

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ciencias



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Implementación de Herramientas Lean Manufacturing para reducir los tiempos de Cambio de Medidas en una Empresa Aceros

Para obtener el título profesional de Ingeniero Químico

Elaborado por

Gustavo Alberto Balarezo Inuma

 [0009-0009-0760-2569](#)

Asesor

Dra. Luz Rosario Franco Portilla Vda de Alvarez

 [0009-002-0899-3492](#)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Balarezo Inuma [1]
Referencia/Reference	[1] G. Balarezo Inuma, “ <i>Implementación de Herramientas Lean para reducir los tiempos de cambio de medida en una Empresa de Aceros</i> ” [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Balarezo, 2025)
Referencia/Reference	Balarezo, G. (2025). <i>Implementación de Herramientas Lean para reducir los tiempos de cambio de medida de una empresa de Aceros</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a mi abuelito Ulises que está en el cielo y me apoyo a ser profesional, a mi madre, abuelita por todo su amor incondicional, a mi hijita Luanita y esposa Mariela por todo el amor y cariño que me brindan. y ser mi motivación para mejorar cada día más como persona y profesional.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de mi familia, amigos, asesora e instituciones que contribuyeron en el proceso de elaboración de esta tesis.

En primer lugar, agradecer a mi esposa Mariela e hija Luanita, por darme el tiempo necesario para poder redactar esta tesis, a la Dra. Luz Franco, mi asesora de tesis , por su guía especializada y recomendaciones útiles, a mis padres por la confianza y motivación que me brindaban.

También agradezco a colegas de mi facultad que me orientaron sobre la elaboración de esta tesis, al Ingeniero Branco Figueroa, por las capacitaciones en conocer los procesos de fabricación de tubos, a mis colegas de trabajo que me permitieron realizar los estudios de tiempo de cambio de medido, a la comunidad académica de la Universidad Nacional de Ingeniería que me brindo los conocimientos para desarrollarme como profesional.

Finalmente, agradezco a mis equipos de trabajo, a personas que lideré y profesionales que me enseñan a ser mejor persona y profesional cada día.

Resumen

El propósito principal de este trabajo es evidenciar como la ejecución de modelos de la filosofía Lean Manufacturing reducen sustancialmente los tiempos de cambios de medida, un proceso basado en modificar las dimensiones de los tubos de aceros, con el objetivo de cumplir el plan de ventas de la empresa Corporación Aceros Arequipa S.A (CAASA). Las metodologías empleadas para diseñar y reducir los tiempos empleados en la transición de formatos fue SMED, buscando disminuir los tiempos de set up entre la producción de diferentes dimensiones de tubos; la metodología 5S's cuyo enfoque es crear un ambiente limpio, ordenado y organizado, lo que con lleva a tener una línea más eficiente; la metodología TPM que busca capacitar al personal en mantenimiento básicos de la línea para aumentar el tiempo operativo de la máquina de fabricación de tubos; la integración de kaizen en el sistema de gestión y adoptar un sistema de producción Just in Time con niveles de inventario moderados que permitan agilizar los tiempos de configuración y elaborar un programa de producción que agilice la productividad de la línea.

Mediante estas metodologías descritas, se logró disminuir los tiempos de cambio de medida en un 42%, Esta disminución en tiempo resultó en un aumento del 8% de la disponibilidad de la línea y un aumento en 16% del ritmo de producción, traducido en fabricar 550 tn adicionales de tubos LAF, en comparación de los años anteriores. Estos resultados generan una mayor productividad en el proceso.

Palabras clave — Lean Manufacturing, Smed, Kaizen, TPM, Just in time

Abstract

This study aims to demonstrate how the application of Lean Manufacturing tools can increase productivity in size changeover times, a process based on modifying the dimensions of steel tubes to meet customer demand at Corporación Aceros Arequipa S.A., a Peruvian company in the steel industry. The methodologies used to design and reduce size changeover times were SMED, seeking to minimize setup times between the production of different tube dimensions; the 5S methodology, which focuses on creating a clean, orderly, and organized environment, leading to improved productivity; the TPM methodology, which seeks to train personnel in autonomous maintenance to increase the availability of the tube manufacturing machine; the integration of Kaizen into the management system to foster continuous improvement; and the adoption of a Just in Time production system with moderate inventory levels to optimize configuration times and develop a production program that streamlines line productivity.

Through these methodologies, a 42% reduction in size changeover times was achieved. This reduction resulted in an 8% increase in line availability and a 16% increase in production rate, translating into the manufacture of 550 additional tons of LAF tubes compared to previous years. These results generate higher productivity in the process.

Keywords — Lean Manufacturing, Smed, Kaizen, TPM, Just in time

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1 ACTIVIDAD PRINCIPAL.....	1
1.2 SECTOR INDUSTRIAL AL QUE PERTENECE	1
1.3 LÍNEAS DE PRODUCTOS	1
1.4 FILOSOFÍA ADMINISTRATIVA.....	4
1.5 CULTURA ORGANIZACIONAL.....	6
1.6 ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	7
1.7 NORMATIVIDAD EMPRESARIAL	7
1.8 PRINCIPIOS DE CALIDAD	9
1.9 SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	11
1.10 GESTIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	12
CAPÍTULO II. CARGOS Y FUNCIONES COMO BACHILLER	14
2.1 CONTEXTO LABORAL.....	14
2.2 DESCRIPCIÓN DE CARGOS Y FUNCIONES.....	14
2.3 RESPONSABILIDADES SEÑALADAS EN EL MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES	15
2.4 PERSONAL A SU CARGO Y SUS RESPONSABILIDADES	17
2.4.4 FUNCIÓN EJECUTIVA Y/O ADMINISTRATIVA ADICIONAL.....	17
2.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS COMO BACHILLER.....	18
CAPÍTULO III. DESARROLLO DE ACTIVIDAD TÉCNICA REALIZADA	19
3.1 CONTEXTO LABORAL EN EL ÁREA DE TRABAJO	19

3.1.1 Labores y tareas relacionadas con el tema específico a desarrollar	19
3.1.2 Conocimiento técnico de la carrera	20
3.1.3 Participación en actividades complementarias	21
3.2 HECHOS RELEVANTES DE LA ACTIVIDAD TÉCNICA	25
3.2.1 Descripción de la realidad problemática	25
3.2.2 Definición de problema general y secundario	28
3.2.3 Importancia e Justificación	29
3.2.4 Antecedentes Nacionales e Internacionales	30
3.2.5 Objetivo general y específico	32
3.3 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO DE LOS CONOCIMIENTOS TÉCNICOS REQUERIDOS ..	33
3.3.1 Marco Histórico de lean manufaturig	36
3.3.2 Desperdicios Lean Manufacturing	40
3.3.3. Principios Lean Manufacturing	42
3.3.4. Herramientas de Lean Manufacturing	43
3.4 PROPUESTA Y CONTRIBUCIONES DE SU FORMACIÓN PROFESIONAL	58
3.4.1 Objetivos y justificación del uso de las técnicas propuestas	58
3.4.2 Cálculos y determinaciones de indicadores de gestión para evaluar monitorear la propuesta	60
3.4.3 Análisis e interpretación de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución	117
3.4.4 Evaluación y Decisiones tomadas	121
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPLICANCIAS	127
4.1 CONTRIBUCIONES AL DESARROLLO DE LA EMPRESA	127
4.2 IMPACTO DE LA PROPUESTA	127
4.2.1 IMPACTO ECONÓMICO	127
4.2.2 IMPACTO TECNOLÓGICO	136
4.2.3 IMPACTO AMBIENTAL	137

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
5.1 CONCLUSIONES	139
5.2 RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
ANEXOS.....	148

LISTA DE TABLA

Tabla 1 Sedes en Perú con Certificaciones de Calidad.....	10
Tabla 2 Personal a Cargo y responsabilidades	17
Tabla 3 Cronograma de Actividades	18
Tabla 4 Estudio de capacidad de planta.....	27
Tabla 5 Etapas de Metodología SMED	50
Tabla 6 Beneficios de las herramientas Lean Manufacturing	59
Tabla 7 Fases de Implementación de 5S's	70
Tabla 8 Resumen de uso de tarjetas roja.....	77
Tabla 9 Clasificación de materiales por frecuencia de uso	78
Tabla 10 Imágenes antes de la implementación de la tercera Etapa	82
Tabla 11 Imágenes después de la implementación de la tercera Etapa.....	82
Tabla 12 responsable por área.....	84
Tabla 13 Tiempo promedio de cambio de familia del primer semestre del año 2024	86
Tabla 14 Tiempo promedio de cambio segundo semestre del año 2024.....	116
Tabla 15 Indicadores beneficiados con la implementación de Herramientas Lean	116
Tabla 16 Capacidad de la planta en el primer semestre del año 2024	128
Tabla 17 Capacidad de la planta en el segundo semestre del año 2024.....	128
Tabla 18 Costo por horas hombre en los tiempos de cambios y otras paradas de la línea en el primer semestre del 2024	130
Tabla 19 Costo por horas hombre en los tiempos de cambios y otras paradas de producción después de la implementación de herramientas de lean Manufacturing	130
Tabla 20 Comparación de los costos de horas hombre de antes y después de implementar las herramientas de lean Manufacturing.....	131
Tabla 21 Porcentaje de chatarra en el 2024.....	137

Lista de Figuras

Figura 1 Productos de Coorporación Aceros Arequipa S.A.....	3
Figura 2 Valores de Corporación Aceros Arequipa	5
Figura 3 Organigrama Corporación Aceros Arequipa – Sede Cajamarquilla.....	7
Figura 4 Estrategias de gestión del impacto ambiental	13
Figura 5 Diagrama de Proceso de Saponificación de Jabón.....	22
Figura 6 Flujo de trabajo al implementar el MPS y MRP	23
Figura 7 Ancho de diseño Antes y después de la mejora	24
Figura 8 Demanda Mensual (ton) vs Producción (ton) sin aplicar lean Manufacturing	25
Figura 9 Demanda Mensual (ton) vs Producción (ton) después de aplicar lean Manufacturing	26
Figura 10 Diagrama Causa y Efecto de los tiempos prolongados en los cambios de medida.....	27
Figura 11 Proceso de fabricación del acero	35
Figura 12 Los 8 desperdicios de Lean Manufacturing	42
Figura 13 Símbolos del VSM.....	44
Figura 14 Mapa de la situación Actual	45
Figura 15 Mapa Actual con Oportunidad de Mejora	45
Figura 16 Mapa de Flujo futuro.....	46
Figura 17 Fases de la 5S´s	48
Figura 18 Etapas de Kaizen	49
Figura 19 Se muestra las etapas de la Metodología SMED.....	52
Figura 20 Los 5 ceros del sistema Just in time.....	54
Figura 21 Componente del OEE	57
Figura 22 Diagrama de Operaciones del proceso de Fabricación de tubos de acero	63
Figura 23 Mapa de Flujo de Valor Actual	66
Figura 24 Mapa de Valor Futuro	67

Figura 25 Inspección de auditoría en el área de producción de tubos Laf.....	68
Figura 26 Organigrama de comité 5S's.....	71
Figura 27 Miembros del comite 5S's.....	72
Figura 28 Cronograma de actividades de la implementación 5'S.....	73
Figura 29 Flujograma de clasificación de Objetos	75
Figura 30 Tarjeta Roja.....	76
Figura 31 Herramientas Empleadas Antes de la Implementación	79
Figura 32 Herramientas utilizadas después de la implementación	79
Figura 33 Ubicación inadecuada de contenedor de materiales peligrosos	80
Figura 34 Se procedió a guardar el cilindro en su almacén correspondiente	80
Figura 35 Cronograma semanal de Limpieza de planta	81
Figura 36 Áreas de la fabricación del tubo	83
Figura 37 Ejemplo de Estándar en el área de Fabricación de Tubos	85
Figura 38 Etapas de la implementación de la metodología SMED	87
Figura 39 Herramientas apropiadas para la calibración	88
Figura 40 Procedimiento de cambio de familia parte 1.....	88
Figura 41 Procedimiento de cambio de familia parte 2.....	89
Figura 42 Procedimiento de cambio de familia parte 3.....	89
Figura 43 Procesos de transformación de cambio de familia	90
Figura 44 Clasificación de Actividades Internas y Externas en la primera parte de cambio de familia	90
Figura 45 Clasificación de Actividades Internas y Externas en la segunda parte de cambio de familia	91
Figura 46 Clasificación de Actividades Internas y Externas en la tercera parte de cambio de familia	91
Figura 47 Transformación de Actividades Internas y Externas en la primera parte de cambio de familia.....	92

Figura 48 Transformación de Actividades Internas y Externas en la segunda parte de cambio de familia.....	92
Figura 49 Transformación de Actividades Internas y Externas en la tercera parte de cambio de familia	93
Figura 50 Capacitación a los miembros del equipo de cambio de familia sobre Smed ...	95
Figura 51 Elaboración de turcas	95
Figura 52 Herramientas adecuadas para el cambio de medida	96
Figura 53 Mejora la iluminación en la zona de trabajo	96
Figura 54 Elaboración de Bobina de Inducción	97
Figura 55 Incremento de puntos de aire comprimido en la línea	97
Figura 56 Identificación de rodillos Inferiores	98
Figura 57 Plan de capacitaciones de cambio de medida	99
Figura 58 Tabla de control de smed	99
Figura 59 Instructivo de cambio de medida	100
Figura 60 Disponibilidad de la línea mes de enero a junio	101
Figura 61 Etapas de la implementación del mantenimiento autónomo.....	102
Figura 62 Pareto de fallas en la tubera LAF- en los últimos 6 meses.....	102
Figura 63 Línea de tubos LAF	103
Figura 64 Cronograma de capacitación de mantenimiento autónomo en zonas de la tubera LAF	104
Figura 65 Lista de verificación de proceso lubricación y limpieza	106
Figura 66 Lista de verificación mejorada.....	107
Figura 67 Disponibilidad de la línea de tubos mes de Julio a diciembre.....	108
Figura 68 Ritmos mensuales del 2024 Tubera LAF	109
Figura 69 Tonelajes de tubos inspeccionados del 2024 Tubera LAF	109
Figura 70 Cálculo del OEE de cada mes del 2024	111
Figura 71 Programación de familia mensual	112
Figura 72 Programa de Familias Orden creciente de Diámetro madre.....	114

Figura 73 Programa de Familias Orden decreciente de Diámetro madre.....	115
Figura 74 Prueba de normalidad utilizando el software SPSS.....	118
Figura 75 Comparación Descriptiva antes y después de implementar lean en los tiempos de cambio	119
Figura 76 Prueba de T student.....	120
Figura 77 Lista de actividades de 5S's.....	122
Figura 78 Inventario e Inspección de control y manejo materiales peligroso.....	123
Figura 79 Auditoria de 5S's.....	124
Figura 80 Ficha de estándar visual	125
Figura 81 Programa anual de capacitación y entrenamiento.....	125
Figura 82 Tablero de control smed.....	126
Figura 83 Costos de transformación de enero a abril.....	133
Figura 84 Costo de transformación de mayo a agosto	134
Figura 85 Costo de transformación de septiembre a diciembre	135
Figura 86 Indicador de Accidentabilidad Línea de tubos 2024	138

CAPÍTULO I. Datos generales de la empresa

1.1 Actividad Principal

La Corporación Aceros Arequipa S.A(CAASA) se destaca como una empresa pionera en el sector siderúrgico, con una trayectoria por más de 55 años de experiencia sólida en la oferta de productos y servicios que cuentan con los estándares de calidad internacional. Aceros Arequipa dispone de una extensa cartera de productos y servicios para atender rubros relevantes del Perú. Aceros Arequipa se guía por una visión clara y sólida, respaldada por valores como la innovación, la calidad y la responsabilidad social, lo que nos ha permitido alcanzar el éxito. (Aceros Arequipa, s.f)

1.2 Sector industrial al que pertenece

Corporación Aceros Arequipa S.A, es una empresa referente en el rubro siderúrgico fundada en 1964, que lidera el mercado en la producción de acero, brindando productos y servicios de calidad internacional dirigido a los sectores de construcción, industria y minería. (Aceros Arequipa, s.f)

1.3 Líneas de productos

Corporación Aceros Arequipa S.A. cuenta con una diversidad de productos, segmentados en seis categorías principales

Categoría Construcción de Viviendas

- Materiales de Fierro para construcción
- Estripos de aceros corrugados
- Clavos y Alambres
- Calaminas de Acero – Cobertura Aluzinc

Categoría Constructoras

- Conectores Mecánicos
- Dowel
- Perfiles de Acero

Industria Metalmecánica

- Alambrón de Trefilería
- Vigas
- Tubos de Aceros
- Soldaduras

Categoría Industria Metalmecánica

- Productos Planos
- Tubos de Aceros
- Herramientas y artículos de Ferretería

Sostenimiento de rocas

- Perno de Barra
- Conformado
- Plachuelas
- Tubo splitbolt

En la figura N°1, se exhiben algunos artículos que comercializa la empresa Aceros Arequipa.

Figura 1

Productos de Coorporación Aceros Arequipa S.A

Fierro Corrugado ASTM G615 -G60	Fierro Corrugado ASTM615 – G60	Estríbos de Varilla de Refuerzo
		
Clavos de Aceros	Alambre Recocido Negro	Vigas H WF Alas Anchas
		
Tubos Galvanizados ASTM500	Tubos de Aceros LAF ASTM A513	Tubos de Aceros LAC ASTM
		
PLANCHAS LAF/LAC/GALV	PERFILES	BARRAS PLANAS
		

Nota: Elaboración propia

1.4 Filosofía Administrativa

Visión

Líder en el mercado Siderúrgico Peruano, destacando por sus altos índices de rentabilidad en comparación con los competidores de la región. Paralelamente, expandir las operaciones a nivel internacional, consolidando su presencia en diversos mercados. (Aceros Arequipa, s.f).

Misión

Proporcionar soluciones de aceros a nuestros clientes, mediante la implementación de prácticas sostenibles, la innovación en los productos, la mejora continua en los procesos y el desarrollo humano impulsando al crecimiento de los países en los que operamos. (Aceros Arequipa, s.f).

Valores

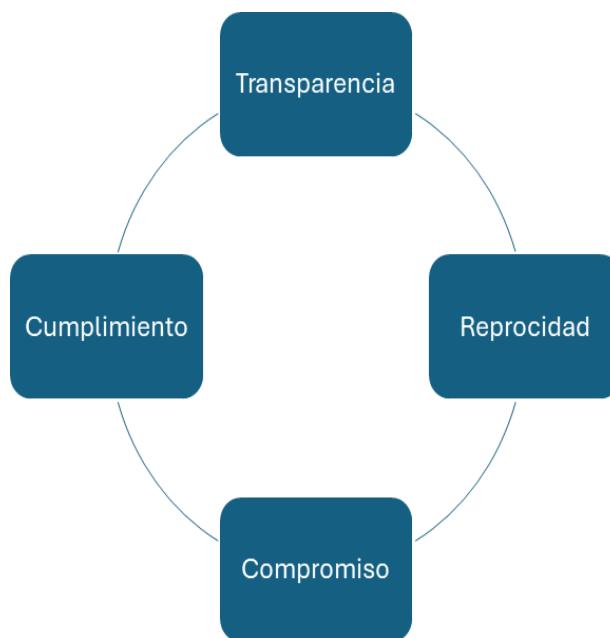
Los valores de Aceros Arequipa ayudan a identificar lo que quieren ser y hacer. Además, son los pilares fundamentales que sustentan su identidad corporativa, guiando sus acciones y la manera como quieren que lo reconozcan. Nuestros valores son: Liderazgo en el trabajo, enfocarse en lo importante y trabajar en Sinergía. Además, los valores están acompañados de atributos que respaldan y refuerzan las acciones vinculadas a la ética, lo que facilita su cumplimiento y práctica dentro de la organización, los cuales son los siguientes. (Código de ética, 2019)

- Transparencia: Demostrar un compromiso con la honestidad, accesibilidad y claridad en todas nuestras interacciones. (Código de ética, 2019)
- Reciprocidad: El respeto a la dignidad hacia los colaboradores es primordial, estableciendo una relación en la empresa de reconocimiento mutuo en los derechos y obligaciones de todos los implicados (Código de ética, 2019).

- Cumplimiento: Los miembros del comité tienen la obligación de cumplir lo pactado y adherirse a los lineamientos políticos establecidos por la empresa.
- Compromiso: Cada miembro de la organización desde los directivos hasta los colaboradores, deben respetar y cumplir con las responsabilidades, direccionadas al desarrollo de la visión, misión y al alcanzar las metas dispuestas por la compañía. En la Figura N°2, se muestra los valores de la empresa. (Código de ética, 2019)

Figura 2

Valores de Corporación Aceros Arequipa



Nota: Elaboración Propia

Política de responsabilidad social

Corporación Aceros Arequipa, La protección del personal, del entorno y la excelencia en sus productos y servicios son factores claves para el crecimiento sostenible de sus operaciones: (Política de Gestión de la Calidad, 2023).

Con el objetivo de establecer relaciones sólidas y duraderas con su grupo de interés, Se comprometen en:

- Optimizar los procesos con la intención de reducción de costos en sus operaciones.
- Establecer relaciones de mutuo beneficio con sus proveedores.
- Reducir los accidentes de trabajo, los riesgos de seguridad.
- Concientizar a nuestros colaboradores en mitigar la contaminación ambiental
- Aumentar la satisfacción de nuestros clientes internos y externos.
- Definir y evaluar de manera regular los objetivos relacionados con la calidad, el medio ambiente, la seguridad y salud en el trabajo, así como la gestión contra el soborno.

1.5 Cultura Organizacional

La ética, junto a no permitir el fraude y la corrupción en CAASA, constituye un componente esencial de nuestra cultura organizacional. Estos elementos son pilares fundamentales en nuestras interacciones con los grupos de interés y guían nuestras acciones en los mercados en los que operamos. (Memoria Anual Aceros Arequipa, 2022)

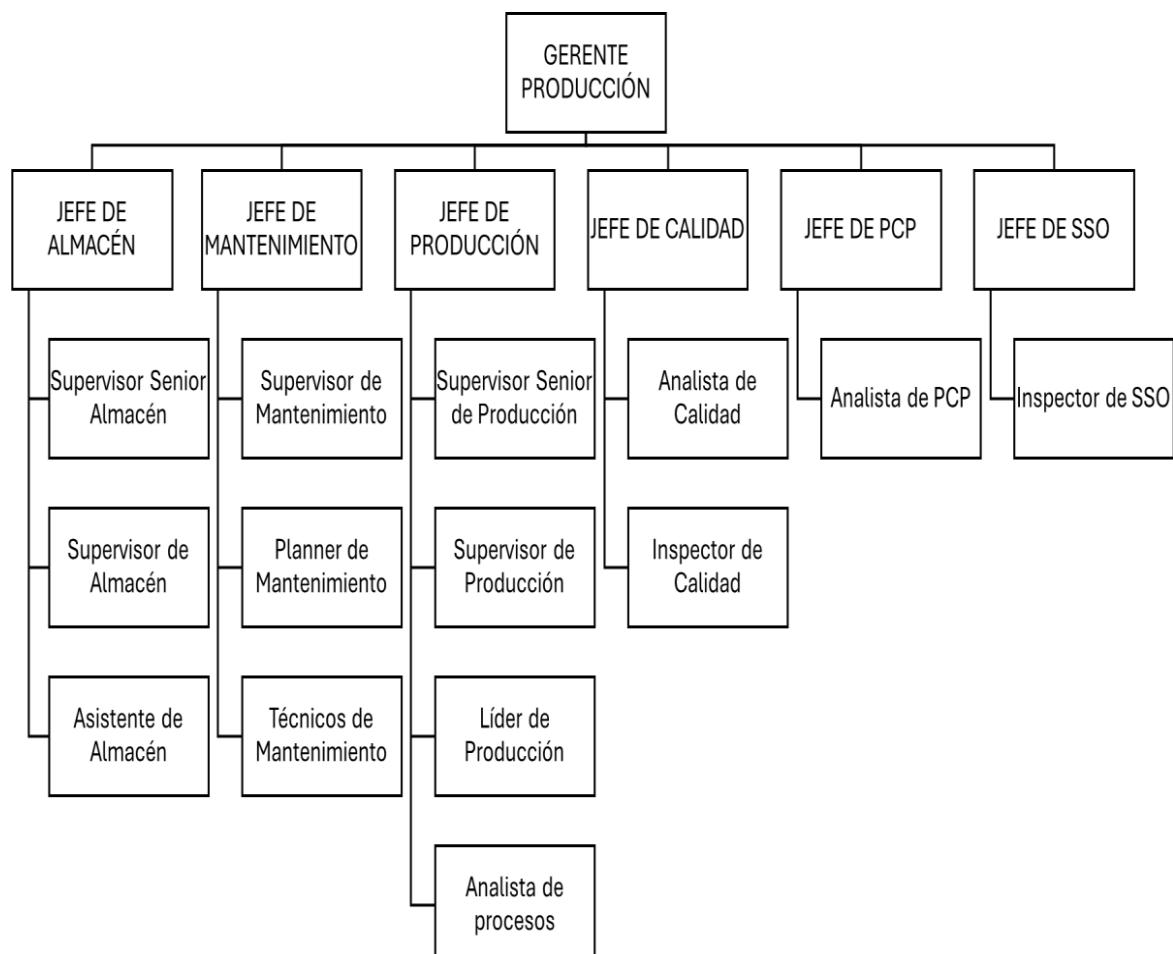
Corporación Aceros Arequipa, se distingue por ser una empresa con los más altos estándares de transparencia, ética y legalidad. Además, adopta una política de tolerancia cero hacia el fraude, el soborno, la corrupción y cualquier conducta que contravenga los valores establecidos en nuestro Código de Ética, el Código Contra Actos de Fraude, la Política de Derechos Humanos y Diversidad, así como otras normativas internas que regulan nuestros procesos. (Memoria Anual Aceros Arequipa, 2022)

1.6 Estructura Funcional

El Organigrama de Corporación Aceros Arequipa – Sede Cajamarquilla (Planta de Fabricación de Tubos y Planchas de Aceros) tiene la siguiente estructura.

Figura 3

Organigrama Corporación Aceros Arequipa – Sede Cajamarquilla



Nota: Elaboración Propia

1.7 Normatividad empresarial

Corporación Aceros Arequipa S.A cumple con todo el ordenamiento jurídico en materia laboral en el país y actuamos con pleno respeto hacia la ley. Las interacciones laborales entre nuestra organización y nuestros colaboradores están reguladas en el reglamento Interno de Trabajo – RIT. (Política Empresarial de Gestión Humana, 2017)

El RIT contiene, principalmente, normas específicas para nuestra organización, así como los derechos y obligaciones de nuestros trabajadores para que puedan realizar sus funciones, ya que las leyes actuales establecen las reglas laborales generales, las cuales son cumplimiento obligatorio para todas las empresas y trabajadores. Además, el marco de acción de nuestra normativa empresarial sustenta en: (Política Empresarial de Gestión Humana, 2017).

Establecer una estrategia clara para desarrollar y sostener una cultura organizacional que se ajuste a nuestras necesidades. Poseer un modelo de competencias que, mediante indicadores clave. Permite evaluar la eficacia de las competencias en el cumplimiento de los objetivos organizacionales y Promover el crecimiento profesional de nuestro colaborador en concordancia con nuestros objetivos, visión, misión y valores. (Política Empresarial de Gestión Humana, 2017).

Cumplimiento normativo de Corporación Aceros Arequipa S.A.:

- Ley 26842, establece la normativa general sobre salud" (Ley 26842, 1997).
- Ley 29783, regula la seguridad y la salud laboral" (Ley 29783, 2011)
- Resolución Directoral N°0015- 2018, se le otorga la autorización del transporte De residuos sólidos no peligrosos, mediante la Ley 127, Ley de Gestión Integral De residuos sólidos.
- Mediante la Resolución Ministerial N.º 375-2008-TR, emitida el 30 de noviembre de 2008, el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo oficializó la Norma Básica de Ergonomía junto con el Procedimiento para la Evaluación del Riesgo Disergonómico.
- Decreto Supremo N°015-2005-SA, aprueban reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo.
- La normativa establecida en la Ley N.º 27942 se enfoca en sancionar el hostigamiento sexual, complementándose con el Decreto Supremo N.º 003-97-

TR, que trata la hostilidad en el trabajo, así como con las normas que puedan actualizarla o reemplazarla..

- Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático
- Ley N°28983 - Ley de Igualdad de Oportunidades entre Mujeres y Hombres
- Decreto Supremo N°003-97-TR - T.U.O. de la Ley de Productividad y Competitividad Laboral (en adelante, “LPCL”).
- Ley N°28518 - Ley sobre Modalidades Formativas (Ley N°28518).

1.8 Principios de Calidad

La Corporación Aceros Arequipa se compromete a ofrecer productos de excelente calidad en el mercado, asegurando el bienestar de su personal, respetando el medio ambiente y las comunidades cercanas a sus operaciones. Como parte de su mejora continua, la empresa invierte constantemente en tecnología para optimizar el rendimiento de sus líneas de producción, logrando establecer certificaciones en normas en diversos procesos de la compañía. Esto genera ahorros significativos en la empresa entre estas normas. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Aceros Arequipa cuenta con las siguientes certificaciones:

Norma de Calidad ISO 9001, esta norma reconoce la importancia de gestionar y mejorar continua en la calidad de sus productos y servicios para disminuir los costos relacionados con la baja calidad y aumentar su competitividad. Por esta razón, ha obtenido la certificación del modelo de gestión de la calidad, el cual se basa en procesos donde la escuchar al cliente, atender sus requerimientos son aspectos fundamentales. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

ISO14001, Evalúa de manera específica el cumplimiento de aspectos fundamentales, tales como reducir la contaminación, el seguimiento con la normativa

vigente y la mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

ISO 45001, Norma que busca garantizar el bienestar de los colaboradores, el cuidado del medio ambiente y mejorar la imagen corporativa, mediante la ejecución de sistemas de gestión de SST efectivos. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

La calidad en nuestros productos es nuestro principal pilar, por ello, nuestros laboratorios cuentan con la norma NTP-ISO/IEC 17025 por el Instituto Nacional de Calidad -INACAL, demostrando así la solidez de los resultados, obtenidos a través de un proceso de investigación meticuloso y de la aplicación de técnicas especializadas. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

La obtención de estas certificaciones ha facilitado realizar mejoras destinadas a reducir el impacto ambiental de los procesos, evitar riesgos en los procesos y disminuir costos mediante la optimización del uso de los recursos. Además, ha contribuido a mejorar el desempeño de los trabajadores y asegurar a nuestros clientes que nuestros sistemas de gestión integrados son robustos y que nuestro performance seguirá mejorando de manera continua. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

En la tabla n°1 se muestra las certificaciones de las sedes principales en Perú.

Tabla 1

Sedes en Perú con Certificaciones de Calidad

Certificaciones	PISCO	LURÍN	CAJAMARQUILLA	CALLAO
ISO 9001	✓	✓	✓	✓
ISO 14001	✓	✓	✓	
ISO 45001	✓	✓	✓	
ISO 17025	✓			

Nota: Elaboración Propia

1.9 Sistema de seguridad industrial

Corporación Aceros Arequipa SA, ha desarrollado una estrategia de liderazgo en áreas como seguridad y salud en el trabajo basada en reducir los puntos de riesgos y la implementación de planes de acción a corto, mediano y largo plazo. Esta planificación proactiva ha fomentado una sólida cultura de prevención en toda la organización. Por ello, tenemos un sistema de gestión que monitorea todas nuestras operaciones en Perú dentro de nuestras sedes y en áreas donde se hayan destinado trabajadores por encargo de la corporación. (Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional, 2021)

Corporación Aceros Arequipa SA ha implementado un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo integral, basado en la legislación nacional (Ley 29783 y DS 42 F) y en los estándares internacionales (ISO 45001). Contamos con normas internas que rigen nuestra administración, incluyendo la Política corporativa de Seguridad y Salud Ocupacional y el estatuto Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo. (Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional, 2021)

La prevención y control de los riesgos de CAASA son los siguientes:

- Sistema de Agua contra Incendio
- Sistema de CO2
- Extintores contra incendios
- Mapa de Riesgo y Evacuación actualizados
- Teléfono de Emergencia actualizados
- Contar con Kits Antiderrame
- Luces de Emergencia
- Instructivos y procedimiento de trabajo
- Zonas de tránsito apropiadas para gruás
- Inspecciones diarias de equipos y maquinaria

- Grupo electrógeno de Emergencia Operativos
- Charlas de Seguridad laboral diarias
- Brigadistas de primeros auxilios debidamente capacitados

1.10 Gestión de Impactos ambientales

Corporación Aceros Arequipa SA, ha implementado diversas estrategias para gestionar y reducir los problemas ambientales realizados por sus operaciones. Las principales iniciativas son: (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Economía Circular: Concientiza a nuestros colaboradores sobre el uso de nuestros innovaciones en los procesos que emplean recursos renovables o que ofrecen una mayor eficiencia, siempre que sea factible. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Mejorar la eficiencia en el uso de los insumos dentro de la compañía, lo que conduce a mejorar procedimientos de refabricado, reacondicionado y reciclaje, con el objetivo de aumentar el aprovechamiento de estos recursos." (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Administración Integral de Residuos Sólidos y derivados Industriales: Con la finalidad de optimizar el uso de recursos, hemos implementado procesos que priorizan la selección de insumos y materiales, así como la evaluación de nuevas tecnologías que reduzcan la emisión de residuos. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Aprovechamiento responsable de recursos renovables y Sensibilización Ambiental: Implementan directrices de conducta que fomentan el uso eficiente de los recursos renovables y un manejo consciente y responsable de los recursos no renovables, guiados por principios de mejora continua. Además, dirigen el avance en tecnología, junto con métodos sostenibles para la aplicación de tecnologías limpias para mejorar el uso de los recursos naturales. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Manejo Integral de la Contaminación y adherencia a la Normativa Ambiental

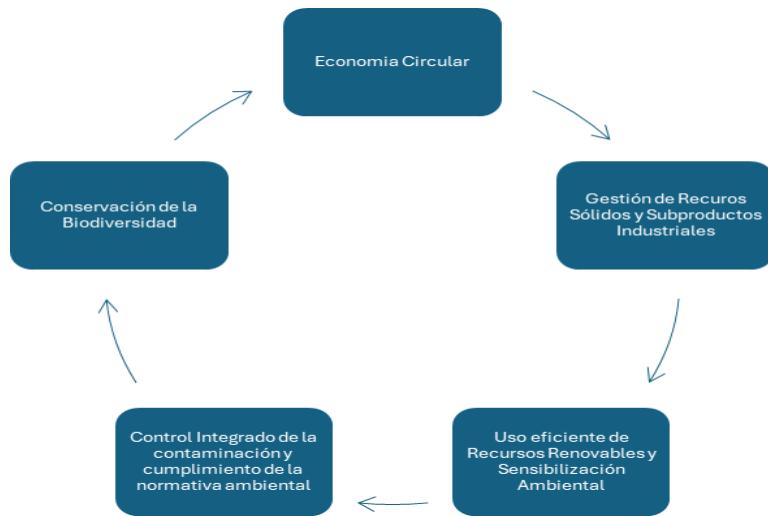
Aplicable: Asegurar la segregación de las partículas sólidas para reducir la concentración de emisiones atmosféricas, respetando los niveles máximos establecidos mediante el uso de un sistema de tratamiento de material particulado en los hornos. Además, se realiza un tratamiento adecuado a las aguas residuales domésticas e industriales permitiendo su reutilización y/o cumplimiento de los rangos máximos permisibles, de acuerdo con las descargas, a través de la planta de tratamiento de aguas industriales y nuestras plantas compactas y lagunas de oxidación. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

Conservación de la Biodiversidad: Las operaciones de CAASA se desarrollan en estricto cumplimiento con la legislación ambiental nacional, regional y local, priorizando el desarrollo de la protección biológica y el manejo responsable de los recursos naturales. Evitamos operar en áreas protegidas categorizadas por la UICN como de alta importancia para la conservación. (Corporación Aceros Arequipa, s.f)

En la figura N°4, se muestra las estrategias para gestionar el impacto ambiental de nuestros procesos.

Figura 4

Estrategias de gestión del impacto ambiental



CAPÍTULO II. CARGOS Y FUNCIONES COMO BACHILLER

2.1 Contexto Laboral

La experiencia acumulada durante mi desempeño como bachiller en Ingeniería Química se realizó en 2 empresas Blend SAC y Corporación Aceros Arequipa SA, en roles de Analista de PCP y jefe de Planeamiento y Control de la Producción. A partir de una sólida comprensión de los procesos de ambas compañías, desarrolle una proactiva actitud hacia la mejora continua, explorando constantemente nuevas oportunidades para agilizar los procesos y la calidad en las líneas de producción, realizando un estudio comparativo de práctica de las empresas donde labore con las de otras organizaciones líderes nacionales, se implementó MPS, MRP, Lean Manufacturing, SMED, 5S's, TPM y Kaisen. La mejora que mayores beneficios tuvo con el incremento de la rentabilidad y cubrir las necesidades de nuestro cliente fue "Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para reducir los Tiempos de Cambios de Medida en la Fabricación de Tubos de Aceros". Esta tesis se llevó a cabo en la Corporación Aceros Arequipa Sede Cajamarquilla cuyos detalles se expondrán con mayor profundidad en las secciones siguientes.

2.2 Descripción de cargos y funciones

Actividad 1: Analista de PCP BLEND SAC

Mi principal función como Analista de PCP era distribuir el trabajo de producción de forma adecuada, planificar y programar los turnos de producción en función a los pedidos de nuestros clientes y supervisar que los trabajos se cumplan dentro de los plazos establecidos, sin exceder el presupuesto asignado.

Actividad 2: Jefe de PCP y Producción en BLEND SAC

Las funciones principales que realice como Jefe de PCP y Producción en Blend SAC fue planificar las operaciones de las 4 Unidades de Negocio (Productos líquidos,

corrosivos, sólidos y viscosos), estableciendo una secuencia de actividades que garantice la consecución de los objetivos en el menor tiempo posible, gestionar las horas hombre, las líneas y los recursos que se necesita para cumplir con los pedidos, asignar tareas específicas de producción al personal más capacitado para llevarlas a cabo y supervisar el cumplimiento del programa de producción y la calidad de los productos terminados.

Actividad 3: Analista de PCP en Corporación Aceros Arequipa SA

Como Analista de PCP en Coorporación Aceros Arequipa SA (CAASA), tengo las funciones de Elaborar el programa de producción mediante una secuencia optima, considerando las restricciones de los procesos (prioridades de los pedidos y el nivel de Cobertura) de los procesos de (Flejes, tubos, planchas, Split Bolt, Placas de Sujeción y Oxicorte), brindar soporte a producción con mejoras continuas en reducir los tiempos de cambio de medida y paradas no programadas, emitir y cerrar las órdenes de procesos en el ERP SAP, hacer seguimiento al stock de materia prima y hacer seguimiento semanal al stock de flejes de lenta rotación.

2.3 Responsabilidades señaladas en el manual de Organización y funciones

Se presenta las labores realizadas.

Actividad 1: Analista de PCP BLEND SAC

- Elaborar el programa de seis líneas semi- automatizadas (Línea de Productos Líquidos y Viscosos).
- Garantizar la disponibilidad de materias primas para cumplir con las fechas establecidas entre el área comercial y los clientes.
- Establecer un cronograma de entregas de pedidos, junto con el área comercial y distribución.

