, análisis de capacidad, VSM y 8D fase diagnóstico, con el fin de identificar en qué procesos se presentan los mayores atrasos.
- Analizar la información del estado actual de la empresa mediante diagrama de Pareto, 8D fase analítica, indicadores de proceso (OEE) y financieros (ROI), con el objetivo de encontrar las causas raíz de los problemas y generar propuestas de mejora.
- Desarrollar propuestas de mejora a través de herramientas Lean Manufacturing, buscando cumplir con los tiempos pactados con los clientes.

4. Justificación y delimitación

4.1. Justificación.

Garantizar la mejora continua de los procesos es una necesidad para toda organización que pretende garantizar su sostenibilidad, en el ámbito global las compañías manufactureras implementan día a día diferentes metodologías buscando ser más competitivas, mejorar su productividad y lograr un crecimiento sostenido, el sector metalmecánico no es ajeno a estos aspectos, esto teniendo en cuenta que es quién da soporte a la industria a partir de la construcción de infraestructura y equipos, Fedemetal en su publicación de noviembre de 2018 escribe “El sector metalmecánico en Colombia es el más productivo para la industria en ese país, y ha logrado fortalecerse como una cadena exportadora”(Sector metalmecánico el más grande en Colombia, 2018).

Debido al aumento de quejas y reclamos recibidas por los clientes de la extractora de palma con respecto a las referencias de los tubos, se pretende con este proyecto reducir los tiempos de entrega establecidos. Se identificó la necesidad actual de mejorar los procesos productivos y ejercer cambios en los tiempos de cada proceso del área de operaciones de la organización para la resolución de una problemática que amerita intervenciones operacionales; con esto se busca mejorar las cargas laborales de los colaboradores a través de la filosofía Lean Manufacturing y concientizar a la gerencia de operaciones y colaboradores sobre la importancia en la estandarización del proceso productivo, lo que tiene por objetivo de reducir la variabilidad en un proceso, documentando y capacitando a los colaboradores sobre la mejor forma de llevar a cabo

ese proceso para cumplir con las necesidades de la compañía y conservando el conocimiento a través del tiempo.

Para realizar las propuestas de mejora que reduzcan las quejas y reclamos en la compañía, se hace un diagnóstico actual de la empresa para identificar aquellas soluciones que se adecuen a la necesidad, así como aportar para el cumplimiento de sus metas de acuerdo con los objetivos estratégicos

Se identificarán las causas que estén generando desperdicios en el proceso de fabricación de tubos de extracción de aceite de palma, para que la empresa realice cambios oportunos y continuos para aumentar la productividad.

4.2. Delimitación

Esta investigación será desarrollada entre los meses de febrero y noviembre de 2021, en una empresa del sector metalmecánico, la cual se encarga de fabricar tubos para la extracción de aceite de palma en el municipio de Soacha - Cundinamarca.

4.3. Limitaciones

Por distancia entre la empresa y la vivienda de los investigadores, se realizarán 2 visitas durante el proyecto.

Por políticas de la empresa, el nombre no será empleado en el proyecto.

5. Marco conceptual

5.1. Estado del arte

5.1.1. Estado del arte Nacional.

5.1.1.1. Propuesta de diseño de distribución en planta para el sistema productivo de una empresa metalmecánica contra pedido. Caso: empresa FB ingeniería y estructuras. (Duero Guevara & Solís Torres, 2020)

En la compañía FB Ingeniería y Estructuras S.A.S dedicada al diseño estructural, fabricación y montaje de estructuras de acero, en el 2020 se llevó a cabo una tesis por parte de estudiantes de la Universidad Autónoma de Occidente en Santiago de Cali, con el objetivo de brindar una propuesta de distribución en planta para la compañía. Este estudio se ejecutó en 4 etapas, donde, al final de su ejecución se obtuvo un diagrama que da a conocer el funcionamiento del proceso, permitiendo identificar y eliminar actividades que no agregan valor, documentación de riesgos laborales y por último el diseño de la planta con el fin de impactar positivamente en la productividad del taller de producción. Con la investigación consultada se conocieron herramientas que permiten identificar actividades que no añaden valor al proceso y cómo poder realizar esto a través de la notación de procesos en BPMN.

5.1.1.2. Propuesta de optimización del sistema productivo para la empresa

Hunter Douglas de Colombia mediante la mejora continua. (Puentes Téllez & Rodríguez Muñoz, 2016)

Con el propósito de optimizar la línea del sistema productivo de la empresa metalmecánica Hunter Douglas de Colombia S.A, se llevó a cabo en el 2016 el análisis de su actual proceso de fabricación con el propósito de aumentar su productividad, mejorar y optimizar el flujo del proceso siguiendo la metodología de la mejora continua. La investigación en mención permitió conocer cómo realizar una selección de metodología a emplear a través de una evaluación por ponderación de acuerdo con criterios que la compañía considere relevante para ella.

5.1.1.3. Plan de mejoramiento del proceso de producción y gestión operativa

para NACIONAL DE CORTES S.A.S. (LUZ DARY ESPEJO MARTINEZ, 2019)

El trabajo consultado se llevó a cabo con el propósito de generar un plan de mejoramiento al producción debido a que no cuentan con orden de llegada de pedidos, es decir que, cuando se recibe la solicitud por parte del área comercial, el tiempo de producción es mínimo, lo que lleva a comprender que deben mejorar su producción por pedido; la presión de esta producción ocasiona que haya una mayor presencia de errores humanos, afectando la calidad del producto y aumentado las quejas y reclamos por parte de los cliente. Para dar solución a estos problemas, se emplea el muestreo de trabajo, el cual permitió verificar la forma en que se realizan los procesos y plantear un nuevo método operativo, esto se llevó a

cabo en tres etapas, la primera consistió en la recolección de información, la segunda en el análisis de la información a través de diagrama de espina de pescado y la última corresponde al diseño del plan de mejoramiento. Las propuestas de mejora que se otorgaron fueron: desarrollar la herramienta Gantt para obtener controles diarios de la producción y operatividad de cada máquina, capacitar al personal para el correcto uso de las máquinas y herramientas, implementar herramientas de medición con precisión y, por último, incluir el acompañamiento en los procesos. Esta investigación otorgó un amplio conocimiento para la implementación de las tres etapas definidas en el proyecto, identificando las diferentes herramientas para el desarrollo de cada una de ellas.

5.1.1.4. Diseño de una propuesta para el mejoramiento del proceso de fabricación de equipos de almacenamiento y manejo de materiales en la empresa INAGROMECANICA LTDA. (LUISA FERNANDA TABARES HURTADO, 2013a)

Este proyecto se lleva a cabo por una estudiante de la universidad Autónoma de Occidente en Santiago de Cali, buscando una mejora en la productividad de la compañía a través de la técnica del estudio del trabajo, comenzando con un diagnóstico del proceso con el fin de reducir las ineficiencias de este. Como resultado del análisis e implementación de las propuestas de mejora, se evidencia que los tiempos de ciclo mejoraron en hasta casi un 29% en comparación con el proceso actual. Este proyecto permitió conocer la importancia que tienen los estudios de trabajo, empleando herramientas como diagrama

analítico del método, diagramas de recorrido e incluir el programa de mantenimiento de las máquinas, en ocasiones no se da el respectivo seguimiento y control a este y puede generar mayores retrasos en el proceso productivo.

5.1.1.5. Propuesta Para Mejorar El Tiempo De Entrega En Una Industria

Manufacturera Metalmecánica. (ELIANA MARÍA PÉREZ MUÑOZ, 2016)

Las compañías del siglo 21 se están enfocando en la aplicación de las filosofías y herramientas que componen el Lean Manufacturing como eje principal para el desarrollo de sus procesos.

Por ejemplo, para la industria metalmecánica las piezas fabricadas en espera de ser utilizadas para soldadura no tienen ubicación de almacenamiento y a la hora de soldar son difíciles de identificar. Esto hace que el operario patinador y soldador aumente su tiempo de espera y que la empresa disminuya su productividad al fabricar piezas adicionales y generar sobre inventario y aumento de tiempos de producción de las otras líneas de la planta, además lo que se busca con la aplicación de las 5S es aumentar los tiempos de producción a través del orden. El estudio en mención dio la claridad de cómo implementar las 5S, herramienta fundamental en la filosofía Lean Manufacturing y cómo ésta ya puede generar un alto impacto en los resultados de la empresa, cuantificables y medibles.

5.1.1.6. Aplicación de herramientas Lean Manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S. (Beltrán Rodríguez & Bernal, 2017)

Este proyecto fue desarrollado en la Universidad de La Salle, Bogotá, donde se realizó el análisis a las áreas de recepción y despacho a través de herramientas clásicas que permitieran identificar los principales desperdicios en estos procesos; luego de ser identificadas, se establecieron estrategias y herramientas Lean que permitieran disminuir los desperdicios de tiempos de espera y movimientos del material, por último, se realizó la fase de evaluación del impacto en la implementación de herramientas como KAIZEN, 5S, SMED y VSM, en estas áreas intervenidas. La implementación de las herramientas seleccionadas, permitieron reducir los desperdicios de tiempo de espera y movimientos en el área de recepción en un 20% y 7,2 %, en el área de despacho en un 23,6% y 37, 2% respectivamente; lo cual se ve reflejado en los diagramas de recorrido y el VSM actual, donde presento una reducción en el tiempo de ciclo de 52.8 minutos.

El proyecto investigado permitió aclarar cómo poder estructurar la metodología del proyecto, es decir, comprender que se debe partir de una fase diagnóstica y de análisis para formulación y aplicación de la metodología Lean y además de la importancia de evaluar el comportamiento y mejoras de dicha implementación.

5.1.1.7. Diseño de una propuesta para el mejoramiento del proceso de fabricación de equipos de almacenamiento y manejo de materiales en la empresa Inagromecanica LTDA utilizando la técnica del estudio del trabajo. (LUISA FERNANDA TABARES HURTADO, 2013b)

El proyecto de investigación realizado por una estudiante de la universidad Autónoma de Occidente, tenía como propósito lograr una mejora en la productividad de la planta Inagromecanica donde se había detectado problemas como el retraso con los tiempos de entrega, bajo cumplimiento con el presupuesto de los proyectos y altos índices de productos no conformes. El estudio de métodos y tiempos, y la estandarización, le permitió a la empresa el fortalecimiento en la toma de decisiones a nivel administrativo y operacional, así como, implementar mejoras tanto correctivas como preventivas, que permitan incrementar la productividad de la empresa, bajo una política de mejora continua. El proyecto en mención permitió plantear la respectiva relación entre estudio del trabajo y diseño de planta para la productividad y eficiencia de los procesos, el uso de herramientas como el cursograma da una panorámica de proceso de producción en las diferentes áreas de la empresa.

5.1.1.8. Implementación de herramientas Lean Manufacturing e industria 4.0 para minimizar desperdicios en la empresa Cilindros Company S.A.S. (FRANCISCO DAMIÁN CÓRDOBA APARICIO, 2019)

En este proyecto se realizó tres mediciones, la primera fue del proceso actual donde había un rendimiento de 3% con una productividad de 1,28% es

decir que de 60 cilindros que se debían producir en 45 minutos; la segunda fase se realizó con la implementación de herramientas Lean como Push, PHVA, SMED, Six Sigma, en esta se obtuvo resultados alentadores, se logró la producción de 59 cilindros en los 45 minutos, lo que representa una productividad de 63,41%; la última medición fue exitosa debido a la implementación de otras herramientas Lean como el VSM, Takt Time, las 5S, Kanban, TPM, Kaizen y SMED, con estas se logró una productividad del 75,64%.

Aplicadas las herramientas se evidenció una mejora en el proceso de producción, se maneja un inventario de elementos que hacen parte de la fabricación del cilindro en cada puesto de trabajo, se realiza una redistribución en planta y se asigna nuevo personal a la planta.

La tesis investigada permitió entender que aun cuando los procesos se tienen automatizados se puede presentar una baja productividad, muestra la relevancia de identificar y medir los tiempos muertos de máquina para ser reducidos en el proceso.

5.1.1.9. Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes. (Yenny Alejandra Aguirre Alvarez, s. f.)

En la Universidad Nacional de Colombia, se llevó a cabo la investigación para analizar las herramientas Lean Manufacturing en empresa Pymes con el fin de mejorar su productividad, como resultado de los ajustes realizados en la achaflandadora el operario de la zona de blando de la línea de producción reduce su porcentaje de tiempo de la actividad de cambio de herramienta de un 22'5% a

un 19'1%, también reduce el tiempo destinado al desplazamiento de un 13'6% a un 11'5%. Pudiendo así ampliar el tiempo dedicado a la conducción de la línea al igual que al disminuir el tiempo de los cambios de herramientas en cada cambio de ráfaga se amplía el número de piezas producidas en un mismo intervalo de tiempo. Respecto a los cambios realizados en los puestos de control.

Con relación a las modificaciones del cambio de herramienta de la máquina rectificadora cabe destacar la reducción de tiempos por cada cambio de ráfaga, siendo de un total de 7 minutos y medio por cada cambio de ráfaga. Como se estima que diariamente se realizan 3 cambios de ráfaga se calcula un total aproximado de 23 minutos diarios ahorrados en despilfarro.

Esta tesis otorgó conocimiento sobre la toma de tiempos, o de repartición de trabajo por parte de los colaboradores y la importancia del compromiso de ellos, el romper con la mentalidad de resistencia al cambio es de los puntos más importantes para obtener los resultados esperados, se debe mostrar los beneficios que obtendrá no solo la empresa sino él mismo.

5.1.1.10. Implementación de herramientas de Lean Manufacturing para la optimización de los procesos electrolíticos de la empresa ABS Cromosol Ltda.(JEREZ ORJUELA SEBASTIAN, s. f.)

Mediante la aplicación del estudio de tiempos y métodos y del mapeo del flujo de valor VSM, se logró realizar un diagnóstico que reveló los valores de la situación inicial de la empresa, dejando ver los datos reales de los tiempos de ciclo, de volúmenes de inventario tanto almacenado como en proceso, y el tiempo

de Lead Time de entrega al cliente, cambiando de 13,88 días a 12,64 días de tiempo normal de respuesta de la empresa, proporcionando así una visualización práctica para lograr plantear y seleccionar aquellas áreas de la empresa que representaban factores críticos en los que las herramientas de Lean Manufacturing podrían actuar, para reducir las mudas evidenciadas.

Con el proyecto investigado, se obtuvo la idea de aplicar listas de chequeo para la fase de diagnóstico, permitiendo identificar la situación actual de la empresa frente implementación de herramientas Lean.

5.2.3. 5.1.2. Estado del arte Internacional

5.1.2.1. Propuesta de un plan de mejora de la eficiencia de los procesos de una empresa metalmecánica. (Durán & Paz, 2016)

En el año 2016 en Lima-Perú, en una empresa fabricante de cabinas cerradas, se evidenciaban demoras en la entrega del producto terminado al cliente, por lo que se realizó una tesis, donde, en su fase de diagnóstico se evidenció ejecución de actividades innecesarias con una distribución en planta que no seguía el flujo continuo del proceso. A través de herramientas Lean Manufacturing se logró aumentar la productividad de la fabricación a 0,25 cabina/hora, es decir en un 25% cumpliendo así con el objetivo principal del estudio. Este proyecto de titulación nos permitió entender cómo realizar un análisis y comparación de los métodos de mejora continua, partiendo de un diagnóstico de la situación actual de la compañía con base a los desperdicios descritos por la filosofía Lean Manufacturing, el estudio en mención nos mostró un análisis de criticidad y

evaluación de las oportunidades de mejora, teniendo en cuenta las restricciones en la implementación

5.1.2.2. Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta. Pontificia Universidad Católica del Perú, (Córdova Rojas, 2013a)

Esta tesis fue desarrollada con la finalidad de realizar el diseño de un modelo de manufactura esbelta en el sistema de producción de spools, distribuidos en siete capítulos, contemplando: la descripción de concepto de la manufactura esbelta, descripción general de la empresa, cuantificación del rendimiento actual del proceso de fabricación, análisis de herramientas de la manufactura esbelta, cultura organizacional con la implementación de la manufactura esbelta, se plantea el modelo de aplicación lean Manufacturing, en el último capítulo se contempla la evaluación financiera del modelo propuesto.

5.1.2.3. Metodología Lean Manufacturing aplicada a la mejora de procesos productivos en empresas metalmecánicas”, una revisión de la literatura de científica de los últimos 10 años. Universidad Privada del Norte, (Angello Santiago Giuttari Claussi, 2018)

En este estudio realizado por estudiantes en Perú, se tenía como objetivo la revisión sistemática investigaciones asociadas a “cuál es el impacto de la metodología Lean Manufacturing aplicada en la mejora de procesos productivos en empresas metalmecánicas”, posterior a dicha filtración de información, se

obtuvieron las siguientes conclusiones: en el sector industrial es donde mayormente se emplean herramientas Lean Manufacturing, enfocadas en la cadena de suministros.

5.1.2.4. Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en empresas metal mecánica de aluminio. (JESÚS MARTÍN CHARAJA AZNARÁN, s. f.)

En la Pontificia Universidad Católica de Perú se llevó a cabo esta investigación, tomando como objeto de estudios diferentes empresas del sector metalmeccánico realizando un análisis de la situación actual de la empresa y con esto, la propuesta de mejora con base a herramientas Lean. La implementación de las herramientas de Lean Manufacturing permiten que empresas medianas o pequeñas, como las revisadas en los casos de estudio, a pesar de la falta de capital puedan ser más competitivas al mejorar su capacidad de producción con lo cual pueden ofrecer mejores tiempos de respuesta y productos de calidad, sin que sea un requisito gastar en más recursos. Por ejemplo, el TPM permite optimizar el uso de los recursos ampliando la capacidad productiva de los mismos.

Con la tesis consultada, partiendo de hacer un adecuado análisis y diagnóstico utilizando herramientas como el diagrama de causa-efecto y diagrama de Pareto, permite identificar las causas críticas del problema y encontrar la herramienta de Lean Manufacturing más adecuada para dar solución y mejorar la productividad de la empresa

5.1.2.5. Implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa metalmecánica. (Héctor Daniel Cruz Rivera, s. f.)

En la ciudad de México, en la empresa Industrial Afiliada S.A, se implementó a su proceso la herramienta DMAIC, obteniendo optimizar y eliminar uno de los tantos problemas que presenta la empresa aumentando el nivel sigma de 3.2 a 3.3 lo cual, aunque parece poco en realidad es una cifra importante considerando el estado actual de la organización.

Esta tesis, a comparación de las ya consultadas, entrega una herramienta diferente a implementar y ayuda a entender que al aplicarla junto con técnicas de balanceos de línea y estudio de tiempos y movimientos se logra disminuir el tiempo de producción en el área que presentaba mayor atraso y por donde pasan los productos de la línea.

5.1.2.6. Uso de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la industria metalmecánica peruana”: revisión sistemática (Juan Manuel Benites Leyva, s. f.)

En la universidad privada del Norte de Lima- Perú, Finalmente se determinó que las herramientas Lean Manufacturing más aplicadas para mejorar desempeño de la productividad en este sector son: 5S (32.4%), SMED (13.2%), TPM (11.8%), Six Sigma (7.4%) y VSM (5.9%). Le siguen: Kanban, Balance de Línea, Poka Yoke, Justo a tiempo, PHVA, 4 MS, Carta Balance, Last Planner, Andon y AMFE.

