

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ
Escuela de Posgrado**



ANALISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE
PRODUCCION DE UNA EMPRESA METALMECANICA DE
FABRICACION DE CERRADURAS Y CANDADOS, UTILIZANDO
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería
Industrial con Mención en Gestión de Operaciones que presenta:

Aníbal Isaac Santos Zeta

Asesor:

Jose Alan Rau Alvarez

Lima, 2025

Informe de Similitud

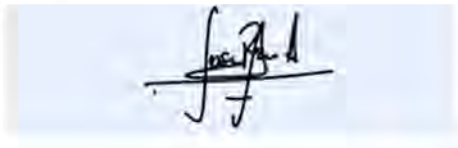
Yo, JOSÉ ALAN, RAU ALVAREZ, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada(o) ANALISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION DE UNA EMPRESA METALMECANICA DE FABRICACION DE CERRADURAS Y CANDADOS, UTILIZANDO HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING., de el autor Anibal Isaac Santos Zeta dejo constancia de lo siguiente:

El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 15/12/2025. He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.

Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

LIMA, SAN MIGUEL, 15 de diciembre de 2025.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: RAU ALVAREZ, JOSÉ ALAN	
DNI: 07602255	Firma
ORCID: 0000-0003-0928-3994	

Dedicatoria

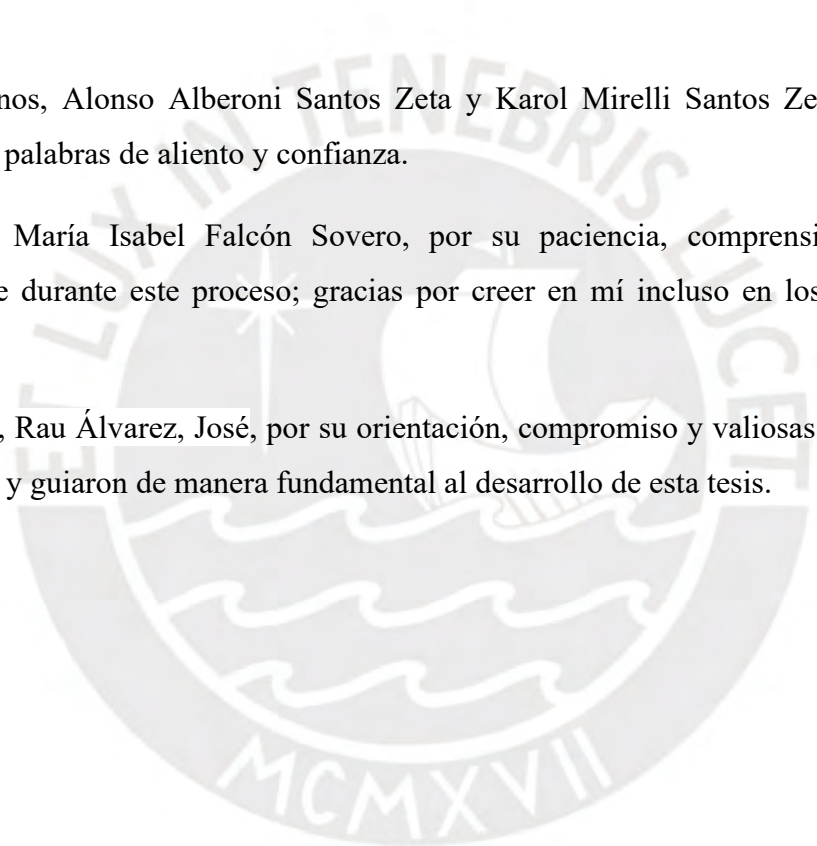
A Dios, por darme la fuerza, la salud y la oportunidad de crecer personal y profesionalmente.

A mis padres, Pablo Santos Vilcherrez Y Rosario Zeta Pingo por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y sus enseñanzas, que me guiaron en cada paso de mi formación personal y profesional.

A mis hermanos, Alonso Alberoni Santos Zeta y Karol Mirelli Santos Zeta por su apoyo constante, sus palabras de aliento y confianza.

A mi novia, María Isabel Falcón Sovero, por su paciencia, comprensión y compañía inquebrantable durante este proceso; gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Y a mi asesor, Rau Álvarez, José, por su orientación, compromiso y valiosas enseñanzas, que contribuyeron y guiaron de manera fundamental al desarrollo de esta tesis.



RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo presentar una propuesta del uso de las herramientas Lean Manufacturing en los procesos de producción de una empresa metalmecánica dedicada a la fabricación de cerraduras y candados. La cual ayude optimizar los recursos y reducción de desperdicios. Esto importante para mejorar, productividad y flexibilidad dentro de las operaciones de planta y ser competitivo dentro de la industria.

El uso de las herramientas Lean Manufacturing, se utilizó al realizar un diagnóstico basado en parámetros de valoraciones para identificar las principales problemáticas poder identificar 2 áreas de trabajo, Mecanizado de CPC, identificando paradas, variación de medidas y procesos no estandarizados y el Área de Prensas, identificando, registros no estandarizados y con incumplimientos de sub productos en los siguientes procesos. Ya teniendo claro la problemática, identificando las causas raíces, se definió el uso de 5 herramientas como son: Hojas de verificación y control, Gestión visual, Matriz de competencias, Kanban y balance de Línea.

Así mismo luego de haber identificado las herramientas, se propone registros y hojas de verificación en la línea mecanizado del PCE, estableciendo medidas críticas para el funcionamiento, Tableros de gestión visual en la línea de mecanizado de PCE y en la línea de prensado de Cajas y Canastillas. Una matriz de competencias, identificando deficiencias en el afilado de brocas comunes, Se busca establecer un plan de reposición Kanban y balance de línea en el área de prensas y cajas.

Al plantear las propuestas, elaboramos un análisis de los costos y los beneficios que implica cada una de las propuestas y procesemos hacer una evaluación económica en un horizonte de 12 meses, obteniendo un valor de VAN de 5840.62 soles un TIR, mensual de 4.33% (66.3% anual) y una relación B/C de 1.19 por cada sol invertido, un ROI de 30.2% ; concluyendo que las propuestas de mejora son rentables económicamente logrando un periodo de recuperación de 9.2 meses y se recomienda a la empresa , mediante la gerencia de operaciones la implantación de las herramientas de la mejora.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Lean Manufacturing.	3
1.1.1. Antecedentes del Lean Manufacturing.....	3
1.1.2. Beneficios del Lean Manufacturing.	5
1.1.3. Principios del pensamiento Esbelto.	6
1.1.4. Principios del TPS.	8
1.1.5. Etapas de implementación Lean Manufacturing.	18
1.1.6. Indicadores del Lean Manufacturing.	19
1.1.7. Herramientas de Lean Manufacturing.	21
1.1.7.1. Análisis SIPOC.	22
1.1.7.2. Análisis de Pareto.	24
1.1.7.3. Análisis de Cusa efecto.	25
1.1.7.4. ¿Los 5 Por qué?	25
1.1.7.5. JIT.	27
1.1.7.6. Gestión de Visual.	28
1.1.7.7. Kanban.	21
1.1.7.8. Balance de line.	36
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DEL CASO.	39
2.1. Descripción de la Empresa.	39
2.2. Plan estratégico de La Empresa.	39
2.3. Productos.	40
2.4. Mapa de procesos.	40
2.5. Planificación de la Producción.	41
2.5.1. Sistema de producción Actual.	41
2.5.2. Análisis de Ventas 2024.	42
2.5.3. Planificación de producción.	46
2.5.4. Cumplimientos de los planes de producción:	51

2.6. Procesos productivos.	55
2.6.1. Proceso de Colada Continua e inyección.	56
2.6.2. Proceso de Fabricación de componentes.	56
2.6.3. Proceso de Ensamble de cerraduras	57
2.6.4. Proceso de Ensamble de Candados	57
2.6.5. Proceso de lijado y laqueado de Candados	57
2.6.6. Proceso de ensamble y paletizado	58
2.7. Indicadores actuales de la gestión.	58
2.7.1. Indicadores de Producción.	58
2.7.2. Indicadores de Calidad.	60
2.7.3. Indicadores de Gestión de la seguridad.	64
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.	63
2.8. Justificación.	65
2.8.1. Evaluación del Macroproceso General.	66
2.8.2. Evaluación de áreas de Trabajo.	67
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE METODOLOGÍA Y PROPUESTA DE MEJORA.	95
4.1. Definición de áreas y herramientas.	95
4.1.1. Para el caso del Área de Mecanizado de CPC.	95
4.1.2. Para el caso del Área de prensas.	95
4.2. Interacción de herramientas.	95
4.3. Desarrollo de propuestas de mejora con herramientas Lean en el área de mecanizado de CPC.	100
4.3.1. Procesos de Mecanizado de CPC	100
4.3.2. Principales indicadores de producción del área de mecanizado de CPC.	103
4.3.3. Desarrollo de Herramientas propuestas en el área mecanizado de CPC.	105
4.4. Desarrollo de propuestas de mejora con herramientas Lean en el área de Prensas....	119
4.4.1. Análisis de la demanda de Cajas y Canastillas.	119