- Realizar la distribución del personal por línea y asegurar el cumplimiento del programa de producción.

Actividad 2: Jefe de PCP y Producción en BLEND SAC

- A cargo de la planificación del abastecimiento de recursos y cumplimiento de las actividades planificadas de 4 líneas de negocio.
- Responsable de la planificación y ejecución del abastecimiento de materia prima nacional y importados.
- Programar la producción de 10 líneas de producción.
- Realizar el plan maestro de producción (MPS) y el plan de Requerimiento De materiales (MRP), teniendo en cuenta el forecast de los retails y los pedidos del canal tradicional.
- Segmentar y Gestionar el inventario de 500 sku de acuerdo con la clasificación ABC, prestado especial atención a los productos inmovilizados.
- Elaborar los indicadores como Fill Rate y cumplimiento del programa de producción.
- Encargado de distribuir las funciones al personal de planta, con el propósito de organizar, dirigir y controlar las operaciones realizadas por cada uno.
- Supervisar la ejecución y desarrollo del programa de producción, evaluando la eficiencia de la línea de producción.

Actividad 3: Analista de PCP en Corporación Aceros Arequipa SA

- Elaborar los programas de producción de los productos de los procesos (Flejes, Tubos, Planchas, Split bolt, Oxicorte y Placas de Sujeción).
- Asegurar la llegada de la Materia prima a la fecha acordada con los proveedores.
- Optimizar los diseños de corte de flejes, reduciendo la merma y optimizando inventario.

- Emitir las ordenes de procesos productivos en el ERP SAP HANNA.
- Efectuar el cierre técnico de las ordenes de proceso en el sistema ERP SAP
- Hacer seguimiento al indicador de incremento de rendimiento metálico de flejes.

2.4 Personal a su cargo y sus responsabilidades

Como analista de PCP en corporación Aceros Arequipa, no conté con personal a cargo. Sin embargo, como de Jefe de PCP en Blend S.A.C y producción tuve a 41 personas como personal a cargo y en la tabla n°2, describo mis responsabilidades en el correcto desempeño de mis colaboradores.

Tabla 2

Personal a Cargo y responsabilidades

Puesto	Personal a Cargo	#Personas por Turno	Funciones
Jefe de PCP y Producción	Supervisor de Producción	2	Supervisar los trabajos del personal de producción.
	Asistente de Producción	1	Monitorear la correcta creación y cierre de Op's
	Maquinista	6	Supervisar el correcto uso de la máquina
	Preparadores	4	Supervisar la correcta Preparación de los productos
	Etiquetadores	8	Supervisar el correcto Etiquetado de los envases
	Encajadores	5	Monitorear el correcto Encajado y embalado de los productos
	Tapadores	5	Vigilar el correcto Tapado los envases
	Ayudantes	10	Monitorear a los ayudantes de la fabricación de Jabón y Detergente en Polvo

Nota: Elaboración Propia

2.4 Función ejecutiva y/o administrativa adicional

Actividad 1: Analista de PCP BLEND SAC

- Liderar reuniones con el área de compras sobre el abastecimiento de las materias primas.
- Coordinar con el área de almacén y calidad.

- Dar seguimiento al cumplimiento de las fechas de término de producción.

Actividad 2: Jefe de PCP y Producción en BLEND SAC

- Elaborar reportes y procedimientos
- Elaborar indicadores de fill rate y cumplimientos
- Liderar reuniones de S&OP
- Coordinar con área de Mantenimiento, almacén, calidad, compras, comercial y distribución.

Actividad 3: Analista de PCP en Corporación Aceros Arequipa S.A

- Liderar reuniones con jefe y supervisores de planta
- Coordinar con planeamiento, almacén y Calidad
- Realizar indicadores como cumplimiento del programa de producción y rendimiento de flejes.

2.5 Cronograma de actividades realizadas como bachiller

En la tabla 3 se presenta el cronograma con las actividades llevadas a cabo como Bachiller en Ingeniería Química.

Tabla 3
Cronograma de Actividades

Puesto	Periodo
Analista de PCP	16/07/2020 - 05/05/2021
Jefe de PCP y Producción	06/05/2021 – 19/06/2023
Analista de PCP	24/01/2024 - Actualidad

Nota: Elaboración Propia

CAPÍTULO III. DESARROLLO DE ACTIVIDAD TÉCNICA REALIZADA

3.1 Contexto laboral en el área de Trabajo

Mi desempeño como Analista de PCP en la CAAS.A. que es la Actividad 3, del presente informe está enfocado en la aplicación de conocimiento en Ingeniería Química para, dirigir procesos orientadas a la mejora de la línea de producción, que tienen como objetivos reducir costos operativos, aumentar productividad en las líneas de producción, reducir las mermas en los diseños de flejes y mejorar los procedimientos de trabajo.

3.1.1 Labores y tareas relacionadas con el tema específico a desarrollar

Se detallan las principales labores asociadas al tema a desarrollar asociado a la Actividad 3.

- Control y seguimiento de las tareas realizadas por el personal operativo y parámetros del proceso.
- Elaboración e implementación de instructivos y procedimientos
- Coordinación con mantenimiento para verificación de los equipos
- Implementación de estrategias eficiente del balance de materia en la producción de tubos de aceros para reducir las mermas.
- Mejorar los tiempos de cambio (SET UP), reduciendo y eliminando actividades internas.

3.1.2 Conocimiento técnico de la carrera

Los principales conocimientos técnicos aplicados en las tres actividades y, que se enseñan en el pregrado de Ingeniería Química, son los siguientes:

- Planeamiento y control de Producción: Se aplicó en la elaboración del esquema de trabajo, en la elaboración de MPS y MRP, elaboración de stock de seguridad, balance de línea, etc.
- Química Orgánica: En entender las preparaciones (Fabricación de Jabón, limpiadores, etc.)
- Estadística Aplicada: Aplicar la tendencia de la demanda, calcular los productos e insumos de baja y alta rotación.
- Industria de los procesos químicos: Facilidad para entender los procesos de fabricación de jabón, detergente, aceros, etc.
- Balance de materia y energía: Aplicar el balance de materia en todos los OP's, para tener información exacta del rendimiento de los procesos
- Cinética química y Diseño de Reactores: Elaborar un diseño de pailas para fabricar viruta de jabón, limpiadores y lavavajilla en pasta.
- Economía de los Procesos: Calcular los costos del proceso teniendo en cuenta los parámetros termodinámicos.
- Gestión Tecnología Empresarial: Gestionar con diversa área aplicando habilidades blandas para llegar a las metas establecidas por la empresa.
- Diseños de Plantas: Diseñar una línea de fabricación de jabón que sea rentable, segura y cumpla las condiciones ambientales.
- Simulación y control de procesos: Elaborar un P&ID en la línea de fabricación de jabón, ubicando diversos sensores, con el objetivo de agilizar la producción y seguridad en la planta.

- Aceites y Grasas: Conocer las propiedades fisicoquímicas de diversos aceites, para fabricar un jabón de buena calidad y competitivo en el mercado.
- Laboratorio de Operaciones Unitaria: Elaborar procedimientos en las preparaciones de productos como (Jabones, limpiadores, lavavajillas, etc), describiendo la función de cada equipo.
- Costos y Presupuestos: Calcular los costos de producción y presupuesto tentativo de acuerdo con el plan de ventas.
- Realidad nacional constitución y derecho humanos: Conocer y proteger los derechos de mis colaboradores y de la empresa.
- Circuitos e Instalaciones Eléctricas: Conocer las instalaciones eléctricas de bombas, sensores y transformadores en los procesos de producción.
- Ingeniería de Métodos: Implementar metodologías de trabajo que ayuden con la productividad, eficiencia en los procesos y comodidad en los colaboradores.
- Transferencia de Cantidad de Movimiento: Facilidad para entender el funcionamiento de diversas bombas e instalaciones para fluido de líquidos.
- Seguridad en Procesos Químicos Industriales: Capacitar a mi personal sobre seguridad en los procesos químicos y trabajo.
- Transferencia de Masa: La transferencia de masa que ocurre en el proceso de elaboración de jabón y lavavajilla en pasta.

3.1.3 Participación en actividades complementarias

Como bachiller en Ingeniería Química, se realizaron se realizaron actividades complementarias. Entre ellas cabe mencionar mi rol como líder en un proyecto específico y mi contribución como miembro de equipos de otros proyectos.

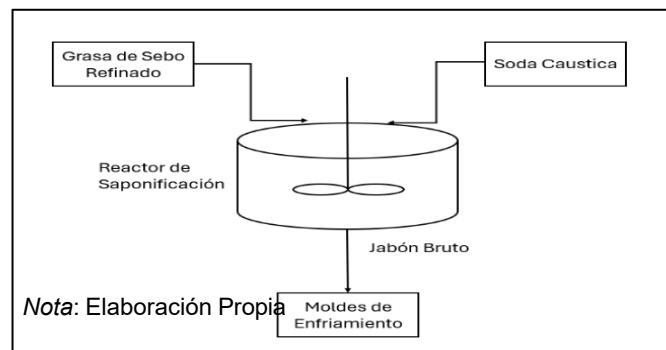
3.1.3.1. Creación de una planta de Jabón. La empresa Blend SAC, donde yo ejercí el cargo de jefe de PCP y Producción Actividad 2 , se dedicaba a las tareas de envasar el jabón, dado que adquiría el jabón en barra a proveedores externos. Ante la necesidad de ser más rentable la producción de jabón, la empresa decidió realizar una inversión en la creación de una fábrica de jabón. Para llevar a cabo este proyecto, se recuperó 2 pailas de capacidad de 1.5 tn que se usaban para hacer betún y convertir en pailas donde se realizan la reacción de saponificación. Para este proyecto se utilizó 3 tipos de aceites (aceite de palma, aceite de palmiste y grasa de sebo), generando un mayor margen la utilización de grasa de sebo. Se implementó un área de secado de la viruta que se obtenía de la reacción de saponificación entre el aceite y la soda caustica y se creó la máquina extrusora de jabón, que convertía la viruta de jabón en pellets, cuando ya estaba en pellets, continuaba el proceso de convertir los pellets en jabón en Barra, para ello, se compró una línea de acabado de jabón, que daba forma a los pellets a jabón en barra, para pasar a un proceso de enfriamiento en aire libre y posterior envasado de jabón. Los resultados del proyecto fueron:

- Se disminuyó el lead time a los clientes.
- Se alcanzó a reducir el costo del jabón por unidad, pasando de 1.5 soles a 1.25 soles y se mejoró la calidad del producto

En la figura 5, se muestra un diagrama del proceso de saponificación de jabón.

Figura 5

Diagrama de Proceso de Saponificación de Jabón.



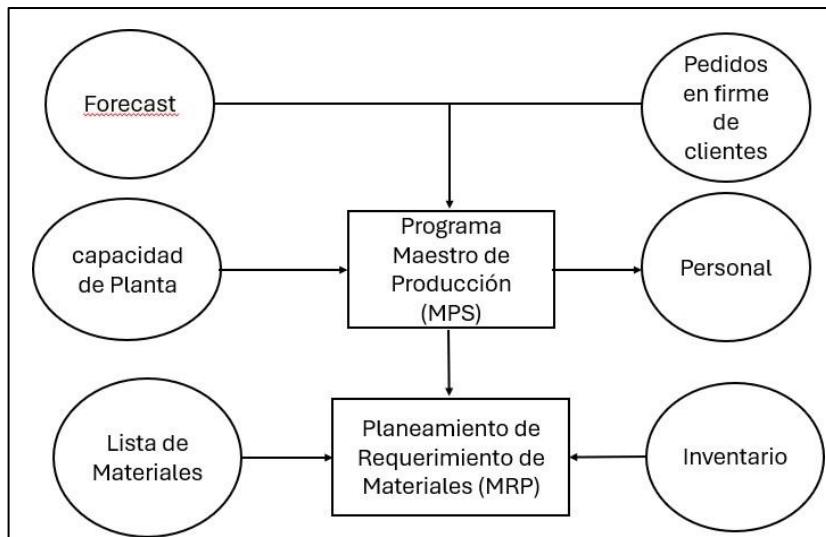
3.1.3.2 Implementación de MPS y MRP. Se realizó la implementación de plan maestro de producción (MPS) y plan de requerimientos de materiales (MRP) cuando ejercía la Actividad 1, debido a que no se llegaba a completar los pedidos de los clientes y se comprendió que la ejecución de estas 2 metodologías de trabajo iba a tener resultados beneficiosos en completar la entrega de los pedidos. Para ello se necesitó, contar con un forecast de los clientes principales, que no se contaba, tener una lista de materiales actualizadas por sku, un estudio de la productividad de la planta, contar con un stock de seguridad y una comunicación constante entre todas las áreas involucradas. Los resultados de la implementación de estas 2 metodología fueron:

- Aumento del fill rate (Indicador que es la división de los pedidos entregados entre los pedidos totales) de un 70 % a un 95 %.
- Reducción del costo de las horas hombre en 30% con un ahorro mensual de s/.100000.
- Fidelización de los clientes.
- Reducción del inventario en un 70%, reduciendo el stock de productos de baja rotación.

En la siguiente figura 6, se visualiza el flujo de trabajo al implementar un MPS y MRP.

Figura 6

Flujo de trabajo al implementar el MPS y MRP



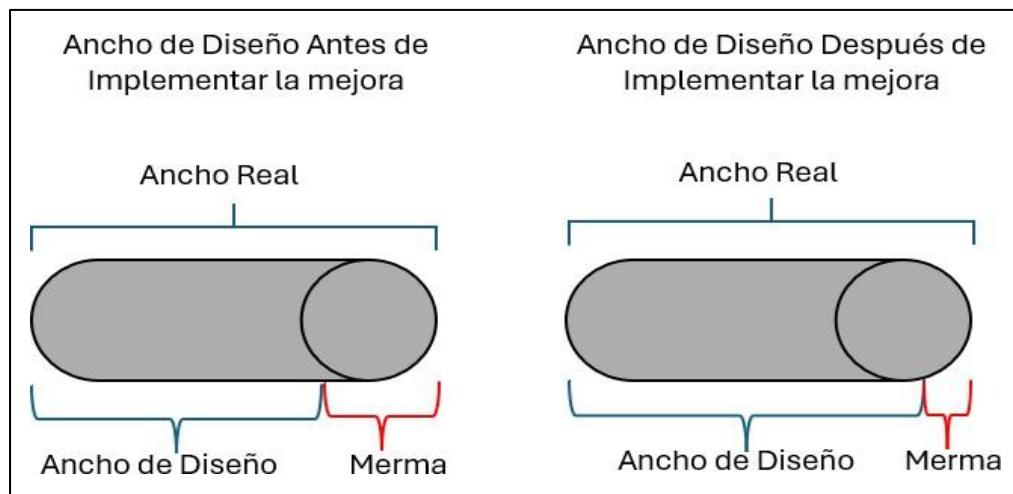
Nota: Elaboración Propia.

3.1.3.3 Incremento de rendimiento de flejes. Esta mejora se realizó en la actividad 3, Los flejes son los componentes principales en la fabricación de tubos de aceros, y los flejes provienen de las bobinas, para utilizar el mayor ancho de la bobina se tiene que hacer diseños de flejes que cubran la totalidad de su ancho, en un inicio la información que nos brindaba el área de compras es que las bobinas tenían un ancho de 1200 MM, lo cual era errónea ya que cuando medía su ancho real de las bobinas variaba entre 1230 – 1220 para calidad LAC y 1215 -1205 para calidad (laf y galv), lo cual teníamos una información errada en la obtención de la merma generada por diseño. La mejora consistió en trabajar con los anchos reales de las bobinas, para lo cual, se tuvo que cambiar los procedimientos de trabajo y contar con un histórico de los anchos de bobina por calidad y espesor. Con la finalidad de diseñar los flejes con anchos más exactos, con esta mejora se pudo reducir la chatarra que se genera en convertir la bobina en flejes en un 5%, reduciendo un costo operativo anual de s/.50000.

En la figura N°7, se muestra el ancho de diseño de fleje antes y después de la mejora.

Figura 7

Ancho de diseño Antes y después de la mejora



Nota: Elaboración Propia

3.2 Hechos relevantes de la actividad Técnica

3.2.1 Descripción de la realidad problemática

En las reuniones de inicio de año de 2024 con el área de planeamiento y comercial se manifestó que el incremento en el plan de ventas iba hacer superior en comparación con los planes de los meses pasados, dado que entraríamos al mercado Boliviano, con esta premisa el plan de ventas aumentaría entre 500 TN a 600 TN.

En los meses iniciales del año 2024 empresa Corporación Aceros Arequipa tiene venta perdida causada por la incapacidad para responder a las necesidades de la demanda, llegando a no cumplir con el plan de ventas debido a la ineficiencia en las líneas de tubos, generando un sobrecosto productivo en horas-hombres y un desgaste físico y mental de los colaboradores, debido a los tiempos prolongados en los cambios de set-up. Dado que la mayor cantidad de tonelaje que se ha visto más afectado por el incumplimiento del plan de demanda son los tubos LAF (Laminado en frio), nos centraremos en optimizar la línea de fabricación de este tipo de tubo. Las metodologías utilizadas para poder plantear y definir la solución es lean manufacturing principalmente smed, 5S's y TPM que son técnicas para reducir los tiempos de cambio.

Figura 8

Demand Mensual (ton) vs Producción (ton) sin aplicar lean Manufacturing

Nota: Estudio de cumplimiento de Plan de Demanda, por CAASA (2024)

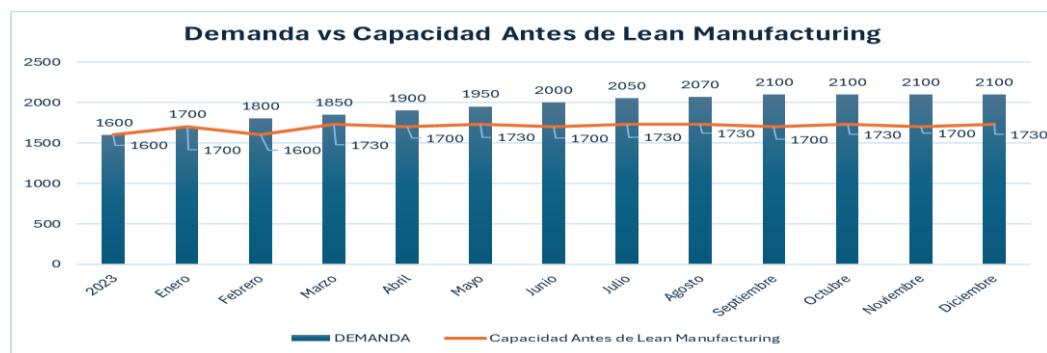
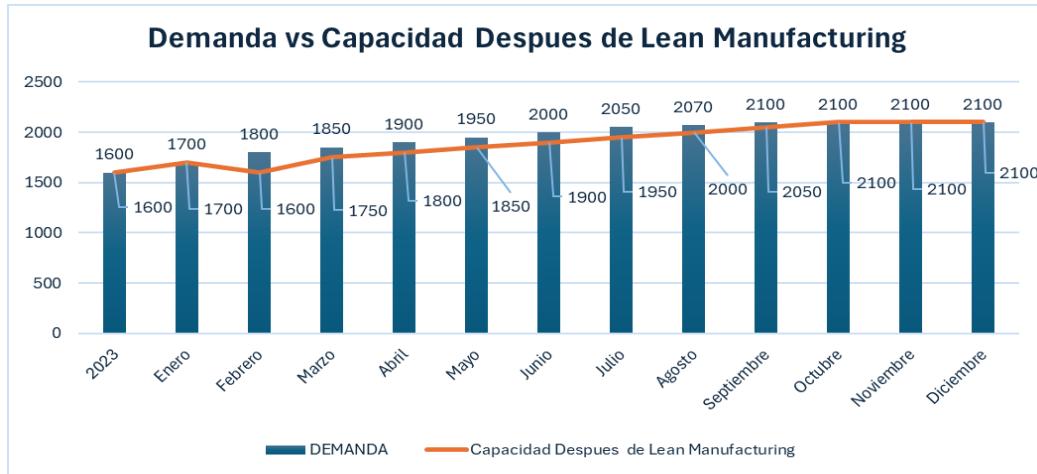


Figura 9

Demand Mensual (ton) vs Producción (ton) después de aplicar lean Manufacturing



Nota: Estudio de cumplimiento de Plan de Demanda, por CAASA (2024)

En la Figura 8 y 9. Se muestra un estudio comparativo entre la demanda mensual y los tonelajes de producción con nuestra capacidad actual y a la que debemos llegar con la implementación de la filosofía lean.

En la Figura 8, se muestra que con la capacidad de producción que hemos venido trabajando no alcanzamos el tonelaje deseado para cumplir con el plan de ventas, por lo cual debemos optimizar los procesos productivos para cumplir con la demanda y no tener venta perdida y clientes insatisfechos, por tal motivo una opción para incrementar la capacidad de la línea de tubos es aplicar lean manufacturing.

El estudio de la figura 9, determina nuestra capacidad de producción si aplicamos metodología lean en la línea de tubos, en la figura 9 se observa como nuestra capacidad aumenta cada mes hasta llegar a la capacidad deseada por el mercado.

Se realizó un estudio de las actividades que tienen mayor impacto en la capacidad de planta, resultando que el cambio de formato a otro es una de las

actividades que mayor tiempo consume resultando un tiempo promedio por mes de 72 horas. La tabla 4 muestra el estudio de capacidad de la línea de tubos Laf.

Tabla 4

Estudio de capacidad de planta

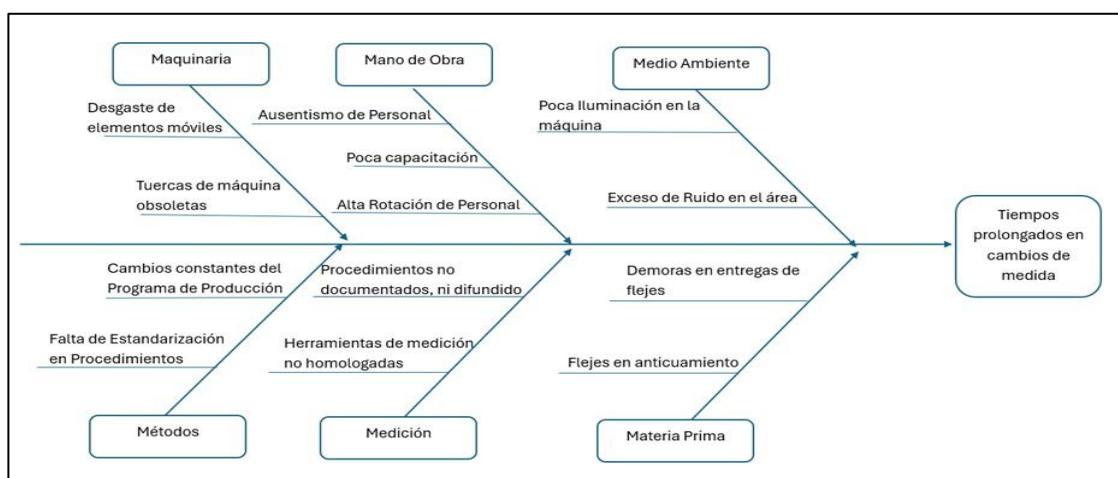
CAPACIDAD DE PLANTA		Ene-24
# de Familia		12
días x mes		31
horas total mes		744
mtto. preventivo		32
Refrigerio		46.5
Capacitación		15.5
horas por c/medida		72
otras h. programadas (c/discos, c/inserto, C/filtro, C emulsión)		36
imprevistos 3%		28
Horas disponibles		513.6
Ritmo de producción (T/h)		3.3
CAPACIDAD DE PLANTA (T)		1540 TN

Nota: Estudio de Capacidad, elaborado por CAASA 2024

A continuación, en la figura 10, se presenta los detalles que subyacen a los prolongados tiempos de cambio de medida, y nos lleva a una baja productividad. Lo cual se atribuye principalmente a deficiencias en la gestión de procesos. Estos puntos que afectan la eficiencia de la línea se tratará de solucionar con la ejecución de filosofía de lean.

Figura 10

Diagrama Causa y Efecto de los tiempos prolongados en los cambios de medida



3.2.2 Definición de problema general y secundario

La creciente demanda del mercado nos muestra la necesidad de optimizar los procesos de producción, para cumplir los requerimientos del área comercial. En ese sentido, la reducción de los tiempos de cambio de medida y otros cambios asociados, se presenta como una acción estratégica fundamental. Los períodos largos de configuración entre diferentes familias limitan significativamente la capacidad productiva y generan cuellos de botella que impiden satisfacer la demanda en tiempo y forma. Por lo tanto, la implementación de herramientas lean para agilizar los cambios de medida pasa a ser un punto importante para garantizar la competitividad de la empresa.

3.2.2.1 Problema General

- El tiempo de cambio de medida de 6 horas en los procesos productivos de la empresa limita significativamente su capacidad para alinearse al incremento de las ventas. Además, los prolongados tiempos de cambio generan desgastes físicos y mentales en los operarios, así como costos adicionales derivados de las horas hombres, electricidad y otros consumibles, estos puntos generan una rentabilidad negativa en la empresa.

3.2.2.2 Problemas Secundarios

- Se requiere de una inversión inicial significativa en capacitaciones y herramientas especializadas en la implementación de herramientas Lean.
- El desarrollo de la filosofía Lean requiere de una inversión inicial significativa en capacitación y herramientas.
- Los trabajadores pueden ser reacios a adoptar nuevas formas de trabajo o a cuestionarse las modificaciones de la nueva metodología.

- La ausencia de sistemas de seguimiento adecuados puede dificultar la visibilidad de áreas que necesitan atención para dar los resultados deseados.
- Los instrumentos y equipos utilizados en la industria del acero son a menudo grandes y especializados, lo que puede limitar las opciones para realizar cambios rápidos y eficientes.

3.2.3 Importancia e Justificación

3.2.3.1 Importancia. Este trabajo de suficiencia profesional en la empresa CAASA, es relevante ya que presenta un estudio para disminuir significativamente los ratios de tiempo cambio de formato a través de implementación de herramientas Lean Manufacturing como Smed, TPM y 5s, que trata la mejora continua de los procesos productivos reduciendo los tiempos de cambio y aumento la disponibilidad de la máquina.

Al finalizar, los resultados obtenidos demuestran los impactos positivos en los indicadores de producción en la línea de tubos. Se logró una reducción sustancial en los tiempos de cambio de medida, un incremento en la disponibilidad de la máquina y una disminución de desperdicios, lo que se traduce en una mayor eficiencia y productividad del proceso.

3.2.3.2 Justificación. El proyecto se desarrolló en una de las plantas productoras de tubos en lima de la empresa CAASA, en una coyuntura actual que a experimentado un notable crecimiento en los últimos años, se decidió optar por adoptar un enfoque de mejora continua y priorizando la disminución de los tiempo de set up, dado que tenemos un aumento de la demanda en un 25% más comparado con los años anteriores y con dicha demanda y nuestra capacidad actual estaremos dejando de

atender un aproximado de 400 a 500 tn mensuales, por lo cual nos vemos en la obligación de mejorar los métodos de trabajo para llegar a la demanda del mercado.

Con el propósito de cumplir con la demanda y alcanzar una mejora continua en los cambios de medida de la producción de tubos LAF, se optó por implementar la metodología Lean Manufacturing. Esta iniciativa no solo permite optimizar los procesos productivos, sino que también fomentó una cultura de trabajo y aprendizaje colaborativo, basado en una comunicación efectiva y en la búsqueda constante de soluciones innovadoras, por lo que empoderar a los trabajadores es primordial y es un aspecto importante en que se centra la metodología Lean. De esta manera, se logrará atender el plan de ventas, mejorar la calidad de los productos y reducir los costos productivos.

Dentro de Lean Manufacturing se tiene la metodología SMED, que proporciona un enfoque sistemático para hallar y liquidar las actividades que no aportan valor durante los procesos de cambios de medida, lo que con lleva a una disminución en los tiempos de setup. A su vez, como resultado de esta implementación, se logró optimizar la gestión de inventario de repuesto, garantizando la disponibilidad de estos y evitando interrupciones en la producción debido a faltantes. Simultáneamente, se llevaron a cabo prácticas de mantenimiento autónomo, lo que resultó en una mayor confiabilidad de la maquinaria y un incremento de la productividad

3.2.4 Antecedentes Nacionales e Internacionales

Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica (Calderon & Diaz, 2023), presentaron una investigación evidenciando una reducción drástica en los tiempos de cambio de familia, pasando de un promedio de 6.81 horas a 4.5 horas, aplicando la herramienta smed. . Esto demuestra el impacto positivo de esta metodología en hacer más eficiente los procesos de manufactura. La

disminución del tiempo de cambio de familia, al reducir los períodos de inactividad, generó la reducción de los costes operativos asociados a este proceso. Además, permitió una adecuada utilización de los recursos, como la maquinaria y la horas hombres, incrementando así el tiempo efectivo de producción en un 41%.

Aumento de la capacidad productiva en una planta de procesamiento de acero aplicando Lean Manufacturing (De Rutte, et al., 2012) Los resultados revelaron una disminución en los tonelajes no producidos por tiempos de set up. Las 280 tn no producidas se redujeron a 84 tn. Estas soluciones se centran en la optimización del herramiental, realizando ajustes previos a actividades productivas, y en la estandarización de los métodos de trabajo, buscando así reducir los tiempos improductivos y aumentar la eficiencia global.

Optimizar los tiempos de cambio de medida de una línea metalmecánica aplicando smed (Azalgara, 2021). Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada: la ejecución del método SMED permitió los tiempos de cambio de setup en un 70%, superando incluso las expectativas iniciales. Esto se logró a través de una gestión eficiente diseñado específicamente para optimizar el cambio de esquema en las actividades de laminación. Además, El análisis de costo-beneficio arrojó un índice de 57.59, lo cual indica una elevada rentabilidad de la inversión realizada. Esto demuestra que pequeñas mejoras en una línea de producción de alto rendimiento pueden generar unos resultados positivos en la actividad operativa de la organización.

SMED como Herramienta de mejora continua en el área de conversión de rollos (Torres, 2021), La empresa protisa implementó smed en la empaquetadora Universal L-120 demostrando una notable mejora en la flexibilidad y eficiencia del proceso productivo al reducir significativamente los tiempos de cambio de tipo 1. Esta herramienta potenciaría el tiempo de respuesta de los operadores ante las

desviaciones aleatorias de las ventas. Además, el desarrollo de la filosofía SMED en este proceso podría incrementar la eficiencia de producción en hasta un 85%, optimizando los tiempos de ciclo y reduciendo los desperdicios.

Aplicación de lean manufacturing para reducir el tiempo de fabricación de Ollas

(Cruzado & Falcón, 2024) La empresa Aluminios Reymon SAC concluyó que La implementación de herramientas de lean manufacturing (5S's, smed y Kaisen) en las operaciones de repujado, lijado y pulido resultó en una reducción significativa de los tiempos de configuración, pasando de 34.55, 30.13 y 27.12 minutos por lote a 21.05, 13.23 y 15.17 minutos, respectivamente. Esta optimización, reflejada en una disminución del 41.18% en las actividades internas de las tres máquinas, evidencia un incremento significativo en el rendimiento de las operaciones productivas.

3.2.5 Objetivo general y específico

3.2.5.1 Objetivo General

- Desarrollar una metodología donde se mejore continuamente los procesos operacionales, basado en herramientas de Lean Manufacturing, para reducir los tiempos de cambio de medida en la producción de tubos LAF y, como consecuencia, aumentar la capacidad de la línea de tubos LAF de la planta.

3.2.5.2 Objetivos específicos

- Determinar un enfoque Lean, mediante las siguientes herramientas Lean como (5S, SMED, TPM y Just in Time), para mejorar significativamente la eficiencia en la línea de tubos LAF.
- Incrementar la disponibilidad de la línea de tubos LAF, reduciendo las paradas programadas.

- Reducir los costos de transformación en la producción de tubos LAF, con el desarrollo de métodos Lean
- Asegurar el cumplimiento del plan de ventas proyectados para el año 2024.
- Establecer un programa de entrenamiento en Lean Manufacturing que capacite a todos los empleados en los principios y herramientas de esta metodología.

3.3 Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos

La primera parte de este marco teórico se centrará en analizar los fundamentos teóricos de la fabricación del acero, desde la extracción de los insumos hasta la obtención del producto terminado.

El acero, una aleación fundamental en numerosas aplicaciones, se compone principalmente de hierro y carbono. A esta matriz básica se suman elementos aleantes en proporciones menores, como silicio, fósforo, azufre y manganeso, que confieren al material propiedades específicas (Ramos , 1993).

La producción de acero implica un sistema heterogéneo compuesto por fases sólida (hierro), líquida (escoria) y gaseosa. Este sistema dinámico tiende hacia un estado de equilibrio termodinámico, susceptible a alteraciones mediante la adición de elementos reactivos o variaciones en los parámetros de proceso, como la temperatura y la presión. El objetivo fundamental de la fabricación del acero consiste en refinar la fase metálica, eliminando aquellos elementos que degradan sus propiedades y adicionando aquellos que son necesarios para alcanzar la composición química deseada. (Velasco, 2013)

La producción de acero involucra un proceso secuencial que comprende un período oxidante, caracterizado por la eliminación del carbono en forma gaseosa y la

oxidación de elementos como silicio y manganeso, los cuales son transferidos a la escoria en forma de compuestos complejos. Si la escoria presenta un carácter básico, también se facilita la eliminación del fósforo. Posteriormente, se desarrolla un período reductor con el objetivo de eliminar el exceso de óxidos de hierro presentes en el baño metálico, lo que favorece la eliminación del azufre o la recuperación del manganeso oxidado. Finalmente, se lleva a cabo un proceso de desoxidación mediante la adición de ferroaleaciones de manganeso y silicio al baño metálico, así como de aluminio metálico en la lingotera. (Velasco, 2013).

Posteriormente, el acero líquido es sometido a un proceso de colada continua, durante el cual se solidifica en forma de planchones. Estos planchones son posteriormente laminados en caliente para obtener bobinas, producto semiacabado de gran versatilidad en la industria siderúrgica. (Velasco, 2013).

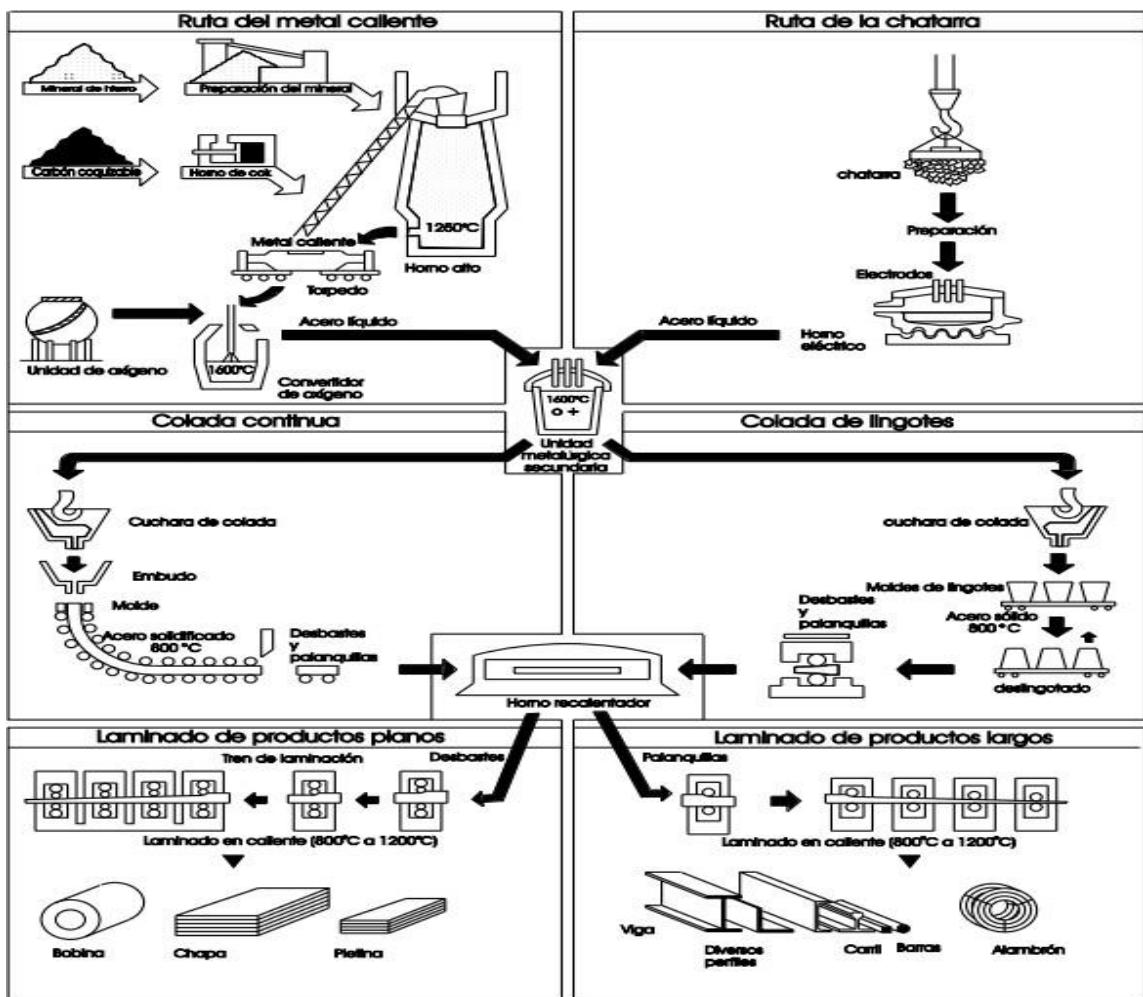
Mediante la laminación, se logra reducir el espesor de un material metálico desarrollando la aplicación de fuerzas de compresión entre dos cilindros rotatorios. Este proceso, que puede realizarse a diferentes temperaturas, permite obtener productos laminados con las dimensiones y propiedades deseadas. (Scharer, 2003)

A partir de productos laminados en caliente, la laminación en frío permite obtener superficies metálicas con un acabado superficial superior y una estructura más densa. El objetivo de este proceso es lograr propiedades físicas precisas y controladas, que pueden ser modificadas mediante tratamientos térmicos adicionales. Los productos obtenidos a través de la laminación en frío son utilizados en una gran diversidad de sectores industriales, destacando la fabricación de hojas de lata y carrocerías de vehículos. (Scharer, 2003). La industria siderúrgica ha percibido un cambio sobresaliente en los últimos años, debido al incremento de la demanda, la exigencia de nuevas especificaciones de producto y la recurrente necesidad de desarrollar el

consumo de recursos energéticos y materiales. La solución a estos retos es el desarrollo de diversas técnicas, destacando la ampliación de la capacidad de fusión de los hornos, lo que ha redundado en una mejora sustancial de la eficiencia productiva. (Instituto Técnico de la Estructura en Acero, s.f)

Figura 11

Proceso de fabricación del acero



Nota: fuente (Instituto técnico de la estructura en acero, 2015)

A continuación, se presentarán las principales teorías que sustentan esta investigación, tales como Lean manufacturing, Kaizen, SMED, 5S's, TPM y just in time con la finalidad de tener una base teórica en la ejecución de la tesis.