Las mejoras planteadas contribuyeron en un incremento de 13% de la producción de furgones, se redujo el costo de la mano de obra en un 48% y la reducción de unidades defectuosas se redujeron en un 29%.

En esta investigación, se conoció una matriz Lean Manufacturing para implementar en el diagnóstico, la cual se compone de las diferentes herramientas de mejora y las herramientas de diagnóstico; esta muestra la importancia de emplear el VSM porque permite conocer la situación actual del proceso como tiempo de recorrido, lead time, Takt time, tiempo de ciclo y a partir de este tener el punto de partida a la investigación realizada.

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Distribución en planta

Al momento de crear empresa o de reorganizar las áreas actuales que tiene, es necesario aplicar técnicas en distribución en planta, esto se debe a que se obtienen modelos que minimizan los desplazamientos, tiempos y esfuerzos del equipo de trabajo. Por lo general las distribuciones son realizadas a partir de las restricciones de espacio y dimensiones de máquinas, esto en base a los procesos y actividades que tenga la organización. Uno de los métodos más conocidos es el de S.P.L (Systematic Layout Planning), el cual empieza con un diagnóstico de la distribución actual, para posteriormente hacer un análisis de todas las áreas y su interrelación, después se realiza un primer bosquejo y finalmente un diseño de la distribución adecuada para la compañía.

5.2.2. 5 S

De acuerdo con la metodología 5S se pueden hacer procesos de mejora continua, esto se debe a su concepto sencillo de tener empresas limpias y seguras. Uno de los objetivos de la metodología es la reducción de despilfarros en las áreas de trabajo, esto se debe a que genera: desorden, contaminación y riesgos en el entorno de trabajo. La estandarización de las herramientas, insumos y objetos que se requieren en los puestos de trabajo minimiza los movimientos de los trabajadores en las plantas. Por otro lado, un puesto de trabajo bien organizado reduce la probabilidad de accidentes por desorden. Mas que una metodología es un cambio de cultura organizacional, la cual debe ser dirigida por los directivos y ser transmitida a los niveles tácticos y operativos de las empresas.

5.2.3. CPK (Capacidad de proceso)

La capacidad de producción es la cantidad máxima de fabricación que se puede lograr con los recursos disponibles en un determinado momento. (Diego Germán Lacaze, 2014). Donde surgen preguntas como:

- ¿Cuánto producto o servicio estamos en capacidad de fabricar en un turno?
- ¿Qué tipo de personal requiero para el proceso?
- ¿Qué tecnología es la más competitiva para este mercado?
- ¿El tiempo de ciclo se puede ajustar al Takt time del cliente?
- ¿Cuántos turnos debo trabajar para cumplir con la demanda?

Preguntas que nos ayudan a definir un horizonte con las restricciones que se tienen en los procesos de una compañía. También generan oportunidades de mejora para ser más competitivos en el mercado.

5.2.4. CRP (Capacity Requirements Planning)

El CRP es utilizado para planificar la capacidad real de producción de una organización. En el cual se tiene en cuenta los tiempos disponibles de las instalaciones, la fuerza de trabajo y del equipo de la empresa. La planificación de los requisitos de capacidad es muy útil para compañías que son penalizadas por el no cumplimiento de las entregas de productos o servicios a tiempo. Donde esta herramienta permite hacer cálculos de la posibilidad de llevar a cabo un pedido y junto con el MRP (Plan de requerimientos de materiales), tener los materiales disponibles para los procesos productivos.

5.2.5. Lean Manufacturing

El lean Manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, Kaizen, Heijunka, jidoka, etc.), que desarrollaron fundamentalmente en Japón. (Carreras & García, 2010). La filosofía de mejora continua, control de calidad total, eliminación de despilfarro, el aprovechamiento de la cadena de valor y la participación de los colaboradores son pilares de Lean Manufacturing.

También conocida como producción esbelta, jugando un papel determinante en la cadena de suministro, el concepto de cadena de valor se refiere a que la cadena de suministros lleva productos o servicios a los distintos clientes creando valor, si algún eslabón no crea valor debe ser eliminado del proceso. Este pensamiento esbelto llega con conceptos (JIT) en el que Japón fue precursor con la empresa Toyota. Es importante

resaltar que la manufactura esbelta produce lo que los clientes desean, en la cantidad que requieren, en el momento que lo deseen y con el mínimo de recursos.

5.2.6. Desperdicios

Los siete tipos de desperdicio que afectan negativamente la productividad deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o minimizados todos los días en las empresas e instituciones. Uno de los principales de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios de la industria (Socconini, 2019). Esto se debe a la reducción de la capacidad de las organizaciones, el cual presentan un reto para los gerentes, administradores y colaboradores de las compañías. Es importante saber que todo lo que agrega valor para un producto o servicio son los cambios que el cliente desea y también es el grado de lo que está dispuesto a pagar por este esfuerzo, un desperdicio será cualquier otro esfuerzo de la empresa que no sea esencial para agregar valor al producto o servicio que requiere el cliente. La filosofía Toyota clasifica siete desperdicios o mudas:

- Sobre producción.
- Sobre Inventario.
- Productos defectuosos.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Procesos innecesarios.
- Espera.
- Movimientos innecesarios del trabajador.

5.2.7. VSM (Value Stream Mapping o Mapa de flujo de valor)

El mapa de flujo de valor (VSM, por sus siglas en inglés) es un tipo especial de herramienta de diagramas que es valiosa para el desarrollo de procesos esbeltos. Con esta técnica se visualizan flujos de productos por diversas etapas de procesamiento. La herramienta también ilustra flujos de información que resultan del proceso, así como información para controlar el flujo al interior del proceso (F.ROBERT JACOBS, s. f.). En la creación de un proceso es necesario entender el negocio de principio a fin, este tipo de herramienta Lean no se limita a la manufactura, también tiene aplicaciones en: servicios, logística, distribución o cualquier tipo de proceso. En cuanto la manufactura identifica los procesos que agregan valor y los que no agregan.

5.2.8. Lead Time

Es el tiempo desde que un cliente hace un requerimiento hasta que este es cumplido, el cual tiene internamente otros tiempos como el de compras, producción y entrega al cliente, que al ser sumados dará como resultado el tiempo total efectivo de entrega.

5.2.9. Takt Time

Es la velocidad a la cual el cliente hace un requerimiento y es el tiempo al cual un sistema de producción debe adaptarse para cumplir con las expectativas de sus clientes. Este cálculo puede ser basado en el tiempo disponible y las unidades demandadas. Debe ser diferenciado del tiempo de ciclo, el cual son las unidades de tiempo requerido para la fabricación de una pieza, concepto diferente al Tackt time, en el que el tiempo es definido por los clientes no por la empresa.

5.2.10. OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos)

La efectividad global del equipamiento de una planta o de un proceso productivo desarrollada por Seiichi Nakajima es el primer abordaje de realidades industriales con sistema complejo (*OEE*, s. f.). Es un método de la medición productiva que integra la disponibilidad, calidad y rendimiento. Esta eficiencia se mide respecto a la capacidad máxima en el periodo de producción planificada. Donde se indica la diferencia entre el desempeño realizado y el ideal por el periodo programado, incluye los desperdicios y es un indicador de eficiencia.

Es importante resaltar que tiene un ciclo de mejora, donde no se alcanza en solo un taller relámpago, es el resultado largo de un proceso de mejora, diariamente debe ser medido el OEE y aplicar las acciones correctivas. La metodología de mejora tiene tres pilares:

- Diagnostico
 - ✓ Definir: Seleccionar equipos críticos y objetivos para el negocio.
 - ✓ Medir: La medición del OEE durante 1 a 3 meses.
 - ✓ Analizar: Definir el Pareto de 7 pérdidas y seleccionar prioridades.
- Intervención
 - ✓ Implementar: Definir el plan de acción.
- Control
 - ✓ Verificar: Definir los niveles de reacción en casos de desviación.

- ✓ Asegurar: Estandarizar nuevas instrucciones de trabajo y nueva organización.

5.2.11. 8D (8 disciplinas)

El 8d fue concebido como un método para la resolución de incidentes de calidad aparecidos en el cliente externo. Siendo herramienta de calidad entre aquel y sus proveedores (*8D El método eficaz para la mejora continua*, s. f.). Es un plan sistemático y articulado para la resolución de problemas en 8 pasos, para tener éxito se debe elaborar un equipo que tenga clara la problemática abordar, al ser bien ejecutada evita la repetición de errores.

La herramienta establece unos principios para la solución de problemas, las cuales son:

- Lugar real (Gen-ba): Ir al lugar donde pasan las cosas, cuando pasan. Ver con sus propios ojos.
- Piezas o situación reales (Gen-butsumi): Mirar las piezas (o hechos) reales, comparar lo bueno de lo malo. Analizar las piezas reales comparándolas permite entender el problema.
- Datos reales (Gen-jitsu): Observar la realidad por sus propios ojos. Sobre el terreno se debe observar la situación, preguntar los sucesos a los colaboradores.
Se debe creer únicamente en los hechos y datos reales y evitar suposiciones.

5.2.12. Kaizen (Mejora continua)

Un mecanismo penetrante de actividades continuas, donde las personas involucradas juega un rol explícito, para identificar y asegurar impactos o mejoras que contribuyan a las metas organizacionales (Barraza, 2007). El KAI “cambiar” y ZEN

“mejorar”, es una palabra japonesa que significa mejoramiento continuo, que es aplicada en forma gradual y ordenada, esto involucra a todas las personas de la empresa.

En un taller KAIZEN se realizan actividades para modificar drásticamente a la organización de un área de trabajo, donde se establece una metodología específica y precisa. El alto esfuerzo de observación y análisis sobre el terreno de la actividad de producción es fundamental en su desarrollo, el trabajo promedio es de 3 días para un equipo multidisciplinario. Las herramientas aplicadas ayudan en:

- Reducir desperdicios (menos Muda)
- Mejorar la calidad y reducir la variabilidad (menos Mura)
- Mejorar las condiciones de trabajo (menos Muri)

5.2.13. JIT (Just in Time o Justo a tiempo)

La producción JIT de Toyota es un método para adaptarse a los cambios debidos a las dificultades internas y a las variaciones de la demanda haciendo que todos los procesos produzcan las cosas necesarias en el tiempo necesario y en la cantidades necesarias (Monden, 1996). Es importante que todos los procesos se conozcan en exactitud, el ritmo y las cantidades requeridas en un periodo de tiempo, generando la necesidad de tener varios programas de producción a todos los procesos, tanto para fabricación como los montajes finales del proceso. Esta filosofía es catalogada el sistema de empuje, sin embargo, este método no permite la adaptación con rapidez a fluctuaciones con la demanda, para lograr estos cambios la empresa debe tener programas de producción nuevos, por tal motivo la organización debe tener existencias para absorber las dificultades y las variaciones de la demanda.

5.2.14. Kanban

El sistema Kanban actúa bajo la filosofía Just Time (Jit), es decir, que lo que precise un determinado proceso de producción debe ir a buscarse en el proceso o suministro que le precede (sistema pull), siendo el objetivo fundamental obtenerlo en la cantidad y en el momento justo en que se necesita (justo a tiempo) (Arbós, 2012). Es un sistema de control mediante la señalización. Donde Kanban significa signo o tarjeta de instrucción en japonés. Algunas organizaciones utilizan zonas marcadas en el piso o en mesas para identificar el lugar de almacenamiento de materiales o productos, cuando el lugar asignado está vacío los procesos de suministro generan la ordenes de fabricación, para que el cuadro este con la cantidad requerida. En otras empresas manejan contenedores que tienen mecanismos para señalar la cantidad de producto que se tienen de inventario, algunos ejemplos de señales son tarjetas de color verde, amarillo y rojo.

5.2.15. AMEF (Failure Mode and Effect Analysis o Análisis de modo y efecto de la falla)

El AMEF, análisis de modo efecto y falla es una herramienta que relaciona las fallas o defectos de las características del proceso que afectan las salidas del proceso (Rivera, 2006). Es una técnica que permite la identificación de fallas o defectos antes que ocurran, reduce los costos de garantías, incrementa la confiabilidad de los productos/servicios, reduce los procesos, documenta los conocimientos sobre procesos, incrementa la satisfacción del cliente, mantiene el término Know-how en la compañía.

5.2.16. AS IS/ TO BE

El Mapeo de procesos AS IS / TO BE es una herramienta de gestión que ayuda en la descripción y la mejora de los procesos internos de la organización. Se dedica a la exploración del negocio de la empresa a través de metodologías y prácticas utilizadas en las actividades del día a día (Jessica Angeli, 2018). El AS IS, demuestra la situación actual y la realidad de los procesos organizacionales, con sus errores y aciertos. El TO BE estipula a dónde se quiere llegar al final de la evaluación del proceso.

5.3. Marco normativo/ legal.

Tabla 1.

Marco legal

Norma	Numeral	Requisito	Observación	Cumple	No cumple
ISO 45001	8. Operación	La organización debe establecer, implementar y mantener los procesos necesarios para cumplir con los requisitos del sistema de gestión de la SST	Se deben eliminar y reducir riesgos a través de la implementación de diferentes controles. La organización debe revisar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para mitigar cualquier efecto adverso, según sea necesario.		X
	9. Evaluación de desempeño	La organización debe establecer, implementar y mantener procesos para el seguimiento, la medición, el análisis y evaluación del desempeño.	Se debe determinar qué necesita seguimiento y medición, evaluando el grado de cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.		X
ISO 9001	7.1.2 Personas	La organización debe determinar y proporcionar las personas necesarias para la implementación eficaz de su sistema de gestión de la calidad y para la operación y control de sus procesos	La empresa determina las personas necesarias para la operación y control de sus procesos, infraestructura necesaria para lograr la conformidad de sus productos	X	
	7.1.3 Infraestructura	La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.	La empresa emplea software para garantizar la calidad de sus procesos e infraestructura requerida para su nivel de producción actual	X	
	7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos	La organización debe determinar, proporcionar y mantener el ambiente necesario para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.	No se cumple con el ambiente físico propicio (iluminación, ruido, temperatura)		X
	7.2 Competencia	La organización debe determinar la competencia necesaria de las personas que realizan, bajo su control, un trabajo que afecta al desempeño y eficacia del sistema de gestión de la calidad	Se asegura que las personas sean competentes, se valida su experiencia y formación, de ser necesario, se toman acciones para que el personal adquiera la competencia requerida.	X	
	8.2 Requisitos para los productos y servicios	La organización debe garantizar la comunicación con el cliente	La empresa se asegura de obtener la retroalimentación de los clientes relativa a los productos y servicios, incluyendo quejas de los clientes.	X	
	8.5.1 Control de la producción y de la provisión del servicio	La organización debe implementar la producción y provisión del servicio bajo condiciones controladas	No se tienen implementadas acciones para prevenir los errores humanos		X
			No se cuenta con actividades de seguimiento y medición en algunas etapas del proceso con el objetivo de verificar que se cumplen los criterios para el control de los procesos o sus salidas.		X

Nota. Norma ISO 9001 con requisitos enfocados en el proyecto. Autores.

6. Marco metodológico

6.1. Recolección de la información

6.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación tiene como paradigma la investigación mixta, la cual permite cuantificar y cualificar características propias de la investigación, permitiendo evaluar, ponderar e interpretar la información obtenida. Lo anterior con ayuda de la observación, encuestas, entrevistas, base de datos, indicadores y estadística del proceso productivo.

Este enfoque lleva a cabo el diagnóstico e interacción con los colaboradores y datos obtenidos, generando una interpretación de la información del proceso productivo de tubos para la extracción de aceite de palma.

Fases de estudio

Las etapas de la investigación se dividieron en 3 fases, con el fin de tener éxito en su ejecución.

Fase 1: Se realiza un diagnóstico en la empresa con el objetivo de determinar la situación actual del proceso productivo de tubos para la extracción de aceite de palma, partiendo de la información de fuentes primarias.

Fase 2: En esta fase se analiza la información obtenida en el diagnóstico previamente realizado en la compañía, a través de herramientas Lean Manufacturing como: diagramas de Pareto, diagrama de Ishikawa, 5 porqués, Lead time, 8D, OEE e indicadores financieros. Una vez obtenidos los datos de las herramientas aplicadas se tabularán y se iniciará el análisis de cada una.

Fase 3: Una vez analizado el proceso productivo se aplicarán herramientas con el fin de dar solución a las problemáticas evidenciadas en el sistema productivo de la organización. la herramienta 8D, con el fin de solucionar problemas, donde se establecerá un equipo interdisciplinario entre 4 y 6 personas, con un líder de equipo, que tenga el conocimiento, el tiempo, la autoridad y la habilidad para solucionar el problema e implementar las acciones correctivas necesarias, posterior al anterior paso se realizará la descripción del problema, implementación y verificación de una solución temporal, análisis de causa raíz, desarrollo de soluciones permanentes, implementación y validez de las soluciones permanentes, prevenir recurrencias y cerrar el problema reconociendo las contribuciones del equipo del proyecto de investigación.

Población

Se trabajó con los colaboradores de la empresa metal mecánica, de un total de 10 personas entre hombres y mujeres, donde los cargos desempeñados son: Auxiliar 1, Auxiliar 2, Soldador, jefe de producción y gerente de operaciones, esto se debe a que son las personas que intervienen directa e indirectamente en la fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma.

6.1.2. Fuentes de obtención de información

6.1.1.1.Fuentes primarias: Las fuentes de información primaria fueron suministradas por el gerente de operaciones Jeison Orlando Cuervo Cortázar y colaboradores respecto al funcionamiento de la maquinaria para la fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma y

adicional a la observación y análisis de los investigadores que participaron en la investigación.

6.1.1.2.Fuentes secundarias: Las fuentes de información secundarias fueron obtenidas a través de consultas: bibliográficas sobre la filosofía Lean Manufacturing, bases de datos académicas, artículos, sitios web y repositorios de universidades nacionales e internacionales.

6.1.3. Herramientas

Las herramientas utilizadas en el proyecto de investigación son:

- Takt time
- VSM
- Análisis de capacidad
- Diagrama de Pareto
- OEE
- 5S
- Kanban
- 8D
- AMEF

6.1.4. Metodología

Para dar cumplimiento al primer objetivo, los investigadores realizaron una visita a la empresa con el propósito de realizar el diagnóstico al sistema productivo actual y comprender el flujo de este, en esta fase se realizó el diagrama de procesos, cálculo del Takt Time, análisis de capacidad, VSM y 8D en la fase diagnóstico por cada uno de los

procesos. La aplicación de estas herramientas Lean, permitieron identificar los principales procesos que están generando tiempos que no agregan valor en la transformación de los tubos, los cuales son: perforado, almacenamiento y tiempos de espera.

El análisis de la información obtenida en la fase de diagnóstico, correspondiente al segundo objetivo específico del proyecto, se llevó a cabo a través de uso de herramientas como el diagrama de Pareto, 8D fase analítica e indicadores de proceso (OEE); estas permitieron llegar a las causas raíz de los problemas para posteriormente generar propuestas de mejora.

Para determinar las herramientas Lean Manufacturing que mejor se adecuan a la situación actual de la compañía, se realiza un matriz de acuerdo con los resultados obtenidos en las fases de diagnóstico y análisis, obteniendo por resultado la implementación de las siguientes herramientas: adecuación de puestos de trabajo, ajuste de VSM, desarrollo e implementación de 8D, Kanban, 5S, Poka Yoke y capacitaciones.

Tabla 2.