4.4.2. Proceso de Prensas.	120
4.4.3. Tiempos de Operación.	122
4.4.4. Distribución Actual.	126
4.4.5. Propuestas de mejora para el área Prensas.....	121
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.	141
5.1. Costos involucrados en las Propuestas de mejoras.	141
5.1.1. Herramientas de mejora para Mecanizado de CPC.	141
5.1.2. Herramientas de mejora para Área de Prensas.	142
5.2. Beneficios económicos esperados en las Propuestas de mejoras.	144
5.2.1. Herramientas de mejora para Mecanizado de CPC.	144
5.2.2. Herramientas de mejora para Área de Prensas.	146
5.3. Cálculo de Indicadores económico.	148
5.3.1. Flujo de Caja.	150
5.3.2. Indicadores evaluados.	150
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	154
6.1. CONCLUSIONES.	154
6.2. RECOMENDACIONES.	156
BIBLIOGRAFÍA	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de la evolución de la filosofía lean.	4
Tabla 2. Etapas de implementación – Lean Manufacturing.	18
Tabla 3. Indicadores de Lean Manufacturing.	19
Tabla 4. Herramientas Lean Manufacturing.....	21
Tabla 5. Ejemplo de aplicación del método de los 5 Porqués.	26
Tabla 6. Objetivos de la gestión visual.	29
Tabla 7. Tipos de herramientas de Gestión visual.....	30
Tabla 8. Elementos de un Tablero de Gestión visual.	31
Tabla 9. Términos de Balance de Line.	37
Tabla 10. Venta de Candados 2024.	42
Tabla 11. Venta de candado por Modelo.	43
Tabla 12. Ventas de cerraduras 2024.	44
Tabla 13. Programa de producción Manual de Cerraduras - febrero 2025.	46
Tabla 14. Programa de producción de Candados - febrero 2025.	47
Tabla 15. Plan Agregado de Cerraduras febrero -2025.	48
Tabla 16. Plan Agregado de Candados febrero - 2025.	49
Tabla 17. Plan de componentes de Prensa febrero 2025.	50
Tabla 18. Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Cerraduras periodo 2023-2024.	51
Tabla 19. Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Candados periodo 2023-2024.	52
Tabla 20. Evaluación Cualitativa de Macroprocesos.	66
Tabla 21. Parámetros de ponderación para evaluación de áreas.	72
Tabla 22. Valoración de valores ponderados.	72
Tabla 23. Puntajes para Valor de impacto y valor de frecuencia.	75
Tabla 24. Evaluación con escala de valoración de problemas en áreas seleccionadas.	75
Tabla 25. Evaluación de análisis de Pareto de los problemas de las áreas seleccionadas.	76
Tabla 26. PR01: Incremento de piezas rechazadas y/o observadas (Mecanizado de CPC)..	77
Tabla 27. PR02: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.....	78
Tabla 28. .PR03: Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	78
Tabla 29. PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	79
Tabla 30. Resumen de las causas secundarias para cada problema analizado.....	84