3.3.1 Marco Histórico de lean manufacturing

La producción ajustada tiene sus raíces en los grandes lotes de manufactura. Durante los primeros años del siglo XX, los enormes lotes de producción, que se originó y desarrolló en la industria de automóviles, se extendió a todos los rubros. Adicionalmente, estos principios, tuvieron su auge con la filosofía de Ford y Taylor, dejó de ser viable. Esto se debe a que la producción en masa no solo implica la fabricación de grandes cantidades de productos, sino también un sistema completo de tecnologías, mercados, economías de escala y reglas rígidas que chocan con la necesidad actual de flexibilidad. (Rajadell & Sánchez, 2010)

Taylorismo se afianzó la cultura en las corporaciones cuando ejecutó su método científico a diversos aspectos como procedimientos, tiempos, líneas, personas y movimientos. Más tarde, Henry Ford lanzó al mercado, las primeras líneas de ensamblaje en la fabricación de autos, donde utilizó intensivamente la normalización de productos, la mecanización de labores simples, la reducción y secuenciación de actividades, la correlación de operaciones, el expertise en lo laboral y la enseñanza específica. Ambos casos representan conjuntos de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización, surgidas y desarrolladas en una época en la que era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de productos. (Hernández & Vizán, 2013)

El apogeo con estas metodologías tiene lugar en Japón, en el cual se origina el primer indicio de la filosofía Lean. Sakichi Toyoda fue un destacado empresario y pensador japonés, nacido el 14 de febrero de 1867 en Kosai, Japón. En 1902 Toyoda trabajó intensamente largos períodos de trabajo y logró generar diversos inventos, uno de los cuales es especialmente relevante: Inventó un aparato que detenía el telar cuando se rompía un hilo y indicaba al operador con una señal visual de que la

máquina no estaba produciendo y necesitaba atención. Gracias a esta medida simple y efectiva, un solo operario podía supervisar varias máquinas, lo que resultó en una mejora significativa de la productividad y fomentó una preocupación constante por optimizar los métodos de trabajo. (Hernández & Vizán, 2013)

Esta filosofía se conoce como jidhoka, que quiere decir detector de los errores con un sentido humano. La palabra original es Jidoka. Este invento se convirtió en uno de los pilares más importantes para la industria de los telares, lo que le valió a Sakichi Toyoda ser considerado entre los japoneses como un gran ingeniero y el rey de los inventores de Japón. (Socconini, 2020)

En 1929, Kiichiro Toyoda hijo de Sakichi Toyoda, viajó a Inglaterra para acordar la venta de las patentes de su creación "a prueba de errores" a los hermanos Platt, quienes compraron los derechos por 100,000 libras esterlinas. Con estos fondos, Kiichiro fundó la Toyota Motor Company (Rajadell & Sánchez, 2010)

El desafío para los japoneses consistía en aumentar la productividad sin depender de las economías de escala. Para lograrlo, comenzaron a analizar los métodos de producción de Estados Unidos, prestando especial atención a las prácticas de Ford, al control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, y a las técnicas de calidad propuestas por Edwards Deming y Joseph Moses Juran, así como las que desarrolló Kaoru Ishikawa. (Muñoz et al., 2022)

Dos egresados de ingeniería que laboraban en la empresa, Eiji Toyoda (sobrino de Kiichiro) y Taiichi Ohno, considerado el pionero de la filosofía Lean Manufacturing, realizaron visitas a los talleres automotrices estadounidenses. En ese momento, el sistema estadounidense promovía la reducción de costos mediante la producción de vehículos en enormes volúmenes, pero restringiendo la diversidad de modelos. Ambos ingenieros visualizaron que este enfoque duro no podía ser aplicable en Japón y en

los próximos años el futuro demandaría la producción de automóviles pequeños y una mayor diversidad de modelos a un menor costo. Concluyeron que esto solo sería factible eliminando los inventarios y reduciendo diversas formas de desperdicio, incluyendo el aprovechamiento de las capacidades humanas. (Hernández & Vizán, 2013)

Basándose en estas ideas, Taiichi Ohno sentó los cimientos del nuevo sistema de gestión Justo a Tiempo, conocido también como Toyota Production System (TPS) o Just In Time (JIT). (Muñoz et al., 2022)

Shigeo Shingo, profesional y conocedor de mejora de procesos en Toyota. Comprendió la obligación de modificar las operaciones productivas haciéndolas más ágil y sin interrupciones, con el objetivo de brindarle lo necesario al cliente, enfocándose en la reducción de los períodos de preparación. Sus ejemplos iniciales se centraron en disminuir drásticamente los tiempos de cambio de un esquema de trabajo a otro esquema, estableciendo las bases del método SMED. Bajo la filosofía JIT, se desarrollaron diversas técnicas como el sistema Kanban, Jidoka y Poka-Yoke, que enriquecieron el sistema Toyota. (Hernández & Vizán, 2013)

A inicios de los noventa, el modelo japonés llegó a USA y Europa a través de una publicación de Warnack, Jones y Ross titulada “La máquina que cambió el mundo”. En esta obra se describió un nuevo sistema de producción que combina flexibilidad, eficiencia y calidad, y se utilizó por primera vez el concepto de lean manufacturing. (Camayo & Aranda, 2023)

Lean Manufacturing es una filosofía de producción que promueve la optimización de los procesos a través de la identificación y eliminación de actividades que no generan valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. (Socconini, 2020). otro concepto sobre lean manufacturing es un enfoque orientado a brindar un mejor sistema

de fabricación a través de la reducción de desperdicio. Este desperdicio se refiere a todas aquellas actividades que no generan valor para el producto y que el cliente no está dispuesto a remunerar, a través del uso de un conjunto de herramientas. (Rajadell & Sánchez, 2010)

Lean Manufacturing tiene los siguientes pilares

- Operaciones fluidas y un stock reducido
- Lotes mínimos de producción
- Fabricación bajo pedido
- Trabajo en Equipo
- Reducción de mudas
- Detección y eliminación de defectos
- Flujo ágil

Los resultados obtenidos por empresas que han adoptado prácticas Lean Manufacturing son contundentes, evidenciando mejoras en los siguientes puntos.

- Minimización de los costos operativos
- Reducción en los lotes de compras
- Mejor gestión de stock
- Aumento de las cualidades y características de los productos
- Aumento del rendimiento y agilidad en la línea
- Incrementa los índices de Motivación del Personal

La filosofía Lean Manufacturing se ha consolidado a nivel mundial como una estrategia eficaz para optimizar los procesos productivos y aumentar la eficiencia empresarial. (Muñoz et al., 2022)

3.3.2 Desperdicios Lean Manufacturing

El objetivo principal del Lean Manufacturing es reducir el desperdicio conocido como MUDA, que se refiere a cualquier elemento que no aporta valor y por el cual el cliente no está dispuesto a pagar. (Villaseñor & Galindo, 2007)

Los 7+1 desperdicios del Lean Manufacturing.

- Sobreproducción: Este evento ocurre cuando producimos más de lo solicitado por el área comercial, se produce mucho antes del plazo de entrega, o se invierte con mayor capacidad de la necesaria. Además, la sobreproducción implica perder tiempo en fabricar productos innecesarios, consumir materiales de manera ineficiente, aumentar los transportes internos y llenar los almacenes de inventario. (Muñoz et al., 2022)
- Tiempo de Espera: El desperdicio por tiempo de espera se refiere al tiempo perdido debido a una secuencia de trabajo o proceso ineficiente (Muñoz et al., 2022). Ejemplos de tiempo de espera el operario espera a que la máquina termine su ciclo, espera materiales, espera a que arreglen la máquina, espera instrucciones, etc. (Mandariaga, 2021). Indudablemente, este desperdicio impacta de manera directa en la productividad operativa y, de la planta. Un operario o una máquina inactiva representa una pérdida económica, ya que se está pagando por no realizar ninguna actividad (Quesada et al., 2018).
- Movimientos Innecesarios: Se define como desperdicio realizar actividades de trabajo que no generan valor al producto o servicio. Los movimientos innecesarios suelen ser el resultado del desorden en el área de trabajo o de deficiencias en su diseño (Muñoz et al, 2022).
- Transporte Innecesario: Esta actividad hace referencia a los movimientos o irrelevantes de materiales, a menudo debido a un diseño inadecuado del

layout. Las máquinas y las líneas de producción deben estar ubicadas lo más cerca posible entre sí, y los materiales deberían trasladarse directamente de una estación de trabajo a la siguiente, evitando esperas en colas de inventario. (Muñoz et al, 2022).

- SobreInventario: Sobrestockearnos de insumos, inventario de productos intermedios o productos finalizados genera incrementos en los tiempos de entrega, materiales vencidos o fueran del rango de vida útil, daños a los artículos, necesidad de almacenamiento y incumplimiento de pedidos. Además, el inventario tiende a enmascarar problemas como producción desnivelada, retrasos de proveedores, averías y paros de equipos. Adicionalmente, se requiere personal para custodiar, controlar y despachar el inventario cuando sea necesario. (Villaseñor & Galindo, 2007)
- Sobreprocesamiento: El desperdicio asociado a procesos innecesarios surge cuando se añade más valor al producto del que el cliente considera adecuado o espera. (Muñoz et al, 2022).
- Productos Defectuosos: Este punto se refiere a un mal uso de los recursos empleados para fabricar productos que están fuera del rango de calidad. Esto abarca materiales, tiempo de máquina y, lo más relevante, el tiempo de una persona, elementos que en conjunto no aportan valor al cliente. (Socconini, 2020)
- Desaprovechar el talento Humano: Este tipo de desperdicio nos lleva a reconocer que las personas son el recurso más valioso dentro de una organización. El gran error es suponer que los trabajadores deben laborar como máquinas y limitarse a seguir órdenes sin cuestionar. Este tipo de desperdicio se refiere a la desaprovechar la creatividad, la inteligencia, el trabajo en equipo y las ideas, lo que resulta en una baja motivación, falta de compromiso y deficiencia en el liderazgo del personal. (Muñoz et al, 2022).

Figura 12

Los 8 desperdicios de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración Propia

3.3.3. Principios Lean Manufacturing

- **Valor:** Este término se refiere a todo lo que el demandante está dispuesto a pagar por un bien o servicio. Los clientes valoran y están remuneran aquellos recursos que han sido transformados de manera óptima y eficiente en un producto final. Cualquier error o ineficiencia en el proceso productivo que resulte en un costo adicional para el cliente será rechazado. (Muñoz et al, 2022)
- **Cadena de Valor:** Implica un estudio minucioso de todas las actividades y procedimientos de producción en tres etapas: desde la fase el desarrollo técnico y conceptual e ingeniería hasta la introducción del producto, desde el proceso informativo que comienza al recibir el parte de producción hasta el despacho final, y desde el traslado en físico y lógico de insumos hasta su transformación en un producto terminado que llega a manos del consumidor. (Tejeda, 2011)

- Flujo Continuo: Este principio busca optimizar los tiempos de ciclo al eliminar las interrupciones entre procesos, asegurando una producción ágil y eficiente (Arroyo, 2018)
- Sistemas Pull: Consiste en un método productivo destinado a la demanda, donde los procesos se activan en función de los pedidos de los clientes y no producir bajo stock. (Tejeda, 2011)
- Mejora Continua: Se fomenta una filosofía de kaisen, donde los procedimientos son objeto de un estudio constante con el fin de identificar y reducir todo tipo de desperdicio, asumiendo que siempre existe margen para optimizar. (Tejeda, 2011)

3.3.4. Herramientas de Lean Manufacturing

Se abordarán diversas herramientas Lean que contribuyen a incrementar la efectividad y agilizar la producción en la línea de tubos, mediante la eliminación de desperdicios que puedan surgir.

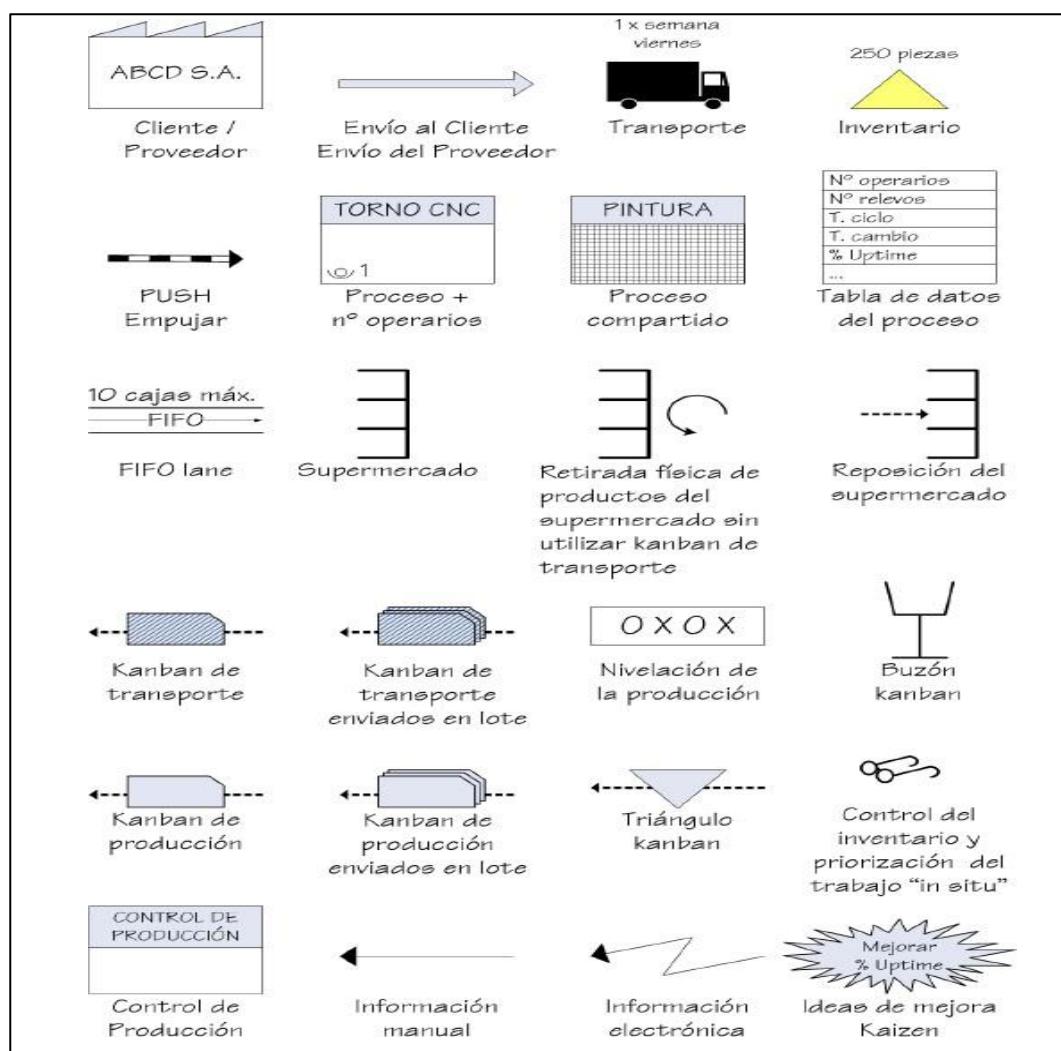
3.3.4.1 Mapa del Flujo de Valor (VSM): El VSM es una metodología que permite visualizar y optimizar los flujos de valor en una organización. Al identificar y eliminar las actividades que no aportan valor al cliente (Muñoz et al, 2022).

El VSM es una herramienta visual que representa de manera gráfica y detallada el recorrido que siguen los materiales y la información a través de todo el proceso productivo, desde la llegada del pedido o forecast, recepción de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente. (Madariaga, 2021). En la figura 13, se visualiza elementos usados en la creación de VSM.

En la metodología VSM, se tiene 2 estados el estado actual y el estado futuro. En el estado de valor actual se analiza cada operación dentro del flujo de la logística,

evidenciando que procesos generan valor y cuales no generan valor. Además, se muestran los planes de acción que se va a tomar para reducir o eliminar los procesos que no generan valor. El estado futuro es una proyección del resultado de la implementación de los planes de acción en la cadena de suministro. (Hernández & Vizán, 2013).

Figura 13
Símbolos del VSM

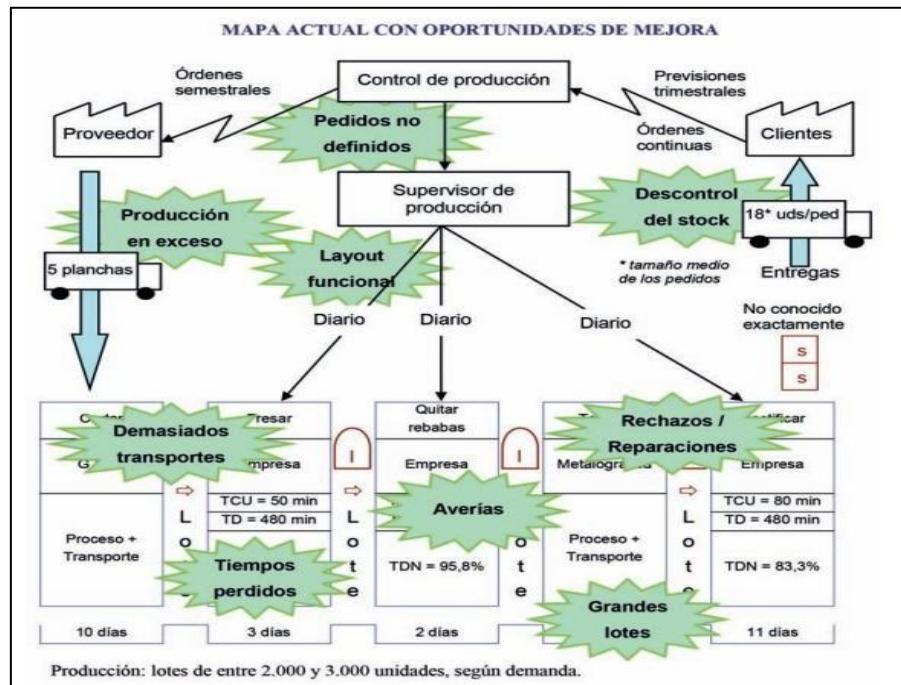


Nota: Simbología para elaborar un Value Stream Mapping. Fuente: (Madariaga, 2021)

En la Figura 14, 15 y 16 se muestra un ejemplo de cómo se realiza un mapa de flujo de valor en estado actual y futuro de una empresa.

Figura 14

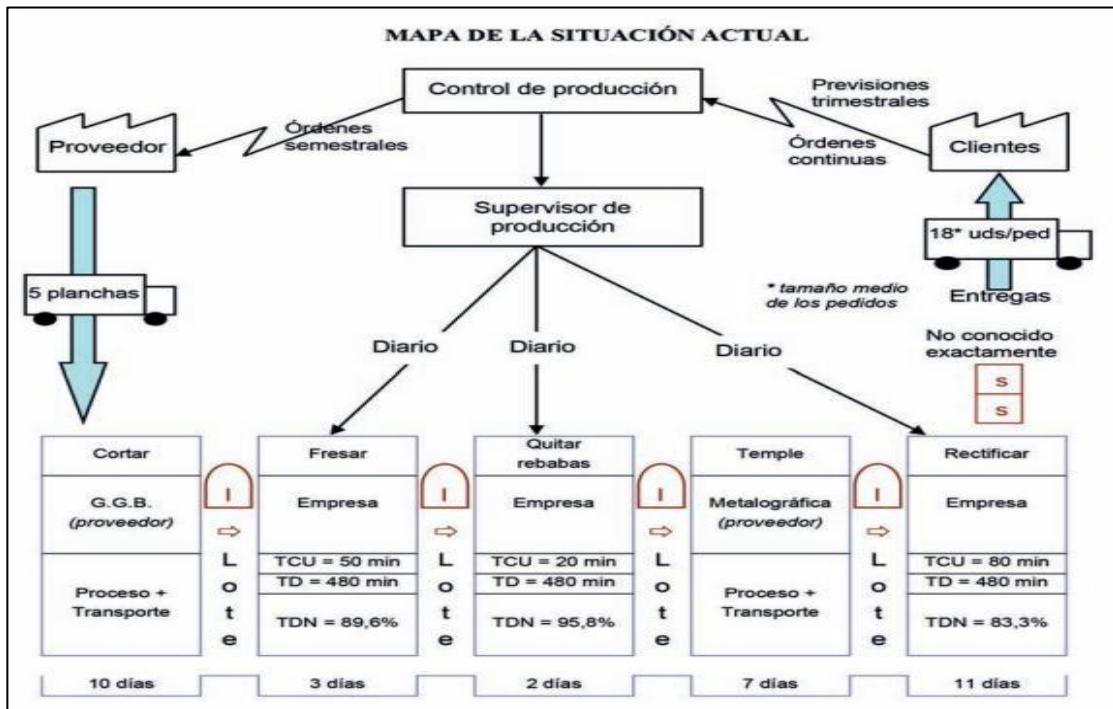
Mapa de la situación Actual



Nota: Los defectos presentados en un VSM Actual. Fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)

Figura 15

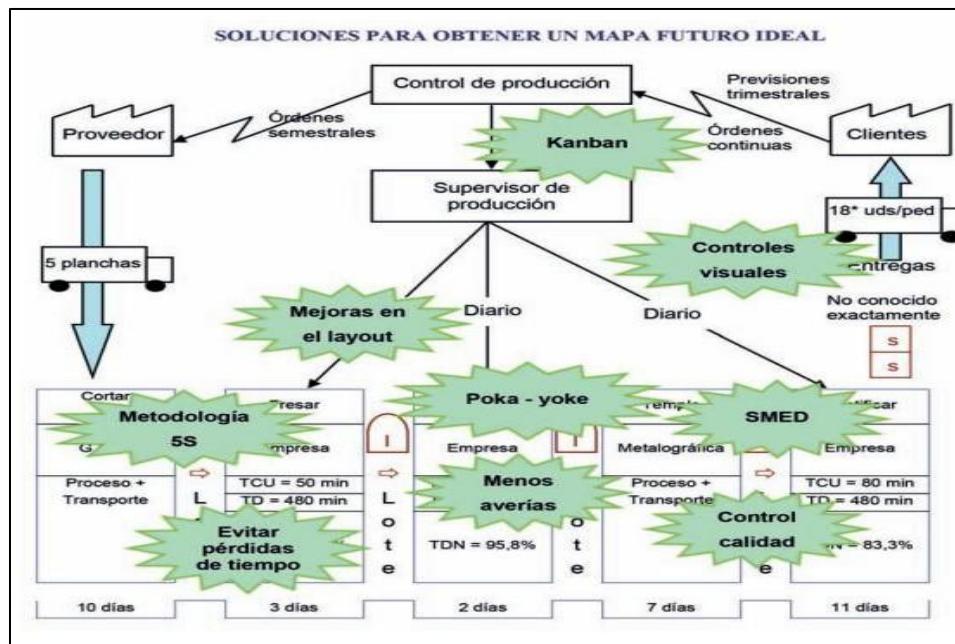
Mapa Actual con Oportunidad de Mejora



Nota: Las oportunidades presentadas en un VSM Actual. Fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)

Figura 16

Mapa de Flujo futuro



Nota: Las herramientas lean implementadas VSM Futuro. Fuente (Rajadell & Sánchez, 2010)

3.3.4.2 Metodología 5S's: Las 5S son una metodología que, mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza, optimizan los procesos, reducen los tiempos de búsqueda, minimizan los errores y, en consecuencia, aumentan significativamente la productividad y la calidad en el lugar de trabajo. (Socconini, 2020)

El desarrollo de un esquema basado en el método 5S's se transforma en el paso inicial y más crucial para comenzar con la metodología Lean. No es posible iniciar a trabajar bajo la filosofía Lean si previamente no se estudia, aplica, estandariza y mantiene la metodología 5S's al interior de una organización. (Muñoz et al., 2022).

El principio de las 5S puede servir para deshacerse de los antiguos procedimientos y adoptar una nueva cultura que integre el mantenimiento del orden, la limpieza, la higiene y la seguridad como elementos fundamentales en el proceso productivo, la calidad y los objetivos generales de la organización. (Hernández & Vizán, 2013)

Fases de 5S's

- Seiri (Eliminar): Esta fase implica identificar y distinguir entre los materiales necesarios y los que no lo son, deshaciéndose de estos últimos. En esta fase, la pregunta fundamental es si los elementos presentes en el lugar de trabajo son realmente necesarios o si son prescindibles. (Muñoz et al., 2022)

Beneficios

- ✓ Ampliación de las zonas operativas en planta
- ✓ Reducción del tiempo necesario para localizar herramientas de trabajo
- ✓ Incremento de la productividad y la seguridad en el ambiente laboral.

- Seiton (Ordenar): En esta sección se establecerá la ubicación y la identificación de todos los elementos necesarios para el desarrollo de las actividades. (Manzano & Gisbert, 2016)
- Seiso (Limpieza): Implica identificar y eliminar las fuentes de suciedad, garantizando que todos los recursos estén siempre en óptimas condiciones. No se trata únicamente de limpiar, sino de eliminar las causas que provocan la suciedad. (Muñoz et al., 2022)

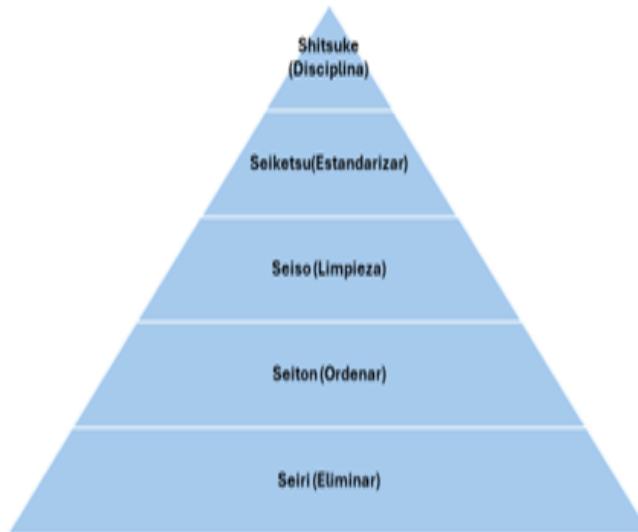
Beneficios

- ✓ Aumento de la motivación personal
- ✓ Disminución de los riesgos de accidentes
- ✓ Aumento de la calidad de los productos
- ✓ Conservar las máquinas en condiciones óptimas

- Seiketsu (Estandarizar): Los estándares son documentos que contienen información técnica y visual sobre los métodos de trabajo más eficientes, abarcando desde las características de los materiales hasta los procedimientos de operación de las máquinas, con el objetivo de asegurar la producción de productos de alta calidad de manera confiable, segura, económica y oportuna. (Hernández & Vizán, 2013)

- Shitsuke (Disciplina): La etapa final de las 5S's es posiblemente la más crucial, ya que implica trabajar de manera continua conforme a las normas establecidas en las cuatro etapas previas, con el objetivo de mantener en funcionamiento la metodología. Su propósito es consolidar y reforzar los nuevos hábitos de trabajo y la disciplina, evitando así un regreso a la situación inicial. (Manzano & Gisbert, 2016)

Figura 17
Fases de la 5S's



Nota: Elaboración Propia

3.3.4.3 Metodología Kaizen: Kaizen, proveniente de los términos japoneses kai (cambio) y zen (bueno), representa una filosofía de mejora continua que promueve un cambio cultural profundo en las organizaciones. Este enfoque se centra en la transformación de las actitudes y comportamientos de los colaboradores, incentivando la utilización de todo el potencial humano para alcanzar el éxito organizacional. (Hernández & Vizán, 2013)

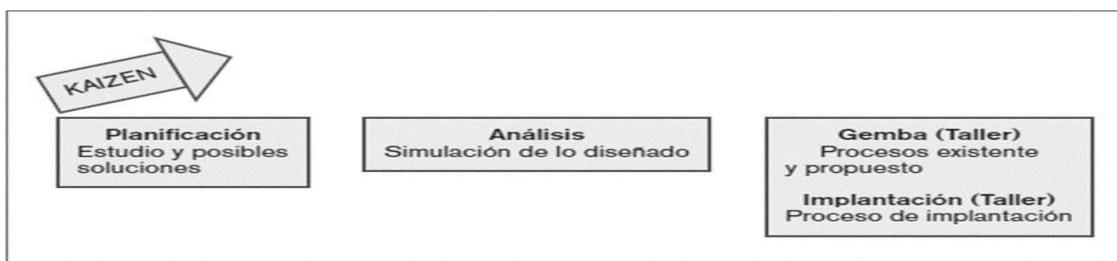
Un evento kaizen es una iniciativa colaborativa donde equipos de trabajo se unen para optimizar procesos y alcanzar resultados superiores. Al involucrar a quienes conocen mejor los procesos, se promueven mejoras sustanciales que repercuten positivamente en la productividad y rentabilidad de la organización (Socconini, 2020)

El objetivo principal de un evento kaizen es mejorar la productividad de cualquier departamento o sección seleccionada dentro de una empresa. Para lograr esto, se implementan varias tácticas y métodos de Manufactura Ajustada, así como métodos de manejo de errores y detección de mudas. Estos procesos se basan en la motivación y capacitación del personal, con el fin de optimizar los resultados y eliminar ineficiencias en las operaciones. (Atehortua, 2010)

Las 3 etapas de la metodología Kaizen (Planificación, análisis y Gemba)

Durante la fase de planificación, se lleva a cabo la recopilación de datos en la planta, así como la elaboración de gráficos que representan los movimientos y desplazamientos, y el análisis de los tiempos dedicados a los procesos. También se identifican los desperdicios, se seleccionan los objetivos de mejora y se proponen diversas alternativas para abordar los obstáculos encontrados. En la segunda fase, se simulan diversas soluciones en un entorno controlado. Se evalúan al menos siete opciones y se selecciona la más prometedora para probarla en la tercera etapa. En la siguiente fase, la solución se simula en un entorno de trabajo real para evaluar su funcionamiento y determinar si es viable implementarla a gran escala. (Para Conesa, 2007)

Figura 18
Etapas de Kaizen



Nota: Las etapas de Kaisen importantes en la mejora Continua. Fuente (Para Conesa, 2007)

3.3.4.4 Metodología SMED, que corresponde a las siglas en inglés de "Single-Minute Exchange of Dies", es una metodología orientada a minimizar los tiempos de preparación de maquinaria. Esta técnica se basa en un estudio minucioso de procedimientos y en la ejecución de transformaciones significativas en los equipos, los dispositivos, los instrumentos de producción y, en algunos casos, el propio producto, con el fin de reducir los ajustes de formatos. Estos ajustes incluyen la eliminación de configuraciones complejas y la estandarización de las operaciones mediante la incorporación de nuevos mecanismos para la alimentación, retirada, ajuste y centrado rápido, como plantillas y anclajes funcionales. (Hernández & Vizán, 2013)

La rivalidad entre empresas contemporáneo exige la ejecución de sistemas que sean flexibles. La necesidad de lograr tiempos de preparación extremadamente cortos se origina en que, al disminuir estos períodos, se puede minimizar el tamaño de los lotes de producción. Como consecuencia, se pueden reducir también los niveles de inventario requeridos, permitiendo trabajar con series de producción muy pequeñas de cada producto. (Muñoz et al, 2022). La estructura de la filosofía SMED se centrará en la distinción entre dos tipos de operaciones, lo cual es esencial para su correcta aplicación.

Operaciones internas: Actividades que exigen la detención completa de la máquina. Las operaciones externas son aquellas actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina está en funcionamiento. (Mompo et al., 2020)

Tabla 5

Etapas de Metodología SMED

Etapas	Actuación
1. Etapa Preliminar	Analizar los pasos a seguir para el cambio de medida
2. Etapa uno	Segregar las actividades internas y externas
3. Etapa dos	Transformar tareas internas en externas
4. Etapa tres	Optimizar las tareas internas y externas

Nota: Elaboración Propia

En la etapa preliminar se realizan 3 actividades importantes: Grabar los pasos en la preparación, designar de un grupo de trabajo multidisciplinario, elaboración del documento del trabajo.

La primera etapa del proceso implica un análisis minucioso de las tareas de cambio, con el objetivo de obtener datos precisos sobre los períodos de ejecución, los movimientos de los trabajadores y la asignación de responsabilidades. Además, es necesario identificar las tareas o actividades de preparación que se llevan a cabo durante un cambio, haciendo una distinción entre las tareas internas y las tareas externas. (Muñoz et al, 2022)

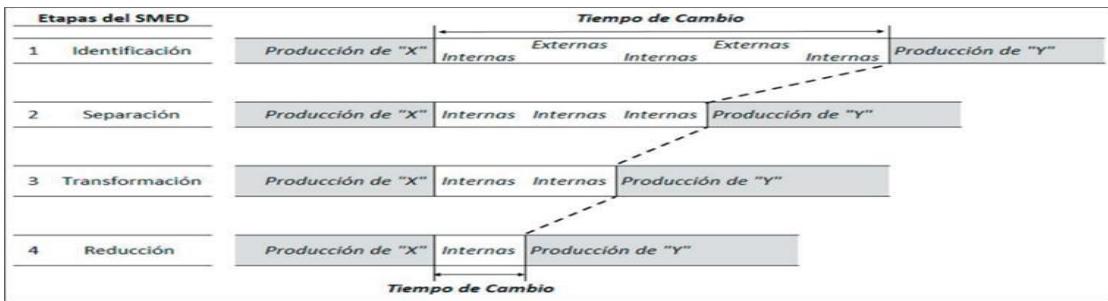
Después de analizar las operaciones y clasificarlas en función de si son internas o externas. Al principio, todas las operaciones suelen estar entrelazadas y se ejecutan como si fueran internas. Es fundamental planificar las actividades externas con anticipación para garantizar que todo esté listo al momento del cambio y evitar pérdidas de tiempo. (Mompó et al., 2020)

La tercera etapa es la optimización de las tareas externas se logra mediante la integración de los movimientos de los operarios, la actualización constante de los estándares de línea y la implementación de programas de capacitación y entrenamiento. (Muñoz et al, 2022)

El tiempo de preparación ideal es cero. Por ello, se propone la adopción de tecnologías y diseños flexibles que permitan cambiar rápidamente entre productos similares. De esta forma, se logrará una mayor capacidad de respuesta a las fluctuaciones del mercado. (Hernández & Vizán, 2013)

Figura 19

Se muestra las etapas de la Metodología SMED.



Nota: Etapas de la Metodología Smed. Fuente (Hernández & Vizán, 2013)

3.3.4.5 JUST IN TIME: El concepto de JIT (Justo a Tiempo) se refiere a realizar únicamente las actividades necesarias en el momento preciso. Este enfoque es una técnica eficaz para detectar y corregir fallas, ya que, en un sistema sin excedentes, los inconvenientes se manifiestan con mayor claridad. Al reducir el inventario sobrante, se revelan de inmediato los problemas relacionados con la calidad, la distribución, la programación y los proveedores, al igual que ocurre con la producción en exceso. (Heizer & Render, 2009)

El mundo ideal del Justo a Tiempo (JIT) consiste en eliminar la existencia de inventarios de materiales, materias primas, productos semielaborados, componentes y piezas en cualquier área de la planta que no esté en proceso de transformación, ensamblaje o procesamiento. Esto se debe a que mantener estos inventarios implica un uso del capital de la empresa que no está produciendo beneficios. (Albano et al., 2008)

Inventario JIT: La acumulación de inventario es una práctica común en la industria, ejercida por el requerimiento de enfrentar a la incertidumbre y garantizar la continuidad de las operaciones. Sin embargo, esta estrategia conlleva una serie de desventajas, como el aumento de los costos de almacenamiento y la dificultad para identificar problemas de calidad. JIT, por su parte, busca optimizar el uso de los

recursos al eliminar el exceso de inventario, lo que se traduce en una mayor eficiencia y flexibilidad. (Heizer & Render, 2009)

Producción y Calidad JIT: La producción en lotes pequeños y la calidad total se complementan de manera sinérgica. Al reducir el tamaño de los lotes, los operarios pueden identificar de forma más rápida y precisa cualquier desviación del proceso de producción, lo que facilita la implementación de medidas correctivas inmediatas. Este enfoque, conocido como 'calidad en la fuente', permite prevenir la propagación de defectos a lo largo de la cadena de valor, asegurando así la entrega de productos perfectos. (Albano et al., 2008)

Las optimizaciones que propone el JIT están integradas en la conocida Teoría de los 5 ceros, la cual, al estructurar los objetivos, abarca lo siguiente:

Cero Plazos: En mercados altamente competitivos, las empresas que logran introducir sus productos al mercado de manera temprana obtienen una ventaja estratégica significativa al posicionarse como líderes de marca. Por consiguiente, la optimización de los procesos productivos, eliminando las actividades que no agregan valor, se vuelve un factor crítico para alcanzar esta primacía. (Albano et al., 2008)

Cero Defectos: La definición de calidad total se integra en el proceso de fabricación desde la fase de ingeniería del producto.

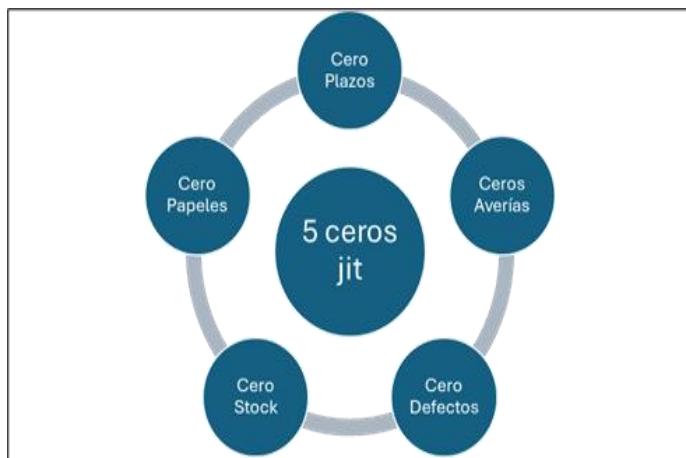
Cero Averías: La optimización de la producción, minimizando las paradas no programadas y maximizando la disponibilidad de los equipos, se logra mediante una combinación estratégica de una distribución de planta eficiente, un programa de mantenimiento preventivo riguroso y el desarrollo de un equipo humano altamente capacitado y comprometido (Albano et al., 2008)

Cero Stock: Al considerar el inventario como 'la raíz de todos los males', se reconoce que, además de incurrir en costos, oculta diversos problemas, impidiendo así la confrontación de estos y la búsqueda de una solución permanente. (Albano et al., 2008)

Cero papeles de Trabajo: La implementación de sistemas informáticos ha permitido una integración fluida de los procesos de captura, actualización y acceso a la información, optimizando la gestión de datos en toda la organización y simplificando las tareas administrativas. (Albano et al, 2008)

Figura 20

Los 5 ceros del sistema Just in time



Nota: Elaboración Propia

3.3.4.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM): El mantenimiento productivo total es un conjunto de métodos diseñados para erradicar fallas mediante la participación y el impulso de todos los empleados. El concepto clave es que la optimización y el adecuado mantenimiento de los recursos productivos es una responsabilidad compartida por todos, desde los directivos hasta los asistentes de los operarios. (Hernández & Vizán, 2013)

El desarrollo del TPM se centra directamente en los equipos, procedimientos o métodos, sino que busca transformar el clima laboral y la forma de pensar de los individuos. El TPM es una metodología que respalda la implementación de Lean en las organizaciones. Su objetivo principal es garantizar que el equipo de producción esté en óptimas condiciones y que produzca de manera constante componentes que cumplan con los estándares de calidad dentro de un tiempo de ciclo adecuado. (Muñoz et al, 2022)

En las industrias manufactureras, un mantenimiento inadecuado de las máquinas puede convertirse en un problema significativo, ya que dificulta la fluidez de la producción. Además, representa una de los principales puntos de muda en productos y de costos de producción asociados a reparaciones. Esta situación es especialmente crítica cuando los procesos dependen en gran medida de la automatización o se caracterizan por ser continuos. (Socconini, 2020)

Dentro del TPM se pueden identificar tres categorías de mantenimiento:

- Mantenimiento Autónomo: Se trata de una filosofía que se fundamenta en la atención y el mantenimiento de los elementos que componen una máquina o equipo, realizados por el propio operador. Las tareas del mantenimiento autónomo son (Limpieza y orden, Lubricación, calibración, ajuste, cambio de herramienta y parámetros). (Socconini, 2020)
- Mantenimiento Preventivo: Se define como un mantenimiento preventivo que se realiza a intervalos preestablecidos, y que involucra una serie de tareas como limpieza, lubricación, inspección y, en caso necesario, reemplazo de piezas. Generalmente el lapso es recomendado por el fabricante del equipo. (Montilla, 2019)

- Mantenimiento Predictivo: Este tipo de mantenimiento se fundamenta en estudiar los síntomas de fallo y predecir la ocurrencia de averías en una máquina o equipo, midiendo y analizando las variaciones en las variables de operación. El Mantenimiento Predictivo representa una etapa avanzada del Mantenimiento Preventivo, y consta de dos componentes: por un lado, se realizan ensayos o pruebas sobre partes de las máquinas/equipos, y por otro, se efectúan mediciones de las variables de operación como complemento. (Socconini, 2020)
- Mantenimiento Correctivo: Sistema de mantenimiento en el que se realiza la intervención en un equipo solo después de que se ha producido una falla funcional o cuando se identifica claramente que se avecina una avería significativa (falla potencial). (Montilla, 2019)

El TPM busca eliminar las causas fundamentales de ineficiencia en los equipos, representadas por las seis grandes pérdidas que se mencionan a continuación (Tiempos muertos por paros inesperados, tiempos muertos por cambio de productos, Paros menores, Reducción de velocidad, Defectos en el proceso, defectos por arranque y cambios de productos). (Socconini, 2020)

El mantenimiento Productivo Total se basa en 5 principios.