Matriz análisis de herramientas

FASE	HERRAMIENTA	RESULTADO	PROPUESTA
Diagnóstico	Diagrama de flujo	Cuando no se cuenta con materias primas el Lead time incrementa, si no se cumple con los parámetros de calidad en el proceso de rayado y perforado, se presentan los mayores reprocesos.	Adecuación puestos de trabajo
	Takt Time	Ajustar el proceso para hacer una fila en 12 minutos	Ajuste de VSM
	Análisis de capacidad	Se debe ajustar el proceso para entregar al cliente el producto en 5 días	

	VSM	Se identifican los procesos con mayor presencia de desperdicios	
Análisis	Diagrama de Pareto	Se observa que la causa principal de QRS son los tiempos de entrega al cliente de acuerdo con lo pactado, con un 48,6% de impacto.	Desarrollar e implementar 8D
	8D	Se describe el problema, se analizan las causas, se realizan las acciones correctivas, se controlan, se previene la recurrencia del problema y se reconocen los esfuerzos del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Kanban • 5S • Poka Yokes • Capacitación
	OEE	Se evidencia que el OEE se encuentra en el 66% a nivel general en la empresa, lo que nos indica que es aceptable, comprendiendo que se encuentra en proceso de mejora.	Adecuación puestos de trabajo

Nota. Mediante esta matriz se identifican las herramientas que permitirían mejorar el proceso productivo de la empresa. Autores.

6.1.5. Información recopilada

6.1.5.1.8D fase 1 y fase 2

Se desarrolla la metodología de las 8 disciplinas para la obtención de la causa raíz del problema, para el cual se comienza con la conformación de un equipo interdisciplinario de 5 personas (D1), teniendo como líder al gerente de operaciones el cual tiene: conocimiento, tiempo, autoridad y habilidad para solucionar los problemas e implementar las acciones correctivas necesarias. También se fija: la estructura, metas, roles, procedimientos y las interrelaciones del equipo de trabajo.

Figura 1.*D1-Conformación de Equipo de Trabajo*

D1 EQUIPO	No. 1	Tema:	Problema: Aumento del 20% en las quejas y reclamos recibidos en el primer semestre del año 2021			
		Líder:	Jeison Orlando Cuervo Cortazar			
		Equipo:	(Jesbleidy Sánchez) (Darlís Torres)			
			(Orlando Cuervo) (Zoraida Cortazar)			
		Fecha Inicio:	01-sep-2021	Línea:	Tubos para la extracción de aceite de palma	
		Fecha Cierre:	19-nov-2021	Proceso:	Perforado	

Nota. Conformación de equipo multidisciplinario para metodología 8D. Autores.

Una vez desarrollado la primera D, se realiza la descripción del problema (D2), donde se recopilan las percepciones y los datos de los implicados en el problema, con el fin de generar una descripción de la problemática.

Figura 2.*D2-Descripción del Problema*

D2: Descripción del problema	¿CUÁL ES EL PROBLEMA?	¿POR QUÉ ES UN PROBLEMA?	¿QUIÉN DETECTÓ EL PROBLEMA?	
	Problema: Aumento del 20% en las quejas y reclamos recibidos en el primer semestre del año 2021	Pérdida de posibles proyectos y credibilidad frente a los clientes.	Gerente de operaciones de la empresa	
			¿CUÁNTO?	
				20% de aumento en estas referencias.
	¿CUÁNDO FUE DEECTADO EL PROBLEMA?	¿CÓMO FUE DETECTADO EL PROBLEMA?	¿DÓNDE FUE DETECTADO EL PROBLEMA?	
	El problema fue detectado tras realizar los análisis de los históricos del primer semestre del 2021	Realizando análisis con diagramas de Pareto sobre los históricos.	En la oficina de mejora continua de la empresa.	

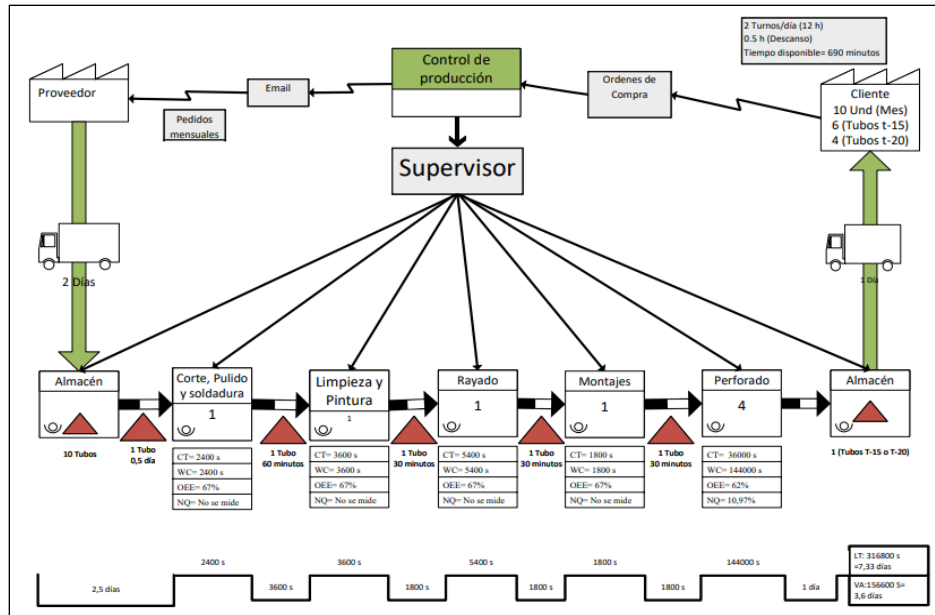
Nota. En la figura 2 se evidencia la descripción del problema. Autores.

6.1.5.2.VSM (Value Stream Mapping-Mapa de flujo de valor)

El VSM se aplica con el objetivo de comprender e identificar el flujo del proceso actual, para posterior a esto, realizar el análisis de los desperdicios del proceso.

Figura 3.

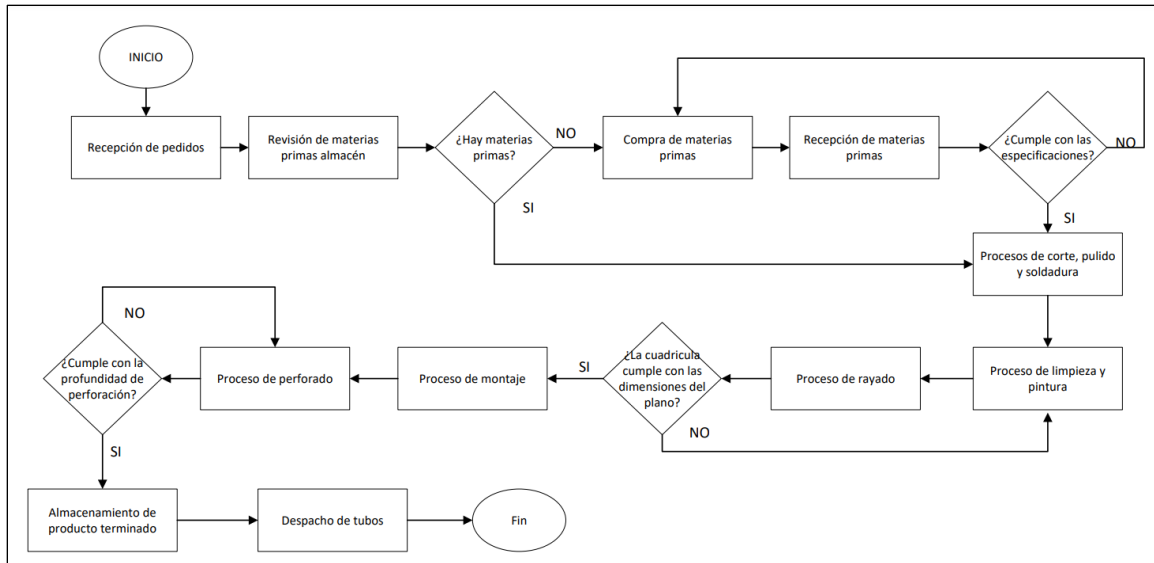
VSM Actual de la Empresa



Nota. VSM actual de la empresa, con un Lead time de 7,33 días, tiempos que agregan valor de 3,6 días y 3,73 días que no agregan valor. Autores.

6.1.5.3. Diagrama de flujo

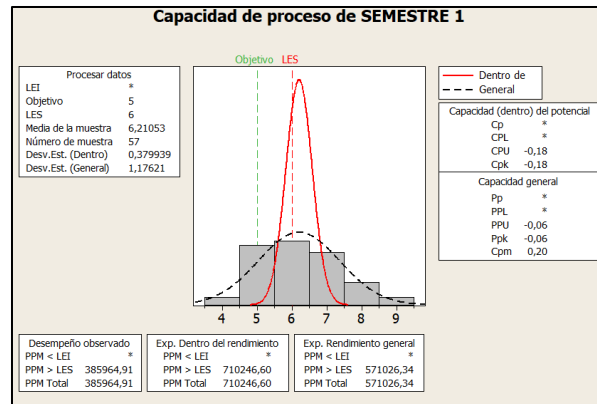
Partiendo del VSM actual de la empresa se realiza el diagnóstico de los procesos que intervienen en la fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma, donde se tiene un diagrama de flujo del proceso, el cual permite identificar las actividades y decisiones en la cadena de suministro de la empresa.

Figura 4.*Diagrama de Flujo del Proceso*

Nota. En el diagrama de proceso de la empresa se evidencian 11 procesos y 4 decisiones para la fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma. Autores.

6.1.5.4. Índices de capacidad

En el primer semestre del año 2021 se analiza los tiempos de entrega de los tubos para la extracción de aceite de palma, que tiene como resultados un Cpk de -0,18, siendo un proceso no capaz respecto al objetivo y al límite superior. Con una desviación estándar de 1,17 respecto a una muestra de 57 datos.

Figura 5.*Análisis de Capacidad Primer Semestre 2021*

Nota. En la figura 5 se observa el análisis de capacidad en las entregas del primer semestre del año 2021. Autores.

6.2. Análisis de la información

Teniendo en cuenta el VSM actual de la cadena de suministros de la empresa metal mecánica, se identificaron los siguientes desperdicios:

- Calidad: de acuerdo con los requerimientos del cliente se tiene la no calidad del 10.97% en la perforación de la tubería.
- Esperas: el mayor tiempo se evidencia en la recepción de materias primas y en los almacenamientos en proceso, con tiempos de 2,5 días y con 3,73 días respectivamente.
- Movimientos: La búsqueda de herramientas e instrumentos de medición ocasionan que los colaboradores tengan un número mayor de desplazamientos innecesarios.

- Reprocesos: En la actividad de marcado no se cuenta con una herramienta que permita asegurar las características (Distancia y profundidad) de la perforación.

6.2.1. Takt Time

Los tubos tienen un total de 190 filas, el cliente requiere 57 filas/día, para un tiempo de perforación de 3,3 días, para tener un Lead time de entrega de 5 días por tubo.

Tabla 3.

Takt Time (Segundos/fila)

Tiempo disponible día	720	Minutos
Descanso	30	Minutos
Tiempo disponible	690	Minutos
Demanda	57	(filas/día)
Tackt Time =	Tiempo producción disponible/ Cantidad diaria requerida	
Tackt Time =	12,1053	minutos/Fila
Tackt Time =	726,3158	segundos/Fila

Nota. Velocidad de filas/segundo de acuerdo con los requerimientos del cliente.

Autores.

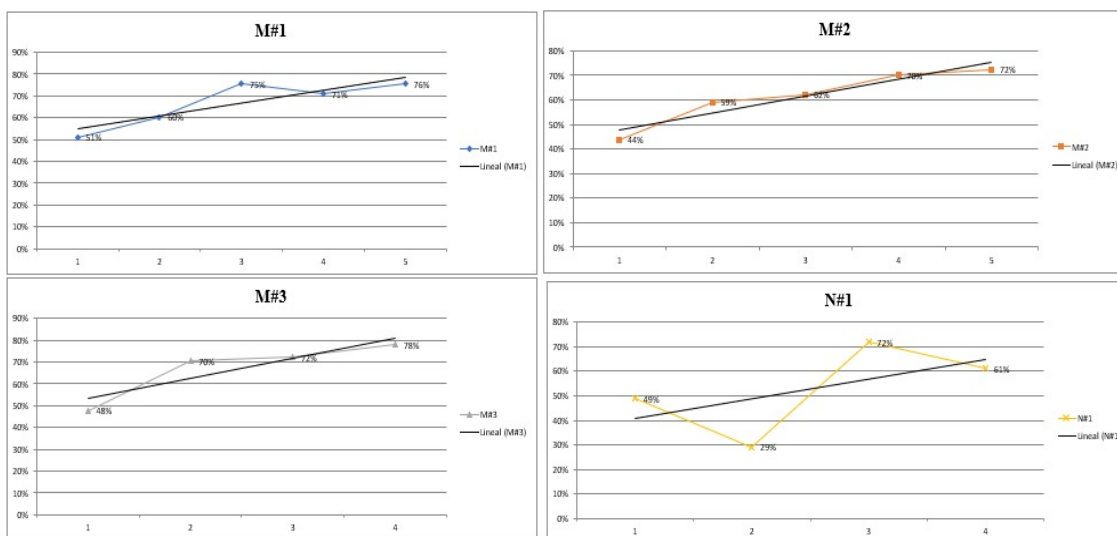
6.2.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos)

El indicador del OEE muestra una efectividad en el primer semestre del año 2021 bajo, por condiciones de disponibilidad y rendimiento en el proceso de perforado.

Tabla 4.*OEE Primer Semestre 2021*

MÁQUINA	MES	OEE	EFFECTIVIDAD	CARACTERÍSTICA
M#1	ENERO	51%	<60%	Es inaceptable
M#2	ENERO	44%	<60%	Es inaceptable
M#1	FEBRERO	60%	<60%<70%	Aceptable si esta en proceso de mejora
M#2	FEBRERO	59%	<60%	Es inaceptable
M#3	FEBRERO	48%	<60%	Es inaceptable
N#1	FEBRERO	49%	<60%	Es inaceptable
M#1	MARZO	75%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
M#2	MARZO	62%	<60%<70%	Aceptable si esta en proceso de mejora
M#3	MARZO	70%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
N#1	MARZO	29%	<60%	Es inaceptable
M#1	ABRIL	71%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
M#2	ABRIL	70%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
M#3	ABRIL	72%	<70%<80%	Muy buena (clase mundial)
N#1	ABRIL	72%	<70%<80%	Muy buena (clase mundial)
M#1	MAYO	76%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
M#2	MAYO	72%	<60%<70%	Muy buena (clase mundial)
M#3	MAYO	78%	<70%<80%	Muy buena (clase mundial)
N#1	MAYO	61%	<60%	Aceptable si esta en proceso de mejora

Nota. Se tienen los resultados del OEE del primer semestre del año 2021, para las máquinas que fueron programadas en este periodo. Autores.

Figura 6.*Tendencia de Indicador OEE*

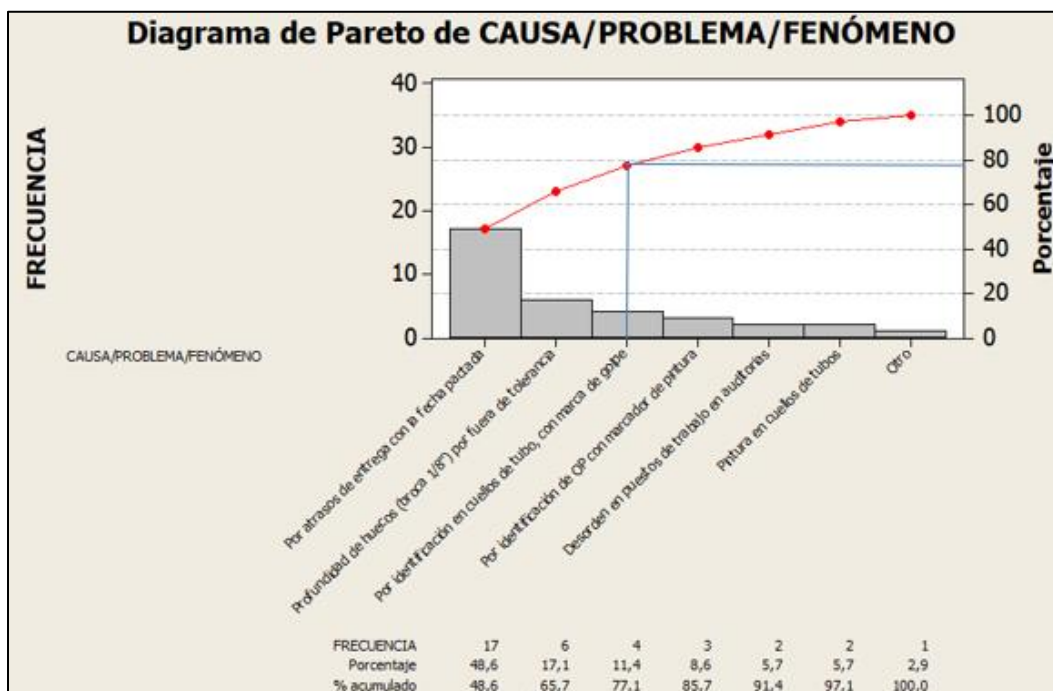
Nota. De acuerdo con la tabla 5 se realiza la tendencia de resultados que obtuvieron las máquinas. Autores.

6.2.3. Diagrama de Pareto (QRS)

Se revisa el indicador de quejas y reclamos recibidas en el primer semestre del año 2021, donde se tiene un aumento del 20% para este periodo, se realiza un análisis con el diagrama de Pareto, donde la causa más representativa es el incumplimiento en las entregas, con un porcentaje de impacto del 48,6%.

Figura 7.

Diagrama de Pareto de Quejas y Reclamos Primer Semestre Año 2021



Nota. En la figura 7 se observa el diagrama de Pareto de quejas y reclamos del primer semestre del año 2021. Autores.

6.2.4. 8D Fase 3, 4 y 5.

Posterior al desarrollo de las dos primeras D, se plantea una solución temporal para mitigar los impactos generados a los clientes.