Tabla 31. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR1.....	85
Tabla 32. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR2.	86
Tabla 33. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR3.	87
Tabla 34. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR4.	88
Tabla 35. Resumen de Causa Raíz preliminar para cada Causa secundaria.	89
Tabla 36. Contra medidas propuestas para cada Causa Raíz Preliminar.	89
Tabla 37. Criterio de Valoración de Impacto y Esfuerzo.	91
Tabla 38. Evaluación de impacto esfuerzo.	93
Tabla 39. Contra medidas seleccionadas para el análisis.	94
Tabla 40. Criterios de evaluación ponderada de las herramientas de mejora.	97
Tabla 41. Evaluación pondera de herramientas del Área de Mecanizado de CPC.	97
Tabla 42. Evaluación ponderada de herramientas del Área de Prensas.	98
Tabla 43. Interacción de Herramientas a implementar en las Áreas de mecanizado de CPC y Prensas.	99
Tabla 44. Parámetros de inspección visual y medidas de control.	107
Tabla 45. Matriz de habilidades del área de mecanizado de CPC.	111
Tabla 46. Tabla de ponderación de habilidades.	112
Tabla 47. Análisis de 5W2H.	113
Tabla 48. Personal participante en la capacitación y los valores esperados de la matriz de evaluación futura, al final de concretar la capacitación.	116
Tabla 49. Desarrollo de la temática de la sesión 2.	117
Tabla 50. Desarrollo de la temática de la sesión 2.	118
Tabla 51. Desarrollo de la temática de la sesión 3.	118
Tabla 52. Cantidad de cerraduras ensambladas, Cajas y canastillas utilizadas en 2024...120	
Tabla 53. Meta esperada para el ensamble de cerradura y requerimiento de cajas y canastillas.	120
Tabla 54. Tiempos de Operación de Canastillas -240.	123
Tabla 55. Tiempos de operación de Cajas -240.	123
Tabla 56. Tiempo estándar, distancia y tiempos de traslados entre procesos de Canastillas C-240.	124
Tabla 57. Tiempo estándar, distancia y tiempos de traslados entre procesos de Caja C-240.....	124
Tabla 58. Tiempo estándar y Capacidad diaria de Operaciones de Canastilla C-240.	125
Tabla 59. Tiempo estándar y Capacidad diaria de Operaciones de Caja C-240.	125

Tabla 60. Tabla de establecimiento de la meta de Producción de prensas.....	132
Tabla 61. Avance de producción del 1 al 5 de julio. Del área de prensas.	133
Tabla 62. Estado actual y propuesta de los tiempos y desplazamientos del prensado de Cajas.	137
Tabla 63. Estado actual y propuesta de los tiempos y desplazamientos del prensado de Canastilla.	137
Tabla 64. Tiempos por operación de canastillas, considerando traslado actual y propuesto.	137
Tabla 65. Tiempos por operación de cajas, considerando traslado actual y propuesto.	138
Tabla 66. Mix de producción Actual. Línea de prensas de Cajas y canastillas.	139
Tabla 67. Mix de producción Propuesto.....	140
Tabla 68. Costos de propuesta de hojas de verificación y control.	141
Tabla 69. Costos de propuesta de Gestión Visual.	142
Tabla 70. Costos de la propuesta de Capacitación en afilado de Brocas, basado en matriz de competencias.	143
Tabla 71. Costos de propuesta de implementación de Sistema Kanban para línea de prensas de Cajas y canastillas.	143
Tabla 72. Costos de propuestas de implantación de Gestión Visual para línea de cajas y canastillas.	144
Tabla 73. Costos de propuesta de balance línea, Modificación de ubicación de prensas.	144
Tabla 74. Beneficios de implementación de Hojas de Verificación y control.....	145
Tabla 75. Beneficios de implementación de Gestión Visual en línea de mecanizado de CPC.....	145
Tabla 76. Beneficios de Implantación de Capacitación básica de afilado de brocas en el área de mecanizado de CPC.....	146
Tabla 77. Beneficios de establecimiento de mix de producción de línea de prensa de cajas y canastillas una vez implementado Kanban, Gestión visual y Balance.....	147
Tabla 78. Resumen de costo de Inversión y ahorro de implementación de Herramientas Lean.....	148
Tabla 79. Costos de mantenimiento de las Herramientas.	149
Tabla 80. Flujo de caja.	150
Tabla 81. Cálculo del Factor de Descuento para cada periodo.....	151
Tabla 82. Flujo del VAN de forma periódica.....	152
Tabla 83. Resume de indicadores económicos.	153