- La implementación de un sistema para mejorar el Rendimiento Global de los Equipos (OEE) a través de la “deshacernos de los desperdicios”.
- La implementación de un sistema de "mantenimiento autónomo" realizado por los operarios de producción.
- La implementación de un método de "mantenimiento planificado" (tanto preventivo de predicción) realizado por el área de mantenimiento.
- Integración de un enfoque de mantenimiento preventivo en la etapa de ingeniería, mediante la retroalimentación de la experiencia operativa para identificar y mitigar los puntos débiles de los equipos existentes.

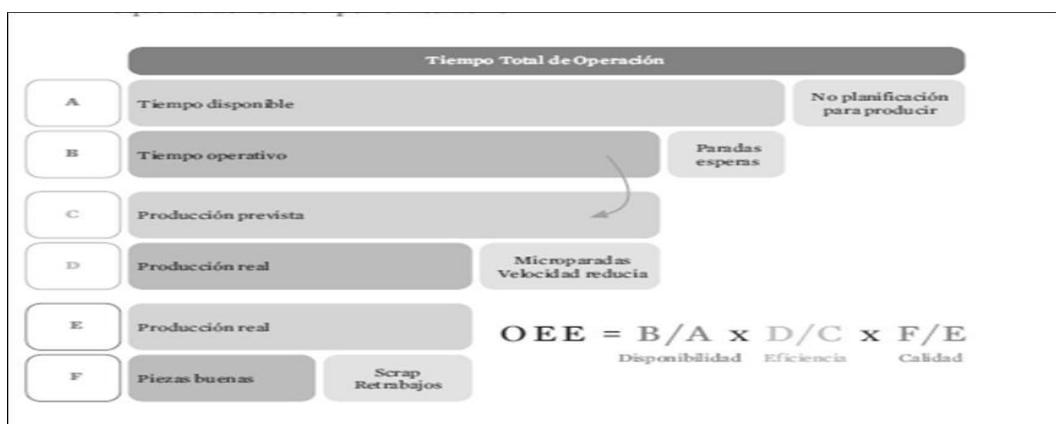
Eficiencia Total de los Equipos (OEE): El OEE es un KPI que se realiza a diario para un equipo o un conjunto de equipos, y permite comparar las unidades de piezas que podrían haberse fabricado en condiciones óptimas con los componentes en buen estado que realmente se han fabricado, para la realización de este indicador, se requiere el uno de estos tres ratios Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. OEE es el producto de estos tres índices. (Socconini, 2020)

$$\text{OEE} = (\text{Disponibilidad}) \times (\text{Eficiencia}) \times (\text{Calidad})$$

El coeficiente de disponibilidad (D) representa la proporción del tiempo en que el equipo está efectivamente en funcionamiento, teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas por fallos y detenciones. (Hernández & Vizán, 2013). El índice de eficiencia (E) evalúa la eficiencia de la línea considerando las pérdidas debido a tiempos sin producción, pequeñas paradas y a un ritmo de operación inferior a la diseñada. (Hernández & Vizán, 2013)

El coeficiente de calidad (C) cuantifica la proporción de la producción que cumple con los requisitos de calidad establecidos, reflejando las pérdidas asociadas a la producción de piezas defectuosas. . (Hernández & Vizán, 2013)

Figura 21
Componente del OEE



Nota: Componentes de OEE. Tomada de (Hernández & Vizán, 2013)

El cálculo del OEE es relevante porque, a través de un solo indicador, se analizan todos los parámetros esenciales de la producción industrial, y representa una de las claves del enfoque Lean. En general, se considera que un muy buen OEE se situaría por encima del 85%. (Hernández & Vizán, 2013)

3.4 Propuesta y Contribuciones de su Formación Profesional

La implementación efectiva de herramientas Lean Manufacturing, como 5S, SMED y TPM, en procesos de producción de tubos de acero, tiene el potencial de generar una reducción sustancial en los tiempos de cambio de medida, lo que, a su vez, permitirá un aumento significativo en la productividad de las líneas de producción.

Mi contribución profesional desde el área de PCP es liderar las iniciativas para optimizar los procesos de producción, específicamente reduciendo los períodos de cambio de medida, mediante la aplicación de herramientas de Lean manufacturing. Estos esfuerzos han sido beneficiados con el logro de las metas del área comercial de la organización.

3.4.1 Objetivos y justificación del uso de las técnicas propuestas

Este proyecto tiene como objetivo principal incrementar la productividad en la línea de tubos es reducir los cambios de medida aplicando herramientas de lean manufacturing, lo cual permitirá atender los pedidos en un tiempo más corto y evitar desperdicios, a continuación, describiremos los beneficios que da aplicar herramientas de lean manufacturing para incrementar la productividad en los tiempos cambio de medida.

Tabla 6*Beneficios de las herramientas Lean Manufacturing*

Herramienta Lean Manufacturing	Beneficios
5S's	<ul style="list-style-type: none"> -Reduce los accidentes en el ambiente laboral -Mejora la gestión de stock -Aumenta la vida útil de los equipos y calidad de los productos -Genera un mejor ambiente laboral -La empresa proyecta una mejor imagen
SMED	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de los costos de set up -Mayor utilización de la capacidad -Agilidad en los cambios de la demanda -Disminución de los tiempos inactivos
TPM	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de los defectos -Aumenta el performance de los equipos -Reducción de los costos de mantenimiento -Incrementa disponibilidad de la línea
Just in Time	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción de los Inventarios -Menor riesgo de Obsolescencia de los artículos -Ahorro en los costos relacionados con el almacenamiento -Menor Capital Inmovilizado
Kaisen	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor Competitividad -Cultura de Mejora Continua -Adaptabilidad al cambio

Nota: Elaboración Propia

En la tabla 6, se visualiza los beneficios del desarrollo de las técnicas de Lean Manufacturing, Con la finalidad de demostrar que la ejecución de algunas herramientas lean, se seleccionarán y aplicarán aspectos relevantes de cada herramienta, los cuales permitirán

- Reducir los tiempos de cambio de medida
- Aumento de las cualidades del producto
- Reducción de los gastos de producción
- Disminución de los tiempos inactivos de la línea.

3.4.2 Cálculos y determinaciones de indicadores de gestión para evaluar monitorear la propuesta.

Previo a detallar la implementación de las herramientas Lean Manufacturing en Aceros Arequipa, se presenta una descripción del proceso productivo específico de fabricación de tubos de acero. Esta descripción permitirá identificar los puntos críticos del proceso actual y definir un procedimiento para medir los beneficios obtenidos tras el desarrollo de las herramientas lean.

3.4.2.1 Descripción del proceso de fabricación: El proceso de fabricación de la tubería LAF comienza desde el área comercial, quien envía un plan de ventas anual, para la producción de productos para inventario (MTS) y para la fabricación de productos de venta inmediata (MTO), cabe destacar que el plan de producción (MTS) tiene 2 filtros, el primero es el nivel de cobertura de cada sku de tubos por calidad de producto y de las proyección de ventas del área comercial, con este plan de producción se inicia el aprovisionamiento del componente principal (“Bobinas de aceros en las calidades LAF, GALV y LAC”) y otros consumibles que se utilizan en la fabricación de tubos. (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

El programa de producción lo elabora el área de PCP, donde se tiene en cuenta la secuencia de las familias (considerando prioridades), las horas de mantenimiento preventivo, los días que se trabajará con la finalidad de cumplir el plan de producción. Una vez hecho el programa de producción se envía al área de producción. Además, el área de PCP realiza el diseño de flejes que son el material intermedio para la fabricación de tubos de aceros. Para ello, el área de pcp, toma en cuenta (Stock de bobinas, la secuencia del programa y los rendimientos de los diseños) y envía el diseño al área de producción.

Una vez se ha enviado el diseño de los flejes, al área de slitter. El personal operativo del área mencionada solicita las bobinas al área de almacén, para proceder con el corte de la materia prima (bobinas). En esta fase la bobina se desenrollada y seccionada longitudinalmente mediante discos verticales, cuyo resultado son los flejes metálicos. Posteriormente, los flejes son enrollados y recolectados en un tambor para su ajuste final. Las bobinas tratadas son de las siguientes calidades (Laminado en frío, laminado en caliente y zincado). Seguido de ello se procede con el traslado de los flejes a su respectivo almacén. Para luego seguir la siguiente fase, la fabricación de tubo, para ello los flejes se cargan en el desenrollador de flejes, aparato encargado de alimentar la línea, después el material al área de soldadura de extremos, donde la parte final de un rollo se une al inicio del siguiente mediante la soldadura tipo T y G. Este procedimiento ayuda a la alimentación continua al acumulador de flejes, asegurando que sea un proceso continuo y sin interrupciones cuando se realiza el empalme. (Aceros Arequipa, 2015)

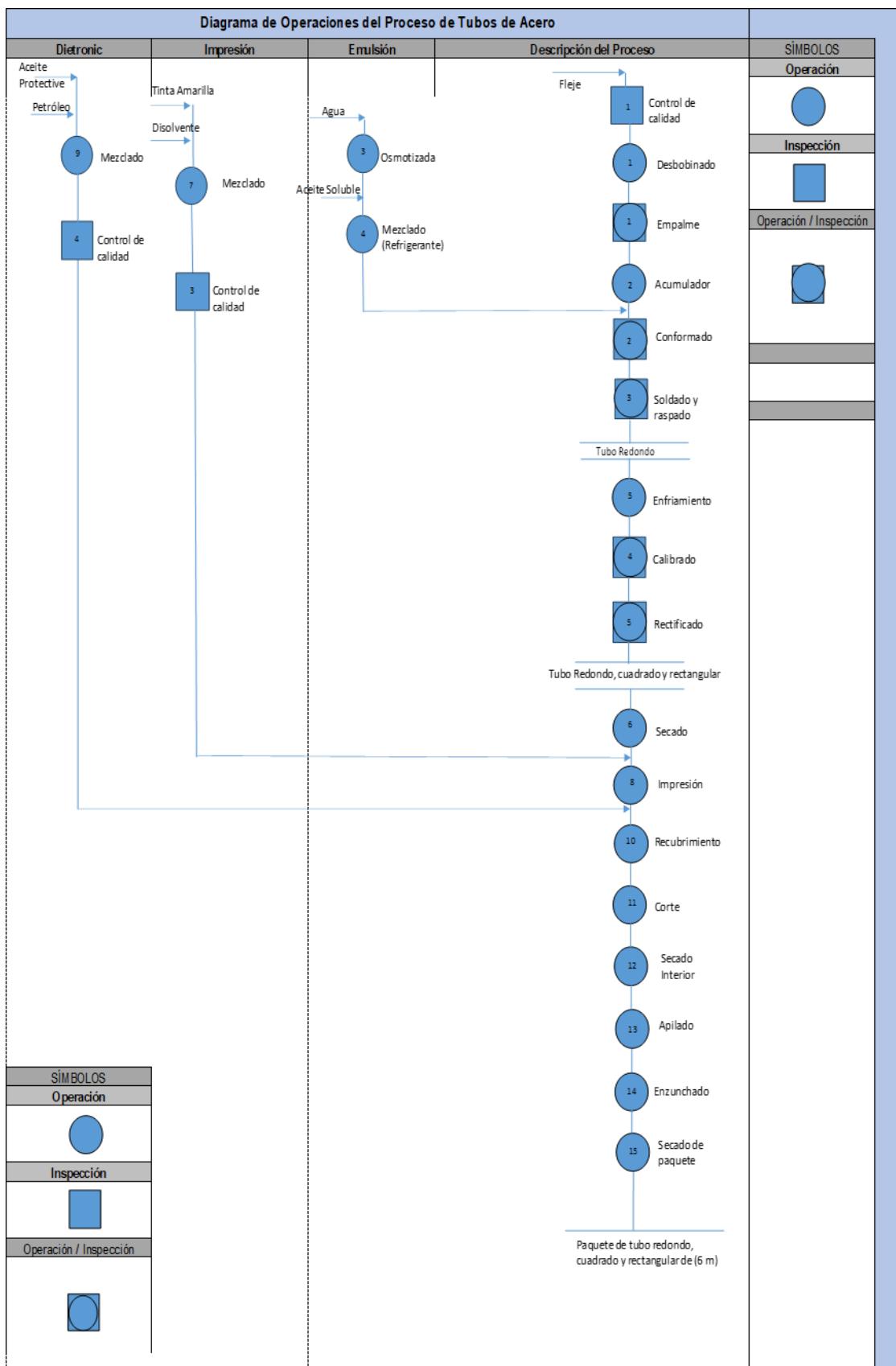
El conformado de tubos representa la etapa inicial del proceso productivo, en donde el fleje adquiere una forma cilíndrica al entrar por un conjunto de rodillos que lo moldean gradualmente. A medida que sigue el proceso los extremos laterales del tubo en formación son calentados por un sistema electromagnético, lo que con lleva a realizar una perfecta unión por soldadura, sin necesidad de incluir otro material, esta unión es resultado de los rodillos de presión que cierran los bordes que previamente han sido calentados. El proceso mencionado genera rebabas tanto en la parte interna y externa del área soldada. La rebaba que se encuentra en el exterior del tubo es eliminada en la siguiente etapa, pero la interna depende del cliente. En esta etapa el tubo no tiene un diámetro definido, debido a las variaciones que presenta en los parámetros de presión y temperatura en esta etapa. Para definir el diámetro del tubo se emplea otros tipos de rodillos que su función es de calibrar el diámetro del tubo según la norma correspondiente. (Aceros Arequipa, 2015)

Una vez que el tubo ha sido definido, formado y calibrado, puede seguir con su misma forma o puede ser de sección cuadrado o rectangular, para estos casos el tubo es enviado a la estación de cabezales turca, donde se le da la forma geométrica final. El tubo ya formado, pasa a ser serigrafia, donde se imprime el nombre de la empresa, la norma técnica de fabricación, la familia de producto, las dimensiones y lote de producción. El tubo fabricado puede presentar diferentes longitudes, la longitud del tubo lo define el cliente, para cortar el tubo pasa por la máquina cortadora, la máquina es ajustada para cortar el tubo según lo coordinado con el área comercial, una vez cortado y con su forma definida, se desplaza por rodillos hacia la empaquetadora. En esta zona se lleva el empaque del tubo. Luego se asegura el conjunto de tubos enzunchado en paquete, para ser trasladados a la mesa de descarga. Finalmente, el paquete se envía al sistema de almacenamiento, donde se prepara para su inventario y almacenamiento definitivo en el almacén. Nos encargamos de monitorear paso a paso todo el proceso para mantener el mejor control de calidad cumpliendo con las exigencias que las normas solicita. (Aceros Arequipa, 2015)

En la siguiente figura 22 se muestra el diagrama de operaciones del proceso de fabricación de tubos de acero.

Figura 22

Diagrama de Operaciones del proceso de Fabricación de tubos de acero



Nota: Elaboración Propia

3.4.2.2 Herramienta de Lean Manufacturing Mapa de Flujo de Valor: La primera herramienta de Lean Manufacturing que implementaremos es un mapa de cadena de valor, con el objetivo de analizar los procesos que se necesita mejorar y que metodología se va a utilizar para optimizar el proceso.

a) Mapa de Flujo de Valor Actual.

En la figura 23, se muestra el mapa de flujo de valor actual de la empresa en el cual se observa:

- El flujo completo del proceso de producción de tubos de aceros de CAASA. Además, algunos parámetros como el Takt Time (T/T), tiempo de ciclo (TC), cambio de medida (C/O), numero de operarios por proceso (NP), ritmo y rendimiento del proceso. El tiempo de ciclo en slitter es de 0.2 hrs y en la tubera de 0.27 hrs, con lo cual resultó un valor agregado de proceso de 0.47 hrs por tonelada.
- La demanda mensual en promedio en la tubera LAF es de 2200 tn. Para cumplir con la demanda se necesita trabajar a toda su capacidad, por lo cual. Trabajando los 30 días de la semana en 2 turnos de 12 horas, La demanda diaria es de 73tn.

Cálculo de la demanda diaria

$$\text{Demanda Diaria} = \frac{2200 \text{ tn}}{30 \text{ dias}} = 73 \text{ tn diaria}$$

Cálculo del Takt time

$$\text{Tiempo Disponible Diario} = 2 \text{ turnos} \times 12 \text{ hrs} - 0.75 \text{ hrs descanso} \times 2 \text{ turnos}$$

$$\text{Tiempo Disponible Diario} = 22.5 \text{ hrs}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible Diario}}{\text{Demanda Diaria}}$$

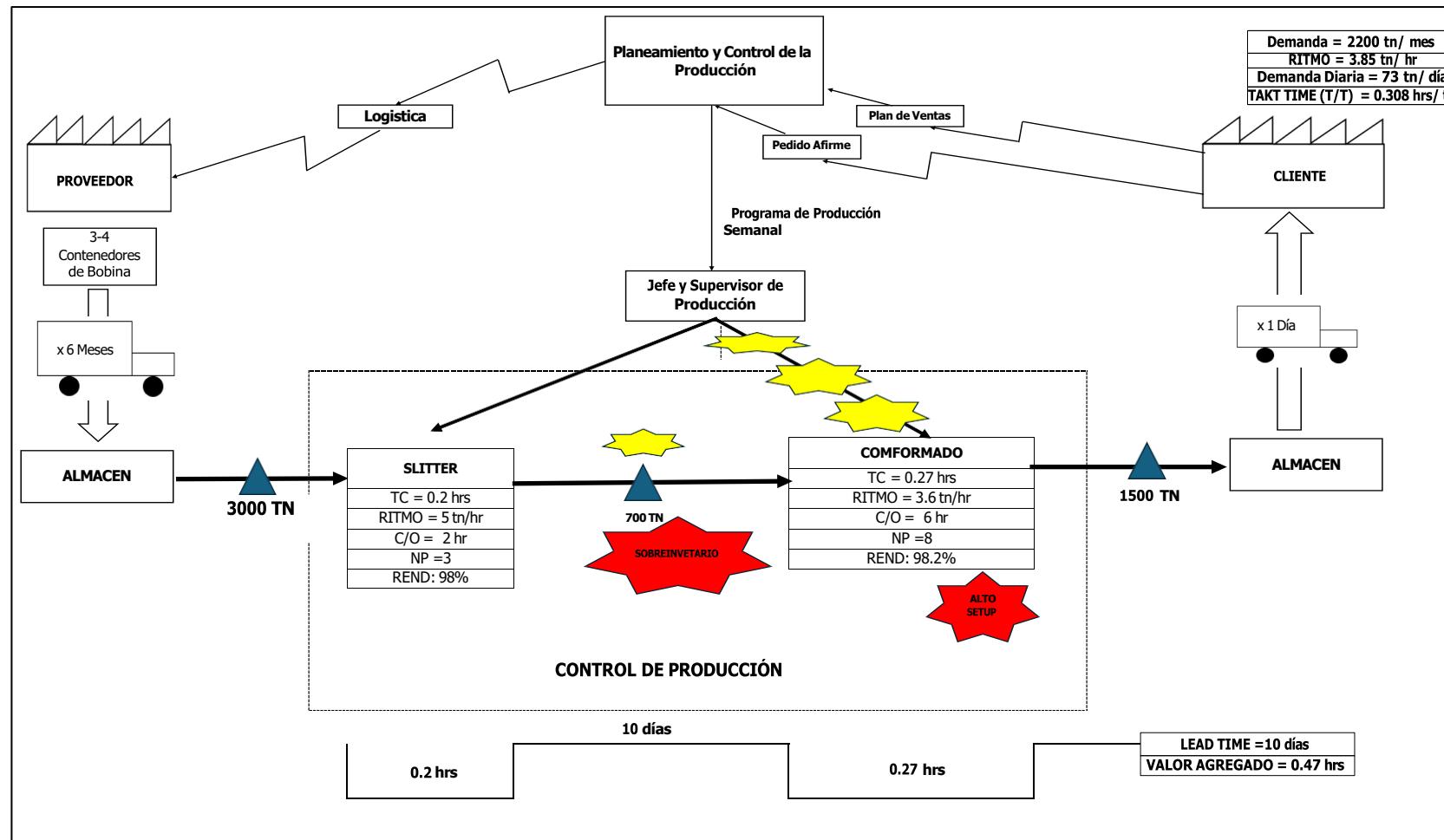
$$\text{Takt Time} = \frac{22.5 \text{ hrs}}{73 \text{ tn}} = 0.308 \text{ hrs/tn}$$

- La capacidad del almacén de flejes es de 700 tn, con lo cual tenemos un inventario de flejes de 10 días.
 - Se puede observar que el tiempo de cambio en el conformado es elevado, por lo cual nos centramos en optimizar el tiempo de set up utilizando técnicas de lean manufacturing en ese proceso como 5S's, SMED y TPM.
 - Se muestra que el sobreinventario que existe entre el proceso de slitter y conformado, para reducir el sobreinventario se aplicará Just in Time.
- b) Mapa Futuro del Flujo de Valor.
- Es el estado futuro del flujo de valor que tiene como finalidad mostrar las mejoras que se hicieron en los puntos críticos posterior a la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing.
 - En este escenario se puede visualizar como se ha podido disminuir el tiempo de cambio de 6 hrs a 4 hrs. Lo cual nos da más capacidad para cumplir con el plan de demanda. Además, se observa que el inventario de flejes ha disminuido a 400 tn, esto nos permite una reducción en el lead time.
 - Es fundamental comprender que el VSM futuro es una herramienta dinámica que se adapta a los requerimientos cambiantes de la corporación. La identificación y resolución de nuevos problemas a lo largo del tiempo garantiza la implementación de una cultura de crecimiento permanente.

En la figura 23 y 24 se muestra el estado actual y futuro de VSM de la línea de tubos.

Figura 23

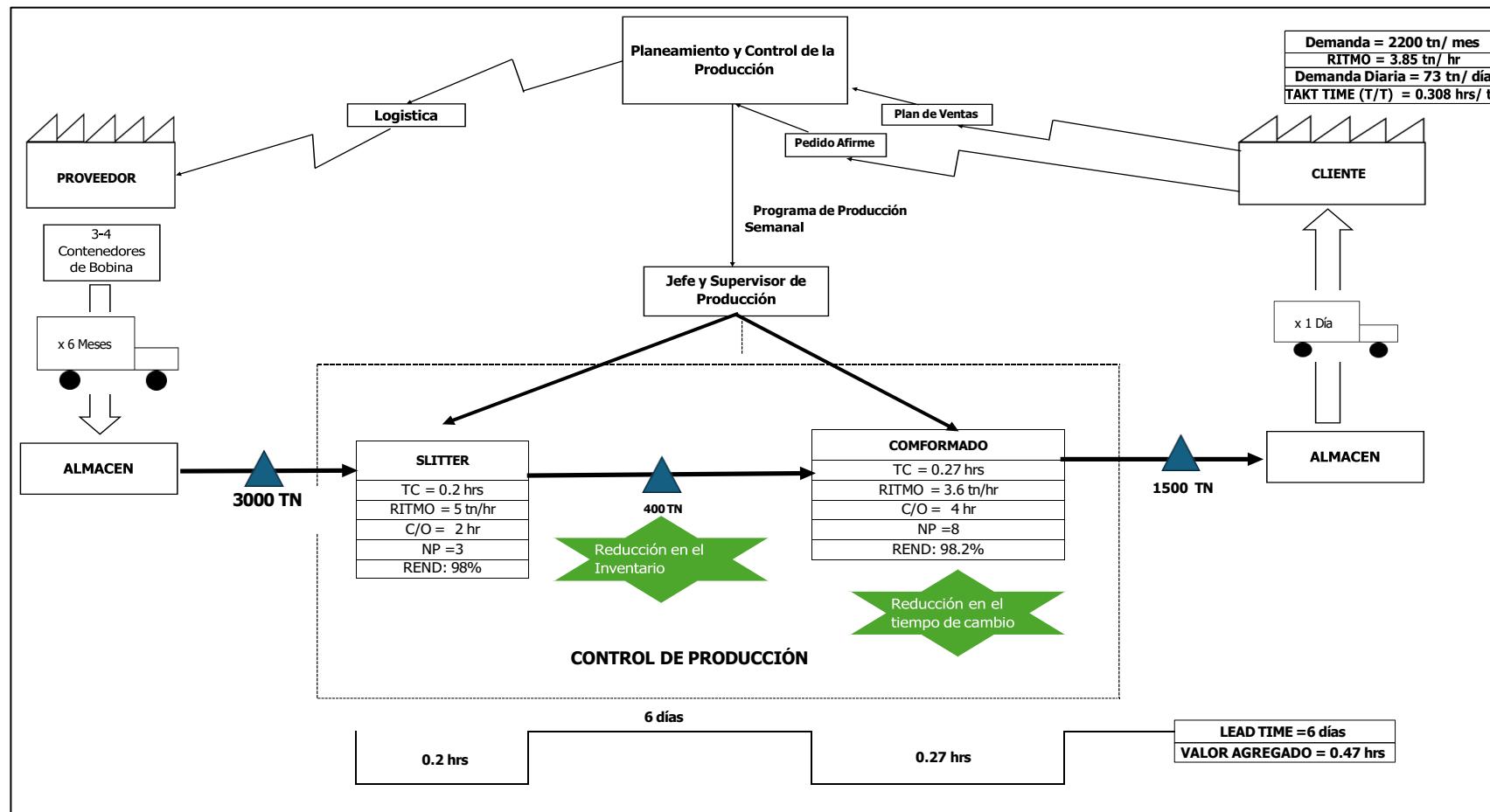
VSM Actual



Nota: Elaboración Propia

Figura 24

VSM Futuro



Nota: Elaboración Propia

3.4.2.3 Herramienta de lean manufacturing 5S's: Despues del implementar el VSM, unas de las metodologías Lean que se va aplicar en la línea de tubos es 5S's. Se inició el estudio con una revisión en el área de producción de tubos LAF. Los hallazgos de esta evaluación inicial se presentan visualmente en la Figura 25.

Figura 25

Evaluación de 5S's en la línea de producción de tubos Laf

Observaciones	Foto
Uso de contenedores para residuos sólidos no acorde al código de colores y ubicación erronea	
Fuga o derrame de materiales peligrosos. - Derrame de líquido peligroso en componentes de máquina	
Herramientas guardados de manera desorganizada	
Depósito de solventes sin etiquetar y desorganizado	

<p>Ubicación inadecuada del contenedor de materiales peligrosos.</p>	
<p>Maquina en estado de suciedad</p>	
<p>Mala ubicación de parihuelas</p>	
<p>Kit Antiderrame Sucio</p>	
<p>Tableros eléctricos deteriorados.</p>	

Nota: Elaboración Propia con Información de CAASA

Tras finalizar la primera auditoría en el área de producción de la máquina Tubera LAF, se constató que la línea de producción de la tubera y zonas aledañas presentaban Polvo, suciedad y desorden. Esto se debe a que el área de producción no implementa la metodología 5s's y no hacen un seguimiento estricto a la limpieza y orden de la planta,

esto se evidencia por la presencia significativa de grasa en varias zonas de la línea de producción. Además, se omiten la señalética y no existe un programa de limpieza para las zonas críticas. Por lo tanto, las pautas que vamos a implementar en esta tesis serán fundamental para cumplir con el estándar de una planta limpia y ordenada.

Uno de los problemas principales es que el personal operativo desconoce la metodología 5S's y no toman importancia al orden y limpieza que debe tener la línea de producción y los beneficios que contraen. Ya que están más interesados a las metas diarias de producción, que dejan de lado el buen estándar de trabajo que se debe tener en el área de trabajo

Para llevar a cabo la implementación de 5S's, se realizará en 3 fases, la primera fase es de Planeamiento, donde se escogerá los miembros del comité, así como el cronograma de las actividades de 5S's, la segunda fase es la implementación de 5S's y la tercera fase es el resultado que se evaluará junto con las otras herramientas de lean Manufacturing. (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

Tabla 7

Fases de Desarrollo de 5S's

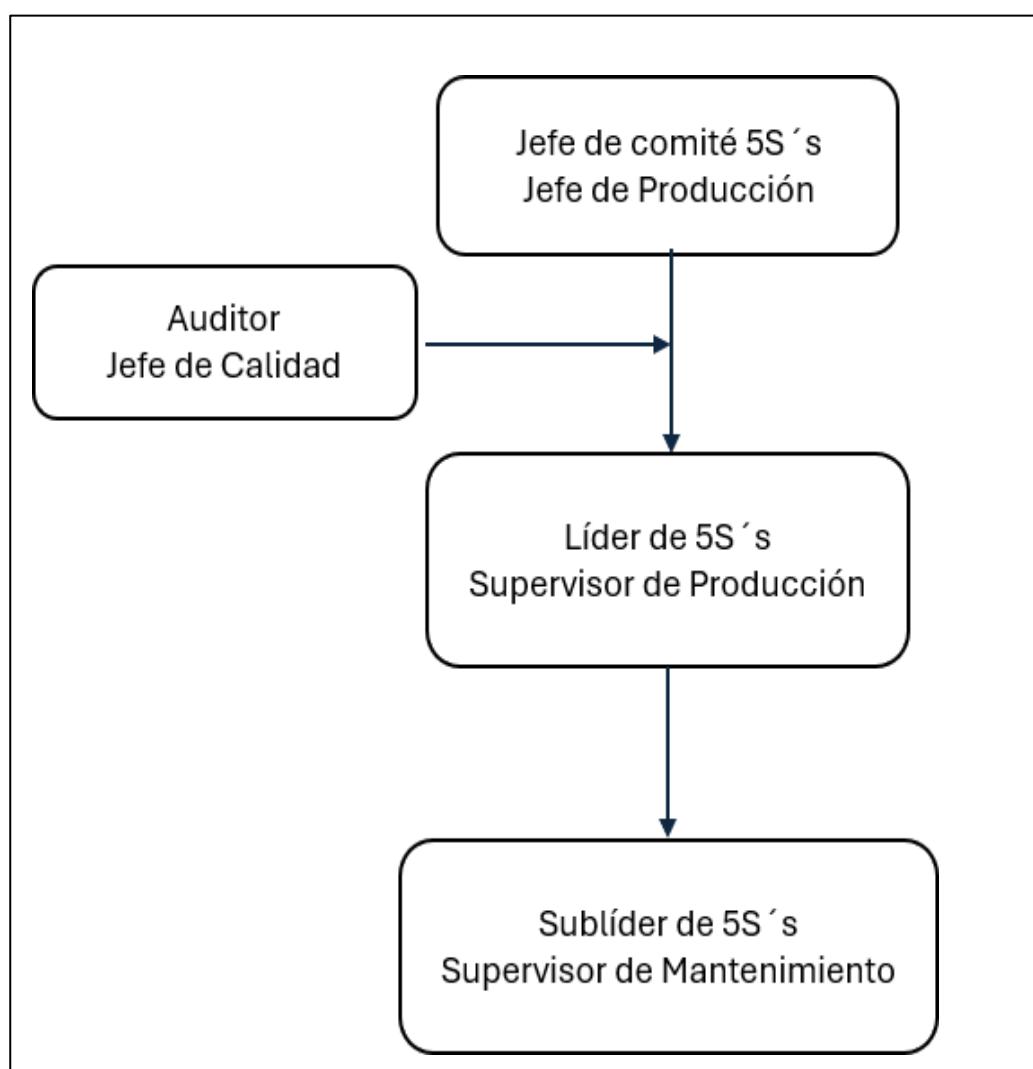
Primera etapa: Planeamiento	Segunda etapa: Implementación	Tercera Etapa: Resultado
-Comité 5S's -Cronograma de actividades	-Seiri (Clasificar) -Seiton (Ordenar) -Seiso (Limpiar) -Seiketsu (Estandarizar) -Shitsuke (Disciplina)	-Reducción de tiempos de cambio

Nota: Elaboración Propia

Bajo el contexto de optimizar los procesos y favorecer un mejor ambiente laboal en la planta de Tubos, se acordó en una reunión con jefaturas y supervisores de diversas áreas que dan soporte a producción para elegir los miembros del comité 5S's, con la finalidad de realizar una correcta ejecución de la metodología. y realizar un seguimiento de los metas planteados en las reuniones de 5S's, se realizó un organigrama, que se dio a conocer al personal operativo de producción, donde se muestra los miembros del comité, junto con sus funciones Esto evidenció que se estaba involucrando a los líderes de cada área y la seriedad en que se está tomando en la implementación de 5S's.

Figura 26

Organigrama de comité 5S's



Nota: Elaboración por Caasa

En los siguientes apartados, se determina los roles del personal que integra el comité de 5S's.

Figura 27

Miembros del comite 5S's

MIEMBRO	FUNCIONES
 Gean Franco Torres Jefe de Comite	Liderar el proceso de implementación de las 5S, planificando y coordinando las acciones necesarias para garantizar su éxito.
 Miguel Malpartida Auditor 5S's	Realizar evaluaciones periódicas para cuantificar los logros alcanzados y detectar oportunamente las desviaciones del plan.
 Pedro Correa Líder 5s's	Asegurar la correcta ejecución de la implementación y fomentar el compromiso del personal a las nuevas políticas.
 Miguel Pirca Sublíder de 5S's	Reconocer y valorar el esfuerzo de todos los participantes, promoviendo su compromiso con el proyecto.

Nota: Elaboración por Caasa

Calendario de trabajo 5S's

En la figura 28, Se evidencia claramente la ejecución de las tareas y la asignación de responsabilidades en el período comprendido entre marzo y mayo.

Figura 28

Cronograma de actividades de la implementación 5'S

NUM.	ACTIVIDAD	Responsable	Mar-24				Abr-24				May-24				
			SEM10	SEM11	SEM12	SEM13	SEM14	SEM15	SEM16	SEM17	SEM18	SEM20	SEM52	SEM53	SEM54
1	Paso 1. Seleccionar														
1	Brindar formación a todos los colaboradores que participan en la implementación del programa 5S.	Jefe de Comité													
2	Elaborar la planificación correspondiente a las auditorías internas de autodiagnóstico.	Auditor 5S's													
1	Paso 1. Seleccionar														
3	Establecer el lugar destinado para guardar los elementos que sean retirados del espacio de trabajo.	Líder 5S's													
4	Elaborar un inventario detallado de los elementos y artículos existentes dentro del área asignada.	Líder 5S's													
5	Seleccionar los elementos Necesarios e Innecesarios	Líder 5S's													
6	Organizar la remoción de los elementos que no son requeridos y establecer el calendario para su ejecución.	Líder 5S's													
2	Paso 2. Ordenar														
7	Analizar la situación actual	Sublíder 5S's													
8	Definir los criterios para Ordenar	Sublíder 5S's													
9	Reconocer todas las ubicaciones y los elementos o artículos que deben ser almacenados.	Sublíder 5S's													
10	Ubicar todos los elementos o artículos en las áreas previamente designadas.	Sublíder 5S's													
11	Colocar una foto en el interior de cada mueble, equipo o mesa de trabajo con lo que debe tener cada una	Sublíder 5S's													
12	Crear un documento que registre la ubicación de almacenamiento de cada artículo.	Sublíder 5S's													
3	Paso 3. Limpiear														
13	Elaborar un cronograma de limpieza inicial	Líder 5S's													
14	Elaborar los ATS para las actividades identificadas que tengan algún riesgo	Líder 5S's													
15	Reconocer las áreas de difícil acceso y los puntos de acumulación de suciedad.	Líder 5S's													
16	Desarrollar estrategias para eliminar las áreas de difícil acceso y los focos de suciedad.	Líder 5S's													
17	Elaborar el instructivo de limpieza	Líder 5S's													
4	Paso 4. Conservar														
18	Documentar las responsabilidades asignadas en el manual de 5S	Líder y Sublíder 5S's													
19	Establecer los documentos del área e indicar frecuencias de actualización y/o revisión	Líder y Sublíder 5S's													
20	Aplicar los criterios de estandarización/ uniformidad para las herramientas o artículos	Líder y Sublíder 5S's													
21	Implementar los controles visuales	Líder y Sublíder 5S's													
22	Elaborar el manual de 5S	Líder y Sublíder 5S's													
4	Paso 4. Conservar														
18	Validación de Fase 5	Jefe de Comité													
19	Analisis y evaluación de Resultados	Auditor 5S's													

Nota: Elaboración Propia

Antes de comenzar de la segunda fase de implementación de las 5S, cada miembro del comité de 5S's capacitaba al área operativa, mantenimiento y calidad sobre la metodología 5S's, con la intención de involucrar a otras áreas sobre la metodología Lean y los beneficios que contrae aplicarlo en ambiente laboral. Además, que los responsables de cada área son los encargados que sus trabajadores a cargo cumplan con lo establecido en las reuniones de 5S's.