Figura 8.*D3-Implementar Solución Temporal***D3. Implementar solución temporal**

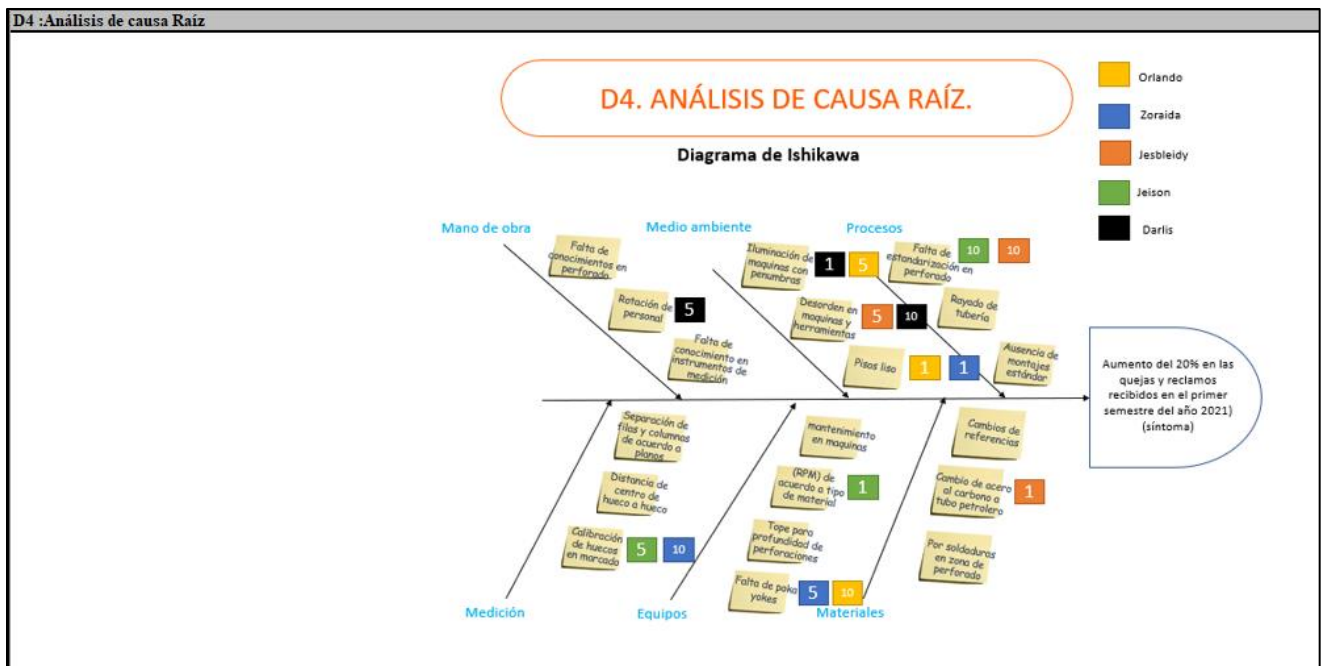
Realizar los análisis de los PQRS y tomar la decisión de hacer una reposición de producto o una negociación de entrega para una próxima vez.

Nota. La figura 8 muestra la solución temporal planteada por el equipo del proyecto. Autores.

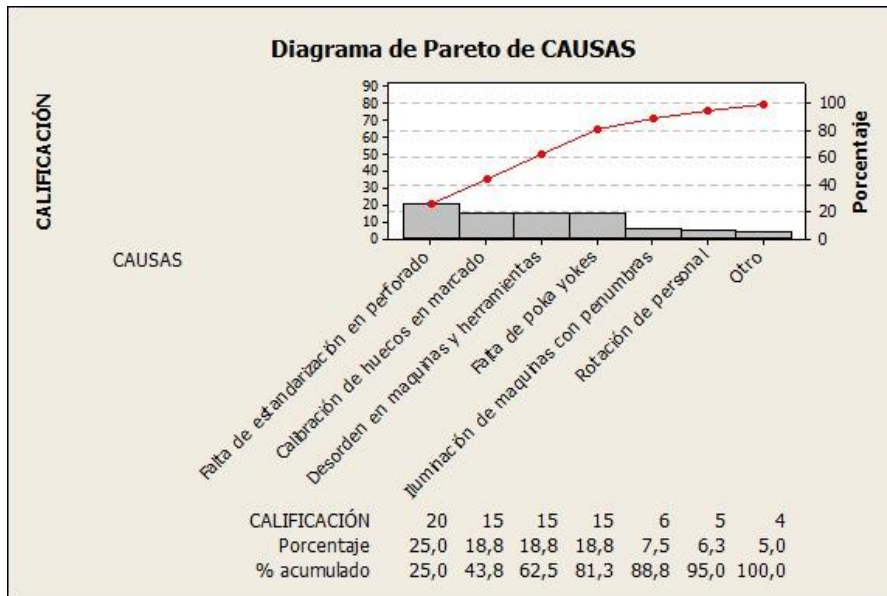
En la cuarta D se realiza una lluvia de ideas con el equipo del proyecto, partiendo del síntoma y con la estructura de las 6 m, posterior a este paso cada miembro del equipo califica las 3 causas que consideren las más importantes, esto con el fin de ser evaluadas con la técnica de los 5 porqués y llegar a la causa raíz del problema. En la ilustración 8 y 9 se observa el diagrama causa efecto y la técnica de los 5 porqués.

Figura 9.

D4-Análisis del Problema



Nota. En la figura 9 se observa el diagrama causa efecto. Autores.

Figura 10.*Pareto de diagrama causa-efecto*

Nota. Partiendo del diagrama de causa-efecto, se realiza el diagrama de Pareto donde se identifican las primeras cuatro causas representan el 80% de los problemas de la empresa.

Autores.

Tabla 5.*Técnica de los 5 Porqués*

Posibles causas	V	¿Por qué?	V	¿Por qué?	V
Falta de estandarización en perforado	o	Se hace el proceso de diferentes maneras, según el operario	o	Por que no se cuenta con un instructivo	o
Desorden en máquinas y herramientas	o	Por falta de implementación de 5s	o	Por desconocimiento de la metodología	o
Calibración de huecos en marcado	o	Por falta de experticia en instrumentos de medición	o	Por capacitación	o
Falta de Poka Yokes	o	Por mejoramiento de maquinaria	o	Por poco tiempo de apertura de la empresa	o
Iluminación de máquinas con penumbras	o	Falta de adecuaciones locativas	o		o
Rotación de personal	o	Por factores externos			
Pisos lisos	o	Por refrigerante en el piso	o	Por mejoramiento de maquinaria	o
(RPM) según tipo de material	o	Por condiciones de los productos vendidos			

Nota. Con el fin de validar la priorización de causas del diagrama Pareto, se realiza la técnica de los 5 porqués para corroborar que las causas identificadas son las que generan mayor impacto en las problemáticas de la empresa. Autores.

6.3. Propuesta de solución

Partiendo del diagnóstico y el análisis del proceso de fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma, sigue con el planteamiento de la propuesta de solución con ayuda de la herramienta 8D, para esto se desarrolla la quinta D que consiste en realizar soluciones permanentes a la causa del problema.

Tabla 6.

Propuestas 8D

D5 Desarrolle soluciones permanentes					
Acción	Correctiva / preventiva	Responsable	Fecha de compromiso	Estandarización	Verificación
Realizar propuesta de VSM	Correctiva/preventiva	Jesbleidy Sánchez/Darlis Torres	10/09/2021	OK	100%
Creación de un instructivo para el proceso de perforado	Correctiva	Jesbleidy Sánchez/Darlis Torres	08/09/2021	OK	100%
Propuesta 5s	Correctiva/preventiva	Jeison Cuervo	15/09/2020	OK	100%
Realizar propuesta de KANBAN	Correctiva/preventiva	Jeison Cuervo	29/09/2020	OK	100%
Hacer capacitación de instrumentos de medición	Correctiva/preventiva	Jeison Cuervo	07/10/2020	OK	100%
Crear Poka Yokes para proceso de perforado	Preventiva	Jeison Cuervo	07/10/2020	OK	100%
Realizar propuestas de adecuación de puestos de trabajo	Correctiva/preventiva	Jeison Cuervo/Jesbleidy Sánchez/Darlis Torres	13/10/2020	OK	100%

Nota. La tabla 7 muestra las soluciones propuestas. Autores.

6.3.1. VSM propuesto

De acuerdo con las soluciones planteadas anteriormente el objetivo es la reducción del Lead time del cliente, por tal motivo se realiza el VSM propuesto, que tiene los siguientes cambios:

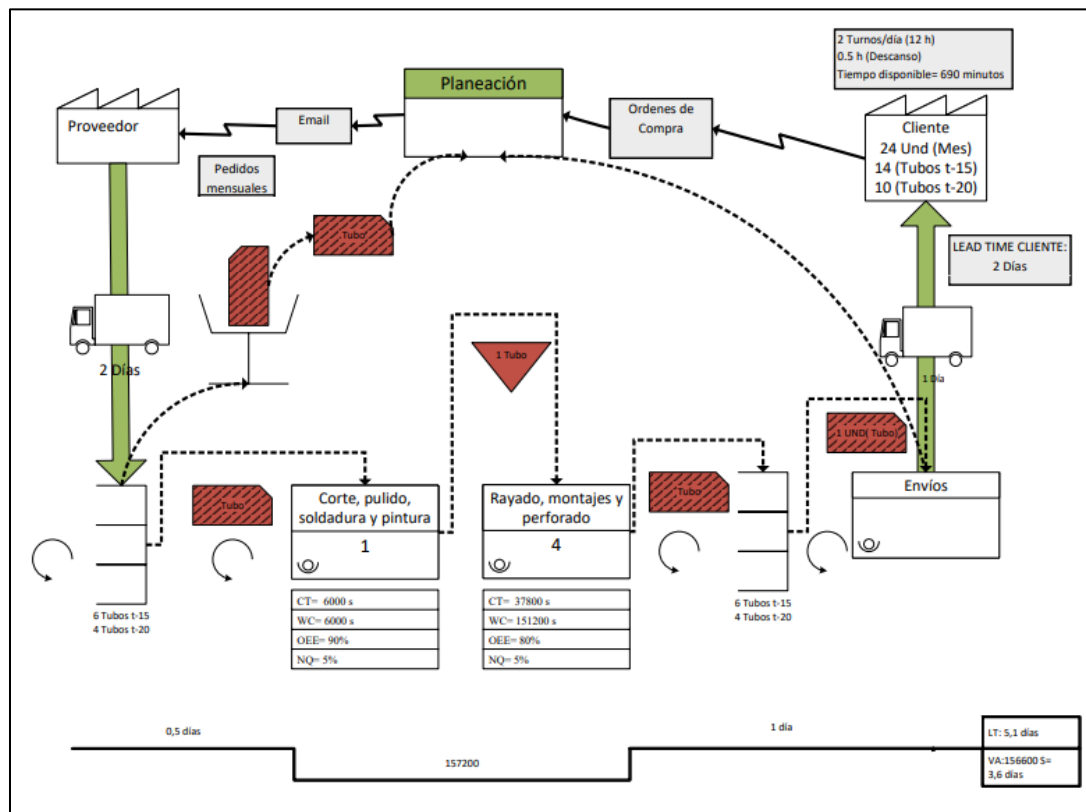
- Kanban de materias primas.
- Procesos lineales por células de trabajo.
- Kanban de producto terminado.
- Lead time del cliente de 7,33 días a 2 días.

- Lead time del proceso de 7,33 días a 5,1 días.
- Aumento de la oferta de 10 tubos a 24 tubos mensuales.

Para lograr esta reestructuración se utilizarán herramientas Lean Manufacturing que disminuyan los desperdicios del proceso.

Figura 11.

VSM Propuesto



Nota. En la figura 11 se observa la propuesta del VSM, con un Lead Time del cliente de 2 días y un Lead time de proceso de 5,1 días. Autores.

6.3.2. Instructivo para proceso de perforado

Con el fin de estandarizar el proceso, se realiza la propuesta de un instructivo del proceso que permita establecer el paso a paso de cada actividad en el perforado de la tubería para la extracción de aceite de palma.

6.3.3. 5 S

Uno de los desperdicios del proceso de fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma son los movimientos, esto se debe a que la herramienta necesaria para cada máquina no se encuentra disponible en las áreas de trabajo, por tal motivo los colaboradores tienen que hacer caminatas para su búsqueda. Con el fin de reducir los movimientos y búsquedas se plantea la propuesta de la metodología 5S, la cual se dividirá en 7 fases:

- La primera fase establecerá como objetivo de área las herramientas necesarias para los procesos de: Rayado, montajes y perforado. También se definirá el nombre de la metodología como organización de puesto de trabajo.
- Después de tener claro el objetivo de la metodología 5S se realizará una capacitación a todos los miembros del equipo de la empresa, esto con la asesoría de la empresa Lean Solutions.
- Posteriormente a la segunda fase se comenzará con la implementación de la primera S, donde se clasificará que es necesario y lo que no es necesario en las áreas de trabajo, la identificación de elementos que hacen falta para el correcto funcionamiento de la operación, la eliminación de los innecesarios (Equipo

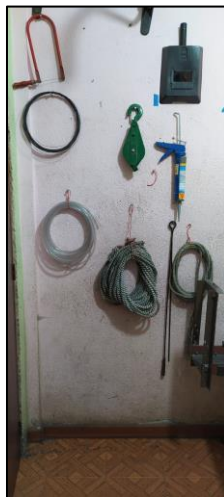
obsoleto, Averiados, Fuera de sitio, desechos y sobrantes), ir de casería;

buscando posibles mejoras y finalmente la documentación de esta primera S.

- En la segunda S se dará una ubicación a las herramientas necesarias para los procesos de la empresa, donde se marcarán las zonas asignadas a cada elemento, esto con el fin de tener un control visual en el entorno de trabajo.
- En la tercera S se estandarizará el proceso de limpieza diario y se harán seguimientos a las áreas de trabajo, para lo cual será necesario determinar metas, métodos y responsabilidades.
- En la cuarta S se asignarán responsables de las 3 primeras S, se evitarán retrocesos con el seguimiento diario y se verificarán las bondades de las 3 primeras S, mediante una matriz y plano con los periodos establecidos de tiempo en las revisiones.
- En la quinta S se harán revisiones mensuales con los colaboradores, en sus conductas y empoderamiento de la herramienta, esto apoyado de auditorías que irán encaminadas a verificar los siguientes criterios: eliminar, organizar, limpiar, estandarizar y respetar.
- Con la identificación de los criterios se crearán concursos de mejora continua en las áreas de trabajo, apoyados por los colaboradores implícitos a los procesos de la empresa.

Figura 12.*Herramientas Desorganizadas*

Nota. En la figura 12 se evidencia la herramienta desorganizada. Autores.

Figura 13.*Herramientas Clasificadas*

Nota. En la figura 13 se observa la herramienta clasificada y organizada para el proceso de perforado. Autores.

Figura 14.

Herramientas Necesarias para las Máquinas



Nota. En la figura 14 se muestra la herramienta necesaria para el perforado de la tubería.

Autores.

Figura 15.

Puesto de Trabajo de Perforado



Nota. En la figura 15 se evidencia el puesto de trabajo para la perforación de tubería.

Autores.

6.3.4. Kanban

Con el fin de reducir el Lead time del cliente se propone hacer dos supermercados Kanban, los cuales son: materias primas y producto terminado. Para lo cual se realiza una clasificación ABC respecto el costo de los tubos y este se combina con la técnica de rotación XYZ, donde X son los productos que más rotan, Y tienen una rotación intermedia y Z son los que casi nunca rotan, ejercicio que se realiza respecto la base de datos de ventas del año 2020, obteniendo como resultado que los tubos T-15(Lámina de 5/8"), T-20 (Lámina de 1/2") y T-20 (Lámina de 5/8") son las referencias que deberían tener almacén de Kanban para materias primas y producto terminado. En la tabla 4 se observa este análisis basado en costos y rotación de las referencias de la empresa.

Tabla 7.

Análisis de Costos y Rotación de las Referencias de Tubos

N°	Descripción	Valor unitario (\$)	Total/ semestre	Promedio	Desviación Estándar	Desviación Estándar/día	%	% acumulado	XYZ	Costo promedio	%	% acumulado	ABC	XYZ/ABC	Modelo
1	TUBO T-15 (EN LAMINA DE 5/8")	\$ 600.000	44	4,500	4,870	0,221	46,32%	46,32%	X	\$ 2.700.000	39,78%	39,78%	A	AX	Kanban/ JAT
4	TUBO T-20 (GUAICRAMO)	\$ 700.000	26	3,000	6,928	0,315	27,37%	73,68%	X	\$ 2.100.000	30,94%	70,72%	A	AX	Kanban/ JAT
2	TUBO T-20 (EN LAMINA 5/8")	\$ 700.000	8	1,000	2,138	0,097	8,42%	82,11%	Y	\$ 700.000	10,31%	81,03%	B	BY	Kanban/ JAT
3	TUBO T-5	\$ 800.000	4	0,500	1,414	0,064	4,21%	86,32%	Y	\$ 400.000	5,89%	86,92%	B	BY	Pronóstico
5	JUEGO STRAINER T-15	\$ 800.000	3	0,375	0,518	0,024	3,16%	89,47%	Y	\$ 300.000	4,42%	91,34%	B	BY	Pronóstico
6	TUBO T-10 (EN LAMINA DE 5/8")	\$ 800.000	4	0,250	0,707	0,032	4,21%	93,68%	Y	\$ 200.000	2,95%	94,29%	B	BY	Pronóstico
7	JUEGO STRAINER P-15	\$ 800.000	1	0,125	0,354	0,016	1,05%	94,74%	Y	\$ 100.000	1,47%	95,76%	C	CY	Pronóstico
8	JUEGO STRAINER T-12	\$ 750.000	1	0,125	0,354	0,016	1,05%	95,79%	Z	\$ 93.750	1,38%	97,15%	C	CZ	Pronóstico
9	TUBO T-12 (EN LAMINA DE 1/2")	\$ 350.000	2	0,250	0,707	0,032	2,11%	97,89%	Z	\$ 87.500	1,29%	98,43%	C	CZ	Bajo Pedido
10	JUEGO STRAINER PARTE CURVA P-15	\$ 425.000	1	0,125	0,354	0,016	1,05%	98,95%	Z	\$ 53.125	0,78%	99,22%	C	CZ	Bajo Pedido
11	JUEGO STRAINER PARTE CURVA T-12	\$ 425.000	1	0,125	0,354	0,016	1,05%	100,00%	Z	\$ 53.125	0,78%	100,00%	C	CZ	Bajo Pedido

Nota. En la tabla 8 se observa el análisis basado en costos y rotación de las referencias de la empresa. Autores.

De acuerdo con lo anterior se realiza un análisis respecto al promedio de unidades vendidas en el año 2020 y el costo de las referencias, generando la siguiente

clasificación: AX, BX, CX, AY, BY, CY, AZ, BZ, CZ, donde las referencias AX tienen un porcentaje promedio del 70,72% respecto al costo, un 23,57% para productos BY, el 1,47% de tubos CY y un 4,24% de referencias que no rotan.

Tabla 8.

Promedio de Costos

	A	B	C	TOTAL
X	\$ 4.800.000	\$ 0	\$ 0	\$ 4.800.000
Y	\$ 0	\$ 1.600.000	\$ 100.000	\$ 1.700.000
Z	\$ 0	\$ 0	\$ 287.500	\$ 287.500
TOTAL				\$ 6.787.500

Nota. En la tabla 9 se evidencia el promedio de costos. Autores.

Tabla 9.

Porcentaje de Participación

	A	B	C	TOTAL
X	70,72%	0,00%	0,00%	71%
Y	0,00%	23,57%	1,47%	25%
Z	0,00%	0,00%	4,24%	4%
TOTAL				100%

Nota. En la tabla 10 se muestra el porcentaje de participación de la clasificación XYZ/ABC. Autores.

Partiendo del anterior análisis se calcula la cantidad de tubos que se deben tener para las tres referencias antes analizadas, también la clasificación de las tarjetas que servirán como ayuda visual cada vez que se haga un pedido de los clientes internos o externos de la empresa.

Tabla 10.