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Los 4ps, que agrupa los 14 principios de la filosofía Toyota: Filosofía, Procesos, Personas – Socios, Solución de problemas.....	8
Figura 2. Los 14 principios del sistema de producción Toyota.	9
Figura 3. Casa Toyota; El cual explica la filosofía lean Manufacturing.....	17
Figura 4. SIPOC y la Interacción con la Empresa.	22
Figura 5. Ejemplo de diagrama de Pareto de las quejas de un hotel.	24
Figura 6. Diagrama Ishikawa. (Causa – Efecto).	25
Figura 7. Patrones de Reorden.	32
Figura 9. Sistema Pull y Kanban.	33
Figura 10. Modelo de Tarjeta Kanban.	35
Figura 11. Mapa de proceso de Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados.	41
Figura 12. Análisis de Productos más vendidos por modelo de candado -2024.	43
Figura 13. Análisis de productos más vendidos por modelos de cerraduras -2024.....	45
Figura 14. Porcentaje de Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Cerraduras periodo 2023-2024.....	53
Figura 15. Porcentaje de Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Candados periodo 2023-2024.....	54
Figura 16. Proceso de Cerraduras.....	55
Figura 17. Proceso de Candados.....	55
Figura 18. Número de horas extras y costo asociado de forma mensual periodo 2024-2025.....	58
Figura 19. Ratio de Costo total (PEN) / producción (Unidades).	59
Figura 20. Ratio de Costo Mano de obra directa (PEN) / producción (Unidades).	57
Figura 21. Ratio de Costo de herramientas (PEN) / producción (Unidades).	60
Figura 22. Ratio de Costo de receta (PEN) / producción (Unidades).	60
Figura 23. Ratio de Costo de insumos químicos (PEN) / producción (Unidades).	61
Figura 24. Ratio de Costo de servicios de racks (PEN) / producción (Unidades).	61
Figura 25. Ratio de Costo de Otros Servicios (PEN) / producción (Unidades).	62
Figura 26. Porcentaje de observados de ensamble de cerraduras (100 % X Unidades observadas / Unidades producidas). Perdido 2024-2025.....	62

Figura 27. Porcentaje de observados de ensamble de candados (100 % X Unidades observadas / Unidades producidas). Perdido 2024-2025.....	63
Figura 28. producción Mensual (Unidades) vs ratio de numero de componentes rechazados / Total de unidades producidas (Productos terminado).	63
Figura 29. Registro de accidentes mensuales durante los periodos 2024-2025.	64
Figura 30. Registro de incidentes mensuales durante los periodos 2024-2025.	64
Figura 31. Macroprocesos Claves de Empresa de Manufactura de Cerraduras y Candados.....	65
Figura 32. Grafica de la Evaluación Cualitativa de los Macroprocesos.	67
Figura 33. Costos de Rechazos del periodo 2024 (Soles).....	68
Figura 34. Número de persona asignadas a cada área en promedio en el periodo 2024....	69
Figura 35. Número de accidentes originados en cada área en el periodo 2024.	70
Figura 36. Tiempo acumulado de paradas del periodo marzo 2025, en cada área de trabajo (Minutos).	71
Figura 37. Diagrama de Pareto de los resultados de ponderación de las Áreas evaluadas.	73
Figura 38. Gráfico de Pareto de los problemas de las áreas seleccionadas.	76
Figura 39. PR01: Diagrama causa efecto Incremento de piezas rechazadas y/o observadas (Mecanizado de CPC).	80
Figura 40. Diagrama causa efecto PR02: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	81
Figura 41. Diagrama causa efecto PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	82
Figura 42. Diagrama causa efecto de PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	83
Figura 43. Matriz de Impacto – Esfuerzo.	91
Figura 44. Cilindro de 7pines y 5 pines.	100
Figura 45. PCE 7PM.	101
Figura 46. Diagrama de operaciones de proceso de Cilindros de 7P / 5P.	101
Figura 47. Diagrama de Operaciones de proceso de PCE 7 PM.	102
Figura 48. PCE 7PM rechazado, PCE 7PM Forjado y Porcentaje de rechazo de PCE 7PM. Del periodo Enero a diciembre del 2024.	104
Figura 49. Producción de cilindros de 7P y 5P, Rechazos de cilindros de 7P y 5P y porcentaje de rechazos de cilindros de 7P Y 5P. Del periodo enero a diciembre del 2024....	104

Figura 50. Costo de herramientas utilizadas en el proceso productivo en máquinas TRA10 y TRA11, en el periodo enero 2024 al marzo del 2025.	105
Figura 51. Porcentaje de paradas por falta de herramientas afiladas con respecto al total de paradas en maquina periodo Enero a mayo 2025.	105
Figura 52. Plan de componentes PCE 7PM.	106
Figura 53. Formato de control de PCE 7PM.....	108
Figura 54. Porta muestras para colocación de observaciones.	109
Figura 55. Tablero de control visual de Maquina Transfer TRA -10.	110
Figura 56. Diagrama de Operaciones de proceso del prensado de Caja C-240.	121
Figura 57. Diagrama de Operaciones de proceso del prensado de Canastilla C-240.	122
Figura 58. Distribución y secuencia de Proceso de fabricación de canastillas C-240 (Área Prensa).	127
Figura 59. Distribución y secuencia de Proceso de fabricación de cajas C-240 (Área Prensa).	128
Figura 60. Tarjeta Kanban para el componente Canastillas.	130
Figura 61. Tarjeta Kanban para el componente Cajas.	131
Figura 62. Producciones diarias de prensas.	133
Figura 63. Cartel del día de Accidentes.	134
Figura 64. Tablero Kanban para el proceso de prensado de cajas y canastillas.	135
Figura 65. Distribución de la línea de prensa de Cajas y Canastillas.	136