Para la segunda fase y siguiendo los lineamientos de la metodología 5S's esta se lleva en 5 etapas las cuales son (Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina). (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

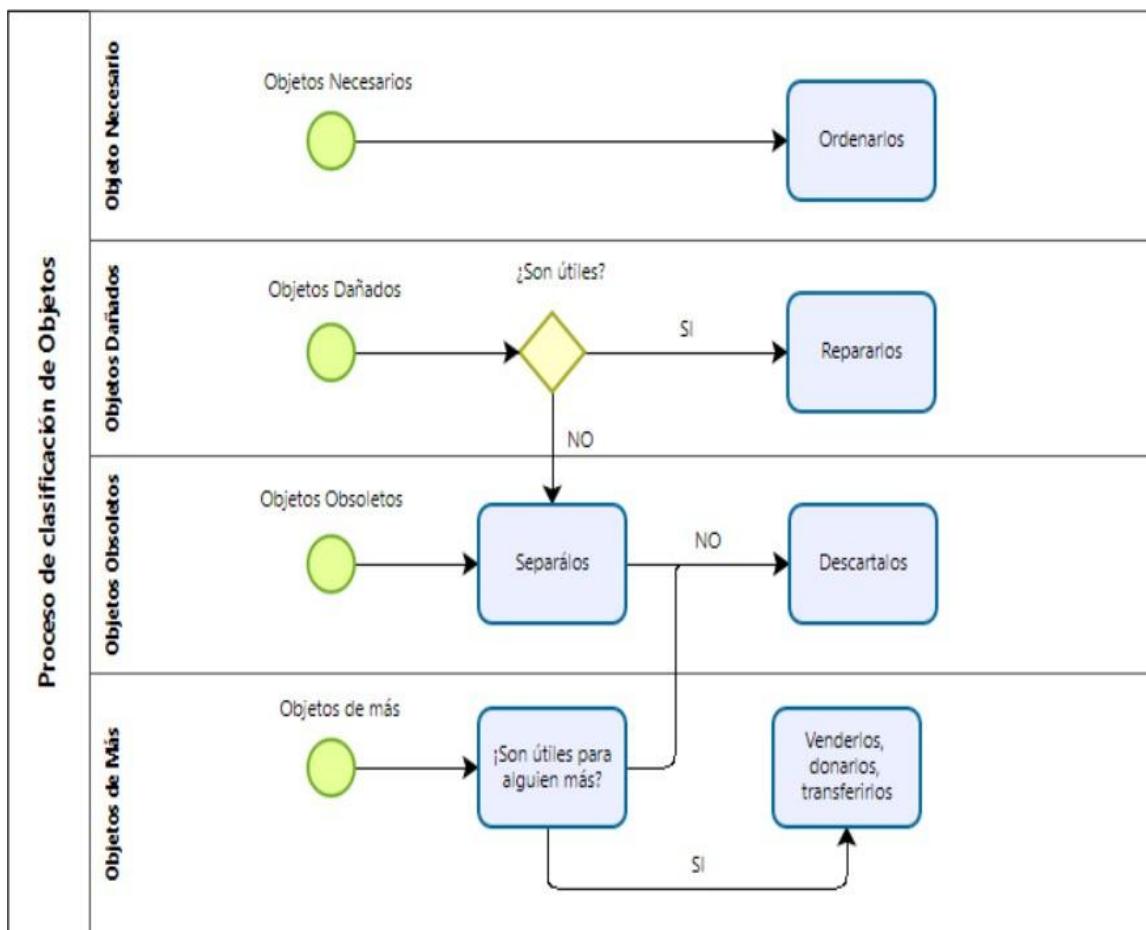
Etapa 1. Clasificar.

La primera S es la de (Clasificar), Las charlas introductorias a la segunda fase no solo generaron un gran interés entre los empleados, sino que también propiciaron un espacio de diálogo constructivo, donde los trabajadores aportaron valiosas sugerencias para optimizar los procesos en sus áreas de trabajo.

Durante la inspección en las instalaciones de la línea de tubos laf, se detectó que varios de las áreas designadas para el almacenamiento de herramientas e insumos del proceso estaban ocupados por utensilios que no correspondían al área evaluada. En vez de facilitar las labores, estas herramientas incrementaban al desorden en el entorno de trabajo. Por este motivo, se elaboró un diagrama de flujo del proceso en conjunto con el comité, el cual será mostrado en la figura 29.

Figura 29

Flujograma de clasificación de Objetos



Siguiendo los manuales de implementación de 5S's, se optó por emplear tarjetas rojas como herramienta visual para involucrar en la metodología a los trabajadores en la identificación y clasificación correcta de las herramientas en el lugar de trabajo. De esta manera, los colaboradores sabían el lugar correcto de cada herramienta de trabajo y no tenían retrasos en encontrar herramientas y otros objetos que eran parte de su trabajo.

La Figura 30 muestra el estilo de tarjeta roja que utilizamos en planta. Además, se visualiza los parámetros que tenemos encuentra cuando clasificamos un objeto. Con el objetivo de establecer una cultura hacia la excelencia, trimestralmente se evalúa algunos cambios en los parámetros. Según las necesidades de los colaboradores de planta.

Figura 30

Tarjeta Roja

Nº

**TARJETA
ROJA**

Fecha : _____

Zona : _____

Sub zona : _____

Artículo : _____

Cantidad : _____

Código del activo fijo (*) : _____

Razón :

- Desecho
- Innecesario
- Desperfecto / Defectuoso
- Antiguo / obsoleto
- Extra
- Otros

Acción :

- Para Activos Fijos (*) :
- Transferir
- Dar de Baja
- Acondicionar y mantener en la zona
- Para Otros Artículos :
- Reubicar / Mover a otra zona
- Eliminar
- Acondicionar y mantener en la zona

Control de Delegado SS:

Tarjeta registrada en "Ficha de Control de Tarjetas Rojas"
(Marcar el círculo con ✓ cuando se haya registrado la tarjeta en la Ficha de Control de Tarjetas Rojas)

*Si es un activo fijo, indicar el código. Para su disposición se deberá seguir el procedimiento definido por supply & operations para su baja y transferencia.

NOTA : Los artículos identificados con tarjeta roja se ubicarán en el Sector Temporal. El tiempo máximo de permanencia es de 7 días.

Nota: Tarjeta Roja elaborado por Aceros Arequipa

La aplicación de las tarjetas rojas facilitó la detección y dimensionar las principales problemáticas en la planta. Un total de 20 tarjetas rojas fueron utilizadas para señalar no conformidades, siendo las más frecuentes la ubicación incorrecta de herramientas y la acumulación de residuos. Además, se definió un área de los objetos que se eliminarán. La Tabla 8 presenta un resumen detallado de estos resultados.

Tabla 8*Resumen de uso de tarjetas roja*

Objeto	Acción	Número de Tarjetas
Herramientas para retirar Viruta en lugar incorrecto	Reubicar	2
Trapos con exceso de suciedad	Eliminar	2
Tacos de Madera	Reubicar	2
Discos Rotos	Eliminar	2
Alicates / Martillos prestados	Reubicar	2
Exceso de scrap en el piso	Eliminar	2
Rodillos en mal estado	Eliminar	2
Varilla de soldar lejos del soldador	Reubicar	2
Discos de amolador en armario incorrecto	Reubicar	2
Conexiones eléctricas para equipos como amoladora	Reparar	2

Nota: Elaboración Propia**Etapa 2. Orden.**

Esta etapa se centró en la implementación de reglas en planta que nos permita tener un área ordenada que favoreciera la productividad y la seguridad en el proceso de tubos de acero. Se establecieron criterios claros para las nuevas posiciones de los materiales y herramientas, buscando minimizar tiempos de búsqueda de herramientas y maximizar la productividad.

Posteriormente, el comité 5S's implementó un programa de entrenamiento del personal sobre la aplicación de nuevas prácticas de orden y limpieza. A través de capacitaciones iniciales y reforzamientos periódicos, se buscó inculcar hábitos que permitieran agilizar la producción y crecimiento progresivo organizacional de la planta. Se

estableció una matriz de frecuencia de uso de objetos en cada zona de la línea de tubos, bajo la premisa que el personal operativo tenga criterio en utilizar sus herramientas de trabajo. Esta matriz permitió modificar la ubicación de algunas herramientas, según su frecuencia de uso y crear un almacén de objetos de poca utilización.

Tabla 9

Clasificación de materiales por frecuencia de uso

Frecuencia de Uso	Acción
Múltiples veces al día	Mantener al alcance del personal
Cada Hora	Estar al lado del personal
Es probable que se utilice	Depositar en el almacén de planta
Un par de veces al año	Depositar en el almacén de planta
Cada trimestre o ocasionalmente	Conservar en el entorno de trabajo
En múltiples ocasiones durante el mes	Colocar en espacios compartidos
Varios días a la semana	Ubicar en el espacio laboral

Nota: Adaptado (Villaseñor & Galindo, 2010)

La empresa, caracterizada por sus altos estándares de orden y limpieza, implementó un programa de inducción intensivo en la metodología 5S para los nuevos colaboradores. Con el objetivo de que los nuevos integrantes de equipo operativo se adapten a la forma de trabajo Lean, se contó con el apoyo de los empleados más comprometidos para guiarlos, delimitar y señalizar los espacios de trabajo. Además, se realizó una exhaustiva revisión y reorganización de las herramientas, identificando y eliminando aquellos elementos que no cumplían con los criterios establecidos. En las figuras 31, 32, 33 y 34 se evidencian los cambios realizados al implementar la etapa 2 de la metodología 5S's.

Figura 31

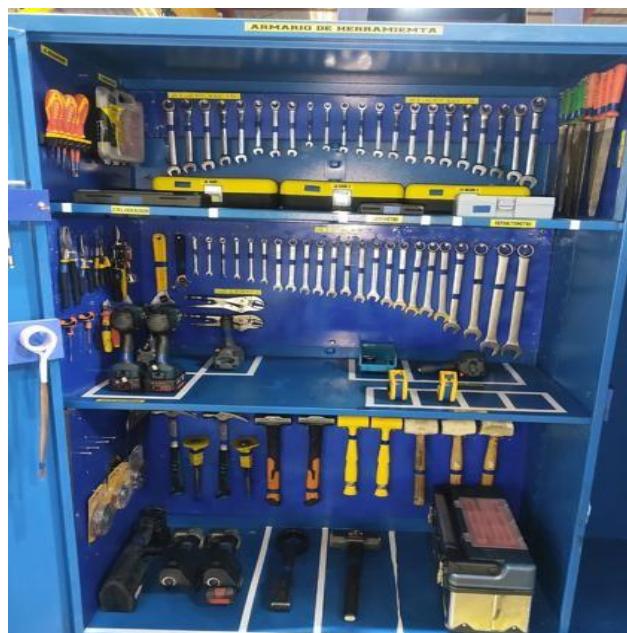
Herramientas Empleadas Antes de la Implementación



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Figura 32

Herramientas utilizadas posterior a la implementación



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Figura 33

Ubicación inadecuada de contenedor de materiales peligrosos



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Figura 34

Se procedió a guardar el cilindro en su almacén correspondiente



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Etapa 3. Limpieza

Esta etapa se inició con la capacitación sobre la manera correcta de limpiar el área de trabajo. El líder de 5S's en cada capacitación mostraba diversos ejemplos de planta limpias y ordenadas y como mejoraron su productividad teniendo en cuenta el orden y la limpieza. El comité de 5S's se encargó de gestionar la compra de materiales de limpieza periódicamente. Además, asignó un encargado de monitorear el inventario de materiales de limpieza por área, con la finalidad de llevar un control correcto y no haya excesos en los gastos por la compra de utensilios de limpieza. Otro punto importante que se estableció en las reuniones de 5S's es que el personal operativo aproveche cada parada de línea por motivos de mantenimiento correctivo, preventivo y otros motivos para realizar limpieza a la máquina de producción e área de trabajo. Además, se elaboró un cronograma de limpieza semanal de cada área de producción. Este calendario semanal de limpieza, se muestra en la figura 35.

Figura 35

Cronograma semanal de Limpieza de planta

Áreas \ Días	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
Slitter					
Almacen de Flejes					
Línea de Tubos					
Almacén de Tubos					
Zonas de plantas					

Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Una vez realizado el cronograma, se hizo el recorrido donde se evidencio algunas áreas y máquinas con suciedad. En la Tabla 10. Se aprecie imágenes previas a la implementación de la tercera etapa.

Tabla 10

Imágenes antes de la implementación de la tercera Etapa

			
Maquinaria Sucia	Derrame de aceite en los pisos	Pisos sucios	Conformadora de tubos con emulsión en su alrededor

Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

En la tabla 11, se visualiza como quedo el área de producción posterior al desarrollo de la tercera etapa.

Tabla 11

Imágenes después de la implementación de la tercera Etapa

			
Maquinaria Limpia	El área se pintó con pintura epóxica	Pisos Limpios	Conformadora de tubos limpio

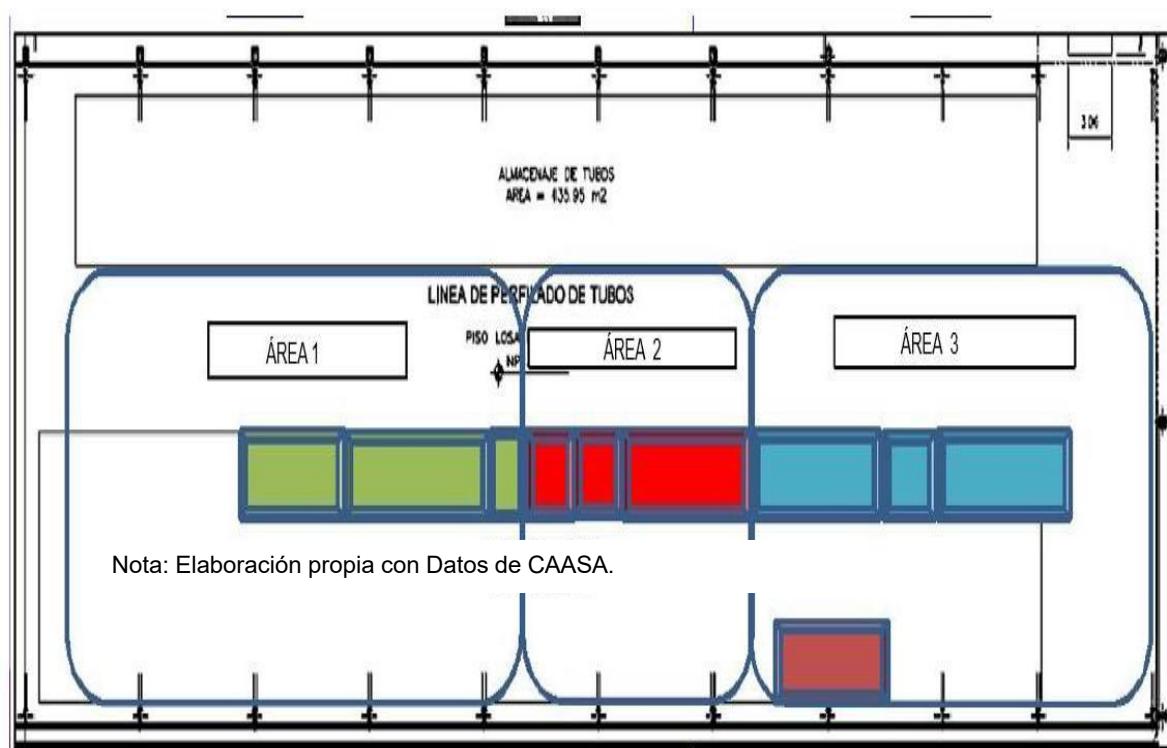
Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Etapa 4. Estandarización

A partir de las lecciones aprendidas en cada etapa de la metodología 5S's, se ha generado un estilo de trabajo. Con base en estos aprendizajes, se implementó un esquema estandarizado que constituirá el mínimo requerido para el desempeño de las tareas. La cuarta S está estrechamente vinculada con el desarrollo de rutinas para preservar el lugar de trabajo en condiciones óptimas y adecuadas, bajo este enfoque se garantiza la capacidad para mantener las mejoras a lo largo del tiempo y fomentar el liderazgo de los trabajadores, promoviendo así una cultura de mejora continua. Por otro lado, se asignó responsables por cada tramo de la línea de producción de la tubería, como se visualiza en la figura 35, para que hagan cumplir con las primeras 3 etapas de la metodología 5S's. ya que en la cuarta etapa es para mantener los logros alcanzados estableciendo estándares a la ejecución de las tres primeras S.

Figura 36

Áreas de la fabricación del tubo



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Es fundamental señalar que las actividades descritas no constituyen una carga laboral adicional; en cambio, su ejecución no requiere una carga física considerable. En la Tabla 12 se presentan las áreas correspondientes y los responsables de supervisar el orden y la limpieza en la zona de trabajo.

Tabla 12
responsable por área

Área	Zonas	Día	Responsable por Turno	
				Noche
Área 1	Zona de Desbobinado	CHAVESTA RAMOS RUBEN CRISTOBAL SIMEON JUAN		
	Zona de Empalme			
	Zona de Acumulador			
	Zona de Conformado			
	Zona de Soldado			
Área 2	Zona de Enfriamiento	ESPINOZA PRIMO JOSE GUZMAN YALTA LALO		
	Zona de Calibración			
	Zona de Secado			
	Zona de Impresión			
	Zona de Lubricación			
Área 3	Zona de Empaquetado	ISIDRO LOPEZ EDWIN JORDAN REYES RAMON		
	Zona de Descarga			

Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Otro de los puntos importantes que se realizó en la etapa 4 de la metodología 5S's, es que se realizó estándar de cómo debe estar todas las áreas de principio a fin de cada jornada laboral. En la figura 37, se visualiza un ejemplo de cómo son los estándares por área.

Figura 37

Ejemplo de Estándar en el área de Fabricación de Tubos



Nota: Elaboración propia con Datos de CAASA.

Etapa 5. Disciplina

La quinta etapa es una consecuencia de las 4 etapas anteriores, ya que se centra en la disciplina que deben tener el trabajador para velar por (clasificación, orden, limpieza y estandarización). Este punto de manifiesta en la conducta, en el pensamiento y la intención de los individuos, y solo puede probarse a través de sus acciones. No obstante es posible establecer normas que favorezcan y motiven el desarrollo de la disciplina, por lo tanto, se busca instaurar una cultura de trabajo basada en los estándares establecidos. Esta cultura se fomentará mediante la motivación de los trabajadores más experimentados, quienes transmitirán sus conocimientos a los nuevos integrantes. Además, se emplearán herramientas sencillas y visuales, como diagramas y listas de verificación, para garantizar que los procesos se cumplan de manera consistente y sean fácilmente comprensibles por todos los niveles de la corporación.

La desarrollo de las 5S ha demostrado ser una solución viable para disminuir los tiempos de cambio en la producción de tubos LAF, confirmando así su contribución a la optimización de este proceso.

3.4.2.4 Herramienta de Lean Manufacturing SMED: La empresa aceros Arequipa produce una amplia gama de productos en calidades (LAC, LAF y GALV), cuya fabricación se organiza en ciclos de producción basados en familias de productos. Cada cambio de familia implica una serie de ajustes críticos en la maquinaria, como la sustitución de rodillos formadores y rectificadores, así como la configuración de herramientas específicas para corte, inducción y soldadura. Dada la frecuencia de estos cambios (10-12 por mes), una planificación meticulosa de las etapas y actividades es fundamental para garantizar rendimiento y mejorar la productividad del proceso productivo.

Con el propósito de optimizar el proceso de cambio de familia, se empleará la metodología SMED. A través de un estudio de tiempos detallado en los meses de marzo a Julio, se establecerá una situación inicial. Luego, se implementarán las mejoras sugeridas por SMED y se realizará un nuevo estudio en septiembre y Noviembre para cuantificar la reducción en los períodos de cambio. La Tabla 13 detalla un resumen del tiempo empleado en la ejecución del cambio de familia.

Tabla 13

Promedio de tiempo por cambio de familia del primer semestre del año 2024

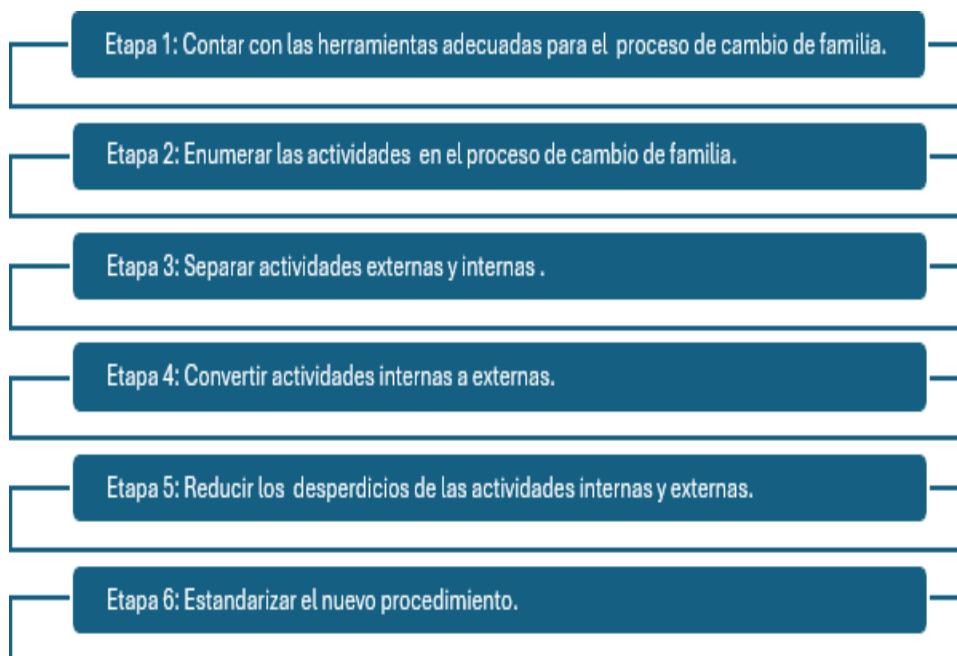
Tiempo de Cambio	Horas
Enero	6
Febrero	6.5
Marzo	5.8
Abril	5.9
Mayo	5.5
Junio	5

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa

La presente herramienta de lean manufacturing se basará en una metodología secuencial compuesta por las siguientes etapas.

Figura 38

Etapas de la aplicación de la metodología SMED



Nota: Etapas de la metodología smed. Fuente: (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

Etapa 1: Contar con las herramientas adecuadas para el cambio de familia

Esta herramienta de lean manufacturing se centró en capacitar al personal operativo que diariamente participa en los cambios de familia, en optimizar los tiempos de cambio de medida, reconociendo actividades externas y internas. El primer punto que nos centramos es contar con herramientas adecuadas para realizar el cambio de familia. Además de llevar un control de las herramientas utilizadas en el cambio de familia, evaluando la condición en que se encuentra las mismas, por tal motivo se realiza un inventario mensual, donde se manifestaba el estado de herramientas y si hay herramientas faltantes, se analiza los motivos.

Figura 39

Herramientas apropiadas para la calibración



Nota: Elaboración propia

Etapa 2: Identificar las tareas en el proceso de cambio de familia.

Se procederá a realizar un análisis y cronometrar las tareas y responsabilidades asociadas al proceso de cambio de la Familia, con el objetivo de hacer un estudio de tiempo. Este análisis ejecutado por el supervisor y los operarios de producción involucrará a todo el personal de la línea, entre ellos soldadores, grueros, herramientales, operadores de empaquetadora y enzunchadores y ayudantes. Los resultados de este análisis se dividieron en 3 partes como se visualiza en la figura 40, 41 y 42.

Figura 40

Procedimiento de cambio de familia parte 1

Personal	Actividades	TIEMPOS PREVIO AL CAMBIO			
		0 - 15 min	15 - 25 min	25 - 30 min	30 - 40 min
Operador 1	Instalar Pistolas Neumáticas				
	Selección de Bobina Inductora				
	Selección de Impíder				
	Selección de Insertó				
Gruero	Buscar el stock de flejes				
	Instalar fleje nuevo				
Retacero	Reprocesos de curvos				
	Enzunchadora de saldos				
	Merma recortada				
	dejar en la recarga disco afilado				
Operador Empaquetador	Reprocesos de curvos e inspecciones del turno				
	Saldos rotulados				

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 41*Procedimiento de cambio de familia parte 2*

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO								
		0-20 min	20-30 min	30-60 min	60-75 min	75-90 min	90-105 min	105-125 min	125-140 min	140-160 min
Operarios	Limpieza de la Línea									
Ayudante 1	Instalar Pistolas Neumáticas									
Operarios	Limpieza de Bancadas									
Operador 1	Cambio de rodillos horizontales en zona de formación									
Ayudante 1	Cambio de rodillo en cabeza turca horizontal									
Ayudante 2	Cambio de mordaza en etapa de corte									
Maquinista	Cambio de rodillos horizontales en sección calibración									
Maquinista	Cambio de turca vertical									
Operador 1	Inicio cambio de rodillos verticales en zona de formación									
Ayudante 1	Cambio de rodillos verticales en zona de formación									
Ayudante 2	Limpieza de zona de corte									
Ayudante 2	Cambio de rodillos verticales en zona de formación									

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 42*Procedimiento de cambio de familia parte 3*

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO						
		[0-160 min]	160-180 min	180-220 min	220-260 min	260-300 min	300-320 min	320-360 min
	Tiempo de Herramienta							
Maquinista	Alineación de rodillos (Forma visual)							
Maquinista	Calibración de rodillo con cuerda y tubo en zona de calibración							
Maquinista y ayudante 2	Calibración de rodillos con fleje							
Maquinista y Ayudante	Ajuste de los pernos y Turcas							
Maquinista	Arranque de equipo y salida del primer producto bueno							

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Como se muestra en las figuras 40, 41 y 42, los cambios familiares son el resultado de una secuencia compleja de eventos. La identificación y mapeo de cada uno de estos subprocesos resulta fundamental para una planificación efectiva en el momento de realizar los cambios de familia. Cabe destacar que, en algunos casos, se pueden producir múltiples cambios familiares en un mismo día, lo que permite de contar con una programación correcta que permita tener una productividad eficiente en la línea de tubos.

Etapa 3: Separar actividades externas y internas

Una vez concluida la etapa de mapeo de las actividades, el proceso de implementación del SMED avanza a la etapa tres, caracterizada por la clasificación de dichas funciones en internas y externas. La Figura 43 ofrece una representación visual detallada de esta clasificación, la cual constituye un paso fundamental en la transformación del proceso de cambio de familia.

Figura 43

Procesos de transformación de cambio de familia



Nota: Proceso de transformación de SMED Fuente: (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

Posteriormente, se procede a la identificación y clasificación de las actividades, las cuales se detallan en la Figura 44, 45 y 46, distinguiendo entre aquellas que se llevan a cabo con la máquina detenida (internas) y las que requieren que la máquina esté en funcionamiento (externas).

Figura 44

Categorización de Actividades Internas y Externas en la primera parte de cambio de

Personal	Actividades	TIEMPOS PREVIO AL CAMBIO			
		0 - 15 min	15 - 25 min	25 - 30 min	30 - 40 min
Operador 1	Transporte de Herramientas	Externa			
	Selección de Bobina Inductora		Externa		
	Selección de Impider			Externa	
	Selección de Insertó				Externa
Gruero	Buscar el stock de flejes	Externa	Interno		
	Instalar fleje nuevo			Externa	
Retacero	Reprocesos de curvos	Externa			
	Enzunchadora de saldos		Externa		
	Merma recortada			Interno	
	dejar en la recarga disco afilado				Externa
Operador Empaquetador	Reprocesos de curvos e inspecciones del turno	Externa			
	Saldos rotulados		Interno		

fan
Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 45

Categorización de Actividades Internas y Externas en la segunda parte de cambio de familia

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO								
		0-20 min	20-30 min	30-60 min	60-75 min	75-90 min	90-105 min	105-125 min	125-140 min	140-160 min
Operarios	Limpieza de la Línea	Interna								
Ayudante 1	Instalar Pistolas Néumaticas		Interna	Interna						
Operarios	Limpieza de Bancadas			Interna						
Operador 1	Cambio de rodillos horizontales en zona de formación					Interna				
Ayudante 1	Cambio de rodillo en cabeza turca horizontal				Interna	Interna	Interna			
Ayudante 2	Cambio de mordaza en etapa de corte				Interna	Interna	Interna			
Maquinista	Cambio de rodillos horizontales en sección calibración				Interna	Interna	Interna			
Maquinista	Cambio de turca vertical							Interna		
Operador 1	Inicio cambio de rodillos verticales en zona de formación						Interna	Interna	Interna	Interna
Ayudante 1	Cambio de rodillos verticales en zona de formación							Interna	Interna	Interna
Ayudante 2	Limpieza de zona de corte							Interna		
Ayudante 2	Cambio de rodillos verticales en zona de formación								Interna	Interna

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 46

Categorización de Actividades Internas y Externas en la tercera parte de cambio de familia

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO						
		[0-160 min]	160-180 min	180-220 min	220-260 min	260-300 min	300-320 min	320-360 min
	Tiempo de Herramienta	Interna						
Maquinista	Alineación de rodillos (Forma visual)		Interna	Interna				
Maquinista	Calibración de rodillo con cuerda y tubo en zona de calibración				Interna			
Maquinista y ayudante 2	Calibración de rodillos con fleje					Interna		
Maquinista y Ayudante	Ajuste de los pernos y Turcas						Interna	
Maquinista	Arranque de equipo y salida del primer producto bueno						Interna	Interna

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Las figuras anteriores nos muestran que contamos con 20 actividades que son internas y 10 actividades que son externas, lo cual nos da un porcentaje de 67 % de las actividades son internas y el 33% de las tareas son externas. Esta proporciona nos da una visión clara del proceso actual. Esta información es fundamental para iniciar la siguiente fase de transformación, donde se buscará convertir las labores internas en externas.

Etapa 4: Convertir funciones Internas a Externas

En esta etapa, se realizó reuniones con los líderes de la línea de tubos, jefes y supervisores, ya que ellos conocen el proceso de cambio de medida y pueden realizar mejoras para convertir actividades externas en internas. Los hallazgos de esta iniciativa se detallan en las siguientes figuras, donde se enumeran las actividades transformadas.

Figura 47

Conversión de Actividades Internas y Externas en la primera parte de cambio de familia

Personal	Actividades	TIEMPOS PREVIO AL CAMBIO			
		0 - 15 min	15 - 25 min	25 - 30 min	30 -40 min
Operador 1	Transporte de Herramientas	Externa			
	Selección de Bobina Inductora		Externa		
	Selección de Impidir			Externa	
	Selección de Insertó				Externa
Gruero	Buscar el stock de flejes	Externa	Externa		
	Instalar fleje nuevo			Externa	
Retacero	Reprocesos de curvos	Externa			
	Enzunchadora de saldos		Externa		
	Merma recortada			Interno	
	dejar en la recarga disco afilado				Externa
Operador Empaquetador	Reprocesos de curvos e inspecciones del turno	Externa			
	Saldos rotulados		Externa		

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 48

Conversión de Actividades Internas y Externas en la segunda parte de cambio de familia

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO						
		0-20 min	20-30 min	30-60 min	0 - 60min	60 -60 min	60-110 min	11-120 min
Operarios	Limpieza de la Línea	Externa						
Ayudante 1	Instalar Pistolas Neumáticas		Externa	Externa				
Operarios	Limpieza de Bancadas			Externa				
Operador 1	Cambio de rodillos horizontales en zona de formación							
Ayudante 1	Cambio de rodillo en cabeza turca horizontal				Interna			
Ayudante 2	Cambio de mordaza en etapa de corte				Interna			
Maquinista	Cambio de rodillos horizontales en sección calibración				Interna			
Maquinista	Cambio de turca vertical					Interna		
Operador 1	Inicio cambio de rodillos verticales en zona de formación				Interna	Interna	Interna	Interna
Ayudante 1	Cambio de rodillos verticales en zona de formación					Interna	Interna	Interna
Ayudante 2	Limpieza de zona de corte					Externa		
Ayudante 2	Cambio de rodillos verticales en zona de formación						Interna	Interna

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

Figura 49*Conversión de Actividades Internas y Externas en la tercera parte de cambio de familia*

Personal	Actividades	TIEMPOS DURANTE AL CAMBIO						
		[0-120 min]	120-140min	140-160 min	160-180 min	180-200 min	200-220 min	220-240 min
	Tiempo de Herramienta	Interna						
Maquinista	Alineación de rodillos (Forma visual)		Interna	Interna				
Maquinista	Calibración de rodillo con cuerda y tubo en zona de calibración				Interna			
Maquinista y ayudante 2	Calibración de rodillos con fleje					Interna		
Maquinista y Ayudante	Ajuste de los pernos y Turcas						Interna	
Maquinista	Arranque de equipo y salida del primer producto bueno						Interna	Interna

Nota: Elaboración propia con información de CAASA

La reclasificación de actividades, evidenciada en las Figuras 47, 48 y 49, resultó en una disminución de las actividades internas de 20 a 13. Esta tendencia indica que una mayor externalización de actividades podría mejorar la eficiencia en los cambios de familia.

Etapa 5: Reducir los desperdicios de actividades Internas y Externas

Con el propósito de agilizar y mejorar el cambio de familia, la quinta etapa de la metodología se enfoca en minimizar las operaciones internas y externas, las cuales son consideradas un factor determinante en este proceso. Debido a ellos, se realizó algunas observaciones para mejorar el proceso de cambio de familia las cuales se detallan en los puntos.

- 1) Uno de los inconvenientes que se observó en el momento que se realiza el cambio de familia es que no están divididas de manera homologas las cargas de trabajo en el equipo durante el cambio de medida. El maquinista actúa de manera individual durante el proceso de ajustes, para lo cual, se capacitó a los demás miembros del equipo en desarrollar las competencias para dar soporte al maquinista en el proceso de ajuste. Asimismo, el personal de herramiental y los ayudantes se encargaban de limpiar la línea antes y durante el cambio, con la intención que la limpieza no retrase en el cambio de familia y en cada parada de línea por temas de mantenimiento

maquinista y ayudante se encargan de limpiar su línea con la finalidad de no descuidarnos en la herramienta de 5S's.

- 2) Se fabricó rodillos individuales para las líneas de tubos LAF y LAC, ya que ambas líneas compartían los mismos rodillos y quedaban sucios las bancadas al utilizarse primero para la fabricación de tubos LAC, lo cual retardaba el cambio de medida en tubos de calidad LAF, ya que se tenían que limpiar las bancadas para que ingrese a la línea de tubos LAF. Además, que la fabricación de tubos LAC, desgastaba los rodillos, lo cual retardaba la calibración para llegar a las medidas correctas en tubos LAF. Adicionalmente, se estandarizó y fabricó nuevas turcas, dado que las que contábamos estaban gastadas y retrasaban el proceso de cambio de familia.
- 3) Se observó que el personal de Herramental no se daba abasto para abastecer de bancadas a ambas líneas. Con el propósito de asegurar el proceso en el armado de bancadas y evitar posibles retrasos, se tomó la decisión de reforzar el personal de Herramental, mediante la contratación de personal. Adicionalmente, se le asignando un equipo especializado a cada una de las dos líneas de tubos. Asimismo, se solicitó al personal de Herramental tener un inventario para que tengan un control de los rodillos y se estableció una comunicación con el área de procesos, cuando se encontraba rodillos gastados o ásperos, para que dicha área envíe a rectificar.
- 4) se mejoró y ordenó las herramientas necesarias para el cambio de familia, colocando las herramientas apropiadas al alcance de los miembros del equipo. Adicionalmente, se mejoró la iluminación del área y se contó con la elaboración de bobinas de inducción antes de cada cambio de rodillo lo cual nos ayuda a realizar los arranques de máquina en menor tiempo. Finalmente, se incrementó los puntos de aire comprimido en la línea y se realizó la identificación de rodillos inferiores, estas mejoras permiten al operario poder realizar los cambios de medida en un menor tiempo. En las siguientes Figuras se evidencia los cambios que se realizó para reducir las actividades internas y externas del proceso de cambio de medida.

Figura 50

Capacitación a los miembros del equipo de cambio de familia sobre Smed



Nota: Información de CAASA

Figura 51

Elaboración de turcas



Nota: Información de CAASA

Figura 52

Herramientas adecuadas para el cambio de medida



Nota: Información de CAASA

Figura 53

Mejora la iluminación en la zona de trabajo



Nota: Información de CAASA

Figura 54

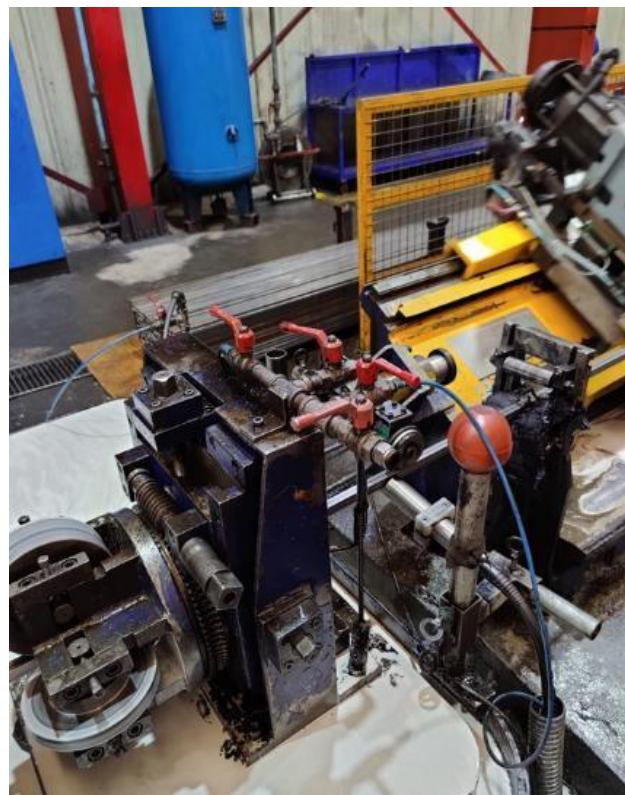
Elaboración de Bobina de Inducción



Nota: Información de CAASA

Figura 55

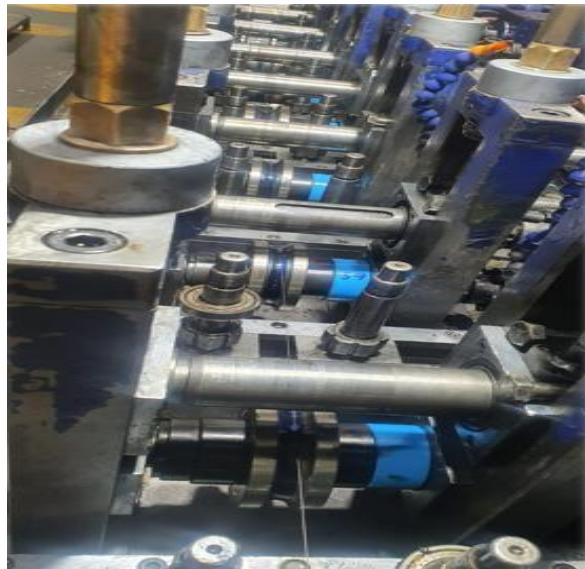
Incremento de puntos de aire comprimido en la línea



Nota: Información de CAASA

Figura 56

Identificación de rodillos Inferiores



Nota: Información de CAASA

Etapa 6: Estandarizar el nuevo procedimiento

En esta última etapa, se establecieron directrices clave con el propósito de minimizar los tiempos de set up. Entre estas, se destaca la implementación de un lote óptimo de cambio de familia, lo cual garantiza un tiempo de preparación adecuado para el herramiental, optimizando así los procesos de transición entre diferentes familias de productos. Además, se implementó una estrategia de nivelación de la carga de trabajo en colaboración con el área de PCP, cambiando la frecuencia de programación de cada dos días a semanal. Esta acción tuvo como finalidad disminuir la variabilidad en la demanda de recursos y, consecuentemente, minimizar los tiempos de preparación en el armado de bancadas. Para garantizar la adecuada ejecución de SMED, se diseñó un cronograma de capacitación recurrente. A través de este plan, se buscó mantener al personal actualizado y comprometido con la aplicación de las técnicas SMED en sus actividades diarias. Se implementó tablero de control SMED en las líneas de tubo, donde se lleva un control de los cambios de medida, allí se registraban las observaciones encontradas que pueden retrasar un cambio de medida para poder reforzar con capacitaciones. Finalmente, con la premisa

de estandarizar el procedimiento de cambio de medida, se desarrolló un instructivo entendible. Este documento sirve de estudio para la capacitación del personal, asegurando la estandarización en la ejecución de los cambios de familia. Las actividades mencionadas se presentan en las siguientes Figuras.