Modelo Kanban

A Ref.	B Promedio (mensual)	C Numero de piezas por contenido r	D Mínimo Kanban para producción de lote	E Tiempo para Reponer el stock (Lead time)	F No de k para cubrir el periodo	G Desviación/día del cliente en pzas	H Calculo de No de K por desviación del cliente	I Eficiencia del proceso OEE	J No de K por Desviación manufactur a	K Stock de emergencia	L No de k por stock de emergencia (k)	M Total numero de k (k)	N Cantidad de inventario Max (días)	O Nivel verde (k)	P Nivel amarillo	Q Nivel rojo
	Pza	Pza	Kanban	meses	Kanban	Pzas	Kanban	%	Kanban	meses	(k)		(días)	Kanban	Kanba	Kanban
TUBO T-15 (EN LAMINA DE 5/8")	4,5	1	1	0,318181818	2	0,221	0	61%	2	0	0	4	0,9	1,0	3	0
TUBO T-20 (GUAI(CRAMO))	3	1	1	0,272727273	1	0,315	0	61%	1	0	0	2	0,7	1,0	1	0
TUBO T-20 (EN LAMINA 5/8")	1	1	1	0,272727273	1	0,097	0	61%	1	0	0	2	2,0	1,0	1	0

Nota. En la tabla 11 se evidencia el procedimiento del almacén de Kanban.

Autores.

Figura 16.

Tablero de Tarjetas

KANBAN-2020					
MP (T-15)	NP (T-20)	MP (T-206)	PT (T-15)	PT (T-20)	PT (T-206)
4	2	2	4	2	2
3	1	1	3	1	1
2			2		
1			1		

Nota. La figura 16 muestra un ejemplo del tablero Kanban a utilizar para materias primas y producto terminado. Autores.

Figura 17.

Ejemplo de almacén Kanban



Nota. En la figura 17 se observa un ejemplo del almacén Kanban para materias primas y producto terminado. Autores.

6.3.5. Capacitación instrumentos de medición

Con el fin de generar control de calidad en el proceso de perforado, se plantea hacer una capacitación del uso del calibrador pie de rey, instrumento necesario para el control de dimensiones de profundidad de la perforación y distancia entre centro y centro de cada perforación de los tubos. En las ilustraciones 18 y 19 se observan los controles dimensionales de la perforación.

Figura 18.*Medición Entre Centros de Perforación*

Nota. En la figura 18 se muestra la correcta medición de las perforaciones entre centros. Autores.

Figura 19.*Verificación de Profundidad de Huecos*

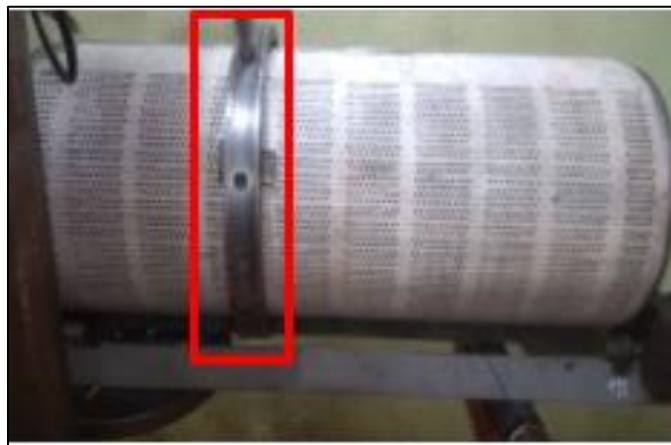
Nota. En la figura 19 se observa la forma de medir la profundidad de las perforaciones con broca de 5/32". Autores.

6.3.6. Poka Yokes para proceso de perforado

La propuesta de creación de Poka Yokes apuntara a la disminución de tiempos en el proceso de perforado y mejorar la calidad en las profundidades de las perforaciones en el proceso de marcado de la tubería, donde la perforación inicial es con broca de 5/32" en un espesor de 5/8", para cumplir con la profundidad de 8 mm requerida por el cliente. Después se pasará una broca de 1/8" para la profundidad faltante de 7 mm, para lo cual es necesario tener dispositivos que sirvan como tope para cumplir con los requerimientos de perforación. Por otra parte, para facilitar el trabajo se requiere de anillos de acuerdo con el diámetro exterior del tubo que permitan el movimiento de este, también dispositivos que se ajusten a las longitudes de los tubos.

Figura 20.

Dispositivo para Movientes de Tubos



Nota. En la figura 20 se observa el Poka Yoke para el movimiento de la tubería. Autores.

Figura 21.

Dispositivo de topes



Nota. La figura 21 muestra el Poka Yoke para la profundidad de las perforaciones.

Autores.

Figura 22

Dispositivo para Regular los Movimientos en los Tubos



Nota. La figura 22 evidencia el Poka Yoke para regular los movimientos de la tubería.

Autores.

Figura 23.

Dispositivo para Giro de Tubos



Nota. La figura 23 muestra los Poka Yoke para el ajuste de los tubos, de acuerdo con su longitud. Autores.

6.3.7. Adecuación puestos de trabajo

De acuerdo con el estudio del puesto de trabajo, se evidencia la necesidad de hacer una propuesta de mejora en el proceso de perforado, se requiere colocar diferentes puntos de iluminación para reducir la fatiga visual para el proceso de perforado, la creación de tarimas para que el colaborador quede a una altura de 1,80 metros respecto a las palancas de avance de las máquinas. Finalmente, el apalancamiento con la propuesta de 5S para tener el área de trabajo con las herramientas necesarias y evitar incidentes o accidentes en el puesto de trabajo.

Figura 24.

Iluminación de puestos de trabajo



Nota. En la figura 24 se observa la propuesta de iluminación para todas las máquinas de perforado. Autores.

Figura 25.

Dispositivos para altura de colaborador



Nota. En la figura 25 se evidencia la propuesta de tarimas para todas las máquinas de perforado. Autores.

6.3.8. D6 (Validación de soluciones permanente)

Una vez puesto en ejecución las anteriores propuestas se pasarán a un proceso de verificación a las acciones correctivas, este proceso se desarrollará en la sexta D, donde se medirá semanalmente los avances respecto a las metas establecidas de la reducción de los tiempos de entrega a los clientes.

Tabla 11.

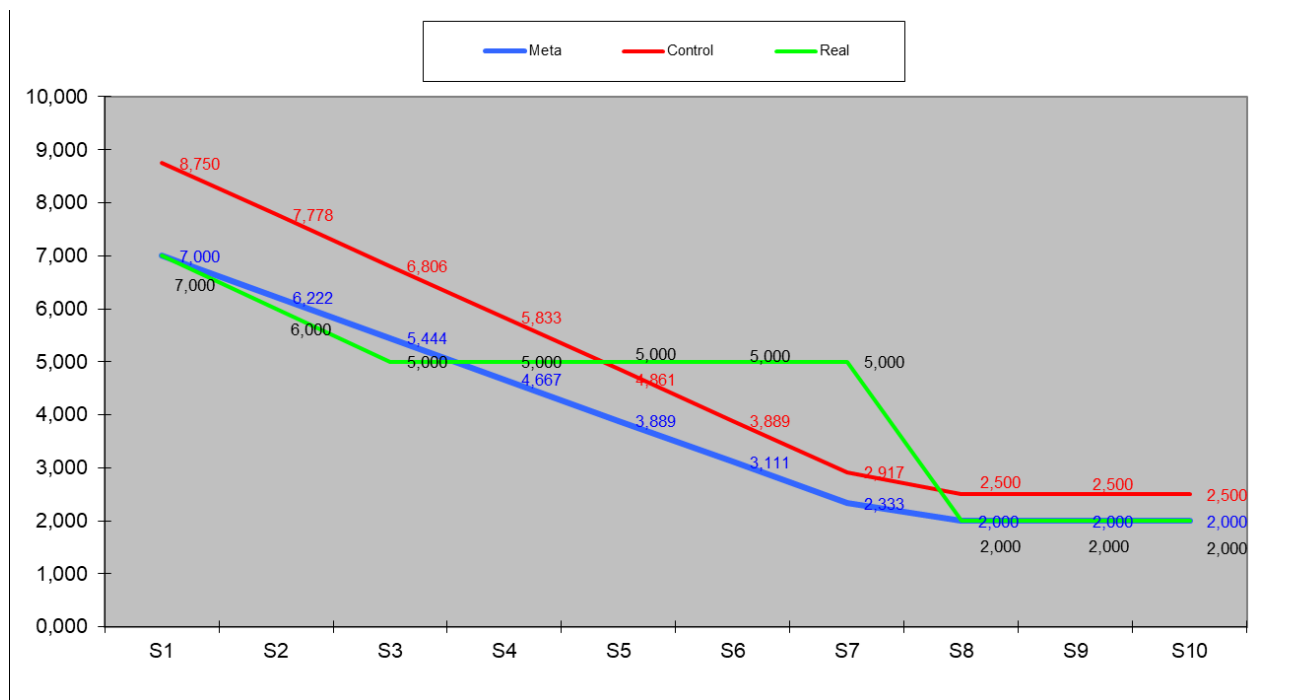
D6-Metas y avances semanales de entrega

Semana	Meta	Control	Real
S1	7,000	8,750	7,000
S2	6,222	7,778	6,000
S3	5,444	6,806	5,000
S4	4,667	5,833	5,000
S5	3,889	4,861	5,000
S6	3,111	3,889	5,000
S7	2,333	2,917	5,000
S8	2,000	2,500	2,000
S9	2,000	2,500	2,000
S10	2,000	2,500	2,000

Nota. En la tabla 12 se observa las metas fijadas semanalmente, con el fin de cumplir la entrega de tubos al cliente en 2 días. Autores.

Figura 26.

Gráfica de relación: meta, control y avance real



Nota. En la figura 26 se observa el gráfico de relación de: meta, control y avance real de las propuestas. Autores.

6.3.9. D7 (AMEF)

Con el fin de prevenir las recurrencias de los problemas identificados y soluciones de las propuestas se desarrolla el análisis de modo y efecto de falla, con el fin de colocar las posibles causas de falla en la implementación de las propuestas anteriormente citadas.

Tabla 12.

D7-AMEF de las Propuestas del Proyecto

Proceso a mejorar: REDUCCION DEL LEAD TIME DE TUBOS PARA LA EXTRACCION DE ACEITE				EQUIPO: JEISON CUERVO ORLANDO CUERVO-JESBLEDY SANCHEZ YORANDA CORTAZAR-DANIEL TORRES													
Fecha: 9/09/2021																	
AMEF No.: 1																	
Línea	Parte a analizar	Descripción	Módos potenciales de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad Impacto	Causa potencial de falla	Ocurriencia	Controles actuales de prevención	Controles actuales de detección	Detección	NºP	Acciones recomendadas	Responsable/fecha	Acción tomada	Evaluación de acciones		
															Severidad	Ocurriencia	RPY
1	VSM propuesto	Mapa de flujo de valor de la fabricación de tubos para la extracción de aceite de palma	Subjetividad del mapa de flujo	Desperdicios en los procesos	5	Información con falta de objetividad para tiempos de entrega	2	Revisión gerente de operaciones	Revisión de las variables del mapa de flujo de valor	1	35	Hacer un estado del método de trabajo	Jesbledy Sanchez/09/09/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3
2	Instructivo proceso de perforado	Documento guía de estandarización del proceso de perforado de tubos	Subjetividad del proceso de perforado	Desperdicios en el proceso de perforado	5	Información con falta de objetividad para el proceso de perforado	2	Revisión con jefe de producción	Despliegue de instructivo con equipo de trabajo	1	35	Hacer un estado del método de trabajo	Danis Torres/15/09/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3
			Datos erróneos	Ejecución de la tarea de forma incorrecta	5	Información desactualizada de las referencias en proceso	4	Actualización de base de datos	Solicitud de planos a clientes para verificación o actualización	3	95	Solicitar planos cada vez que se haga una solicitud	Jesbledy Sanchez/15/09/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3
3	Metodología (5 S)	Método de gestión de procesos de origen japonés, basada en 5 principios Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina)	Desorden y falta limpieza en puestos de trabajo	Incremento de tiempos en proceso de montaje y perforado	7	Personal no capacitado, falta de estándares y controles para mantener los cuatro primeras (5S)	2	Capacitación, verificación y actualización de metodología (5 S)	Revisiones periódicas a puestos de trabajo	2	25	Mantener las 4 primeras (5S)	Jeison Cuervo/23/09/2021	Se toma la acción recomendada	8	1	5
4	KANBAN	Metodología ágil para gestionar el cumplimiento de tareas, mediante tarjetas inteligentes	Información incorrecta para cadena de producción	Exceso de inventario	5	Modelo mal planteado, de acuerdo a las ventas anuales de las referencias.	2	Verificación de modelo con el historial de años anteriores	Actualización semestral de las ventas	2	32	Revisar metodología y actualización de tarjetas inteligentes	Jeison Cuervo/29/09/2021	Se toma la acción recomendada	8	1	5
5	Capacitación de instrumentos de medición	Instrumentos de medición utilizados para el control dimensional del producto	Error dimensional del proceso de fabricación del tubo	Quejas y reclamos del cliente	5	Personal no capacitado en instrumentos medición para el control de calidad	5	Inspección de Jefe de producción	QRS realizados por factores de no calidad en la empresa	2	30	Realizar capacitación de Pqe de Rey	Jeison Cuervo/06/10/2021	Se toma la acción recomendada	8	1	5
6	POKA YOKES	Mecanismo para evitar errores humanos, en procesos que se pueda volver a fabricar	Errores de calidad y proceso	Quejas y reclamos del cliente	8	Poka Yokes no probados antes de comenzar con la fabricación de tubos.	2	Validación de mecanismos con ensayos	Verificación en campo de Poka Yokes	4	64	Medición de Poka Yokes	Jeison Cuervo/06/10/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3
6	Adecuación de puestos de trabajo	Adecuación lumínica en proceso de perforado, por temas de ergonomía y calidad de huesos en los tubos	Desgaste visual del personal	Infermedad profesional	10	Puesto con penumbas lumínicas en jornadas nocturnas.	2	Estudio de puesto de trabajo	Revisiones con equipo de trabajo de puestos	2	40	Estudio de puesto de trabajo	Cuervo/Jesbledy Sanchez/06/10/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3
			Perforaciones por fuera de cilindricidad	Quejas y reclamos del cliente	8	Puesto con penumbas lumínicas en jornadas nocturnas.	1	Control de CPK de perforaciones	Revisión de perforaciones	3	24	Control de calidad de perforaciones	Cuervo/Jesbledy Sanchez/06/10/2021	Se toma la acción recomendada	3	1	3

Nota. En la tabla 13 se observa el AMEF de las propuestas sugeridas en el proyecto, con el fin de revisar las posibles fallas al ser desarrolladas. Autores.

6.3.10. D8 (Reconocer los esfuerzos del equipo)

Finalmente, la herramienta 8D será cerrada con la octava D, donde se realizan auditorías a las soluciones implementadas, analizando los resultados de estas y posterior a ello se buscan opciones de mejora, tomando como principal referencia las habilidades que tiene el equipo de trabajo y realizando el reconocimiento de ellos al final de la implementación de la herramienta.

Figura 27.*D8-Reconocimiento de equipo de proyecto*

D8: Reconocer los esfuerzos del equipo / capitalizar conocimiento/ cierre el problema	¿Algún otro proceso puede presentar este mismo problema?
El equipo de trabajo aprendió una nueva metodología, para llegar a la causa raíz del problema y plantear soluciones que optimicen el proceso, a su misa vez la matriz AMEF genera la oportunidad de revisar las soluciones para encontrar alguna falla en la línea de tiempo de la implementación.	La creación de Poka Yokes genero nuevas ideas para la implementación de nuevos dispositivos que disminuyan el esfuerzo y tiempo en el proceso.

Nota. La ilustración 27 muestra el reconocimiento al equipo de trabajo, con el desarrollo de la herramienta 8D. Autores.

7. Impactos esperados/generados

7.1. Impactos esperados

A través de esta investigación se busca cumplir con el tiempo de entrega de tubos a los clientes, identificando las actividades que dentro del proceso no están agregando valor. Se hará implementación de herramientas Lean que permitan eliminar o reducir los diferentes desperdicios y errores humanos que afectan la calidad de los procesos, así mismo, lograr la nivelación de cargas con el propósito de mejorar las entregas al cliente.

7.2. Impactos alcanzados

Posterior a realizar un diagnóstico a los diferentes procesos de la empresa y realizar un análisis de este a través de herramientas Lean, se logró obtener conocimiento

nuevo a todos los miembros del equipo de trabajo y la propuesta de técnicas que generarían mayor utilidad a la empresa y reducción de desperdicios.

8. Análisis financiero

8.1. Inversión de la propuesta

Para la implementación de las propuestas antes citadas se requiere en primer orden analizar el costo de mano de obra para la ejecución de las herramientas Lean Manufacturing; para posteriormente revisar qué materiales, herramientas y accesorios se requieren para adecuar los puestos de trabajo.

Tabla 13.

Presupuesto de mano de obra

PRESUPUESTO MANO DE OBRA					
Descripción	Sueldo mensual	Sueldo día	Valor hora	Horas utilizadas	Costo de propuesta
Gerente de operaciones (VSM propuesto)	\$ 3.000.000	\$ 100.000	\$ 10.526	2	\$ 21.053
Especialista Lean Manufacturing Capacitación (5S y Kanban)	\$ 10.000.000	\$ 333.333	\$ 35.088	40	\$ 1.403.509
Capacitación 5S y Kanban (9 colaboradores)	\$ 8.176.734	\$ 272.558	\$ 28.690	40	\$ 1.147.612
Capacitación 5S y Kanban (jefe de planta)	\$ 1.800.000	\$ 60.000	\$ 6.316	40	\$ 252.632
Capacitación 5S y Kanban (Gerente de operaciones)	\$ 3.000.000	\$ 100.000	\$ 10.526	40	\$ 421.053
Gerente de operaciones (Diseño de Poka Yokes)	\$ 3.000.000	\$ 100.000	\$ 10.526	12	\$ 126.316
Jefe de planta (Capacitación instrumentos de medición)	\$ 1.800.000	\$ 60.000	\$ 6.316	4	\$ 25.263
Capacitación instrumentos de medición (9 colaboradores)	\$ 8.176.734	\$ 272.558	\$ 28.690	4	\$ 114.761
Adecuación puestos de trabajo (jefe de planta)	\$ 1.800.000	\$ 60.000	\$ 6.316	8	\$ 50.526
Adecuación puestos de trabajo (9 colaboradores)	\$ 8.176.734	\$ 272.558	\$ 28.690	8	\$ 229.522
TOTAL					\$ 3.792.246

Nota. La tabla 14 contiene los costos de mano de obra para la implementación de las propuestas con la filosofía Lean Manufacturing. Autores.

De acuerdo con la tabla 12 se requiere una inversión de \$3.792.246, costos que estarán distribuidos en capacitaciones de 5S, Kanban e instrumentos de medición, diseños de Poka Yokes, adecuaciones de puesto de trabajo y VSM propuesto. Para dar paso a los materiales que se requieren para la puesta en marcha con una inversión de \$5.713.800

Tabla 14.

Presupuesto materiales

PRESUPUESTO PROPUESTAS LEAN MANUFACTURING				
Descripción	UND	Cantidad	Valor unitario	Total
Organizador de herramienta control de pared 30 wrk-400wb estándar panel perforado mesa de trabajo de metal, 30-WRK-400 BB	Und	2	\$ 850.000	\$ 1.700.000
Pintura tráfico y demarcación amarillo (Corona)	Und	1	\$ 75.200	\$ 75.200
Rodillo Juinor epóxico blanco	Und	4	\$ 4.900	\$ 19.600
Mamparas para perforado, corte y pulido	Und	5	\$ 120.000	\$ 600.000
Tablero acrílico 80 x 120 cm (tarjetas Kanban)	Und	1	\$ 136.000	\$ 136.000
Señal Recomendaciones Básicas 45x30cm x3 Unidades	Und	1	\$ 97.000	\$ 97.000
Calibrador Pie de Rey digital (Mitutoyo)	Und	2	\$ 720.000	\$ 1.440.000
Dispositivo para topes (Poka Yokes)	Und	4	\$ 120.000	\$ 480.000
Anillos para tubos (Poka Yokes)	Und	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Rodamientos SKF	Und	8	\$ 25.000	\$ 200.000
Bombillos para puestos de trabajo	Und	8	\$ 27.000	\$ 216.000
Madera para tarimas (pino)	Und	2	\$ 75.000	\$ 150.000
TOTAL				\$ 5.713.800

Nota. La tabla 14 muestra los materiales necesarios para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing. Autores.