Figura 57

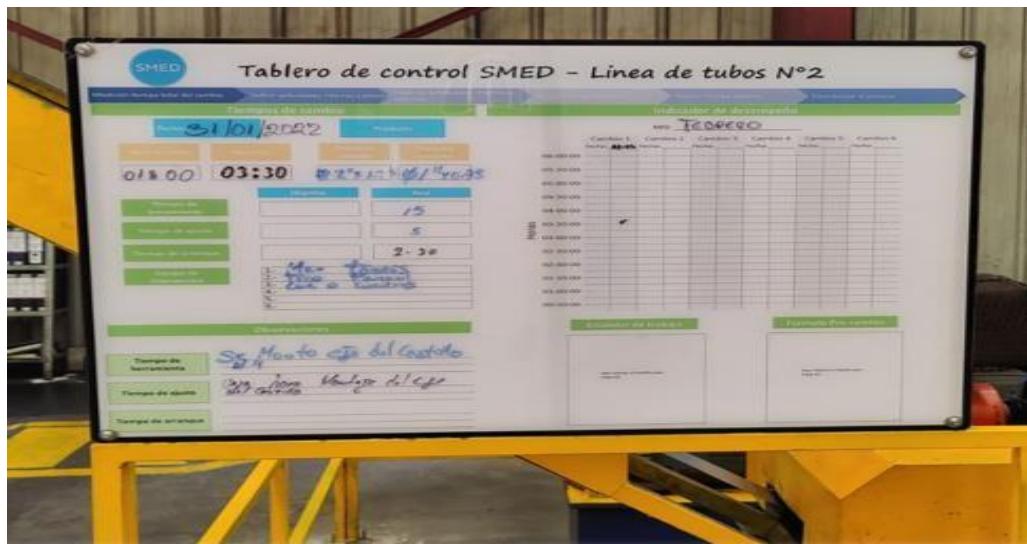
Plan de capacitaciones de cambio de medida

PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO																										
EMPRESA:	SUPPLY & OPERATIONS S.A.C.			RUC:								20601329540														
UNIDAD DE NEGOCIO:	CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.			DONDE:								Av. Las palmas N° 432 Dpto 503-Sanitario de Surco - Lima														
REDE:	CAJAMARQUILLA			DEPARTAMENTO/AREA/SECCION:								PRODUCCIÓN TUBERÍAS	AÑO:	2021												
CAPACITACIONES DEL SIMEQ - CAMBIOS DE MEDIDA TUBERÍAS																										
TEMAS	Periodicidad	Estatus / Avance	Duración por módulo (Horas)	Total de horas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PUESTOS ASOCIADOS	RESPONSABLE								
Procedimiento de Cambio de Medida - Medio Cambio	SEMANAL	P	1	2													Todos los puestos	Supervisor de Producción Tuberías								
Procedimiento de Cambio de Medida - Cambio Completo	SEMANAL	P	1	2													Todos los puestos	Supervisor de Producción Tuberías								
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC														
Programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0														
Ejecutadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0														
% Cumplimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	-	-														
APROBADO POR:												Pedro Correa														
FECHA DE APROBACIÓN: 8/10/2021												Nombre / Firma de Supervisor de Producción Tuberías														
LEYENDA <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>Programado :</td><td></td></tr> <tr><td>Desarrollado :</td><td></td></tr> <tr><td>Revisado :</td><td></td></tr> <tr><td>Entregado :</td><td></td></tr> </table>																			Programado :		Desarrollado :		Revisado :		Entregado :	
Programado :																										
Desarrollado :																										
Revisado :																										
Entregado :																										

Nota: Información de CAASA

Figura 58

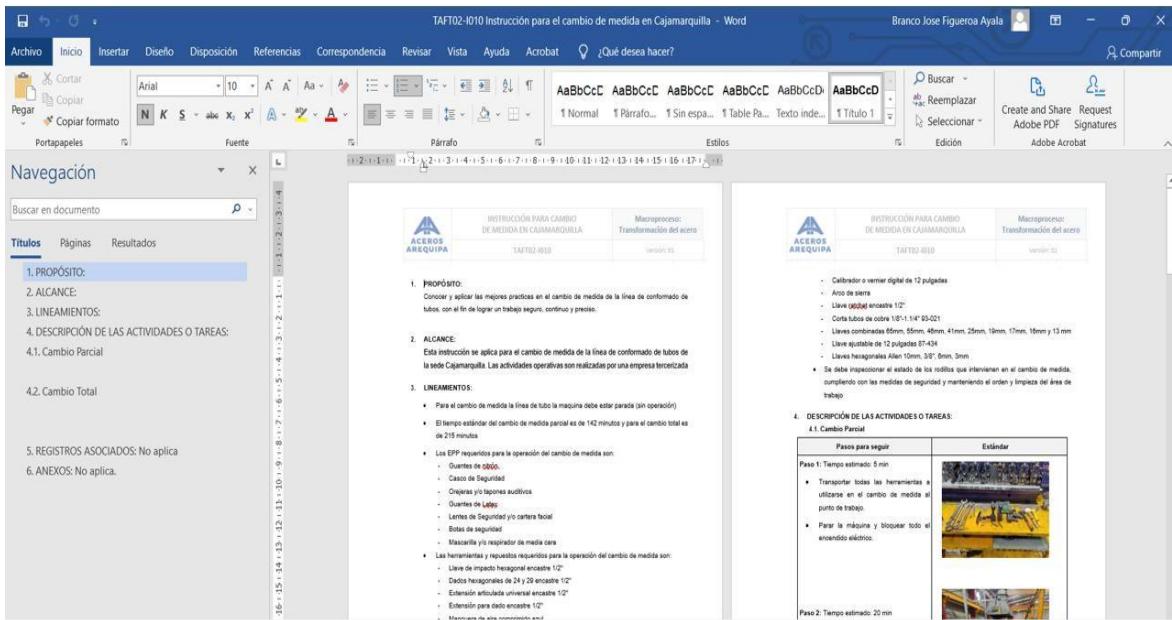
Tabla de control de smed



Nota: Información de CAASA

Figura 59

Instructivo de cambio de medida



Nota: Información de CAASA

3.4.2.5 Implementación de mantenimiento Autónomo: En la empresa se tiene procedimientos establecidos para cada área de la corporación, pero generalmente el área de producción genera un aviso mediante el ERP solicitando el soporte del área de mantenimiento en temas como lubricación, ajuste de accesorios y limpieza de algunos sensores que deja de emitir una señal debido a la suciedad, ya que se trabaja constantemente con aceites e refrigerantes, además, del desprendimiento de partículas de carbono del acero sometido a fricción generan un barro que contamina el área de trabajo. Esta acumulación de residuos no solo dificulta las labores de los técnicos, sino que también compromete la precisión de los análisis al requerir una limpieza prolongada y minuciosa.

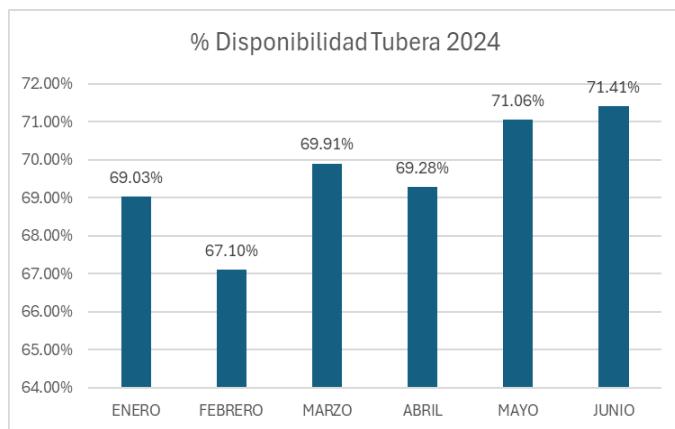
Los problemas mencionados generan tiempos de inactividad en la producción debido a que los operarios, al no contar con la capacitación necesaria en mantenimiento autónomo, son incapaces de resolver pequeñas incidencias. Por otro lado, los técnicos de mantenimiento, al no estar familiarizados a fondo con las diversas máquinas de la línea de

tubos, requieren más tiempo para solucionar las averías, lo que prolonga los tiempos de cambio y mantenimiento correctivo.

Se muestra el indicador de disponibilidad de línea tubera en los meses primeros 6 meses del año 2024, dado que los incumplimientos con los planes de producción alertó a gerencia de producción, el cual autorizó la capacitación en mantenimiento autónomo al personal operativo, para aumentar la disponibilidad de la línea de tubos. En la Figura 60, se muestra la disponibilidad de la línea de tubos LAF en los meses de enero a Junio.

Figura 60

Disponibilidad de la línea mes de enero a junio



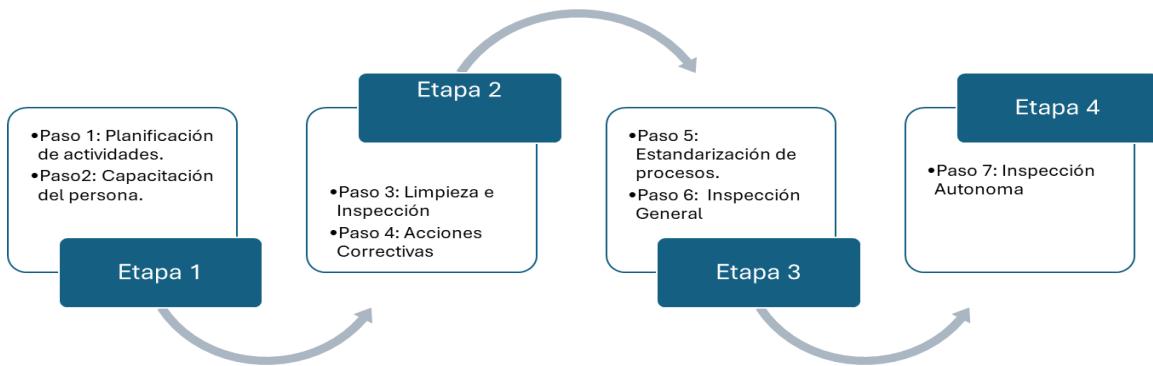
Nota: Elaboración de CAASA

El análisis de la figura 60 muestra que la disponibilidad promedio al inicio del año es del 69.63%. Esto implica que, durante enero y junio, de las 4368 horas programadas, solo 3041.43 horas fueron operativas.

Con el objetivo de facilitar el desarrollo del mantenimiento autónomo, se propone una metodología dividida en cuatro etapas constituidas por un total de siete pasos, visualizados gráficamente en la figura 61. Esta estructura secuencial permite abordar de manera sistemática los diferentes aspectos involucrados en la adopción de esta práctica, desde la limpieza inicial hasta la implementación de gestión autónoma.

Figura 61

Etapas de la implementación del mantenimiento autónomo

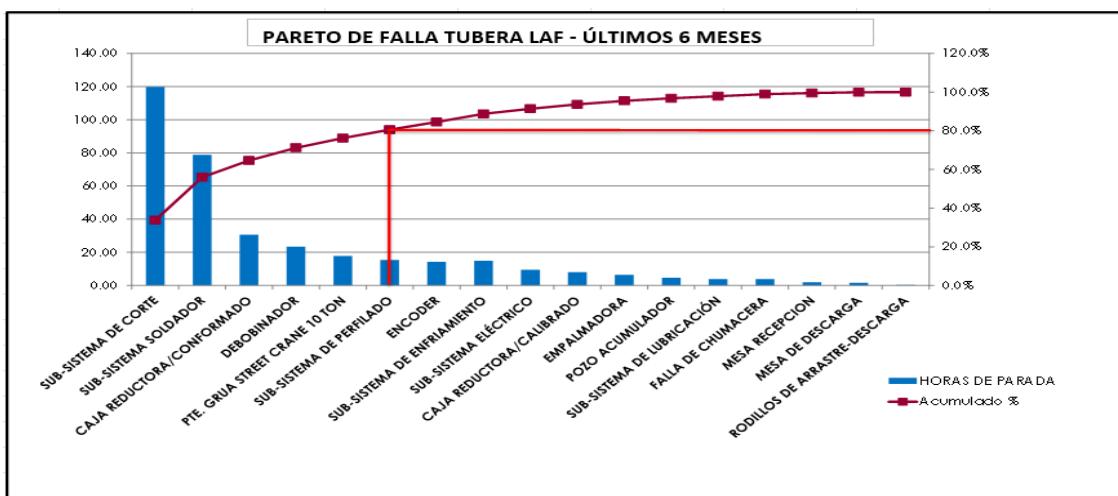


Nota: Etapas del Mantenimiento autónomo. Fuente: (Calderón Cardenás & Diaz Huaman, 2023)

Etapa 1: Esta fase inicial es crucial para sentar las bases de la implementación del mantenimiento autónomo. Consiste en enseñar al personal en asuntos de mantenimiento autónomo y realizar un calendario de actividades necesaria para llevar a cabo las tareas de limpieza, lubricación, apriete y estandarización de las máquinas. A través de un diagrama de Pareto, que se muestra en la figura 62, se identificarán las causas principales que generan el 80% del tiempo inactivo que la línea sufre durante un mes, con el objetivo de priorizar las acciones de mejora.

Figura 62

Pareto de fallas en la tubera LAF- en los últimos 6 meses



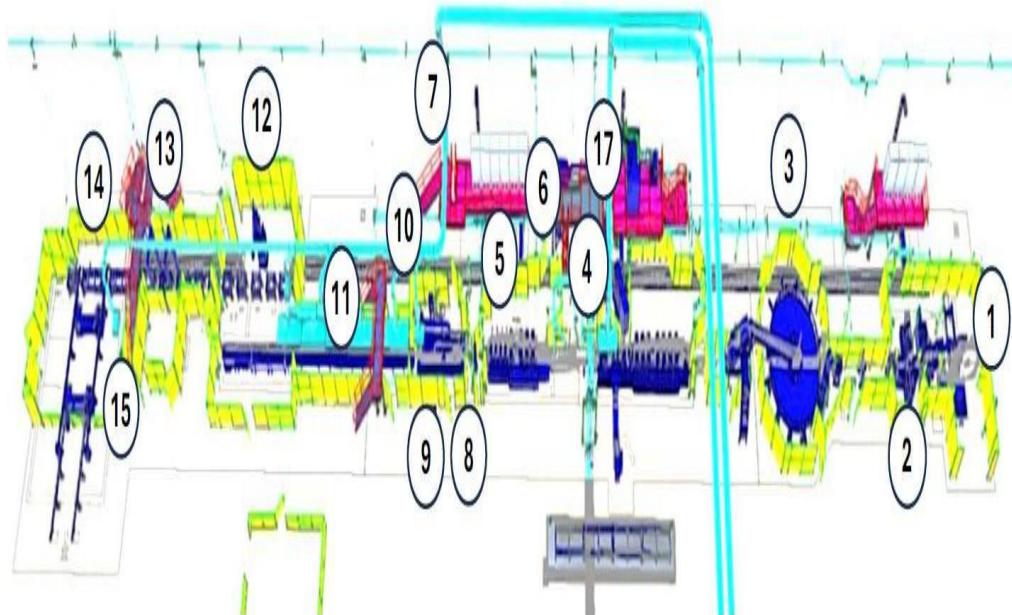
Nota: Elaboración propia con datos de CAASA.

En el Pareto de la figura 62. Se puede apreciar que las horas de paradas se debe a eventos ocurridos en la zona de corte y soldado, por lo que se otorgará una relevancia significativa en el proceso de mantenimiento autónomo. Además, se observa que en la zona de conformado, desbobinador y puente grúa también contribuyen significativamente a las horas de parada, estas áreas serán analizados en profundidad como parte de este estudio, con la intención de reducir los tiempos de paradas por mantenimiento y aumentar la disponibilidad de la línea de tubos.

Para esta metodología se enumeró las partes de la línea de producción de la tubería LAF, como se observa en la Figura 63. A continuación, se elaboró un cronograma para la capacitación al personal de producción en mantenimiento autónomo, como se puede apreciar en la Figura 64. En este cronograma, damos más atención a los problemas más recurrentes que nos mostró el Pareto de la Figura 62.

Figura 63

Línea de tubos LAF



Nota: Elaboración de CAASA.

Figura 64

Cronograma de capacitación de mantenimiento autónomo en zonas de la tubera LAF

Nº	EQUIPO / COMPONENTE	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	G	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	ZONA DE CARGA																		
2	EMPALMADORA																		
3	ACUMULADOR																		
4	CONFORMADORA																		
5	SOLDADURA																		
6	EDDY CHECK																		
7	EQUIPO DE GALVANIZADO																		
8	SISTEMA EXTRACTOR DE GASES																		
9	SISTEMA CODIFICADOR																		
10	LUBRICADOR DIETRONIC																		
11	CORTADORA																		
12	VIA RODILLOS Y DESCARGA																		
13	ROBOPACK																		
14	ENZUNCHADORA AUTOMATICA																		
15	BALANZA AUTOMATICA																		
16	TORRE DE ENFRIAMIENTO																		
17	FILTRO DONALDSON																		

Nota: Elaboración de CAASA.

En cada zona de la línea de tubos, el personal recibió capacitación en temas como se realiza la limpieza en cada zona, inspección en puntos claves de cada área en búsqueda de fuga, fuentes de contaminación, Lubricación básica y pequeños ajustes.

ETAPA 2:

Paso 3: En la presente etapa se realiza la limpieza e auditoria adecuada en la línea de tubos y dado el nivel de capacitación alcanzado y la preexistente en la cultura de 5S, la implementación de esta etapa se ha agilizado significativamente. Se ha logrado un mayor control en los procesos de limpieza, garantizando que el equipo se mantenga libre de contaminantes como polvo, grasa y virutas. Además, como parte de las buenas prácticas de manufactura, se ha establecido el protocolo de limpieza de rodillos y herramiental antes de cada cambio de familia.

Paso 4: En esta etapa se realizó reuniones entre las áreas de producción y mantenimiento con la finalidad de eliminar las fuentes de contaminación de la máquina y tomar acciones correctivas de los puntos críticos de la línea de tubos, identificando las áreas susceptibles y estableciendo barreras físicas para evitar la propagación de la suciedad. Asimismo, se detectaron zonas de difícil acceso, pero de gran relevancia funcional, y se implementaron medidas correctivas de protección para salvaguardar sus componentes eléctricos y mecánicos. Especialmente, se prestó atención al primer componente, cuya integridad es esencial para asegurar la continuidad operativa del equipo, dado que puede generar cortocircuito.

Etapa 3

Paso 5: Se realizó una evaluación de las listas de verificación utilizadas para los arranques de producción de cada producto en la línea de tubos, con el fin de incluir la lubricación y limpieza en el check list de producción. Se estableció un sistema de retroalimentación con los operarios para mejorar continuamente los procedimientos y asegurar la estandarización de las tareas. Además, se definieron rutinas de lubricación específicas para equipos que no requieran una evaluación técnica detallada, las cuales serán realizadas por el personal de producción bajo la supervisión del equipo de mantenimiento. En la figura 64 se visualiza un ejemplo de una lista de verificación de control de arranque de producción. Esta lista de verificación lo envía el personal de producción en cada arranque de producto, con la intención de tener un estatus de como está el estado de la línea en cada producto terminado y en cada producción nueva. Dicho check list, llega vía correo a los jefes, supervisores y líderes de la línea de producción, tomando acciones correctivas si sucede algunas desviaciones en los parámetros establecidos en la lista de verificación.

Figura 65

Lista de verificación de proceso lubricación y limpieza

			CHECK LIST - CONTROL DE CARGA		Macroproceso Transformación del Acero Fecha de vigencia: 2015/05 Versión: 03
			SI	NO	
Operadores:		Fecha: / /	Turno:		Observaciones
ASPA DESBOBINADOR	Rodillo contensión y prensador operativo	A			
	Tornamesa operativo	B			
	Tornillo de alineamiento operativo				
	Presencia de fugas				
	Sit. Frenos operativo				
	Panel de control operativo				
	Estado físico de botoneras op.				
	Operatividad de parada de emerg. Op.				
	Orden y limpieza				
	Mordaza móvil y fija operativa				
EMPALMADORA	Cizalla				
	Rodillos de alineamiento				
	Porta antorcha				
	Luminaria				
	Presencia de fugas				
	Máquina de soldar operativa				
	Presenta nivel de argón				
	Central hidráulica operativa				
	Orden y limpieza				
	Encoder entrada op.				
ACUMULADOR	Rodillos op.				
	Sistema de freno		<th data-kind="ghost"></th>		
	Motor operativo		<th data-kind="ghost"></th>		
	Mesa de acumulador limpia		<th data-kind="ghost"></th>		
	Rodillos de cesta externo y interno operativo		<th data-kind="ghost"></th>		
	Presencia de fugas		<th data-kind="ghost"></th>		
	Orden y limpieza		<th data-kind="ghost"></th>		
THERMATOOL	Equipo Operativo				
	Impide Visualmente operativo		<th data-kind="ghost"></th>		
	Bobina Visualmente operativa		<th data-kind="ghost"></th>		
CENTRAL HIDRAULICA	Nivel de Aceite				
NOTA:					

Nota: Elaboración de CAASA.

Paso 6: En este paso se realizó una validación de información entre el área de producción y mantenimiento, ya que es necesario el feedback de parte técnica en zonas de la línea de tubería que el personal operativo desconoce, con la finalidad de afianzar el conocimiento a los operarios, agilizar la producción, aminorar la carga de trabajo al personal técnico y conocer en qué casos necesitar la ayuda del área de mantenimiento como por ejemplo en temas (eléctricos y electrónicos), ya que si producción trata de solucionar problemas sobre esos temas, puede aumentar el problema en vez de solucionarlo. Por lo cual se mejoró la lista de verificación con las sugerencia y capacitación del área de mantenimiento el cual se puede verificar en la figura 65.

Figura 66

Lista de verificación mejorada

Operadores:	Fecha: / /	Turno:	CHECK LIST - CONTROL DE CARGA			Macroproceso Transformación del Acero TAFT02-E001
			Método de Inspección	STATUS	bien	
				Cantidades Y/O Medidas		
ASPA DESBOBINADOR	Rodillo contención y prensador operativo	VISUAL	Estado General (óxido o fisura)			
	Tornamesa operativo	VISUAL	Estado General (óxido o fisura)			
	Tornillo de alineamiento operativo	VISUAL	Sueltas y/o desajustadas			
	Sit. Frenos operativo	VISUAL / MANUAL	Estado			
	Panel de control operativo	VISUAL	Voltaje:			
	Estado físico de botoneras op.	VISUAL	Estado			
	Operatividad de parada de emerg. Op.	VISUAL	Estado			
El área de encuentra libre de herramienta, suciedad que puedan generar un accidente o avería ?			VISUAL	Estado		
EMPALMADORA	Mordaza móvil y fija operativa	VISUAL	El freno presenta alguna deformación?			
	Cizalla	VISUAL	Estado de cuchillas			
	Rodillos de alineamiento	Manual	Verificar el ajuste de las tuercas			
	Porta antorcha	Visual	Estado			
	Luminaria	Visual	Estado			
	Presencia de fugas	Visual	Estado			
	Máquina de soldar operativa	Visual	Estado			
	Presenta nivel de argón	Visual	Seguro de válvula se encuentran desgastados?			
	Central hidráulica operativa	Visual	Estado de los componentes			
Orden y limpieza			El área se encuentra limpia y ordenada			
ACUMULADOR	Encoder entrada op.	Manual	Estado del sensor			
	Rodillos op.	Visual	Estado de los rodillos			
	Sistema de freno	Visual	Estado de frenos de estacionamiento			
	Mesa de acumulador limpia	Visual	Estado del acumulado			
	Rodillos de cesto externo y interno operativo	Visual	Estado de los rodillos			
	Presencia de fugas	Visual	el tipo de fuga			
	Orden y limpieza	Visual	El área se encuentra limpia y ordenada			
Status (Motores operativo : lubricación : ventilador y rejillas :)			Visual	Corriente :	Voltaje:	Vibraciones
		Método de Inspección	med 1	med 2	med 3	
THERMATOOL	Inserto operativo :	Ver tablas	_____PZ	_____PZ	_____PZ	
	Impider Visualmente operativo ? Medidas: back up	Visual + vernier	Ø _____MM	Ø _____MM	Ø _____MM	
	Bobina Visualmente operativa ? Medidas: back up:	Visual + vernier	Ø _____MM	Ø _____MM	Ø _____MM	
CENTRAL HIDRAULICA	Nivel de Aceite					
NOTA:						

Nota: Elaboración de CAASA.

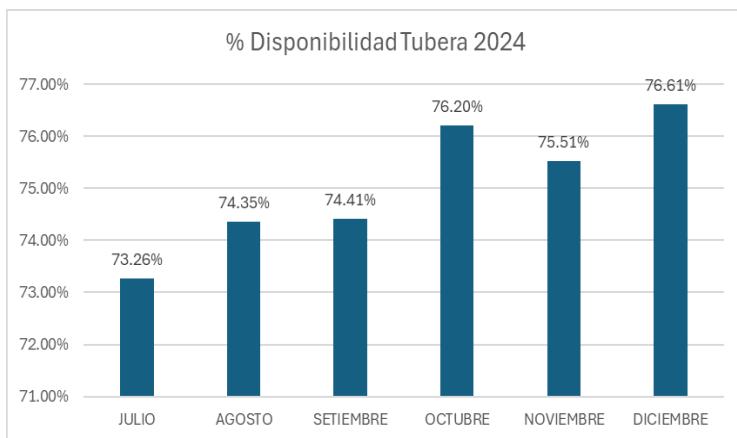
Etapa 4

Paso 7: En esta etapa, se validó si la implementación de mantenimiento autónomo tuvo un impacto positivo en la reducción de lo que se identificó en el Pareto de fallas y otras zonas de la línea de tubos que se pudo percibir que necesitaban mejoras y que la capacitación en temas esenciales de la máquina y el soporte del área de mantenimiento iba a hacer beneficioso para reducir los tiempos de paradas no programadas que afecta a la eficiencia de la línea.

En la figura 67, se muestra los resultados obtenidos en la implementación de mantenimiento autónomo en las líneas de tubos, teniendo como referencia los meses de Julio a diciembre.

Figura 67

Disponibilidad de la línea de tubos mes de Julio a diciembre



Nota: Elaboración de CAASA.

La tendencia de la disponibilidad en la línea de tubos LAF durante 2024 puede ser analizado a través del indicador OEE. Este indicador nos revela en detalle el nivel de eficiencia alcanzado y el impacto de las diferentes acciones implementadas, especialmente aquellas relacionadas con las metodologías Lean. El cálculo del indicador OEE se basará en datos de producción como el ritmo mensual de la línea, los tonelajes de tubos de segunda calidad y la disponibilidad de la línea generados durante el año 2024.

En la siguientes figuras 68 y 69, se muestra los ritmos mensuales y el tonelaje de tubos que han sido inspeccionados de la tubera LAF.

Figura 68

Ritmos mensuales del 2024 Tubera LAF

Mes	TM (TUBOS)	Horas planificadas	Resultado	Ritmo Promedio	Observaciones
Enero	1,650.00	512.48	3.22	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Febrero	1,550.00	442.64	3.50	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Marzo	1,780.00	514.88	3.46	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Abrial	1,760.00	492.40	3.57	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Mayo	1,850.00	518.48	3.57	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Junio	1,900.00	503.20	3.78	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Julio	1,950.00	537.68	3.63	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Agosto	2010.00	553.28	3.63	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Setiembre	2,065.00	536.80	3.85	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Octubre	2,100.00	567.68	3.70	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Noviembre	2,150.00	546.40	3.93	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Diciembre	2,195.00	569.68	3.85	3.60	Producción Mix LAF , GALV
Total	22,960.00	6,295.60	3.65	3.60	

Nota: Fuente Corporación Aceros Arequipa

Figura 69

Tonelajes de tubos inspeccionados del 2024 Tubera LAF

Mes	TM (TUBOS)	TM (FLEJES)	Resultado	LIMITE MÁXIMO	Observaciones
Enero	1,661.30	11.30	0.68%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Febrero	1,562.00	12.90	0.83%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Marzo	1,790.20	10.20	0.57%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Abrial	1,771.50	11.50	0.65%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Mayo	1,860.50	10.50	0.56%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Junio	1,908.50	8.50	0.45%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Julio	1,959.70	9.70	0.49%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Agosto	2018.20	8.20	0.41%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Setiembre	2,072.50	7.50	0.36%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Octubre	2,107.30	7.30	0.35%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Noviembre	2,156.70	6.70	0.31%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Diciembre	2,020.10	7.41	0.37%	1.00%	PRODUCCIÓN TUBOS LAF
Total	22,888.50	111.71	0.50%	1.00%	

Nota: Fuente Corporación Aceros Arequipa

Con la información de Disponibilidad, ritmo mensual y tonelaje de tubos inspeccionados, se procedió a calcular el OEE de cada mes del año 2024 que se mostrará en la Figura N°69. Además, se mostrarán las ecuaciones que se utiliza para su calculó.

Ecuación para el cálculo del OEE Mensual

- Cálculo de Disponibilidad

$$\text{Horas Mensual} = (\# \text{ de días trabajados}) \times (\text{horas x día})$$

$$\text{Tiempo Planificado1} = (\text{Hrs mensual}) - (\text{Hrs almuerzo y capacitación})$$

$$\text{Tiempo Planificado2} = (\text{Tiempo Planificado 1}) - (\text{Hrs Mantenimiento})$$

$$\text{Tiempo Operación} = \text{T. Planificado 2} - (\text{T. cambio de Medida y otros cambios})$$

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operación} \%}{\text{Horas Mensual}}$$

- Tasa de Rendimiento

$$\text{Producción total} = \text{Tonelaje 1º calidad} + \text{Merma}$$

$$\text{Ritmo Real} = \frac{\text{Producción Total}}{\text{Tiempo Operación}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Ritmo Real}}{\text{Ritmo Promedio}} \%$$

$$\text{Tiempo Neto Operación} = (\text{Rendimiento}) \times (\text{Tiempo de Operación})$$

- Tasa de Calidad

$$\text{Tiempo de Merma} = \frac{(\text{Producción total}) - (\text{Tonelaje de 1º Calidad})}{\text{Ritmo Real}}$$

$$\text{Tiempo de Operación Valido} = \text{T. neto de Operación} - \text{T. de Merma}$$

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Tiempo de Operación Valido}}{\text{Tiempo neto de Operación}} \%$$

- Cálculo de OEE

$$\text{OEE} = (\% \text{ Disponibilidad}) \times (\% \text{ Rendimiento}) \times (\text{Tasa de Calidad})$$

En la siguiente Figura se procede con el cálculo del OEE en todos los meses del 2024.

Figura 70

Cálculo del OEE de cada mes del 2024

OEE MENSUAL 2024												
TUBERA LAF	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Días (Calendario)	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Horas x dia	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Tiempo Calendario (Horas Mensual)	744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
Horas Paradas x Almuerzo	46.5	43.5	46.5	45	46.5	45	46.5	46.5	45	46.5	45	46.5
Horas Paradas x capacitación	15.5	14.5	15.5	15	15.5	15	15.5	15.5	15	15.5	15	15.5
Horas de Paradas x Mantenimiento Preventivo	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Hora de Paradas x Mantenimiento Correctivo	28.4	26.2	27.6	26.5	26.8	26.5	25.6	23.2	22.5	21.3	21.6	20.5
Tiempo Planificado (Tiempo Calendario - Paradas Programadas)	621.6	579.8	622.4	601.5	623.2	601.5	624.4	626.8	605.5	628.7	606.4	629.5
Horas de Paradas por Cambio de Familia	72	78	69.6	70.8	66	60	54	50.4	48	42	42	40
Horas de Paradas por Cambio De Rectificadores	36	34.8	32.7	31.9	28.5	27.36	25.34	23.24	21.78	19.75	20.7	19.5
Tiempo de Operación	513.6	467	520.1	498.8	528.7	514.14	545.06	553.16	535.72	566.95	543.7	570
% Disponibilidad	66.03%	67.10%	66.61%	66.28%	71.06%	71.41%	73.26%	74.35%	74.41%	76.20%	75.51%	76.61%
Tonelaje Producido en Libre Utilización	1650	1550	1780	1760	1850	1900	1950	2010	2065	2100	2150	2195
Ritmo Promedio	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tonelaje Producido Total (libre Utilización + merma)	1665	1555	1810	1785	1868	1912	1970	2029	2079	2112	2159	2206
Ritmo Equivalente	3.24	3.33	3.48	3.58	3.53	3.72	3.61	3.67	3.88	3.73	3.97	3.87
Rendimiento de Ritmo	0.90	0.93	0.97	0.99	0.98	1.03	1.00	1.02	1.08	1.04	1.10	1.08
Tiempo Neto Operación (T. operación- Paradas * Ritmo)	462.24	434.31	504.497	493.812	518.126	529.5642	545.06	564.2232	578.5776	589.628	598.07	615.6
Tasa de Rendimiento	60.00%	63.00%	67.00%	66.00%	68.00%	100.00%						
Tonelaje Producido de Merma	11.3	12.9	10.2	11.5	10.5	8.5	9.7	8.2	7.5	7.3	6.7	7.1
Tiempo de Merma	3.14	3.58	2.83	3.19	2.92	2.36	2.69	2.28	2.08	2.03	1.86	1.97
Tiempo de Operación Valido	459.1	430.73	501.667	490.622	515.206	527.2042	542.37	561.9432	576.4976	587.598	596.21	613.63
Tasa de Calidad	GG.32%	GG.18%	GG.44%	GG.35%	GG.44%	GG.55%	GG.51%	GG.60%	GG.64%	GG.66%	GG.66%	GG.68%
OEE	61.71%	61.8G%	67.43%	68.14%	66.25%	71.0G%	72.60%	74.05%	74.14%	75.64%	75.28%	76.37%

Nota: Elaboración Propia

El OEE nos permite entender que los meses iniciales del 2024 eran improductivos y aplicando metodologías como Lean Manufacturing sirvieron para aumentar la efectividad del proceso y tener un aumento progresivo en la mejorar la línea de producción que nos hace tener costos competitivos en el mercado

3.4.2.6 Herramienta Just inTime: Teniendo como referencia el feedback que nos dejó la implementación de Smed, se tuvo como punto de partida la programación de las familias de la línea de tubos LAF de manera que se haga de manera creciente o decreciente en función del diámetro madre, ya que cuando se realizaba la programación no se tenía en cuenta el diámetro madre, lo que causa mayores periodos de cambio como se puede ver en la figura 71.

Figura 71

Programación de familia mensual

FORMA	MEDIDA COMERCIAL	DIÁMETRO EXTERNO	DIÁMETRO MADRE	FAMILIA	Espesores
REDONDO	1 1/2"	48.3	48.3	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	1 1/2"	38.1 X 38.1	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	1x2"	25.4 X 50.8	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
RECTÁNGULO	25x50mm	25 X 50	46.88	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1 3/4"	44.45	44.45	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
CUADRADO	2"	50.8 X 50.8	63.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	50x50mm	50 X 50	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	40x60mm	40 X 60	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	2"	60.3	60.3	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1"	33.4	33.7	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1 1/4"	31.75	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	1"	25.4 X 25.4	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
RECTÁNGULO	1/2"x1 1/2"	12.7 X 38.1	31.75	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	25x25mm	25 X 25	31.25	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1 1/4"	42.2	42.2	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	1 1/4"	31.75 X 31.75	39.69	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1 1/2"	38.1	38.1	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	30x30mm	30 X 30	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
RECTÁNGULO	20x40mm	20 X 40	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	7/8"	22.225 X 22.225	27.78	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	3/4"	26.7	26.9	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1"	25.4	25.4	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1/2"	21.3	21.3	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	5/8"	15.875 X 15.875	19.84	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	2"	50.8	50.8	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	40x40mm	40 X 40	50	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	3/4"	19.05 X 19.05	23.81	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	7/8"	22.225	22.23	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	40x80mm	40 X 80	75	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	2 1/2"	73	73	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	3/4"	19.05	19.05	J	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	5/8"	15.875	15.88	E	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM

Nota: Elaboración del área de PCP de CAASA

En la figura 71, se puede visualizar que la programación de la familia no está en orden creciente o decreciente, sino que está en un orden aleatorio, debido a la necesidad del mercado. Por tal motivo, se tuvo reuniones con área de PCP y planeamiento para mejorar el programa y tener un orden en el momento de programar las familias y los beneficios que tendremos en reducir los tiempos de cambio. Para realizar un programa en orden creciente o decreciente en función al diámetro madre de las familias se tuvo que mejorar en los siguientes puntos:

- Contar con un stock de reserva optimo, con la intención de reducir los riesgos de rotura de stock de algunas familias.
- Stock de flejes con 4 días de anticipación, estos permiten tener visibilidad de la ubicación de los flejes, y no tener tiempos muertos en buscar flejes.
- Planificar de Producción Fija mensual, este punto ayuda a no modificar el programa de producción y herramiental tenga un orden en alistar los rodillos para los cambios.

Otro punto importante en el aumento la productividad de la línea de tubos fue establecer un lote mínimo para entrar a cada sección de medida y un tiempo mínimo de producción por familia, ya que ingresábamos a secciones de familia por un tonelaje menores a 20 tn, lo cual nos perjudicaba en el rendimiento y disponibilidad de la línea. Se estableció que por cada cambio de sección de medida sea por un tonelaje mínimo programado de 15 tn y el tiempo de producción de cada familia sea de un tiempo mínimo de 8 hrs, con estas 2 restricciones en el programa operativo mensual, nos facilitará en aumentar el ritmo de la línea de tubos. Además, no se debe considerar en el programa de producción el consumo de flejes en anticuamiento, ya que al presentar el fleje oxidación retrasa la calibración de los cambios de medidas, ya que la línea de tubos presenta dificultades en producir tubos de buena calidad. Después de cumplir con los siguientes

puntos mencionados anteriormente, se muestra en las figuras 71 y 72, los nuevos programas de familia, que ayudan a disminuir los tiempos de cambios.

En la figura 72, se visualiza cómo se elabora un programa de producción en orden creciente en función del diámetro Madre, comenzando con la familia K que tiene un diámetro madre de 15.88 MM y terminado con la familia N, que tiene un diámetro madre de 75 MM.