8.2. Utilidad

La utilidad de la empresa con la implementación de la propuesta es del 35% respecto a la facturación al año de 288 unidades de tubos, con un valor de \$201.600.000 y una rentabilidad de \$70.560.000 al año. Respecto al estado actual de la empresa de 120 unidades de tubos al año, con un valor de \$84.000.000 y una rentabilidad de \$29.400.000

Tabla 15.*Análisis de utilidad*

ANÁLISIS UTILIDAD		
DESCRIPCIÓN	ACTUAL	PROPUESTA
TUBOS AL MES	10	24
TUBOS AL AÑO	120	288
VALOR UNITARIO	\$ 700.000	\$ 700.000
FACTURACIÓN AÑO	\$ 84.000.000	\$ 201.600.000
UTILIDAD	35%	35%
UTILIDAD AÑO	\$ 29.400.000	\$ 70.560.000

Nota. Análisis de la utilidad del estado actual de la empresa y propuesta con herramientas Lean Manufacturing. Autores.

8.3. Retorno de la inversión

El retorno de inversión (ROI) cuando la utilidad es de \$70.560.000 y la inversión de las propuestas de \$9.506.046 es igual a 642%, por cada peso invertido, obtengo 7,42 pesos de retorno. En un periodo de 1,5 meses se recupera lo invertido y el resto de los meses serán utilidades para la empresa.

Tabla 16.*Calculo retorno de la inversión*

CÁLCULO ROI	
Cálculo ROI anual	
Datos	
Inversión	\$ 9.506.046
Utilidad año	\$ 70.560.000
Resultados	
ROI en %	7,42264433
ROI en % anualizado	642%

Nota. La tabla 16 contiene los resultados respecto a la inversión de propuestas Lean Manufacturing. Autores.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1. Conclusiones

- En virtud de lo estudiado y con el propósito de identificar los procesos que agregan y los que no agregan valor al producto, es de suma importancia emplear la herramienta VSM, esto debido a que nos permitió comprender por cuáles procesos debíamos comenzar a realizar un análisis detallado para identificar desperdicios en el flujo productivo. En las propuestas de solución, se entrega un VSM ajustado, el cual fue resultado de esos análisis detallados y la aplicación de diferentes herramientas Lean.
- Con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing se logró la reducción de los desperdicios del proceso y a su vez tener un incremento en la eficiencia de la producción, pasando de hacer 10 tubos a 24 tubos mensuales, con una facturación de \$7.000.000 a una de \$16.800.000 al mes y unas ventas anuales de \$201.600.000 con una utilidad del 35% de la facturación, dinero que contribuirá al crecimiento y expansión de la empresa
- La implementación de herramientas Lean Manufacturing como: estandarización, capacitación, metodología ABC/XYZ, Kanban, 5s, Poka Yokes, Kaizen, permitieron que el proceso mejorara su Lead Time al cliente en 2 días, tiempo de proceso de 5,1 días, OEE del 80%, NQ del 5% y un aumento de la capacidad a 24 tubos mensuales.

9.2. Recomendaciones

- Tener un programa de auditorías para las propuestas planteadas, donde se evalúe la efectividad de cada solución y detectar qué atascos se pueden seguir presentando en el flujo de los procesos.
- Diseñar plantillas para el rayado de tubos, con el fin de cumplir con el tiempo estándar de 60 minutos por tubo y así reducir los desperdicios de movimientos, sobre procesos y no calidad de esta actividad.
- Desarrollar herramienta SMED con el fin de reducir los tiempos de montaje de 30 minutos a 10 minutos, en cuanto alistamiento y desmontaje de productos terminados.
- Realizar alianzas estratégicas con los proveedores de láminas y rolado con el fin de reducir los tiempos de entrega, según puntos de reorden de materias primas semanalmente.
- De acuerdo con la adecuación de puestos de trabajo, se recomienda ubicar en cada máquina herramientas como: llave de mandril, llave brístol, llave alemana, flexómetro, calibrador pie de rey y brocas de 5/32" y 1/8", con el fin de reducir los desplazamientos de los colaboradores.
- Realizar un programa de mantenimientos preventivos, con su respectivo cronograma y reducir los tiempos muertos por mantenimientos correctivos.
- Realizar el estudio de la zona a utilizar para los super mercados Kanban, donde se evalúe: espacio, señalización, desplazamientos, tiempos y dispositivos para materias primas y producto terminado.

- Hacer diseño de células de trabajo en “U” con el fin de tener operaciones más eficientes y flexibles con respecto a los colaboradores y al flujo de materiales.

10. Referencias

8D El método eficaz para la mejora continua. (s. f.). AEC.

Acosta Agudo, L. C., Calderón Vaca, F., & Ovalle Moreno, W. (2016). *Propuesta de mejoramiento continuo mediante el uso de Lean Manufacturing para el área de comercio exterior de la empresa Vitrofarma S.A.*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/565>

Acosta Guerrero, Á. T., & Panqueva Cayachoa, E. (2015). *Análisis de relación en el cumplimiento de los indicadores de productividad y desperdicio sobre el OTIF para una empresa del sector de empaques plásticos de alimentos.*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/339>

Angello Santiago Giuttari Claussi, H. G. V. A. (2018). *“METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING APLICADA A LA MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN EMPRESAS METALMECANICAS”, UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTIFICA DE LOS 10 ULTIMOS AÑOS* [Lima - Perú].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22191/Giutari%20Claussi%20Angello%20Santiago->

[%20Vicente%20Arias%20Hector%20Geronimo.PDF?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22191/Giutari%20Claussi%20Angello%20Santiago-%20Vicente%20Arias%20Hector%20Geronimo.PDF?sequence=1&isAllowed=y)

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LOS PROCESOS

DE RECEPCIÓN Y DESPACHO DE LA EMPRESA HLF ROMERO S.A.S. (s. f.).

- [UNIVERSIDAD DE LA SALLE]. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=ing_industrial
- Arbós, L. C. (2012). *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos.
- AST 516. (2019). *LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A283 GR C*. <http://broncesylaminas.com/wp-content/uploads/2019/04/ASTM-A283.pdf>
- Barcia Villacreses, K. F., & Hidalgo Castro, D. (2009). *Implementación de una metodología con la técnica 5s para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/2424>
- Barraza, M. F. S. (2007). *El kaizen/ the Kaizen*. Panorama Editorial.
- Barrios Pacheco, J. S., & Reyes Arteta, J. D. (2020). *Propuesta de mejora de la calidad del sistema productivo en la empresa Moda Atlántico*. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7062>
- Beltrán Rodríguez, C., & Bernal, A. S. (2017). *Aplicación de herramientas Lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/24
- Bozzeta, S., & Enrique, M. (2018). *Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando Lean Manufacturing en una empresa privada metalmecánica*. Universidad San Ignacio de Loyola. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3212>

- Bravo, C. I. M., & Sánchez, D. A. L. (s. f.). *Propuesta de mejora en el sistema productivo de la empresa Productos Alimenticios Chicharrones Chirros S.A.S.* 107.
- Bustos, L., & Adriano, B. (2020). *Propuesta de estandarización del proceso de fabricación de un colector solar Caso de estudio: Calentador de agua.* <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/676>
- Carreras, M. R., & García, J. L. S. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad.* Ediciones Díaz de Santos.
- Casas Duque, R. D., & Mahecha Olaya, C. C. (2014). *Propuesta de mejora para el proceso productivo de la panela en la finca el retorno a partir de la metodología 5s.* <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/351>
- Claussi, A. S. G., & Héctor Gerónimo Vicente Arias. (2018). *METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING APLICADA A LA MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN EMPRESAS METALMECANICAS”, UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTIFICA DE LOS 10 ULTIMOS AÑOS.* <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22191/Giutari%20Claussi%20Angello%20Santiago-%20Vicente%20Arias%20Hector%20Geronimo.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdova Rojas, F. P. (2013a). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/149775>

- Córdova Rojas, F. P. (2013b). Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmeccánica usando la manufactura esbelta. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/149775>
- Diego Germán Lacaze. (2014). *Análisis de capacidad en la industria de panificación industrial*. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-0766_LacazeDG.pdf
- Duero Guevara, W., & Solís Torres, J. D. (2020). Propuesta de diseño de distribución en planta para el sistema productivo de una empresa metalmeccánica contra pedido. Caso: Empresa Fb Ingeniería y Estructuras. *instname: Universidad Autónoma de Occidente*. <http://red.uao.edu.co/handle/10614/12597>
- Durán, A., & Paz, M. (2016). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA*.
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/21291>
- ELIANA MARÍA PÉREZ MUÑOZ. (2016). *PROPUESTA PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ENTREGA EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA METALMECÁNICA [UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA MEDELLÍN]*.
http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/3637/1/Propuesta_Entrega_Industria_Perez_2016.pdf
- FRANCISCO DAMIÁN CÓRDOBA APARICIO, K. B. M. (2019).
IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING E

*INDUSTRIA 4.0 PARA MINIMIZAR DESPERDICIOS EN LA EMPRESA
CILINDROS COMPANY S.A.S [UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE
COLOMBIA].*

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15557/1/2019_herramientas_lean_manufacturing.pdf

F.ROBERT JACOBS, R. B. C. (s. f.). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES*

PRODUCCIÓN Y CADENA DE SUMINISTROS (Decimoquinta edición, Vol.

15). McGraw-Hill Education. Recuperado 20 de agosto de 2021, de

<https://dokumen.pub/qdownload/administracion-de-operaciones-produccion-y-cadena-de-suministros-15nbsped-9781259666100-9781456261412-145626141x-9786071510044.html>

Gacharná Sánchez, V. P., & González Negrete, D. C. (2013). *Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing.*

<http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/6330>

Gallardo, T., & Darío, R. (2015). Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica. *Universidad Peruana de Ciencias*

Aplicadas (UPC). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/346678>

Gil, R., Elena, D., Gutiérrez, S., & Alexander, C. (2018). *Diseño del sistema de*

Producción y Operaciones en la línea de deshuese de la empresa compañía

Internacional de Alimentos Agropecuarios CIALTA S.A.S. 158.

Gómez Garzón, K. J., Quintero Molano, L. S., & Saldaña Lozano, K. J. (2020).

Propuesta de estandarización de proceso de fabricación de colchones para mejorar la productividad en la empresa Grupo Kasamia S.A.S.

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/956>

Héctor Daniel Cruz Rivera. (s. f.). *Implementación de herramientas Lean Manufacturing*

en una empresa metalmecánica. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15923/Trabajoexperienciaprofesional.pdf?sequence=1>

Hernán Rivera. (2017). *ASTM a-516.pdf—Free Download PDF.*

https://kupdf.net/download/astm-a-516pdf_599c2740dc0d60711d53a1f5_pdf

Huillca Choque, M. G., & Monzón Briceño, A. K. (2016). *Propuesta de distribución de planta nueva y mejora de procesos aplicando las 5S'S y mantenimiento autónomo en la planta metalmecánica que produce hornos estacionarios y rotativos.*

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6501>

JEREZ ORJUELA SEBASTIAN. (s. f.). *IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS ELECTROLÍTICOS DE LA EMPRESA ABS CROMOSOL LTDA.*

[UNIVERSITARIA AGUSTINIANA]. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/176/JerezOrjuela-Sebastian-2017.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Jessica Angeli. (2018, junio 29). ¿Qué es el mapeo de procesos AS IS/TO BE? *Neomind.*

<https://www.neomind.com.br/es/blog/que-es-el-mapeo-de-procesos-as-is-to-be/>

- JESÚS MARTÍN CHARAJA AZNARÁN. (s. f.). *APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS METAL MECÁNICA DE ALUMINIO*. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18253/CHARAJA_AZNARAN_JESUS_APLICACION_HERRAMIENTAS_LEAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez Pórtela, M. A., & Silva Torres, J. A. (2013). *Diseño del procedimiento de operaciones logísticas de la empresa Disfruver J & G Ltda. Asociada a la central de abastos de la ciudad de Bogotá Colombia*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/578>
- Juan Manuel Benites Leyva. (s. f.). *USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA PERUANA”: REVISIÓN SISTEMÁTICA* [Lima - Perú]. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14221/Benites%20Leyva%20Juan%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lara Illera, A. (2016). *Diseño, especificación y calificación de un procedimiento de soldadura (WPS) con proceso GMAW, para láminas de acero de bajo carbono en posición vertical descendente*. <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9868>

LUISA FERNANDA TABARES HURTADO. (2013a). *DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACION DE EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES EN LA EMPRESA INAGROMECANICA LTDA UTILIZANDO LA TECNICA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO.*

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/7019/T05102.pdf?sequence=1>

LUISA FERNANDA TABARES HURTADO. (2013b). *DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACION DE EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES EN LA EMPRESA INAGROMECANICA LTDA UTILIZANDO LA TECNICA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE].*

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/7019/T05102.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LUZ DARY ESPEJO MARTINEZ. (2019). *PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y GESTIÓN OPERATIVA PARA NACIONAL DE CORTES S.A.S.*

<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1630/PLAN%20DE%20MEJORAMIENTO%20DEL%20PROCESO%20DE%20PRODUCCION%20Y%20GESTION%20OPERATIVA%20NC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez Calderón, C. (2016). *Modelo de mejora en el proceso de soladura para la fabricación de calzado.* <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/570>

- Martínez, V., & Paul, J. (2015). *Modelo de enfoque basado en procesos para la mejora continua de la eficacia de una empresa metalmecánica*.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4581>
- Monden, Y. (1996). *El «Just in time» hoy en Toyota: Nuevo estudio de Yasuhiro Monden autor de «El sistema de producción de Toyota»*. Grupo Planeta (GBS).
- OEE: Overall Equipment Effectiveness*. (s. f.). Blue Eagle Group.
- Pacheco Bernal, H., Silva Hernandez, J., & Villamil Morales, J. (2020). *Propuesta de un modelo de inventarios para la mejora en el abastecimiento de mercancía importada en la Compañía Tu Cassa*.
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/833>
- Pinilla Ramírez, J. F., & Márquez Martínez, L. N. (2016). *Análisis y evaluación de costos de producción para la empresa Picando Snacks Gourmet S.A.S*.
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/564>
- Puentes Téllez, Y. F., & Rodríguez Muñoz, K. D. (2016). *Propuesta de optimización del sistema productivo para la empresa Hunter Douglas de Colombia mediante la mejora continúa*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/573>
- Quispe, B., & Francisco, H. (2017). *Implementación de metodología 5 s´ para mejorar la productividad en área de horno de la empresa Cerámica San Lorenzo S.A.C*.
Lima—2016. *Universidad César Vallejo*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13280>
- Rivera, L. N. M. (2006). *Seis Sigma / Six Sigma: Guia Para Principiantes / Guide for Beginners*. Panorama Editorial.

- Rodríguez Cifuentes, A. J., & Guanumen Talero, I. R. (2015). *Propuesta de un modelo de planeación y control de la producción de la línea de calzado en la empresa Creaciones JES manufactura en cuero y afines*.
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/375>
- Salazar, P., & Miguel, D. (2010). *Estandarización de Procesos Productivos y su incidencia en la Satisfacción de Clientes en la empresa «Compunet—Salcedo»*.
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/1479>
- Shingo, S. (2017). *Una revolucion en la produccion: El sistema SMED, 3a Edicion*.
Routledge.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. MARGE BOOKS.
- Suárez Medina, L. M. (2020a). *Análisis y mejora de procesos en una empresa metalmecánica usando herramientas de Lean Manufacturing* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17510>
- Suárez Medina, L. M. (2020b). *Análisis y mejora de procesos en una empresa metalmecánica usando herramientas de Lean Manufacturing* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17510>
- Suwa, H., & Morita, D. (2014). Stability-based Short-term Capacity Requirement Planning under Uncertainty. *Procedia CIRP*, 19, 123-128.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.018>

Yenny Alejandra Aguirre Alvarez. (s. f.). *Análisis de las herramientas Lean*

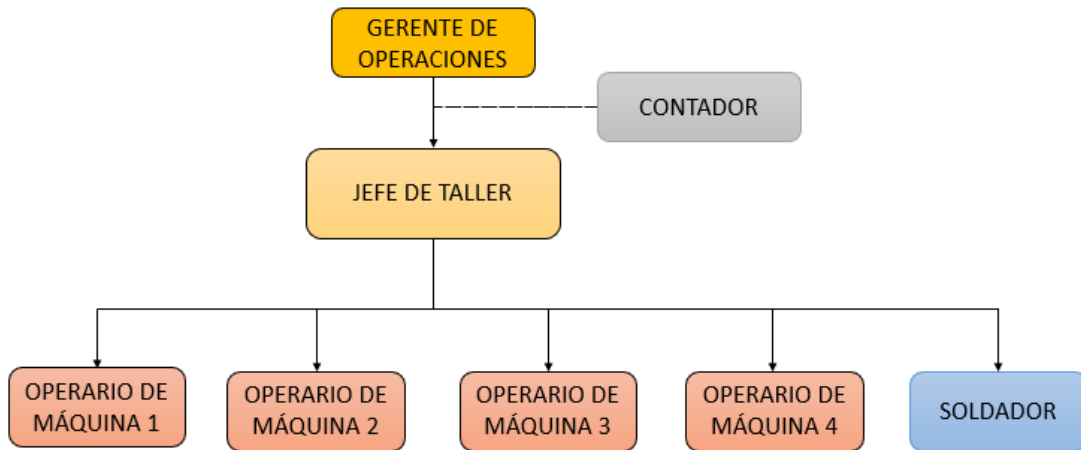
Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes [Universidad

Nacional de Colombia]. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de

[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54090/43975876.2015.pdf?s](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54090/43975876.2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

[equence=2&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54090/43975876.2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