Figura 72

Programa de Familias Orden creciente de Diámetro madre

FORMA	MEDIDA COMERCIAL	DIÁMETRO EXTERNO	DIÁMETRO MADRE	FAMILIA	Espesores
REDONDO	5/8"	15.875	15.88	E	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	3/4"	19.05	19.05	J	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	5/8"	15.875 X 15.875	19.84	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1/2"	21.3	21.3	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	7/8"	22.225	22.23	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	3/4"	19.05 X 19.05	23.81	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1"	25.4	25.4	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	3/4"	26.7	26.9	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	7/8"	22.225 X 22.225	27.78	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	25x25mm	25 X 25	31.25	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1 1/4"	31.75	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	1"	25.4 X 25.4	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
RECTÁNGULO	1/2"x1 1/2"	12.7 X 38.1	31.75	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1"	33.4	33.7	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	30x30mm	30 X 30	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
RECTÁNGULO	20x40mm	20 X 40	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1 1/2"	38.1	38.1	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	1 1/4"	31.75 X 31.75	39.69	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1 1/4"	42.2	42.2	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1 3/4"	44.45	44.45	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
RECTÁNGULO	25x50mm	25 X 50	46.88	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	1 1/2"	38.1 X 38.1	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	1x2"	25.4 X 50.8	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
REDONDO	1 1/2"	48.3	48.3	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	40x40mm	40 X 40	50	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	2"	50.8	50.8	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	2"	60.3	60.3	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	50x50mm	50 X 50	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	40x60mm	40 X 60	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	2"	50.8 X 50.8	63.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	2 1/2"	73	73	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
RECTÁNGULO	40x80mm	40 X 80	75	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM

Nota: Elaboración del área de PCP de CAASA

En la figura 73, se puede apreciar cómo se elabora un esquema de producción en orden decreciente en función del diámetro Madre, comenzando con la familia I que tiene un diámetro madre de 75MM y terminado con la familia K, que tiene un diámetro madre de 15.88 MM.

Figura 73

Programa de Familias Orden decreciente de Diámetro madre

FORMA	MEDIDA COMERCIAL	DIÁMETRO EXTERNO	DIÁMETRO MADRE	FAMILIA	Espesores
RECTÁNGULO	40x80mm	40 X 80	75	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	2 1/2"	73	73	N	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	2"	50.8 X 50.8	63.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	50x50mm	50 X 50	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	40x60mm	40 X 60	62.5	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	2"	60.3	60.3	B	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	2"	50.8	50.8	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	40x40mm	40 X 40	50	I	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1 1/2"	48.3	48.3	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	1 1/2"	38.1 X 38.1	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
RECTÁNGULO	1x2"	25.4 X 50.8	47.63	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
RECTÁNGULO	25x50mm	25 X 50	46.88	A	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1 3/4"	44.45	44.45	A	0.8MM-0.9 MM -1.5 MM
REDONDO	1 1/4"	42.2	42.2	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	1 1/4"	31.75 X 31.75	39.69	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1 1/2"	38.1	38.1	K	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
CUADRADO	30x30mm	30 X 30	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
RECTÁNGULO	20x40mm	20 X 40	37.5	F	0.8 MM-0.9 mm- 1 MM-1.2 MM- 1.5 mm
REDONDO	1"	33.4	33.7	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
REDONDO	1 1/4"	31.75	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	1"	25.4 X 25.4	31.75	L	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
RECTÁNGULO	1/2"x1 1/2"	12.7 X 38.1	31.75	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	25x25mm	25 X 25	31.25	D	1 MM- 1.2MM -1.5 MM-1.8 MM -2 MM
CUADRADO	7/8"	22.225 X 22.225	27.78	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	3/4"	26.7	26.9	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1"	25.4	25.4	G	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	3/4"	19.05 X 19.05	23.81	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	7/8"	22.225	22.23	C	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	1/2"	21.3	21.3	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
CUADRADO	5/8"	15.875 X 15.875	19.84	H	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	3/4"	19.05	19.05	J	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM
REDONDO	5/8"	15.875	15.88	E	0.8MM-0.9 MM -1.2MM-1.5 MM

Nota: Elaboración del área de PCP de CAASA

Los nuevos esquemas de programa de familia que envía el área de PCP a producción nos facilitan en la disminución de los tiempos de set up. Además, con la implementación de la herramienta smed se pudo disminuir los tiempos de set up en un 45%, como se puede apreciar en la figura tabla 14.

Tabla 14*Tiempo promedio de cambio segundo semestre del año 2024*

Tiempo de Cambio	Horas
Julio	4.5
Agosto	4.2
Septiembre	4
Octubre	3.5
Noviembre	3.5
Diciembre	3.3

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa

3.4.2.7 Indicadores de Gestión: Se cuenta con indicadores que miden el desempeño mensual que tiene la línea de tubos en los siguientes parámetros (Ritmos, rendimiento metálico, tiempo de cambios, OEE, etc). La evaluación de cada parámetro se realiza mensualmente y se observa que el desarrollo de herramientas lean, nos beneficia en disminuir los tiempos de cambio de familia, Además, nos ayudó a incrementar los indicadores de otros parámetros. En la tabla 15, se adjunta los indicadores que tuvieron un aumento posterior al desarrollo de herramientas de Lean Manufacturing.

Tabla 15*Indicadores beneficiados con la implementación de Herramientas Lean*

Indicador	Cálculo
Promedio. Tiempo de cambio	$\frac{\sum \text{TIEMPO DE CAMBIO MENSUAL}}{\# \text{ DE CAMBIO DE FAMILIA}}$
Ritmo de Producción	$\frac{\sum \text{TONELAJE MENSUAL}}{\sum \text{HORAS EFECTIVAS}}$
Cumplimiento del Programa de Producción	$\frac{\sum \text{SKU'S PRODUCIDOS}}{\sum \text{SKU'S PROGRAMADOS}}$
Rendimiento Metálico	$\frac{\sum \text{TONELAJE DE TUBOS}}{\sum \text{TONELAJE DE FLEJES}}$
Disponibilidad	$\frac{\sum \text{TIEMPO OPERATIVO NETO}}{\sum \text{TIEMPO DISPONIBLE}}$
OEE	$(\% \text{DISPONIBILIDAD}) \times (\% \text{ RENDIMIENTO}) \times (\% \text{ CALIDAD})$

Nota: Elaboración de CAASA

3.4.3 Análisis e interpretación de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución

Para realizar el análisis e interpretación de los datos alcanzados de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, para reducir los tiempos de cambios de medida, se aplicó análisis estadísticos, para corroborar que las actividades lean realizadas cumplieron con la disminución en los tiempos de set up, para ello se utilizó 3 modelos estadísticos (Prueba de normalidad, estadística descriptiva y T student).

Prueba de Normalidad: Esta prueba se realizó para determinar si mis datos en etapas anterior y posterior al desarrollo de las técnicas de Lean Manufacturing tiene una distribución normal, para ello hay 2 métodos (Shapiro – wilk cuando la muestra es menor a 50 ($n \leq 50$) y la Kolmogorov – Smirnov cuando la muestra ($n > 50$)). Como nuestra muestra son 6 meses usaremos el método de Shapiro Wilk. (luzuriaga et al, 2023)

Planteo de la hipótesis

H0: Hipótesis Nula – Los datos se ajustan a una curva normal

H1: Hipótesis Alterna – Los datos no se ajustan a una curva normal

Nivel de Significancia: (Confianza 95 % y significancia (alfa) 5%)

Los datos derivados del análisis de normalidad que se realizó con el software SPSS que se muestra en la figura 74.

Figura 74

Prueba de normalidad utilizando el software SPSS

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antes	.180	6	.200*	.978	6	.940
Despues	.365	6	.012	.811	6	.074

Nota: Elaboración de propia utilizando el software estadístico SPSS

En la figura 74, se puede notar que el valor de significancia antes y después de la aplicación de herramientas de Lean, es de 0.94 y 0.074, si hay valores que son superiores a 0.05, se acepta la hipótesis nula, la cual nos indica que los datos tienen una curva normal. Con la información obtenida de la prueba de normalidad, vamos a utilizar la estadística descriptiva y la prueba de t de student para validar que la aplicación de herramientas lean favorece en la disminución de los tiempos de cambios.

Estadística Descriptiva

Se realizó una comparación estadística descriptiva con los datos de la duración de los tiempos de cambios (Antes y Despues de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing), para ello se tuvo en cuente la media (promedio de los datos), la desviación estándar (que nos indica la dispersión de los valores respecto a la media) y la varianza (que nos indica lo aleatorio que son los datos respecto a la media). Dicha información es crucial para validar los resultados positivos de implementar herramientas lean. (González González, 2009)

En la figura 75, se muestra una comparación de media, desviación estándar y varianza antes y posterior de la implementación de herramientas lean.

Figura 75

Comparación Descriptiva antes y después de implementar lean en los tiempos de cambio

Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desv. estándar	Varianza
Antes	6	5.78	.504	.254
Despues	6	3.75	.481	.231
N válido (por lista)	6			

Nota: Elaboración de propia utilizando el software estadístico SPSS

Los cálculos estadísticos nos brindan una disminución en el tiempo promedio de cambio, disminuyendo de 5.78 horas a 3.75 horas, lo que representa una mejora de 2.03 horas por cambio. Además, se manifiesta que después de implementar herramientas lean se redujo la dispersión y variabilidad de los datos.

Se realizará una contrastación de hipótesis, debido a que ya contamos con la prueba de normalidad y análisis estadísticos. Esto nos sirve para comprobar si una hipótesis es compatible con los datos de una muestra. Además, como antes y después de implementar las herramientas lean, los datos fueron medidos con los mismos trabajadores y la misma línea de producción se infiere que son muestras emparejadas

Contrastación de Hipótesis

Con este procedimiento se busca deducir que las muestras tienen una validez. Se muestran las siguientes hipótesis.

H0: Si se implementa herramientas de Lean Manufacturing, entonces no se reduce el tiempo de cambios de medida.

H1: Si se implementa herramientas de Lean Manufacturing, entonces si se reduce el tiempo de cambios de medida.

Planteamiento

H0: $ux \leq uy$

H1: $ux > uy$

Regla:

- Si t es negativo, aceptamos la H0
- Si t es positivo, dividimos la significación (p) entre dos y si este valor es $p < 0.05$, rechazamos H0.
- P-valor o nivel crítico

En la figura 76. Se aplica la T student dado que los valores tienen una distribución normal, generando los resultados mostrados.

Figura 76

Prueba de T student

Prueba de muestras emparejadas									
	Diferencias emparejadas		95% de intervalo de confianza de la diferencia				Significación		
	Media	Desv. estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	P de un factor	P de dos factores
Par 1 Antes - Despues	2.033	.367	.150	1.648	2.418	13.572	5	<.001	<.001

Con la información mostrada en la figura 76, aplicando la prueba paramétrica T de student, el T es positivo, y el valor de p es menor a 0.05, se descarta la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa(h1), con lo cual, el desarrollo de herramientas de lean manufacturing beneficia a reducir los tiempos de cambio.

3.4.4 Evaluación y Decisiones tomadas

En la figura 76. Se puede validar mediante pruebas estadística que la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, ayudo a disminuir sustancialmente los periodos de cambios de formato, con ello solucionamos muchos problemas que afectaban la productividad de la línea de tubo, mejorando en los siguientes puntos.

- Incremento de los tonelajes producido mensual de la línea.
- Cumplimiento del programa de producción
- Reducción de las horas-hombres.
- Minimización de desperdicios
- Reducción de los defectos
- Desarrollo de habilidades del personal

Cada herramienta de lean manufacturing condujo a beneficios en la productividad en la línea de tubo.

- 5S's: Contribuyo en mejorar el orden y higiene en el área de producción, lo que se tradujo a reducir los tiempos de búsquedas de herramientas y materiales.
- SMED: Contribuyo en convertir las actividades internas en externas, y luego optimizar ambas actividades, lo que conllevo a tener mejores periodos en los cambios de medida.
- MANTENIMIENTO AUTONOMO: Involucró a todos los operarios a conocer más de la máquina de tubos, así como el proceso de fabricación. Fomentando la mejora continua, ya que los operadores están permanentemente indagando formas de mejorar sus procesos. Además de reducir los tiempos de parada, ya que los operadores detectaban y corregían pequeñas fallas a tiempo.

- JUST IN TIME: Contribuyo a mejorar los programas de producción, realizando secuencias que beneficiaran los tiempos de cambios, programando lotes mínimos por familia e . Así como también en la reducción de los inventarios de flejes.

3.4.5 Informes presentados como resultado de la actividad realizada

Se realizaron múltiples instructivos y formatos sobre herramientas de Lean Manufacturing, que nos sirvió para reforzar lo enseñado en las capacitaciones y que sea un soporte para supervisar que el personal operativo, cumpla el desarrollo de técnicas lean manufacturing e informando el estado del fleje, lo cual benefician la productividad de la línea de tubos.

Figura 77

Lista de actividades de 5S's

Se deberán sombrear los días que se ejecutarán las actividades según lo planificado en el formato.

as Actividades serán revisadas por el líder del equipo (Supervisor).

El conservador asignado será el responsable de ejecutar la actividad.

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 78

Inventario e Inspección de control y manejo materiales peligroso

		INVENTARIO E INSPECCIÓN DE CONTROL Y MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS				CÓDIGO: SE-SI-FO-003 VERSIÓN: 00											
CONSULTORA:	Industry & Logistics Management	ZONA:	NAVE 4		AREA:	ARMARIO PINTURAS PRODUCCIÓN											
UNIDAD DE NEGOCIO:	CAASA	FRECUENCIA:	MENSUAL		FECHA:												
CÓDIGOS DE DESVIACIÓN																	
Aspectos Generales																	
1	Materiales no se encuentran adecuadamente identificados y señalizados(rotulados)	6	Zona de almacenamiento no está correctamente ventilada sea por ventilación natural o forzada.	11	El área según el MATPEL no cuenta con fuentes lavaojos o duchas de emergencias próximos a las zonas donde es realizable la proyección de líquidos												
2	Los MatPel se almacenan sin separarlos según sus propiedades y discrepancias	7	El área destinada al almacenamiento no asegura una contención efectiva en situaciones de posibles fugas o derrames de materiales peligrosos.	12	El área según el MATPEL no cuenta con procedimientos especiales para su manipulación y transferencia.												
3	Los envases de almacenamiento no ofrecen suficiente resistencia física o química.	8	No se cuenta con las Hojas de Seguridad de los Productos Químicos (MSDS) en la zona de almacenamiento.	13	El área según el MATPEL no dispone de un Protocolo particular de contingencia y atención a emergencias												
4	Los envases de almacenamiento no se encuentran sobre bandeja antiderrame	9	Las Hojas de Seguridad (MSDS) tienen una vigencia, revisión o actualización mayor a 5 años.	14	Otro:												
5	No se dispone y usan equipos de protección personal en la ejecución de actividades con MATPEL	10	Personal no está capacitado para la respuesta de emergencia	15													
INVENTARIO E INSPECCIÓN																	
NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE QUÍMICO	PRINCIPALES COMPONENTES	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	CLASIFICACIÓN SEGÚN NFPA 704	UBICACIÓN/ CANTIDAD	*CONDICIÓN	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EJECUCIÓN								
Gloss Poliuretano Catalizado X3	Gloss Poliuretano Catalizado X3	Xileno, solvente 100 ,Resina	Residuos peligrosos	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>INFLAMABILIDAD</td><td>2</td></tr> <tr><td>REACTIVIDAD</td><td>0</td></tr> <tr><td>SALUD</td><td>2</td></tr> <tr><td>RIESGO ESPECÍFICO</td><td></td></tr> </table>	INFLAMABILIDAD	2	REACTIVIDAD	0	SALUD	2	RIESGO ESPECÍFICO		Armario				
INFLAMABILIDAD	2																
REACTIVIDAD	0																
SALUD	2																
RIESGO ESPECÍFICO																	
Baze zincromato epoxico	Baze zincromato epoxico	Xileno, carbonato de calcio, resina epóxica, pigmentos y aditivos	Residuos peligrosos	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>INFLAMABILIDAD</td><td>2</td></tr> <tr><td>REACTIVIDAD</td><td>0</td></tr> <tr><td>SALUD</td><td>2</td></tr> <tr><td>RIESGO ESPECÍFICO</td><td></td></tr> </table>	INFLAMABILIDAD	2	REACTIVIDAD	0	SALUD	2	RIESGO ESPECÍFICO		Armario				
INFLAMABILIDAD	2																
REACTIVIDAD	0																
SALUD	2																
RIESGO ESPECÍFICO																	
Maestro Thinner acrílico	Maestro Thinner acrílico	Metanol, hal, acetato de butilo, acetato de metilo	Residuos peligrosos	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>INFLAMABILIDAD</td><td>3</td></tr> <tr><td>REACTIVIDAD</td><td>0</td></tr> <tr><td>SALUD</td><td>2</td></tr> <tr><td>RIESGO ESPECÍFICO</td><td></td></tr> </table>	INFLAMABILIDAD	3	REACTIVIDAD	0	SALUD	2	RIESGO ESPECÍFICO		Armario				
INFLAMABILIDAD	3																
REACTIVIDAD	0																
SALUD	2																
RIESGO ESPECÍFICO																	
Esmalte sintético maestro	Esmalte sintético maestro	Resina Alquídica, pigmento o aditivos	Residuos peligrosos	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>INFLAMABILIDAD</td><td>2</td></tr> <tr><td>REACTIVIDAD</td><td>0</td></tr> <tr><td>SALUD</td><td>2</td></tr> <tr><td>RIESGO ESPECÍFICO</td><td></td></tr> </table>	INFLAMABILIDAD	2	REACTIVIDAD	0	SALUD	2	RIESGO ESPECÍFICO		Armario				
INFLAMABILIDAD	2																
REACTIVIDAD	0																
SALUD	2																
RIESGO ESPECÍFICO																	
Esmalte epóxico titanico	Esmalte epóxico titanico	Xileno, resina epóxica, pigmentos, carbonato de calcio y pigmentos.	Residuos peligrosos	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>INFLAMABILIDAD</td><td>2</td></tr> <tr><td>REACTIVIDAD</td><td>0</td></tr> <tr><td>SALUD</td><td>2</td></tr> <tr><td>RIESGO ESPECÍFICO</td><td></td></tr> </table>	INFLAMABILIDAD	2	REACTIVIDAD	0	SALUD	2	RIESGO ESPECÍFICO		Armario				
INFLAMABILIDAD	2																
REACTIVIDAD	0																
SALUD	2																
RIESGO ESPECÍFICO																	
<small>*CONDICIÓN: Bueno =B / Malo= M+ Código de desviación.</small>																	
REALIZADO POR:				REVISADO POR:													
FIRMA:				FIRMA:													

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 79

Auditoria de 5S's

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 80

Ficha de estándar visual

 Ficha de Estandar Visual		CÓDIGO: GC-MC-FI-009 VERSIÓN: 00				
FICHA DE ESTÁNDAR VISUAL Descripción: Forma abr donde se registrarán las fotografías de la zona con el control visual. Aplicación: Fase de Estandarización 4S.		Sede:	Sección:	Zona:	Supervisor:	Delegado
		Cajamarquilla	Producción	Mantenimiento	Hurbo Marin Ronnie	Villavicencio Fidel
Sub Zona: Conservador: Puesto: Código:		PRODUCCIÓN LEONARDO DAVIRAN LÍDER DE PRODUCCIÓN GC-MC-FI-009				
 		DESCRIPCIÓN: 1. Mesa de trabajo limpia y ordenada, en la parte inferior encontrándose los elementos a usar en el trabajo diario. 2. La zona de caretas debidamente identificada y los cascos colocados de forma correcta.				
 		DESCRIPCIÓN: 1. La máquina rozadora y tornillo de banco debidamente señalizados con sus nombres y señaléticas de riesgo. 2. Maquina enrolladora debidamente señalizada con sus respectivas señaléticas de riesgo.				

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 81

Programa anual de capacitación y entrenamiento

 PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO		CÓDIGO: SE-SI-FI-003 VERSIÓN: 00																																																																				
EMPRESA:	CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA SA			DEPARTAMENTO ÁREA/SOLICIÓN:	LÍNEA DE TUBOS			Jefe de Área:																																																														
UNIDAD DE NEGOCIO:	SIDERÚGICA			FRECUENCIA:	BIMESTRAL			Supervisor de Turno:																																																														
Sede:	CAJAMARQUILLA			FECHA:				Líder de Turno:																																																														
TEMAS	PERIODIDAD	ESTATUS	AVANCE	DURACIÓN POR SESIÓN (HORAS)	TOTAL DE HORAS	E	F	M	A	M	J	I	A	S	O	N	D	PUESTOS ALCOCADOS	RESPONSABLES																																																			
Procedimiento de cambio de medida	BIMESTRAL	P	1	2														Todos los Puestos	Supervisor de Producción - Tuberías																																																			
Alredo Cambio																																																																						
Procedimiento de cambio de medida	BIMESTRAL	P	1	2														Todos los Puestos	Supervisor de Producción - Tuberías																																																			
Cambio Completo																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ENE</th> <th>FEB</th> <th>MAR</th> <th>ABR</th> <th>MAY</th> <th>JUN</th> <th>JUL</th> <th>AGO</th> <th>SET</th> <th>OCT</th> <th>NOV</th> <th>DIC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROGRAMADAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>EJECUTADAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% COMPLIMIENTO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROGRAMADAS						2	2	2					EJECUTADAS						2	2	2					% COMPLIMIENTO						100%	100%	100%				
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC																																																										
PROGRAMADAS						2	2	2																																																														
EJECUTADAS						2	2	2																																																														
% COMPLIMIENTO						100%	100%	100%																																																														
LEYENDA PROGRAMADO:  EJECUTADO:  PENDIENTE:  REPROGRAMADO: 																																																																						

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 82

Tablero de control smed



Nota: Elaborado por CAASA

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPLICANCIAS

4.1 Contribuciones al desarrollo de la empresa

En el periodo de trabajo que he venido realizando, se ha podido mejorar en puntos relevantes, tanto en el programa de producción, como en los procesos productivos, con el objetivo de disminuir los tiempos muertos y incrementar la productividad de la línea de tubos, aplicando herramientas de lean manufacturing, que es el tema que se centra esta tesis, y que genera muchos beneficios en la empresa y en el personal de producción.

- Se contribuyó en el aumento de la productividad, aplicando herramientas lean, se redujo significativamente los procesos improductivos y se mejoró el ritmo de la línea de producción.
- Se contribuyó en la reducción de costos de producción, teniendo un programa con una secuencia adecuada, que beneficia en la disminución de los tiempos de set up.
- Se redujo el inventario de productos en procesos, con la ayuda de la filosofía Just in time, se produjo flejes según la secuencia del programa de producción. Con la finalidad de no generar sobreproducción de productos en procesos.

4.2 Impacto de la propuesta

4.2.1 Impacto Económico

Se realizó un análisis económico de las ventajas que conllevó la reducción de los tiempos de cambios, debido al desarrollo de herramientas de lean manufacturing en la línea de tubos y cuál es el resultado del costo x tiempo de cambio de las horas hombres. Para este análisis se comparó los meses de inicios del 2024 y los meses posteriores de la implementación de las herramientas lean.

En las tablas 16 y 17 se mostrarán las capacidades que tiene la línea de tubo previo y posterior del desarrollo de herramientas de lean.

Tabla 16

Capacidad de la planta en el primer semestre del año 2024

CAPACIDAD DE PLANTA	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24	May 24	Jun 24
# de Familia	12	12	12	12	12	12
dias x mes	31	29	31	30	31	30
horas total mes	744	696	744	720	744	720
Horas de Paradas x Almuerzo y Capacitación	62	58	62	60	62	60
mtto. Preventivo (hrs)	32	32	32	32	32	32
Mo. Correctivo (hrs)	28.4	26.2	27.6	26.5	26.8	26.5
horas por c/medida	72	78	69.6	70.8	66	60
otras h. programadas (c/discos, c/inserto, C/filtro, C emulsión)	36	34.8	32.7	31.9	28.5	27.36
Horas disponibles	513.6	467	520.1	498.8	528.7	514.14
Ritmo de producción (TN/h)	3.22	3.34	3.45	3.57	3.56	3.77
CAPACIDAD DE PLANTA (TN)	1650	1555	1780	1760	1850	1900

Nota: Elaboración propia

Tabla 17

Capacidad de la planta en el segundo semestre del año 2024

CAPACIDAD DE PLANTA	Jul -24	Agos -24	Sep -24	Oct-24	Nov-24	Dic-24
# de Familia	12	12	12	12	12	12
dias x mes	31	31	30	31	30	31
horas total mes	744	744	720	744	720	744
Horas de Paradas x Almuerzo y Capacitación	62	60	62	62	60	62
mtto. Preventivo (hrs)	32	32	32	32	32	32
Mto. Correctivo (hrs)	25.6	23.2	22.5	21.3	21.6	20.5
horas por c/medida	54	50.4	48	42	42	40
otras h. programadas (c/discos, c/inserto, C/filtro, C emulsión)	25.34	23.24	21.78	19.75	20.7	19.5
Horas disponibles	545.06	553.16	535.72	566.95	543.7	570
Ritmo de producción (TN/h)	3.63	3.63	3.85	3.70	3.93	3.85
CAPACIDAD DE PLANTA (TN)	1950	2010	2065	2100	2150	2195

Nota: Elaborado propia

Con la información de la capacidad de la línea de tubos LAF durante todos los meses del 2024, hemos calculado los costos por hora trabajada durante los cambios de producción y otros motivos de parada de línea y su porcentaje en costo con respecto a las horas planificadas. Esta información es de gran utilidad, para comparar como ha variado los tiempos de cambio y otras paradas de línea antes y después de la implementación de herramientas de lean manufacturing. En la tabla 18 se muestra los costos de horas hombres antes de implementar herramientas lean y como ha ido evolucionando progresivamente conforme se iba implementando las herramientas en la línea de tubos y en la tabla 19, se visualiza en los últimos meses del año 2024 los beneficios que con llevo la aplicación de las herramientas lean y el ahorro económico que trajo la implementación. Estos ahorros nos reducen el costo de producción y nos hace más estratégicos en el mercado de tubos. A continuación, se muestra la ecuación que se hizo para los datos de la tabla 18 y 19.

- Ecuación del Porcentaje de Costo de Horas-Hombre de Cambio de Medida

$$\text{Costo x Hr de Cambio de Medida} = (\text{Costo hr} - \text{hombre})x(T. de cambio de Medida)$$

$$\text{Costo x Hr de Otros cambios} = (\text{Costo hr} - \text{hombre})x(T. de otros cambios)$$

$$\text{Costo x Hr Planificadas} = (\text{Costo hr} - \text{hombre})x(T. Hrs Disponible)$$

$$\% \text{Costo x Hr de cambio Total} = \frac{(\text{Costo x cambio de medida}) + (\text{Costo x otros cambios})}{\text{Costo x hrs Planificadas}}$$

Con la ecuación descrita, se calcularon la información de la tabla 18 y 19, podemos ver como los costos de medida se reducen progresivamente pasando de un \$1872 a inicios del año 2024 y terminando el año 2024 con un costo de \$1120. Lo que contrajo una reducción en 10%. Además, los costos de otras paradas (cambio de inserto, disco, etc), se redujo de un \$ 936 iniciando el año a un \$546. Ambos parámetros fueron beneficiados por el desarrollo de las herramientas lean.

Tabla 18

Costo por horas hombre en los tiempos de cambios y otras paradas de la línea en el primer semestre del 2024

Descripción de paradas	Costos x horas hombre					
	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24	May - 24	Jun - 24
Meses						
Costo x hora	\$26	\$27	\$27	\$28	\$27	\$27
Costo x horas por cambio de Medida	\$1872	\$2106	\$1879.2	\$1982.4	\$1782	\$1620
Costo otras h. programadas (c/discos, c/inserto, C/filtro, etc)	\$936	\$939.6	\$882.9	\$893.2	\$769.5	\$738.72
Costo x hora Planificada	\$13,353.6	\$12609	\$14042.7	\$13966.4	\$14274.9	\$13881.78
% (costo de paradas de producción) /costo de hrs planificadas	21.03%	24.15%	19.67%	20.58%	17.87%	16.99%

Nota: Elaborado propia

Tabla 19

Costo por horas hombre en los tiempos de cambios y otras paradas de producción después de la implementación de herramientas de lean Manufacturing

Descripción de paradas	Costos x horas hombre					
	Jul-24	Agos-24	Sep-24	Oct-24	Nov - 24	Dic - 24
Meses						
Costo x hr	\$27	\$28	\$28	\$27	\$27	\$28
Costo x horas por cambio de Medida	\$1,458	\$1,411.2	\$1,344	\$1,134	\$1,134	\$1,120
Costo otras h. programadas (c/discos, c/inserto, C/filtro, C emulsión)	\$684.18	\$650.72	\$609.84	\$533.25	\$558.9	\$546
Costo x hora Planificada	\$14716.62	\$15488.48	\$15000.16	\$15307.65	\$14,679.9	\$15960
% (paradas x cambio y otras programadas) /Total	14.46%	13.31%	13.03%	10.9%	11.53%	10.44%

Nota: Elaborado propia

Se realizó una comparación de los costos de las horas hombres que tomaba el cambio de familia en los meses previos del desarrollo de herramientas Lean, con los meses posteriores de la implementación de herramientas Lean, con la finalidad de saber con exactitud cuanto era el ahorro en la implementación, lo cual se detalla en la tabla 20. Para hallar el costo de horas hombre en cambio de familia. Se realizó un promedio de los 4 primeros meses del año 2024, que eran los meses donde no se implementaba herramientas lean, con los 4 meses del año 2024, donde ya se implementó herramientas lean en la línea de tubos, dichos datos se tenían en las tablas 18 y 19. El resultado fue un ahorro de 830 dólares en solo los costos de horas hombre que con llevaba el cambio de familia, este resultado se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Comparación de los costos de horas hombre de previo y posterior de implementar las herramientas de lean Manufacturing.

MES	IMPACTO ECONOMICO	
	HORAS TOTALES DE SET UP	COSTOS DE SET UP
Enero	72	\$1872
Febrero	78	\$2106
Marzo	69.6	\$1879.2
Abril	70.8	\$1982.4
Mayo	66	\$1782
Junio	60	\$1620
Julio	54	\$1,458
Agosto	50.4	\$1,411.2
Septiembre	48	\$1,344
Octubre	42	\$1,134
Noviembre	42	\$1,134
Diciembre	40	\$1,120
Prom. de costo horas hombre x cambio de familia mensual antes de la implementación		\$1959.9
Prom. de costo horas hombre x cambio de familia mensual después de la implementación		\$1,129.33
Ahorro		\$830.57

Nota: Elaboración Propia

En las figuras N°83 al 85, se muestran los costos de transformación, que es el costo que evalúa la empresa CAASA al área de producción y es donde se muestran si el desarrollo de las herramientas de Lean Manufacturing, El objetivo es determinar si estas prácticas han generado una disminución sustancial en los costos de operación , lo cual se interpreta en una mayor rentabilidad y una posición más sólida en el competitivo mercado de tubos de acero. Los costos de transformación se ha divido en cuatrimestres. Siendo la figura N° 83, los primeros cuatro meses del año, la figura N°84 del mes de Mayo a Agosto y la figura N°85 los 4 meses restantes del año.

Figura 83

Costos de transformación de enero a abril

OPERACIÓN	UMB	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
		Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn
PRODUCTO ENTREGADO																	
Producto Entregado	T	1,650	836	1,379,464	836.0	1,550	835	1,294,891	835.4	1,780	835	1,485,446	834.8	1,760	834	1,467,332	833.7
MATERIA PRIMA DIRECTA																	
Fleje fabricado	T	1,687	758	1,279,038	775.174	1,583	758	1,199,860	774.103	1,820	760	1,383,072	777.007	1,796	761	1,367,500	776.989
Materiales Varios	UND	5,453	0.04	216	0.131	5,324	0.04	203	0.131	5,683	0.04	241	0.437	5,622	0.05	263	0.149
Zuncho metalico	T	1.20	1,958.33	2,350.00	1.42	1.12	1,817.86	2,036.00	1.31	1.28	1,982.81	2,538.00	1.43	1.17	1,835.04	2,147.00	1.22
MANO DE OBRA DIRECTA																	
Mano de Obra	HRA	744	26	19,530	11.8	672	27	18,360	11.8	744	27	20,125	11.3	720	28	19,832	11.3
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN																	
Depreciacion	HRA	744	14	10,490	6	672	16	10,490	7	744	14	10,490	6	720	15	10,490	6
Suministros	HRA	744	30	22,378	14	672	31	20,875	13	744	31	23,428	13	720	34	24,685	14
Gastos de Fabricacion	HRA	744	23	17,062	10	672	24	16,350	11	744	23	17,062	10	720	24	16,953	10
Mantenimiento	HRA	744	27	20,335	12	672	28	18,863	12	744	27	20,345	11	720	24	17,367	10
Servicios de Electricidad	KWH	2	3,998	8,065	5	3	2,454	7,854	5	1	6,765	8,145	5	1	5,407	8,095	5
CREDITO DE CHATARRA																	
CHATARRA	T	-37	228	-8,456	-5.0	-33	244	-8,124	-5.0	-40	224	-8,974	-5.0	-36	254	-9,126	-5.2
RENDIMIENTO																	
Producto Entregado	T	1,650	775			1,550	774			1,780	777			1,760	777		
Producto Consumido	T	1,687	758	1,278,949	17	1,583	758	1,199,860	16	1,820	760	1,383,072	17	1,796	761	1,367,500	16
Costo de Transformación																	
Rendimiento		72.88				72.53				69.87				67.08			
		97.81%				97.90%				97.80%				98.00%			

Nota: Elaborado por CAASA.

Figura 84

Costo de transformación de mayo a agosto

		Mayo				Junio				Julio				Agosto			
OPERACIÓN	UMB	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn
PRODUCTO ENTREGADO																	
Producto Entregado	T	1,850	833	1,541,190	833.1	1,900	831	1,578,918	831.0	1,950	833	1,623,596	832.6	2,010	832	1,671,626	831.7
MATERIA PRIMA DIRECTA																	
Fleje fabricado	T	1,888	761	1,436,440	776.454	1,938	761	1,474,416	776.008	1,988	763	1,516,177	777.527	2,047	764	1,564,396	778.307
Materiales Varios	UND	5,817	0.05	286	0.154	5,873	0.05	297	0.156	5,913	19.26	307	0.157	5,933	0.05	313	0.156
Zuncho metalico	T	1.33	1,863.16	2,478.00	1.34	1.23	1,795.93	2,209.00	1.16	1.39	1,792.81	2,492.00	1.28	1.42	1,788.03	2,539.00	1.26
MANO DE OBRA DIRECTA																	
Mano de Obra	HRA	744	27	19,989	10.8	720	27	19,325	10.2	744	27	19,740	10.1	744	28	19,843	9.9
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN																	
Depreciacion	HRA	744	14	10,490	6	720	15	10,490	6	744	14	10,490	5	744	14	10,490	5
Suministros	HRA	744	34	25,310	14	720	36	26,225	14	744	36	26,985	14	744	37	27,568	14
Gastos de Fabricacion	HRA	744	24	17,857	10	720	25	18,234	10	744	26	18,983	10	744	26	19,576	10
Mantenimiento	HRA	744	27	20,125	11	720	27	19,587	10	744	27	20,169	10	744	25	18,632	9
Servicios de Electricidad	KWH	16	504	8,215	4	2	4,200	8,135	4	4	2,334	8,252	4	4	1,961	8,269	4
CREDITO DE CHATARRA																	
CHATARRA	T	-38	250	-9,456	-5.1	-38	256	-9,673	-5.1	-38	260	-9,823	-5.0	-37	268	-9,877	-4.9
RENDIMIENTO																	
Producto Entregado	T	1,850	776			1,900	776			1,950	778			2,010	778		
Producto Consumido	T	1,888	761	1,436,440	16	1,938	761	1,474,416	15	1,988	763	1,516,177	15	2,047	764	1,564,396	14
Costo de Transformación						67.04				65.04				64.82			
Rendimiento						98.00%				98.05%				98.10%			

Nota: Elaborado por CAASA

Figura 85

Costo de transformación de septiembre a diciembre

OPERACIÓN	UMB	Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn	Cantidad	Costo Unit.	Costo Real USD	Costo Unit x Tn
PRODUCTO ENTREGADO																	
Producto Entregado	T	2,065	832	1,717,367	831.7	2,100	831	1,744,610	830.8	2,150	830	1,784,832	830.2	2,195	831	1,824,132	831.0
MATERIA PRIMA DIRECTA																	
Fleje fabricado	T	2,101	767	1,610,778	780.038	2,134	767	1,636,329	779.204	2,184	768	1,677,592	780.275	2,230	770	1,716,760	782.123
Materiales Varios	UND	6,043	0.05	326	0.158	6,087	0.06	337	0.160	6,142	0.06	342	0.159	6,193	0.06	351	0.160
Zuncho metalico	T	1.37	1,714.60	2,349.00	1.14	1.46	1,790.41	2,614.00	1.24	1.43	1,872.73	2,678.00	1.25	1.47	1,876.87	2,759.00	1.26
MANO DE OBRA DIRECTA																	
Mano de Obra	HRA	720	28	19,942	9.7	744	27	20,352	9.7	720	27	19,457	9.0	744	28	19,357	8.8
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN																	
Depreciacion	HRA	720	15	10,490	5	744	14	10,490	5	720	15	10,490	5	744	14	10,490	5
Suministros	HRA	720	39	28,326	14	744	39	29,123	14	720	42	29,896	14	744	41	30,512	14
Gastos de Fabricacion	HRA	720	27	19,139	9	744	27	19,860	9	720	26	18,734	9	744	26	19,368	9
Mantenimiento	HRA	720	25	17,895	9	744	23	17,324	8	720	24	17,589	8	744	22	16,329	7
Servicios de Electricidad	KWH	2	3,503	8,121	4	3	2,727	8,180	4	3	2,685	8,054	4	2	3,338	8,206	4
CREDITO DE CHATARRA																	
CHATARRA	T	-36	278	-9,927	-4.8	-34	293	-9,991	-4.8	-34	296	-10,057	-4.7	-35	292	-10,082	-4.6
RENDIMIENTO																	
Producto Entregado	T	2,065	780	2,100	779	2,150	780	2,195	782	2,101	767	1,610,778	13	2,134	767	1,636,329	12
Producto Consumido	T	2,101	767	1,610,778	13	2,134	767	1,636,329	12	2,184	768	1,677,592	12	2,230	770	1,716,760	12
Costo de Transformación																	
Rendimiento				60.07				59.27				57.35			56.45		
				98.30%				98.40%				98.44%			98.45%		

Nota: Elaboración Propia

En las tablas mostradas líneas arriba, se puede evidenciar que hay una reducción en los costos de transformación en un 15\$/tn, debido a que las herramientas lean no solo favoreció en la reducción de los costos de horas hombres, y otras paradas en la línea. Además, a causa de contar con tiempos de cambio más rápidos, se pudo producir mayor tonelaje por mes, lo cual favoreció en los costos de transformación y en llegar a cubrir el plan de ventas.

4.2.2 Impacto Tecnológico

La implementación de herramientas Lean generó mejoras significativas en el ámbito tecnológico, optimizando procesos. Los avances en tecnología se detallan a continuación.

- Se capacito al personal operativo en generar avisos por el ERP SAP, cuando era necesario la intervención del personal de mantenimiento, con la finalidad de tener registrado los tipos de paradas de la línea de tubos, el costo de la intervención del mantenimiento y hacer mejoras en las paradas más reiteradas.
- La estandarización y automatización de tareas repetitivas y manuales, impulsado por la creación de métodos de trabajo adaptados a los procesos, ha minimizado las cargas laborales innecesarias. En consecuencia, se ha observado un incremento en la eficiencia, agilizando los tiempos de respuesta y la toma de decisión del personal.
- Se implementó un sistema de check lists digitalizados a través de una aplicación móvil, permitiendo a supervisores, líderes y jefes de planta monitorear en tiempo real el estado de la producción de tubos e identificar incidentes durante los cambios de familia o la fabricación. Esta herramienta genera reportes automáticos que facilitan la mejora continua del proceso.