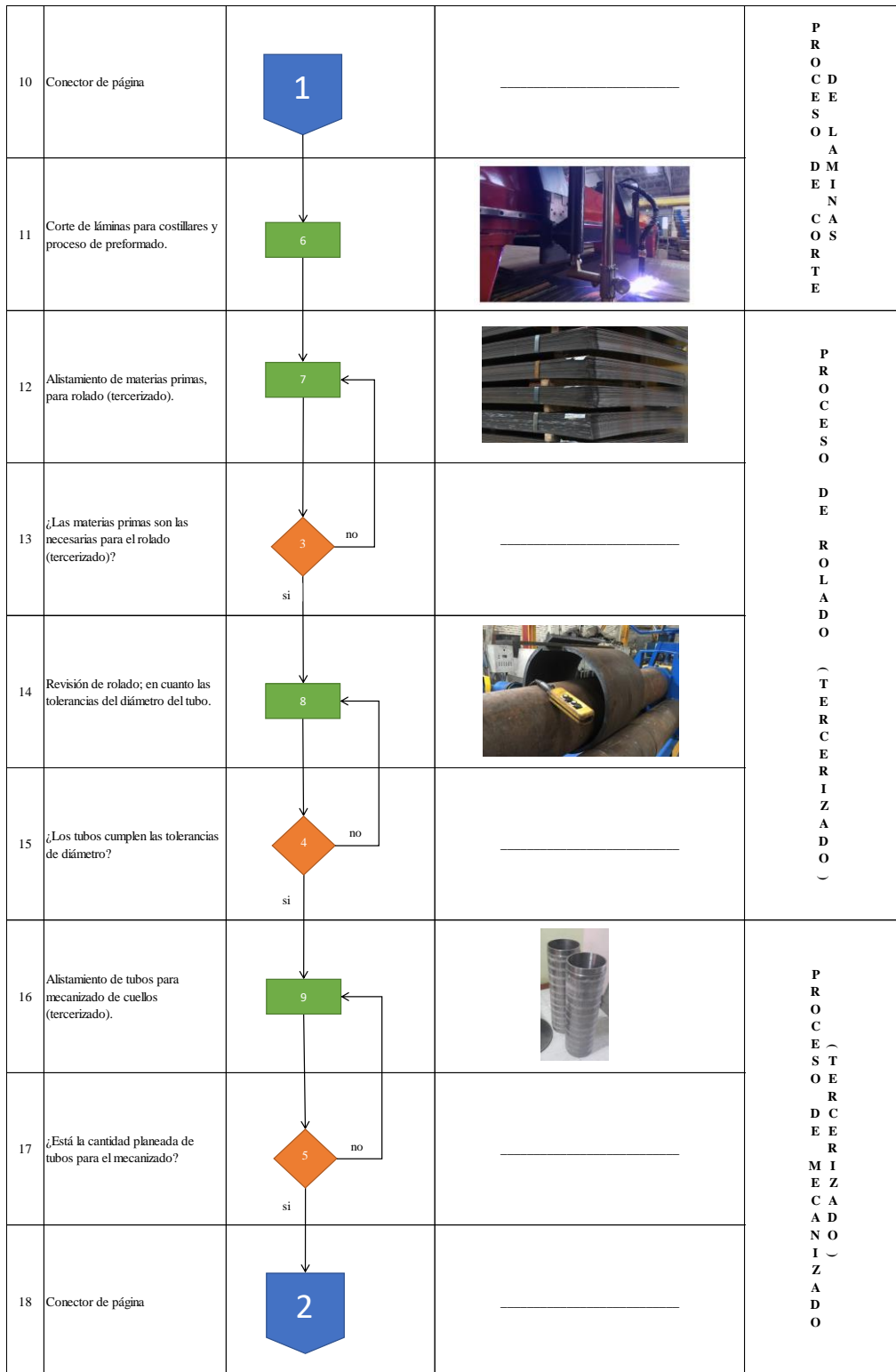
11. Anexos



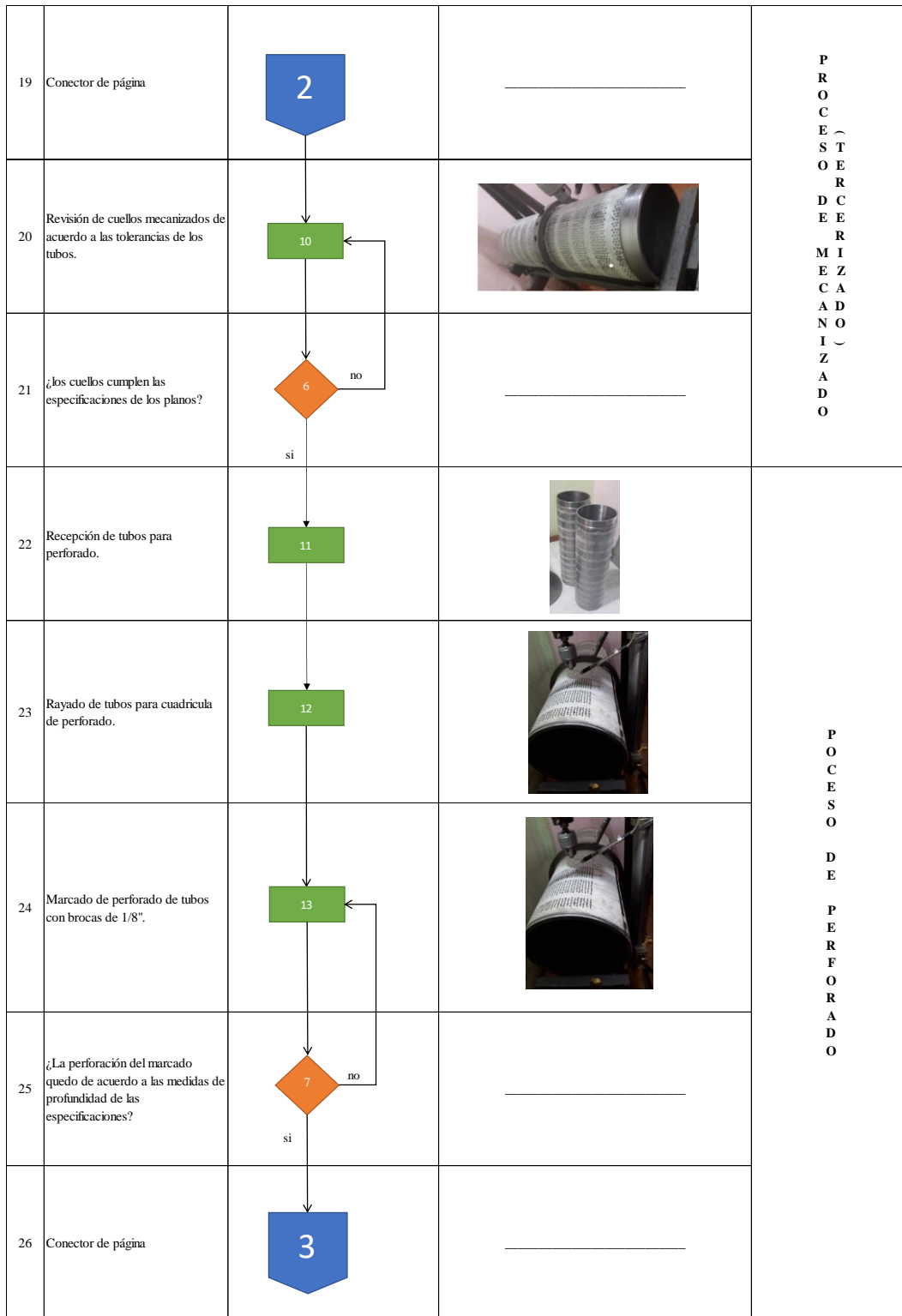
Anexo No. A Estructura organizacional

DIAGRAMA DE PROCESO FABRICACIÓN DE CANASTAS DE PENSADO				
Nº	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	ILUSTRACIONES	PROCESO
1	INICIO		-	-
2	Cotización mínima a tres proveedores de láminas (Hr) de espesores: 1/2", 5/8", 3/4". De acuerdo a la referencia de fabricación de las canastas: T-5, T-10, T-12, T-15 Y T-20. Las anteriores descripciones varían en longitud y diámetro de los tubos.			P R O C E S O D E C O M P R A S
3	Selección de la mejor oferta de acuerdo al material cotizado.			
4	¿Es la mejor oferta; de acuerdo a costo y tiempo de entrega?		_____	
5	Compra de láminas de acuerdo a la producción planeada y solicitada.			
6	Recepción de materias en taller de fabricación.			
7	Verificación de tolerancias de materias primas, para la fabricación de canastas de prensado .			P R O C E S O D E R E C E P T I C M I A Ó S N D E M A T E R I A S
8	¿Las materias primas cumplen los requisitos solicitados en la factura, en cuanto: cantidad, control dimensional y fecha de entrega?		_____	
9	Conector de página		_____	
















Anexo No. B Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 1



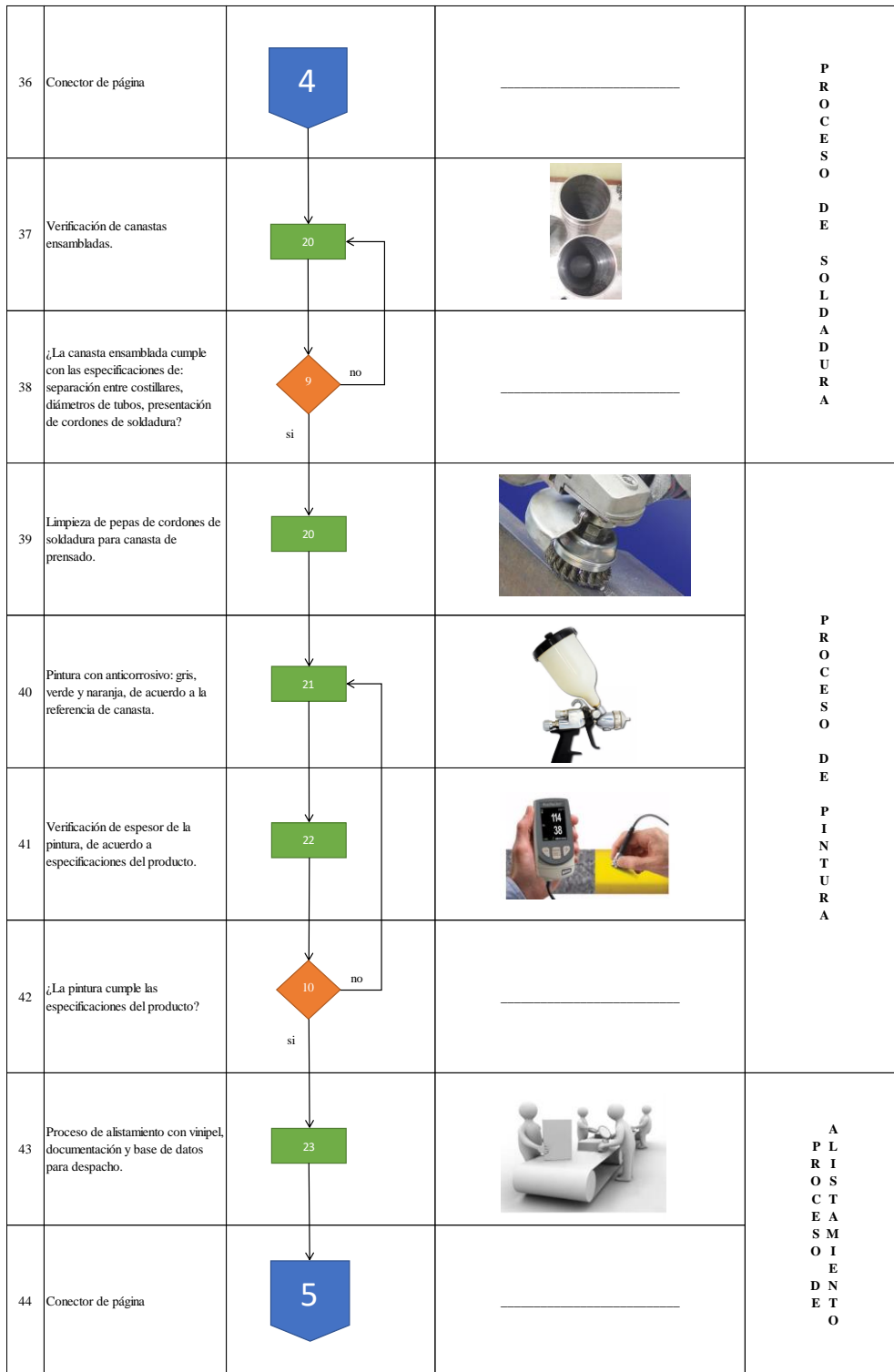
Anexo No. C Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 2



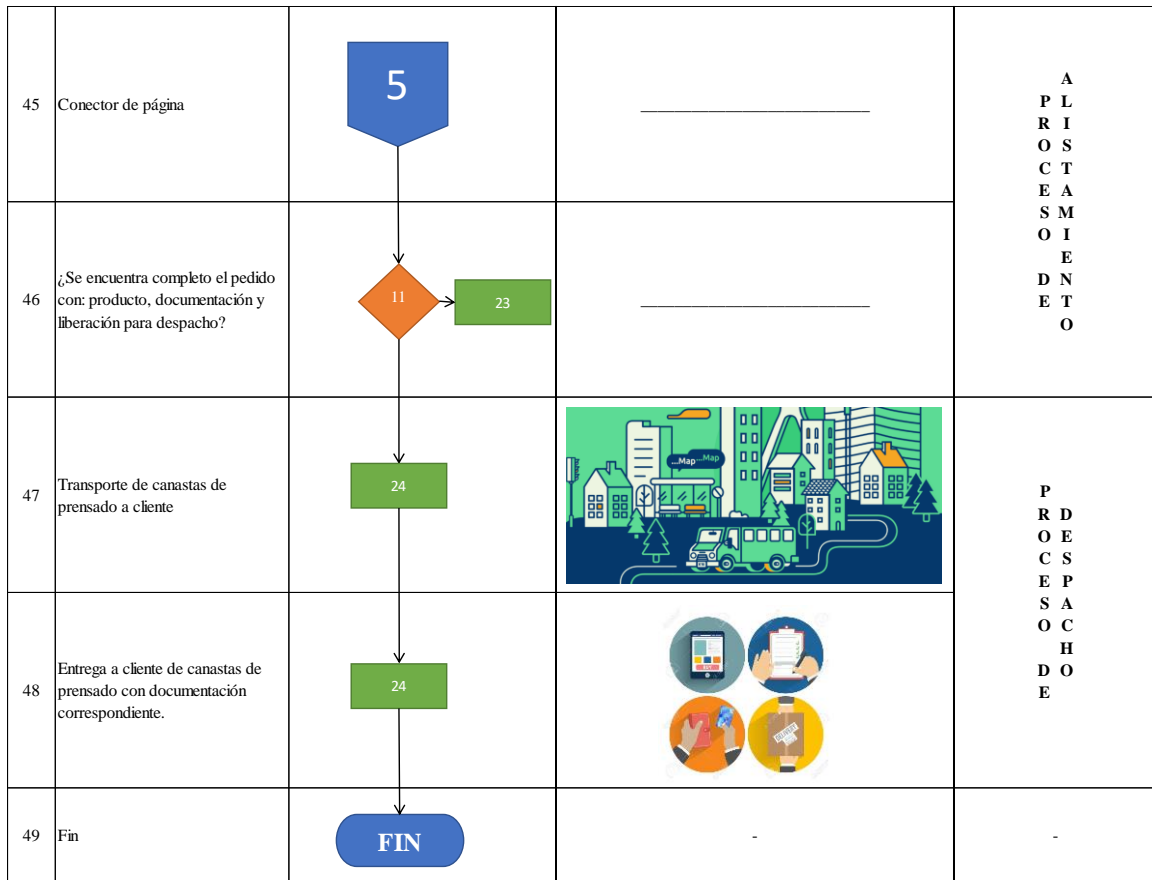
Anexo No. D Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 3

27	Conector de página		_____	P O C E S O D E P E R F O R A D O
28	Repasado de tubos con brocas de 5/64".			
29	¿Las perforaciones cumplen las especificaciones del producto?	 no si	_____	
30	Pulido interno de tubos, para quitar rebabas.			P R O C E S O D E S O L D A D U R A
31	Corte de zona no perforada; para empalme con otro tubo.			
32	Pulido de bordes de tubos para empalme.			
33	Empalme de dos tubos, con proceso de soldadura (SMAW).			
34	Soldadura de costillares a tubos empalmados, proceso (SMAW).			
35	Conector de página		_____	


Anexo No. E Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 4



Anexo No. F Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 5



Anexo No. G Diagrama de proceso fabricación de canastas de prensado parte 6

CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTO DE : OPERCIÓN (X) MATERIAL () EQUIPOS()											
Nombre del proceso analizado: Fabricación de tubos para canastas de prensado						Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
						OPERACIÓN	16	16	0		
Versión: 01 Código: Curs-01						INSPECCION	5	5	0		
Dueño del proceso: Gerente de operaciones						TRANSPORTE	4	4	0		
Lugar: J.O.C.C						ALMACEN	1	1	0		
Elaborado por: Jeison Cuervo						DEMORA	0	0	0		
Aprobado por: Junta de socios						TIEMPO	2989	2989	0		
N°	ACTIVIDAD	Proc	PII	Insp	Trans	Alm	Dem	DISTANCIA	TIEMPO ESTIMADO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES
		●	■	■	➔	▼	■				
1	Recepción de materias primas Tubos para canastas de prensado.	●						0	10	0,5	Hacer proceso de recepción de materias primas, de acuerdo a referencia pueden ser los siguientes espesores: lámina SAE 515-70 (1/2", 5/8", 3/4")
2	Inspección de Tubos de acuerdo a referencia, planos, formato de envío y recepción.			■				0	60	0,5	Verificar que los tubos estén dentro de especificaciones del plano y que los formato de recepción y envío corresponda a la referencia estandarizada.
3	Alistamiento de productos para limpieza y pintura de Tubos.	■						0	10	2,6	Realizar el alistamiento de desengrasante industrial, thinner, anticorrosivo, compresor, pistola de pintura y brochas.
4	Limpieza y pintura de Tubos.	■						0	60	0	Limpiar con desengrasante industrial y pintar con anticorrosivo disuelto con thinner.
5	Inspección de secado y adherencia de pintura.			■				0	10	0	Con inspección visual verificar secado y con cinta hacer prueba de adherencia ASTM d3359.
6	Transporte de tubos a zona de rayado y centro punteado				➔			0	5	13,49	Mediante movimientos rotacionales se mueve la tubería de la zona de pintura a la zona de rayado.
7	Montaje de dispositivo para rayado de tubos, de acuerdo a la referencia.	■						0	10	0	Con los Poka yoke que se tienen implementados para las diferentes referencias hacer el montaje, de acuerdo a longitud y diámetro de los tubos.

Anexo No. H Cursograma parte 1

N°	ACTIVIDAD	Proc	Pil	Insp	Trans	Alm	Dem	DISTANCIA		
		●	■	■	→	▼	◐	TIEMPO ESTIMADO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES
8	Izaje de tubos a dispositivo de rayado.	●						5	0	Con ayuda de las diferenciales mecánicas y cadenas, realizar el izaje de tubos de pesos de 70 a 150 kg; de acuerdo a la referencia.
9	Rayado y centro punteado de tubos.	●						60	0	Con metros de costura; donde esta la distribución de centro a centro de perforación, hacer líneas y posteriormente con la regla trazar la cuadrícula.
10	Izaje de tubos a piso para proceso de perforado.	●						5	0	Con ayuda de las diferenciales mecánicas y cadenas, realizar el izaje de tubos de pesos de 70 a 150 kg; de acuerdo a la referencia.
11	Transporte a Taladros de árbol para perforado.				→			5	13,98	Mediante movimientos rotacionales se mueve la tubería de la zona de rayado a la zona de perforado.
12	Montaje de dispositivo de perforado, de acuerdo a longitud de tubos.	●						10	0	Con los Poka yoke que se tienen implementados para las diferentes referencias hacer el montaje, de acuerdo a longitud y diámetro de los tubos.
13	Izaje de tubos a dispositivo para perforado.	●						5	0	Con ayuda de las diferenciales mecánicas y cadenas, realizar el izaje de tubos de pesos de 70 a 150 kg; de acuerdo a la referencia.
14	Alistamiento de tope de máquina, de acuerdo al espesor de la referencia a trabajar.	●						2	0	Con el Poka yoke, para controlar el movimiento de profundidad de la máquina, ajustar de acuerdo a la referencia a trabajar.