4.2.3 Impacto Ambiental

La implementación del enfoque Lean incorpora la responsabilidad ambiental como un pilar fundamental en los procesos productivos. Esto implicó la adopción de normas de conducta para el uso consciente de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, buscando minimizar el impacto ambiental y promover la mejora progresiva en la administración de recursos. Por ejemplo, en las herramientas Lean como TPM y 5S's en la línea de tubos, está reduciendo el impacto ambiental Significativamente. Esto se está logrando a través del uso correcto de los recursos, la prevención de paradas de la línea por fallas y la gestión eficiente de los residuos, esto con lleva a la identificación y la manipulación de manera correcta de residuos peligrosos. El mantenimiento autónomo ayudó a reducir el vertimiento de aceites y fluidos usados en la máquina. Además, de la disminución de los residuos sólidos que se generaron en los mantenimiento y cambio de familia y se implementó directrices ambientales en la sustracción de suministros y insumos, con la finalidad de disminuir el mayor impacto en el medio ambiente ,como consecuencia de su uso.

En la tabla N° 21, se muestra como se ha ido reduciendo el consumo de chatarra en el transcurso del año 2024, debido a la metodología 5S's SMED y TPM, ya que con esta metodología el personal operativo está capacitado y se buscó a reducir los defectos y minimizar el retrabajo, lo que se traduce a disminuir los volúmenes de material que se deja de utilizar. La disminución en los retrabajos signifco menos residuos y menos impacto ambiental resultante de la fabricación ineficiente

Tabla 21

Porcentaje de chatarra en el 2024

Meses	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Tonelaje	1650	1550	1780	1760	1850	1938	1988	2047	2065	2100	2150	2155
Chatarra	37	33	40	36	38	38	38	37	36	34	34	34
%chatarra	<u>2.24%</u>	<u>2.13%</u>	<u>2.25%</u>	<u>2.05%</u>	<u>2.05%</u>	<u>1.96%</u>	<u>1.91%</u>	<u>1.81%</u>	<u>1.74%</u>	<u>1.62%</u>	<u>1.58%</u>	<u>1.58%</u>

La metodología Lean, nos favoreció en gestionar condiciones seguras y saludables para el bienestar de nuestros colaboradores. Además, se fomentó una cultura de prevención y control de riesgos de seguridad y salud ocupacional de nuestras actividades.

En la figura N°86, se muestra un indicador accidentabilidad de la línea de tubos en todo el 2024.

Figura 86

Indicador de Accidentabilidad línea de tubos 2024

LINEA DE TUBERIAS- PRODUCCION CAJAMARQUILLA 2024	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
# Accidentes	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
# Días Perdidos	15	6	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0
# Trabajadores	30	28	32	31	35	34	35	35	35	35	35	35
# H-H Trabajadas	9,426	8,375	9,426	8,806	9,326	8,756	9,256	9,300	9,125	9,325	9,125	9,300
Índice de Frecuencia (FR)	318.27	119.40	212.18	113.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Índice de Gravedad (GR)	1,591.34	716.42	1,060.90	454.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Accidentabilidad (IA)	506.47	85.54	225.10	51.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. Elaborado por CAASA

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los resultados de esta investigación revelan que la aplicación de Herramientas Lean en la cadena de producción de tubos es beneficiosa. La disminución del tiempo de cambio de familia en un 41.67% (de 6 a 3.5 horas) se tradujo en un ahorro mensual de \$830.57 en horas hombre, lo que demuestra el impacto positivo de Lean Manufacturing en la mejora de procesos y la disminución de costos.
- La aplicación de herramientas Lean permitió una reducción significativa en los costos de transformación, pasando de \$72 por tonelada (TN) a \$56.45 por tonelada. Este logro demuestra el impacto positivo y eficaz del enfoque Lean en el reajuste de procesos y la disminución de gastos operativos.
- La aplicación de técnicas Lean Manufacturing permitió aumentar la capacidad de la línea de tubos LAF, pasando de 1,700 TN antes de la implementación a 2,190 TN después de su aplicación, lo que facilitó el cumplimiento del forecast para el año 2024.
- La implementación de herramientas Lean, específicamente SMED y TPM, permitió mejorar significativamente la disponibilidad de la línea productiva. Esta se alzó notablemente desde un 69% hasta un 76%.
- El desarrollo de herramientas Lean en la línea productiva resultó en un incremento sustancial del Índice de Eficiencia Global (OEE), pasando de un 61% a un 76%. Esta mejora eleva el indicador de un nivel inaceptable a aceptable, representando un avance significativo en el OEE de la línea.
- Se implementó un esquema de capacitaciones enfocado en herramientas Lean y charlas de seguridad, lo cual contribuyó significativamente a la mejora de los indicadores de producción. Entre los cálculos obtenidos, se destaca un aumento

en el ritmo de producción, que pasó de 3.5 tn/hr a 3.8 tn/hr. Además, se logró reducir el porcentaje de tubos inspeccionados, pasando de un 0.68% mensual a un 0.32%, y se consiguió una disminución del índice de accidentabilidad, alcanzando un valor de 0 en los últimos meses del año.

5.2 Recomendaciones

- Con el propósito de asegurar el correcto aprendizaje del personal operativo en herramientas de lean manufacturing, se recomienda respetar los cronogramas de capacitación de los temas propuestos y que se haga evaluaciones periódicas de forma teórico-práctico.
- Se recomienda realizar reuniones Kaisen con el personal operativo, ya que ellos conocen mejor el proceso productivo, antes de realizar algunas mejoras en la línea de tubos LAF.
- Se sugiere, integrar a otras áreas que dan soporte al proceso productivos, en temas de Lean Manufacturing, con la intención de que toda la organización esté alineado con la metodología y sus beneficios que con lleva aplicarlo, ya que esta metodología, no solo es aplicable al área de producción, sino se puede aplicar en todo el proceso organizacional, dado que permite agilizar la cadena de valor de una organización.
- Se recomienda realizar auditorías internas periódicas en las herramientas (5S's, SMED y TPM), con la finalidad de asegurar el cumplimiento de la implementación de las metodologías mencionadas, ya que su implementación nos ayudo a cumplir el plan de ventas y reducir los costos de producción.
- Se recomienda mantener los acuerdos entre el área de producción y PCP, en la elaboración del programa de producción y con entre el área de producción y mantenimiento en las capacitaciones en temas de mantenimiento autónomo.

- Se recomienda seguir cumpliendo estrictamente los estándares y normativas vigentes en materia de Seguridad y Salud Ocupacional, así como del ecosistema. Ello permitirá salvaguardar los indicadores y metas corporativas establecidas por la corporación. Además, la aplicación de herramientas Lean ayudan a alcanzar las metas establecidas por la corporación en temas de seguridad y salud en el trabajo, así como hacer un proceso sostenible en el cuidado del medio ambiente.

Referencias bibliográficas

Aceros Arequipa. (20 de Enero de 2015). Producción de Tubos - Aceros Arequipa. Youtube: You. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KK2LOY-rlVk>

Aceros Arequipa. (s.f). *Conocenos Coorporación Aceros Arequipa S.A.* Recuperado el 20 de febrero de 2025, de Coorporación Aceros Arequipa S.A: <https://acerosarequipa.com/pe/es/conocenos>

Albano, S., Peréz, A., Spotorno, M., Santero, M., Sassone, M., Silvia, M., & Rocatti, S. (2008). *GESTIÓN ADMINISTRATIVA EN EMPRESAS DEL CORDÓN INDUSTRIAL DEL GRAN ROSARIO, LOS PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS Y EL MÉTODO JUST IN TIME*. Universidad Nacional de Rosario, Rosario.

Arroyo, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. Tesis de Pregrado, Repositorio Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://cyberthesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e87859de-fe6c-48e2-89b5-4b05ad231bcf/content>

Atehortua, Y. (2010). *Estudio y aplicación de kaizen*. Repositorio UTP, Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/472b205c-dc68-48c3-8623-c6a462dd2ef8/content>

Azalgara, R. (2021). *Uso del Single Minute Exchange die (SMED) del lean manufacturing para optimizar los tiempos de cambio de medida de una línea de producción del rubro metal mecánica*. Repositorio UNSA-INSTITUCIONAL, Arequipa, Arequipa.

Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/19dfccfd-24d8-4824-a5a2-7125870bd2f1/content>

Calderón Cardenás, Y. R., & Diaz Huaman, f. A. (2023). *Implementación de Lean Manufacturing para Mejorar la productividad del proceso de fabricación de Tubos Estructurales en una empresa Metalmecánica*. Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f97960da-1e63-49e2-9ccd-57c7e3661192/content>

Calderon, Y., & Diaz, F. (2023). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad del proceso de fabricación de Tubos en una empresa metalmecánica*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f97960da-1e63-49e2-9ccd-57c7e3661192/content>

Camayo, T., & Aranda, J. (2023). *Impacto Eficiente de Lean Manufacturing en las Operaciones Industriales*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/376550287>

Corporación Aceros Arequipa. (2021). *Nuestra Gestión de Salud y Seguridad Ocupacional*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://acerosarequipa.com/sites/default/files/responsabilidad/SSO%20-%20BROCHURE%20espan%CC%83ol.pdf>

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA. (2023, Enero). *POLITICA DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*. Lima. Obtenido de <https://acerosarequipa.com/sites/default/files/2023->

10/POLI%CC%81TICA%20SIG%20-%20VERSIO%CC%81N%209%20-%202023%20Espan%CC%83ol.pdf

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2017). *Politía Empresarial de Gestión Humana*. Lima.

Obtenido de <https://investors.acerosarequipa.com/storage/items-de-bloques/June2023/zomvuvXTlqrnN8Koj5jW.pdf>

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2019, 19 de Diciembre). *CÓDIGO DE ETICA CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA Y EMPRESAS SUBSIDIARIAS*. Lima.

Obtenido de <https://acerosarequipa.com/pe/es/integridad-cumplimiento/lineamientos-corporativos>

Corporación Aceros Arequipa S.A. (2022). *Memoria Anual Aceros Arequipa*. Lima, Lima , Perú.

Obtenido de <https://investors.acerosarequipa.com/storage/memorias/July2023/uODHEOPcAUWamuxhWlkf.pdf>

Corporación Aceros Arequipa. (s.f). *SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE MEDIO AMBIENTE*. Recuperado el 2025 de Febrero de 2025, de ACEROS AREQUIPA: <https://acerosarequipa.com/pe/es/gestion-de-medio-ambiente>

Corporación Aceros Arequipa. (s.f). *Sistema Integrados de Gestión de Calidad Aceros Arequipa*. Recuperado el 21 de Febrero de 2025, de Aceros Arequipa: <https://acerosarequipa.com/pe/es/gestion-de-calidad>

Cruzado, I., & Falcón, A. (2024). *Propuesta de mejora en la producción empleando Systematic Layout Planning (SLP) y Smed para reducir el tiempo de ciclo de fabricación de ollas en una empresa peruana del sector metalmecánico*. Repositorio Académico UPC.

Obtenido de

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/674393/Cruzado
_GI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/674393/Cruzado_GI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

De Rutte, G., Godoy, J., Ochoa José, & Portugal , K. (2012). *Aplicación de Herramienta de Lean Manufacturing para el incremento de capacidad productiva de una línea en una planta de procesamiento de acero*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Obtenido de

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624021/Godoy_B
J.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624021/Godoy_B_J.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

González González, J. (2009). *Manual Básico SPSS*. Universidad de Talca, Talca.

Obtenido de
https://www.fibao.es/media/uploads/manual_basico_spss_universidad_de_talca.pdf

Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Vols. Septima Edición, 2009). (P. M. Rosas, Ed.) Pearson Educación.

Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e Implementación*. Madrid.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2022). Style IEEE. *Journal*, 1(1), 1-33.

Instituto Técnico de la Estructura en Acero. (s.f). *Metalurgía aplicada* (Tomo 3 ed.).

Obtenido de
https://www.webaero.net/ingenieria/estructuras/metalica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO3.pdf

luzuriaga Jaramillo, H. A., Espinosa Pinos, C. A., Haro Sarango , A. F., & Ortiz Román, H. D. (2023). *Histograma y distribución Normal: Shapiro- Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS*. Revista, Asunción. Obtenido de <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/download/1242/1572/1945>

Madariaga, F. (2021). *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bilbao.

Mandariaga, F. (2021). *Lean Manufacturing Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*.

Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). *Lean Manufacturing 5S's*. 3C Tecnología, Valencia.

Mompo, J., Gisbert, V., Pérez, A., & Perez, E. (2020). *Implementación de la Técnica Smed*. Alicante: Área de Innovación y Desarollo S,L.

Montilla, C. (2019). *Mantenimiento Industrial y su Administración*. Pereira: Universidad Técnologica de Pereira.

Muñoz, J., Zapata, C., & Medina, P. (2022). *Lean Manufacturing Modelos y Herramientas*. Pereira.

Para Conesa, J. (2007). *Kaizen: Cuando la mejora se hace realidad*. Cartagena. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/31/35/a35.pdf>

Quesada, J., Pimentel, C., Garrido, S., & Govindan, K. (2018). *Just in time Factory*. Springer.

Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid.

Ramos , A. (1993). *Procesos de producción de metal 1*. Azcapotzalco: Metadiseño S.A. de C.V.

Scharer, u. (2003). *Procesos Industriales Laminación Rolado y trefilación de metales*. Ciudad de México.

Socconini, L. (2020). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelona.

Tejeda, A. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los Sistemas Productivos*. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757005.pdf>

Torres, C. (2021). *Implementación de SMED como herramienta de mejora continua en el área de conversión de rollos línea-120, Protisa Perú Planta Cañete*. Repositorio Universidad Alas Peruanas, Lima. Obtenido de https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/10266/TSP_10446267.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Velasco, R. (2013). *Procesos Industriales*. Universidad Itaca, Ciudad de México. Obtenido de <https://cursos.aiu.edu/PROCESOS%20INDUSTRIALES/Sesi%C3%B3n%202/PDF/Procesos%20Industriales%20Sesi%C3%B3n%202.pdf>

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Monterrey: Limusa S.A.

ANEXOS

Anexo 1: Certificado de trabajo	149
Anexo 2 : Capacitaciones.....	152
Anexo 3 : Formatos de Producción	159

Anexo 1: Certificado de trabajo

Blend

Jr. Comunidad Industrial N°230
Urb. La Villa, Chorrillos
Lima, Perú

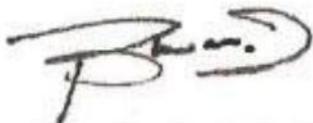
CERTIFICADO DE TRABAJO

Por medio de la presente, se hace constar que el **Sr. Balarezo Inuma Gustavo Alberto**, identificado con **DNI N° 71489864**, Prestó sus servicios en nuestra empresa **BLEND S.A.C**, con **RUC 20304819414** en el cargo de **JEFE DE PLANEAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCCION**, Desde el 16 de julio 2020 hasta el 16 de junio 2023.

Durante el periodo ha demostrado ser una persona puntual, responsable, honesta, eficiente y trabajadora.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Chorrillos, 16 de junio del 2023



Juan Alberto Kuoman Jimenez
Gerente General
Blend SAC



INDUSTRY &
LOGISTICS
MANAGEMENT

Lima 13 de Noviembre de 2024

CONSTANCIA DE TRABAJO

Mediante la presente dejamos constancia que el Sr. BALAREZO INUMA, GUSTAVO ALBERTO con D.N.I: 71489864 trabaja para nuestra empresa desempeñando el cargo de ANALISTA DE PCP del 24 de enero 2023 hasta la actualidad.

Se expide la presente constancia para los fines estime conveniente.

Atentamente,



URSULA TEEVIN M.
Jefe Administrativo
CORPORATIVO OVERALL

URSULA TEEVIN MENDOZA
JEFE ADMINISTRATIVO

Anexo 2 : Capacitaciones



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CERTIFICADO

Otorgado a:

BALAREZO INUMA GUSTAVO ALBERTO

Por haber concluido satisfactoriamente el Programa de Especialización en:

PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

El Programa de Especialización se cursó del 09 de mayo del 2022 al 13 de junio del 2022, con una duración de 45 horas académicas.

Lima, 13 de julio del 2022



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"



CERTIFICADO

Otorgado a:

BALAREZO INUMA GUSTAVO ALBERTO

Por haber concluido satisfactoriamente el Programa de Especialización en:

"LEAN MANUFACTURING"

El Programa de Especialización se cursó del lunes 29 de noviembre del 2021
al 04 de enero del 2022, con una duración de 30 horas académicas.

Lima, 01 de Febrero del 2022





"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CERTIFICADO

Otorgado a:

BALAREZO INUMA GUSTAVO ALBERTO

Por haber concluido satisfactoriamente el Programa de Especialización en:

GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

El Programa de Especialización se cursó del 01 de febrero al 08 de marzo del 2022, con una duración de 30 horas académicas.

Lima, 25 de marzo del 2022



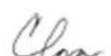
CERTIFICADO

CENTRUM PUCP de la Pontificia Universidad Católica del Perú certifica que:

GUSTAVO ALBERTO BALAREZO INUMA

aprobó satisfactoriamente el Programa de Especialización en Supply Chain Management, desarrollado del 28 de abril al 1 de agosto del 2022 con un total de 72 horas.

Lima, 26 de agosto del 2022



CLARA FRANCISCA ROSELLO
MARTÍNEZ
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EJECUTIVA



CYNTHIA DONAYRE PERBOLI
JEFA DE PROGRAMAS ACADÉMICOS DE
EDUCACIÓN EJECUTIVA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CENTRUM PUCP
ET LUX IN TENEBRIS LUX
ACMVII



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
CENTRUM PUCP
ET LUX IN TENEBRIS LUX
ACMVII

El presente certificado y las firmas consignadas en él han sido emitidas a través de medios digitales, al amparo de lo dispuesto en el artículo 141-A del Código Civil: "Artículo 141-A.- En los casos en que la ley establezca que la manifestación de voluntad debe hacerse a través de alguna formalidad expresa o requerida de firma, ésta podrá ser generada o comunicada a través de medios electrónicos, ópticos o cualquier otro análogo. Tratándose de instrumentos públicos, la autoridad competente deberá dejar constancia del medio empleado y conservar una versión íntegra para su ulterior consulta."



Certificado

Otorgado a:

GUSTAVO
BALAREZO INUMA

Por haber culminado satisfactoriamente el **Curso de:**

Gestión de Operaciones y Producción

Lima, noviembre de 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Miguel Marchena Ávila'.

José Miguel Marchena Ávila
Gerente ISIL Go



PRINCIPIOS DE LOGÍSTICA - 2023



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CERTIFICADO

Otorgado a:

BALAREZO INUMA GUSTAVO ALBERTO

Por haber concluido satisfactoriamente el Programa de Especialización en:

GESTIÓN DE PROYECTOS SEGÚN EL PMI

El Programa de Especialización se cursó del 22 de marzo al 27 de abril del 2022,
con una duración de 45 horas académicas.

Lima, 25 de mayo del 2022



Anexo 3 Formatos de Producción



Ficha de Inventario de Activos Fijos

CÓDIGO: GC-MC-FI-003

VERSIÓN: 00

FICHA INVENTARIO DE ACTIVOS FIJOS

Descripción: Formato donde se registrarán todos los activos fijos asignados a los conservadores.

Aplicación: Fase de Estandarización 4'S.

Sede:

Sección:

Zona:

Supervisor:

Delegado:

Categoría:

Sub Zona:

Conservador:

Puesto:

Código:

**CHECKLIST DE INSPECCIÓN 5'S****CÓDIGO: GC-MC-FO-001
VERSIÓN:00****CHECKLIST DE INSPECCIÓN 5'S**

Descripción: Formato donde se registra el cumplimiento de los criterios definidos para la inspección rutinaria de zona.

Aplicación: Fase de Disciplina (5'S).

<u>Sede:</u>	<u>Sección:</u>	<u>Zona:</u>	<u>Líder:</u>	<u>Delegado:</u>	<u>Categoría:</u> PRODUCCIÓN
--------------	-----------------	--------------	---------------	------------------	---------------------------------

Nombre de Evaluador:	Fecha:				
		CRITERIOS	Cumple	NO Cumple	OBSERVACIONES
1°	El punto de acopio se encuentra en buen estado, su capacidad es suficiente para el volumen de residuos y no se han generado problemas de orden y limpieza por este motivo.				
2°	La segregación de residuos en el punto de acopio es correcta.				
3°	Los objetos no se encuentran encima de los armarios, apoyados en las ventanas o contra las paredes, columnas, etc.				
4°	Los artículos innecesarios han sido identificados con tarjeta roja y ubicados en una "zona temporal".				
5°	Se mantienen en buen estado las siguientes demarcaciones y señalizaciones: - Zonas de almacenamiento de producto terminado. - Zona(s) de almacenamiento para inspección y acondicionamiento de producto terminado no conforme. - Zona(s) de almacenamiento de producto terminado no conforme rechazados. - Punto de acopio. - Vías peatonales y de tránsito.				
6°	Únicamente objetos necesarios para el trabajo del día de hoy se encuentran en la zona, todo lo demás está guardado.				
7°	El producto no conforme ha sido identificado y ubicado en la sub zona designada.				
8°	Las salidas de emergencia, punto de reunión y equipo contra incendios están claramente señalizados.				
9°	No hay alguna condición sub estandar que pueda generar un accidente en el colaborador por una herramienta o escalera no inspeccionada (sin código de color del mes).				
10°	No hay alguna condición sub estandar que pueda generar un accidente en el colaborador, no hay herramientas hechizadas en la operación				
11°	Se evidencia disciplina en la limpieza general de la zona y en el ajuste / lubricación de sus máquinas y equipos.				
12°	Los ganchos para guardar las cadenas o cables para izar y eslingar, están situados de modo que los colaboradores que los manipulen no estén expuestos a peligro de esfuerzos al levantarlos. Cuentan también con la identificación que evidencia su operatividad de acuerdo al código de colores definido por el área de Seguridad y Salud ocupacional.				
13°	Pisos limpios, no hay suciedad, residuos, aceite o agua.				
14°	Máquinas, equipos y superficies limpias y libres de aceite, grasa u otra suciedad.				
15°	No hay alguna condición sub estandar que impida acceder, usar de forma rápida y facil cualquier servicio auxiliar (lavajos, duchas) o equipos de servicio colectivo (extintores, manguera, camilla, escalera, etc).				
PUNTAJE TOTAL (cada "Cumple" suma 1 punto)					

Puntaje	Desempeño
15	✓
8-14	⚠
0-7	✗

Delegado**Encargado**

Nota: Los criterios considerados para la inspección son de aplicación general, las excepciones y/o aplicaciones específicas deberán ser consideradas de acuerdo a las características del proceso.

Matriz de Evaluación de Estándares para planta

CATEGORÍA PLANTA			
DATOS DE LA ZONA		DATOS DE LA AUDITORÍA/ INSPECCIÓN	
Gerencia	Zona 5's	Evaluador	Líder
Área/Sección	Delegado	Fecha	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		PUNTUACIÓN	
Gestión de Medio Ambiente		Puntaje	Total
1	<p>1.1 El punto o centro de acopio de residuos cumple con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de punto de acopio - Rotulación de contendores - Base para todos los contenedores (parihuelas, concreto) <p>1.2 La capacidad del punto o centro de acopio es el adecuado para la cantidad de residuos que se genera y se observa una adecuada segregación según el código de colores</p> <p>1.3 De contar el área con sustancias químicas (aceites, lubricantes, grasas, etc) o materiales peligrosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estos cuentan con sus hojas MSDS visibles y de fácil acceso. -Sistema de contención contra derrames, para protección del suelo. -Se cuenta con kit antiderrame completo, ubicado en lugar visible y accesible. -La estructura cuenta con un techo y deben estar almacenadas en función al tipo de riesgos, no juntando productos que reaccionen entre si (Guía NFPA 49 491 y guía NFPA 5000 para espacios mayores a 250 m2). <p>1.4 En el área se evidencia que no existen aniegos ni fugas de agua y los equipos eléctricos que no están siendo usados se encuentran desconectados.</p>		
2	<p>2.1 No hay alguna condición sub standar que pueda generar un accidente al colaborador por el no uso o mal estado de las señales de seguridad y/o problemas con la infraestructura como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Identificar espacios restringidos, salidas de emergencia, límites de velocidad, zonas seguras, riesgo eléctrico, etc. -No contar con una identificación adecuada de pasos peatonales, tener obstáculos en la zona de trabajo y zona peatonal (objetos, agujeros, etc). -Dafos en la infraestructura de la zona (filtraciones, presencia de grietas, fisuras, rajaduras, otros); mal estado de las estructuras de acero, madera y concreto, exposición a rotura o impacto de vidrio y mamparas e iluminación inadecuada (no presencia de luces de emergencia o luces de emergencia averiados, etc) <p>2.2 No hay alguna condición sub standar que pueda generar un accidente al colaborador como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Máquina o equipo sin guardas, con derrames de lubricantes, averiados, etc. -Zona con tableros eléctricos fuera del estándar (gabinete de resina o metálica, diagrama unifilar publicado, hermetizado, conectado a tierra, sin obstáculos y correctamente iluminado) -Cajas de paso sin tapa, tomascorrientes expuesto a humedad, estructuras metálicas que soporten equipos eléctricos sin puesta a tierra, etc. <p>2.3 No hay alguna condición sub standar que pueda generar un accidente en el colaborador por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Herramientas, escalera móvil, instrumentos de trabajo no inspeccionados, sin código de color del mes. -Canaletas, pozos a tierra, tapa, buzones, desniveles sin identificación amarillas, puertas y rutas de evacuación mal diseñadas (ancho mínimo de 1.20m, apertura en el sentido del flujo, barra antipánico). -Rampas sin antideslizantes o baranda, y/o estructuras (racks, paneles equipos de AC, andamios, etc) no anclados o sin fijar y en mal estado. -Mal estado de EPP'S. <p>2.4 No hay alguna condición sub standar respecto a los servicios de emergencia como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mal estado o acceso restringido de los servicios auxiliares (lavabos, duchas) o equipos de servicio colectivo. -Mal estado o ausencia de luces de emergencia, sistema de detección de humo, alarmas contra incendio, extintores (con tarjeta de control al día y gavetas operativas). 		
3	<p>3.1 Según las condiciones del proceso en la zona de trabajo se observa solo los materiales, equipos y herramientas necesarias para realizar las operaciones del proceso y de ser necesario se cuenta con una zona de almacenamiento temporal.</p> <p>3.2 Según las condiciones del proceso las máquinas, equipos, instrumentos, herramientas, suministros tienen una ubicación definida e identificada (delimitación de zonas). Para espacios no asfaltados los elementos se deben encontrar sobre una base o estructura (estantes, cunas, racks).</p> <p>3.3 Según las condiciones del proceso las máquinas, equipos, superficies de almacenamiento están limpias y libres de aceite, grasa u otra suciedad.</p> <p>3.4 Las máquinas, equipos, instrumentos, herramientas, suministros o productos que se encuentren en observación por calidad, por reparar o en reparación están adecuadamente identificados y en un espacio definido (delimitado).</p> <p>3.5 Según las condiciones del proceso, las máquinas, equipos y superficies de almacenamiento están limpias y libres de aceite, grasa u otra suciedad.</p>		
4	<p>4.1 El personal de la zona conoce el significado de las 5s y sabe como aporta desde su posición en la cultura de Orden y limpieza de la compañía.</p> <p>4.2 El mapa 5'S se encuentra actualizado y publicado. En el mapa se evidencia la distribución real de la zona, indicando máquinas, equipos, puntos de acopio, zonas de almacenamiento de materiales y productos, etc.</p> <p>4.3 Se tiene en la zona una gestión visual que permite conocer la distribución real de la zona indicando equipos, elemento, lugares de almacenamiento, etc, como por ejemplo : estándares visuales</p>		
PUNTAJE OBTENIDO		ESTADO	



**INVENTARIO E INSPECCION BIMESTRAL DE HERRAMIENTAS
MANUALES, ELECTRICAS Y NEUMATICAS**

**CÓDIGO: SE-GS-FO-005
VERSIÓN: 00**

RAZON SOCIAL:	INDUSTRY & LOGISTICS MANAGEMENT	RUC:	20257926371	UBICACIÓN:	Av. El derby 254 int 1701-1705 urb el Derby Surco
SEDE:	Lurin	AREA:	Planta de Tubos	FRECUENCIA:	Bimensual (enero - febrero)

TIPOS DE HERRAMIENTAS / CÓDIGOS DE CONDICIONES SUB ESTÁNDAR

Generales		Herramientas Manuales (HM)		Herramientas Eléctricas Portátiles (HEP)	
1	Sin inspeccionar.	8	Mango roto/rajado (astillas).	15	Enchufe en mal estado/cable eléctrico expuesto.
2	Desgaste excesivo en piezas.	9	Mango no fijo.	16	Cables empalmados, Conductores eléctricos en mal estado
3	No adecuada para el trabajo.	10	Deformación en zona de sujeción/presión.	17	Interruptor/botón de control en mal estado.
4	Mal conservada, inadecuada limpieza.	11	Herramienta sin filo.	18	En ambiente inflamable: No es ignífugo (anti-chispa).
5	Cantidad insuficiente para la tarea.	12	Bordes dentados desgastados.	19	En ambiente eléctrico: No es dieléctrica.
6	Herramienta hechiza.	13	Cabeza metálica deformada o con rebabas.	20	Guarda de seguridad inadecuada/mal estado.
7	Otro:	14	Otro:	21	No se identifica la tensión de trabajo.
				22	Otro:
Herramientas Neumáticas Portátiles (HNP)		Almacenamiento			
23	Manguera y/o conexión en mal estado	28	Almacenada donde pueda caer desde altura.		
24	Conectores de aseguramiento de puntos de conexión (abrazaderas/otros) no efectivos/inadecuados.	29	Almacenada en condiciones inadecuadas de limpieza		
25	Deficiente instalación/mala condición de grapas o retenedores de seguridad de herramientas de impacto.	30	Almacenada sin proteger partes cortantes/punzantes		
26	No se usa aire limpio y seco para alimentación	31	No tiene lugar de almacenamiento establecido.		
27	Otro:	32	Otro:		

(CÓDIGOS) ACCIÓN CORRECTIVA EJECUTADA / A EJECUTAR

1	Eliminación inmediata (Her. Echiza)	2	Poner fuera de servicio	3	Gestionar cambio	4	Definir lugar de almacenamiento
5	Otro:	6	Otro:	7	Otro:	8	Otro:

INVENTARIO E INSPECCIÓN

Nº	IDENTIFICACIÓN	NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	TIPO (HM, HEP, HNP)	UBICACIÓN	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD CONFORME	CANT. NO CONFORME	CÓDIGOS DE FALLA	CÓDIGOS ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EJECUCIÓN
1	S/C	TUJERA CORTE	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
2	S/C	CUCHILLA	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
3	S/C	CIZALLA	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
4	S/C	WINCHA	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
5	S/C	SIERRA CORTE	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
6	S/C	ALICATE	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
7	S/C	ESPATULA	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							
8	S/C	ENZUNCHADORA	HM	Evacuación y Acondicionado T-2							

OBSERVACIONES/COMENTARIOS:

Firma responsable de inspección:		Firma responsable del registro :	
NOMBRE Y APELLIDO:		NOMBRE Y APELLIDO:	GIANCARLOS MONTAÑEZ GAMBOA
CARGO:		CARGO:	LIDER DE PLANTA TUBOS
CÓDIGO:		CÓDIGO:	47479612



LISTA DE RESIDUOS QUE SE GENERAN POR AREA

CÓDIGO: GC-MC-FO-001
PÁGINA: 1 de 1
VERSIÓN: 00

LISTA DE RESIDUOS SÓLIDOS

Descripción: Formato donde se registrará los residuos generados por área.
Aplicación: Fase de Limpieza.

Sede:

Sección:

Zona:

Supervisor:

Delegado:

Categoría:

Nº	Descripción	Tipo de Residuo
1	Tierra y bolsas de plástico.	No Peligroso
2	Tierra y jebes.	No Peligroso
3	Tierra y astillas	No Peligroso
4	Embalaje sin contaminar.	No Peligroso
5	Sticker adhesivos deteriorados.	No Peligroso
6	Tierra y restos de cartón deteriorado.	No Peligroso
7	Tacos deteriorados.	No Peligroso
8	Parihuela deteriorada.	No Peligroso
9	Etiquetas metálicas.	No Peligroso
10	Restos de alambres.	No Peligroso
11	Trapos contaminados con sustancias químicas.	Peligroso
12	Envases de sustancias químicas.	Peligroso
13	Guantes deteriorados.	Peligroso



CUADRO DE ROLES

CÓDIGO: GC-MP-FI-001

VERSIÓN: 00

TURNO	Central	NOMBRE DE LA ZONA 5'S	CATEGORÍA DE LA ZONA 5'S
LÍDER 5'S	ACTIVIDADES	ACTIVIDAD QUE SE DESARROLLA EN LA ZONA 5'S	
	<ul style="list-style-type: none">Fiscalizar la implementación y sostenimiento de las 5's en sus zonas mediante inspecciones (evaluaciones internas) y auditorías (para la certificación).Desarrolla la 4'S <i>Estandarización</i>		
APELLIDOS Y NOMBRES		CÓDIGO DE LA ZONA 5'S	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN
DELEGADO 5'S	ACTIVIDADES	CONSERVADOR	NOMBRE DEL CONSERVADOR
	<ul style="list-style-type: none">Responsable de hacer cumplir el estándar en su zona 5's designada.Desarrolla junto a su equipo de conservadores las 1'S <i>Selección</i>, 2'S <i>orden</i> y 3'S <i>limpieza</i>.	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
APELLIDOS Y NOMBRES			

Firma del líder 5's



Ficha de Inventario de Articulos Asignados

CÓDIGO: GC-MC-FI-008
VERSIÓN: 00

FICHA INVENTARIO DE ARTICULOS ASIGNADOS	Sede:	Sección:	Zona:	Supervisor:	Delegado:	Categoría:
Descripción: Formato donde se registrarán todos los artículos necesarios asignados a los conservadores.						
Aplicación: Fase de Estandarización 4'S.						

Sub Zona:

Conservador:

Puesto:

Código: _____

	INSPECCIÓN DE CILINDROS DE GAS COMPRIMIDO			CODIGO: SE-GS-FO-019 VERSIÓN: 00
SEDE:	LURIN			
ÁREA:		FRECUENCIA:	MENSUAL	FECHA:
TIPO DE GAS COMPRIMIDO:				
ASPECTOS GENERALES	SI	NO	NO APLICA	Observaciones
1. Cilindro sin costuras hechas con soldadura a menos que se cuente con el certificado de respaldo de seguridad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por Almacén
2. Prueba Hidrostática de cilindro vigente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por Almacén
3. ¿Se indica la presión máxima de trabajo en el cilindro?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por Almacén
4. ¿Color de cilindro de acuerdo a la intrucción Señalización y Código de Colores?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por Almacén
5. ¿Se cuenta con hoja de datos del producto (HDS / SDS) en área de almacenamiento (provisional o temporal) y/o en el área de trabajo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Cilindro libre de corrosión, abolladuras o deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. ¿Se encuentra en forma vertical (válvula hacia arriba) y atados de forma segura?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. ¿Provistas de casquete y tienen la válvula cerrada (incluidas las vacías)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. ¿Están separados los llenos de los vacíos y claramente identificados?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. ¿Están separados de acuerdo al contenido?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. No expuestos directamente a radiación solar ni a fuentes de calor o ignición.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Área de almacenamiento ventilado y señalizado según la Instrucción de Señalización y Código de Colores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. ¿Las botellas de gases se transportan en carretillas de mano adecuadas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14. Adecuado orden y limpieza en general.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Color de cilindro y manguera de acuerdo a la intrucción Señalización y Código de Colores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. No están sobre estructuras que formen circuitos o redes eléctricas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Mangueras en buenas condiciones de uso, aseguradas a sus conexiones por abrazaderas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por el Área Usuaria
18. Elementos accesorios (tenazas, cables y uniones) en buenas condiciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por el Área Usuaria
19. ¿Se dispone de válvulas antiretorno de llama y casquete en buenas condiciones?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por el Área Usuaria
20. ¿Los manómetros en buenas condiciones y son compatibles con el tipo de gas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evaluado por el Área Usuaria
* En caso presentar alguna desviación, se debe indicar en la segunda sección la acción correctiva que se tomó, caso contrario, sólo tener la 1ra sección del registro.				
Inspeccionado por : _____				
Nombre y Firma				

Anexo 4 Tooling Chart

Gr.	Size	Thickness	Basic O.D. or Mother O.D.	TOOLING CHART																								Job								
				Forming						Finishing						Welding		Sizing						T.H.		CV										
				F1	F1	1/2	F2	2/3	F3	3/4	F4	4/5A	4/5B	F5	5/6	F6	6/7	F7	TG	WV3	DT	S1	S1/2	S2	S2/3	S3	S3/4	S4	TH1	TH2	TH3	TH4				
				↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
001	15,875	0,6±1,5	ø15,88	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	181063	
001	ø19,05	0,6±1,5	ø19,05	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955	
002	15,875x15,875	0,8±2,0	ø19,84	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955	
003	1/2	ø21,3	0,8±2,5	ø21,30	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955
004	ø22,225	0,8±2,5	ø22,23	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955	
005	19,05x19,05	0,8±2,5	ø23,81	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955	
006	ø25,4	0,8±2,5	ø25,40	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
007	3/4	ø26,9	0,8±3,0	ø26,90	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955	
008	22,225x22,225	0,8±3,0	ø27,78	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955	
009	25x25	0,8±3,0	ø31,25	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
010	38,1x12,7	0,8±2,0	ø31,75	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
011	25,4x25,4	0,8±3,0	ø31,75	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
012	ø31,75	0,8±3,0	ø31,75	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
013	1"	ø33,7	0,8±3,0	ø33,70	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955	
014	40x20	0,8±3,0	ø37,50	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
015	30x30	0,8±3,0	ø37,50	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
016	ø38,1	0,8±3,0	ø38,10	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
017	31,75x31,75	0,8±3,0	ø39,69	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
018	11/4 ø42,2	0,8±3,0	ø42,20	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
019	ø44,45	1,0±3,0	ø44,45	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
020	50x25	1,0±3,0	ø46,88	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
021	50,8x25,4	1,0±3,0	ø47,63	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
022	38,1x38,1	1,0±3,0	ø47,63	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
023	11/2 ø48,3	1,0±3,0	ø48,30	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
024	40x40	1,0±3,0	ø50,00	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
025	ø50,8	1,0±3,0	ø50,80	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
026	50,8x38,1	1,0±3,0	ø55,56	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
027	2"	ø60,3	1,0±3,0	ø60,30	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	172955		
028	60x40	1,5±3,0	ø62,50	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
029	50x50	1,5±3,0	ø62,50	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
030	50,8x50,8	1,5±3,0	ø63,50	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
031	80x40	1,5±3,0	ø75,00	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		
032	ø76,1	1,5±3,0	ø76,10	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	172955		