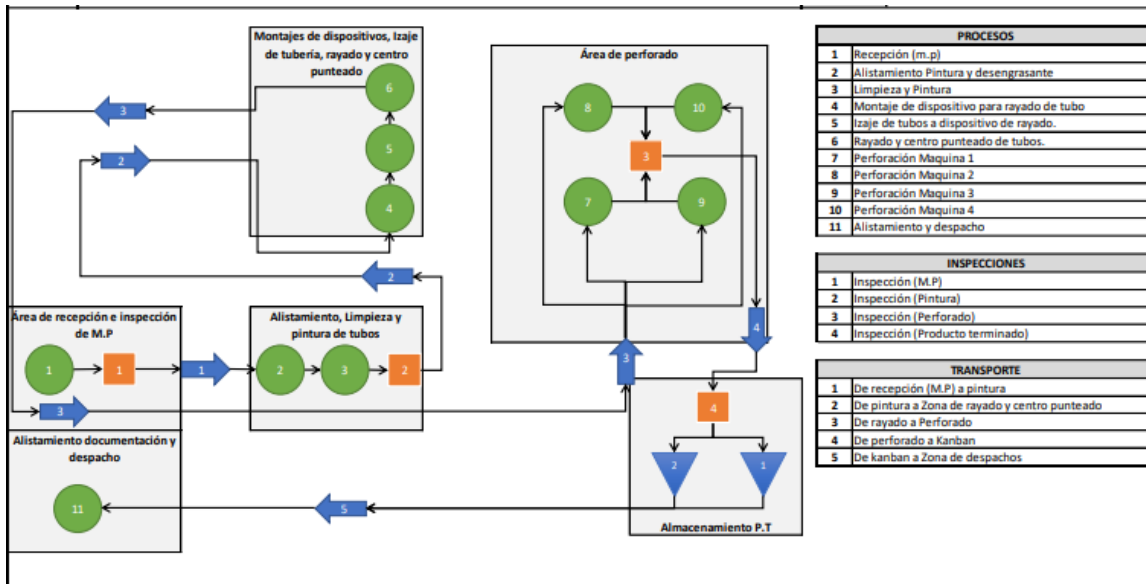
Anexo No. I Cursograma parte 2

N°	ACTIVIDAD	Proc	PII	Insp	Tranz	Alm	Dem	DISTANCIA TIEMPO ESTIMADO (min)	0	0	0	OBSERVACIONES	
		●	■	■	➔	▼	▭						DISTANCIA (m)
15	Perforación (marcado con brocas de 1/8").	●						1080	0				Realizar perforaciones, donde el Tackt time por fila perforada es de 5,68 minutos
16	Inspección de profundidad de perforaciones.			■				10	0				Con Poka Yokes de profundidad, revisar esta variable de acuerdo a la referencia.
17	Quitar tope para proceso de repasado.	●						2	0				Con ayuda de una llave brístoly de la cinta en milímetros; colocar la profundidad estandarizada.
18	Perforación (repasado con brocas de 5/64").	●						1080	0				Realizar perforaciones, donde el Tackt time por fila perforada es de 5,68 minutos
19	Inspección de perforaciones repasadas.			■				5	0				Con una lampara inalámbrica, iluminar perforaciones en el interior del tubo, para mirar si esta repasado en su totalidad
20	Izaje de tubos terminados a piso.	●						5	0				Con ayuda de las diferenciales mecánicas y cadenas, realizar el izaje de tubos de pesos de 70 a 150 kg; de acuerdo a la referencia.
21	Transporte de tubos a zona de producto terminado.							5	5,84				Mediante movimientos rotacionales se mueve la tubería de la zona de perforado a la zona de almacenamiento.

Anexo No. J Cursograma parte 3

N°	ACTIVIDAD	Proc	P/I	Insp	Trans	Alm	Dem	DISTANCIA	0	0	0	
		●	■	■	→	▼	■	TIEMPO ESTIMADO (min)	DISTANCIA (m)	OBSERVACIONES		
22	Inspección por atributos y variables de producto terminado			●				15	0	Con el flexómetro, calibrador pie de rey, micrómetro y proceso de inspección, evaluar atributos y variables del producto		
23	Almacenamiento temporal					●		480	0	Cuando los productos están terminados, serán almacenados hasta que llegue el carro de despacho, esto depende de como se negocia con el cliente. Con la documentación de factura, Orden de compra, planos, controles dimensionales, formato equivalente (contabilidad), seguridad social y certificado de contador, se realiza el despacho.		
24	Alistamiento de documentación para despacho	●						20	0	Con la documentación de factura, Orden de compra, planos, controles dimensionales, formato equivalente (contabilidad), seguridad social y certificado de contador, se realiza el despacho.		
25	Transporte a camión para despacho				●			10	8,69	Mediante movimientos rotacionales se mueve la tubería del almacén de producto terminado a la zona de despacho.		
26	Despacho de tubería a clientes	●						20	0	Con ayuda de diferenciales, se cargan los camiones.		
TOTAL		14	2	5	4	1	0	2389	51,6			

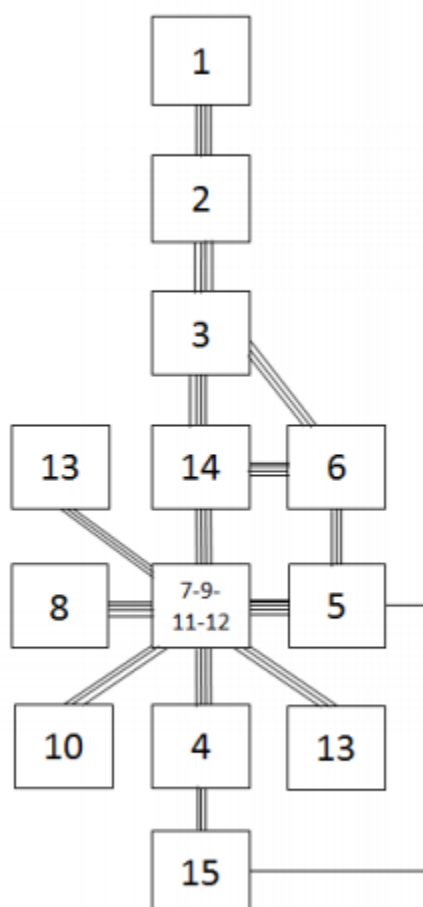
Anexo No. K Cursograma parte 4



Anexo No. L Diagrama de recorrido actual

1	Oficina: gerente de operaciones.	
2	Recepción de materias primas.	A4 U
3	Área de pintura.	A1 U U
4	Zona de esmeril.	U U U U U U U
5	Kanban (Producto terminado).	U U E1 U U U U
6	Kanban (Materia prima).	E1 A1 A5 U U U U U U U
7	Área de taladrado (Máquina 3).	U U U A1 A5 U U U U U U U U
8	Soporté de montajes.	A1 A5 U U A1 A5 U U U U U U U U
9	Área de taladrado (Máquina 4).	A1 U E5 A5 U U U U U U U U U
10	Área de preparación de refrigerante.	E5 A5 U U U U U U U U U U U U
11	Área de taladrado (Máquina 1).	E5 E5 U U U U U U U U U U U U
12	Área de taladrado (Máquina 2).	A5 A1 U U A1 U U U U U U U U
13	Diferencial.	A1 A1 A1 U U U U U U U U U U
14	Área de rayado de tubería	U U U U U U U U U U U U U U
15	Área de transporte.	U U U U U U U U U U U U U U

Anexo No. M Matriz de relación actividades

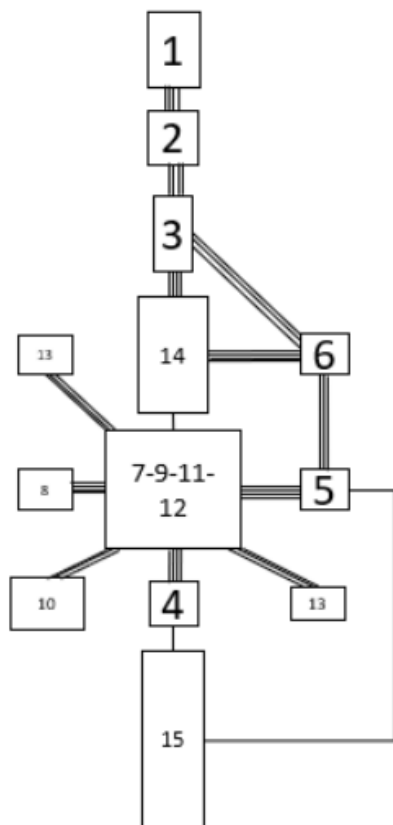


Nº	DESCRIPCIÓN
1	Oficina: gerente de operaciones.
2	Recepción de materias primas.
3	Área de pintura.
4	Zona de esmeril.
5	Kanban (Producto terminado).
6	Kanban (Materia prima).
7	Área de taladrado (Máquina 3).
8	Soporté de montajes.
9	Área de taladrado (Máquina 4).
10	Área de preparación de refrigerante.
11	Área de taladrado (Máquina 1).
12	Área de taladrado (Máquina 2).
13	Diferencial.
14	Área de rayado de tubería
15	Área de transporte.

Anexo No. N Representación nodal

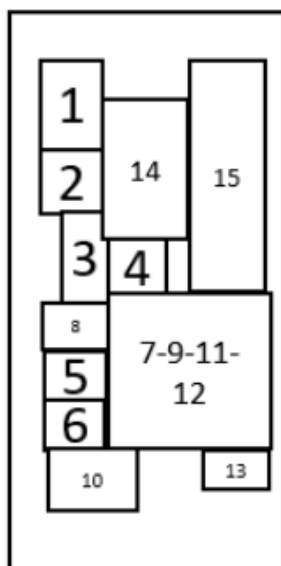
Nº	DESCRIPCIÓN	ANCHO	LARGO	ÁREA (m2)
1	Oficina: gerente de operaciones.	1	2	2
2	Recepción de materias primas.	0,61	0,5	0,305
3	Área de pintura.	0,5	2,18	1,09
4	Zona de esmeril.	1	0,5	0,5
5	Kanban (Producto terminado).	1	1,2	1,2
6	Kanban (Materia prima).	1	1,2	1,2
7	Área de taladrado (Máquina 3).	1,5	0,93	1,395
8	Soporté de montajes.	1	1,5	1,5
9	Área de taladrado (Máquina 4).	2,99	2,68	8,0132
10	Área de preparación de refrigerante.	1,45	0,65	0,9425
11	Área de taladrado (Máquina 1).	1,5	1,9	2,85
12	Área de taladrado (Máquina 2).	1,5	1,9	2,85
13	Diferencial.	1,3	0,5	0,65
14	Área de rayado de tubería	1,5	2,02	3,03
15	Área de transporte.	1,72	4,3	7,396
TOTAL ÁREAS				34,9217
TOTAL TERRENO				66

Anexo No. O Superficies



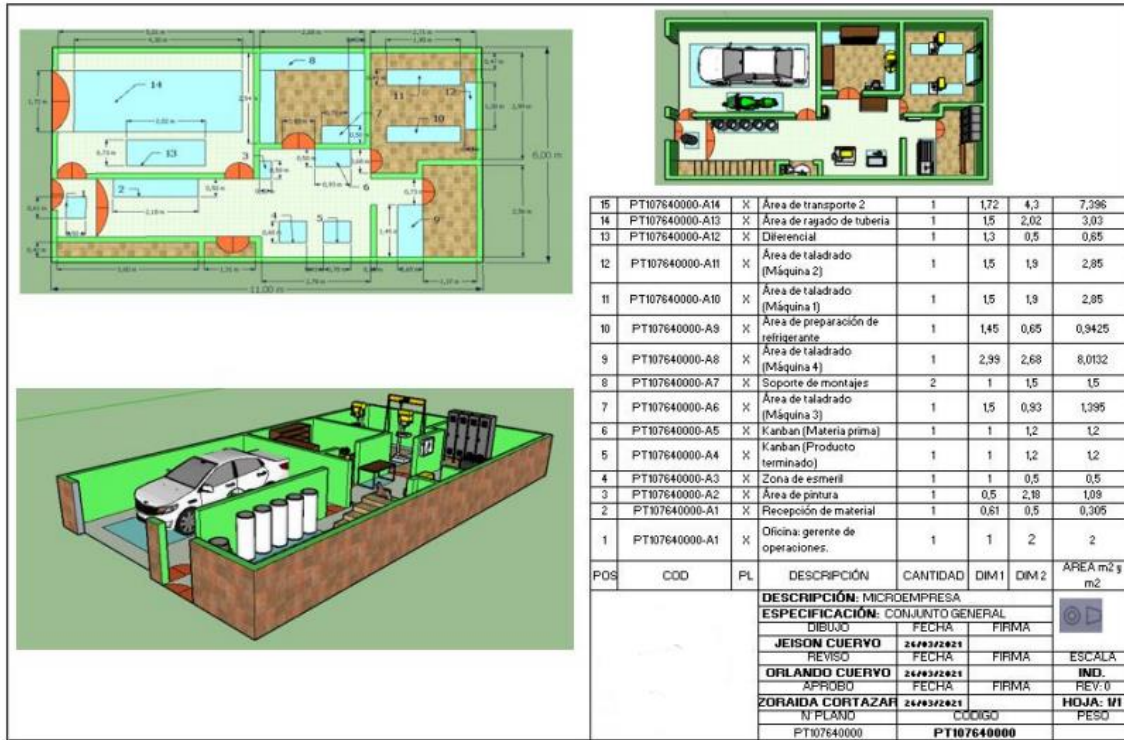
Nº	DESCRIPCIÓN
1	Oficina: gerente de operaciones.
2	Recepción de materias primas.
3	Área de pintura.
4	Zona de esmeril.
5	Kanban (Producto terminado).
6	Kanban (Materia prima).
7	Área de taladrado (Máquina 3).
8	Soporté de montajes.
9	Área de taladrado (Máquina 4).
10	Área de preparación de refrigerante.
11	Área de taladrado (Máquina 1).
12	Área de taladrado (Máquina 2).
13	Diferencial.
14	Área de rayado de tubería
15	Área de transporte.

Anexo No. P Combinación diagrama nodal y superficies



Nº	DESCRIPCIÓN
1	Oficina: gerente de operaciones.
2	Recepción de materias primas.
3	Área de pintura.
4	Zona de esmeril.
5	Kanban (Producto terminado).
6	Kanban (Materia prima).
7	Área de taladrado (Máquina 3).
8	Soporté de montajes.
9	Área de taladrado (Máquina 4).
10	Área de preparación de refrigerante.
11	Área de taladrado (Máquina 1).
12	Área de taladrado (Máquina 2).
13	Diferencial.
14	Área de rayado de tubería
15	Área de transporte.

Anexo No. Q Boceto de empresa



Anexo No. R Plano de empresa

	DOCUMENTO DI-0001	VERSIÓN 1	Fecha de Implementación: 05 de septiembre de 2021	PAGINA 1 DE 5
INSTRUCTIVO DE PERFORACION				

DIRECCIÓN DE CALIDAD

CONTENIDO

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABLES
4. GENERALIDADES
5. ANEXOS

ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN
	Zoraida Cortázar Jefe de Producción	
Jesleidy Sánchez/Daris Torres Equipo de proyecto	Jelson Cuervo Gerente de Producción	Jelson Cuervo Gerente de Producción
Fecha: 05 de septiembre del 2021	Fecha: 06 de septiembre del 2020	Fecha: 08 de septiembre del 2020

Anexo No. S Instructivo parte 1

	DOCUMENTO DI-0001	VERSIÓN 1	Fecha de Implementación: 05 de septiembre de 2021	PAGINA 2 DE 5
INSTRUCTIVO DE PERFORACION				

1. OBJETIVO

Establecer un Instructivo de perforado de los tubos solicitados. Este instructivo cubre el reprocesamiento de todo elemento que se va a perforar con las especificaciones solicitadas y establecidas previamente por parte del cliente teniendo en cuenta los detalles indicados en los planos.

2. ALCANCE

En el presente Instructivo se describen las actividades a seguir para el montaje y perforado de los tubos en la empresa.

Nota: al finalizar las perforaciones se realizaran inspecciones aleatorias con un profundímetro con el fin de garantizar las especificaciones solicitadas por el cliente

3. RESPONSABLES

El responsable de hacer cumplir este instructivo es el Supervisor de producción.

Es responsable de la ejecución de éste instructivo Jefe de producción o la Persona Asignada para cumplir con las actividades descritas en este instructivo.

4. GENERALIDADES

El equipo de calidad del cliente evaluara las condiciones y especificaciones de las perforaciones teniendo como puntos clave a evaluar

- Alineación de las perforaciones
- La profundidad de los huecos
- Mecarizado de los cuellos

4.1 DESARROLLO

El tubo debe haber previamente pasado por el área de marcado. Donde se realizan las marcaciones de acuerdo a la cuadrícula de rayado y teniendo en cuenta las características solicitadas en el plano

El proceso allí es realizado apoyados en una regla de extremos a extremos del tubo

Anexo No. T Instructivo parte 2

	DOCUMENTO DI-0001	VERSION 1	Fecha de Implementación: 05 de septiembre de 2021	PAGINA 3 DE 5
INSTRUCTIVO DE PERFORACION				



Después de realizar el rayado general en el tubo se debe centropunterar donde van a quedar las perforaciones, con el fin de facilitar y precisar las perforaciones realizadas después en el taladro de árbol.



Una vez realizado lo anterior se procede a realizar el montaje del tubo en el taladro de árbol apoyándonos de una diferencial para elevar el tubo, esto es una operación que se debe realizar entre dos personas, dando seguridad y estabilidad al tubo al momento de subir el tubo.



Haciendo uso de los Póks Yoke establecidos en las plataformas de los taladros se sujetan los tubos asegurándonos que el tubo no se mueva.

Anexo No. U Instructivo parte 3

	DOCUMENTO DI-0001	VERSION 1	Fecha de Implementación: 05 de septiembre de 2021	PAGINA 4 DE 5
INSTRUCTIVO DE PERFORACION				



Después de estar asegurado el tubo y verificado se procede a realizar la configuración de revoluciones en el taladro que se tiene establecidos para cada referencia de tubo.



De debe tener en cuenta que al momento de realizar las perforaciones se debe realizar dos pasadas con brocas diferentes, iniciando con una broca de un diámetro menor y terminando con el diámetro requerido según plano.



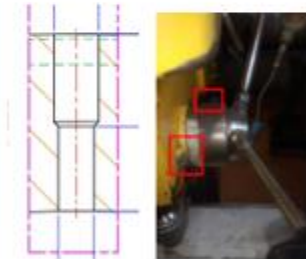
Anexo No. V Instructivo parte 4

	DOCUMENTO DI-0001	VERSION 1	Fecha de Implementación: 05 de septiembre de 2021	PAGINA 5 DE 5
INSTRUCTIVO DE PERFORACION				

Es muy importante tener las brocas bien lubricadas durante su operación así que se cuenta con un dispositivo graduable de goteo donde nos garantiza una lubricación constante.



El operario de perforación puede realizar todas las filas y columnas de perforaciones solicitadas por el plano emitido por el cliente.



Terminado el proceso de perforado se verifican nuevamente las variables críticas para el proceso, esta revisión la realizará el SUPERVISOR de producción.

- Alineación de las perforaciones
- La profundidad de los huecos
- Mecanizado de los cuellos

Anexo No. W Instructivo parte 5