INTRODUCCIÓN

En la actualidad donde las organizaciones están en arduo nivel de exigencia y la competitividad hace que no baste en enfocar el desarrollo de los negocios en el concepto de productividad si no más el concepto de eficiencia y optimización de los recursos, la cual brinde mayores niveles de rentabilidad a la organización.

Muchos líderes de las organizaciones en especial de la micro y pequeñas empresas en el Perú no utilizan las herramientas profesionales en la adecuada medición del desempeño de sus organizaciones. En el caso puntual de este proyecto, se analizará los procesos de producción de una empresa metalmecánica de fabricación de cerraduras y candados, utilizando herramientas Lean Manufacturing y Six Sigma.

Los líderes actuales deben estar en constante valuación y análisis del desempeño de sus organizaciones para de esta manera utilizar este estudio como línea base para despertar ideas y propuestas de mejora y marquen las diferencias de sus competidores, creando de esta manera la mejora continua que en muchas ocasiones queda en el papel o en las hojas de un libro, de esta manera las organizaciones pueden crear ventajas competitivas que le permitan destacar de la competencia.

EL presente proyecto de tesis a desarrollar iniciara con un resumen introductorio del contexto en que se desarrolla el proyecto de investigación y de lo que describirá y desarrollara a lo largo del proyecto, identificando el negocio en que de la organización estudiada.

A continuación, realizaremos una breve descripción de los capítulos que serán desarrollados como un despliegue de la temática abordar en cada uno de estos.

Capítulo 1. Marco Teórico. Revisión de conceptos teóricos que serán tomados como referencia y utilizados en los capítulos de Análisis y propuesta de mejora utilizando herramientas lean Manufacturing en los procesos de producción de una empresa de fabricación de cerraduras y candados.

Capítulo 2: Estudio del caso. Descripción breve de la empresa, analizando y describiendo el plan estratégico de la empresa y las estrategias del negocio, para luego describir los procesos y la interacción de forma interna y externa de la organización.

Capítulo 3: Análisis y Diagnóstico. Realizar un Análisis y diagnóstico de la situación actual de la organización, utilizando las herramientas y metodología Lean Manufacturing, luego del análisis se realizará un cuadro de valoración con los puntos de mejora, en los que la organización debe hacer énfasis para mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos productivos.

Capítulo 4 : Desarrollo de la metodología y propuesta de mejora . En este capítulo evaluaremos los puntos críticos seleccionados, en lo que la empresa deberá hacer énfasis para mejorar la eficiencia y eficacia. Aquí se determinará que herramientas Lean Manufacturing que utilizaremos como propuesta de mejora.

Capítulo 5. Evaluación Económica de la Propuesta de Mejora. En esta etapa de describirá los costos involucrados de forma directa e indirecta en la propuesta de mejora como la realización de un proyectado de recuperación de capital para lograr estimar el tiempo de recuperación.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones. En la cual brindaremos las conclusiones y recomendaciones propuestas, a la finalización del proyecto de investigación.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo a desarrollar en el proyecto de tesis, se hará una breve descripción del marco teórico referencial de las herramientas que utilizaremos para poder elaborar un análisis, evaluación y propuesta de mejora. Revisaremos herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, destacando las herramientas de Diagnóstico, Estandarización, Planificación, Ejecución, Control, Mejora. De la misma forma revisaremos los principios de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) y las herramientas del para el desarrollo de Six Sigma.

1.1. Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing o también llamada Manufactura Esbelta o ágil, es el nombre que recibe el sistema Just in Time en Occidente, También se ha llamado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota. Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados. (Socconini, L, 2008, p,11).

1.1.1. Antecedentes del Lean Manufacturing.

Desde el inicio del análisis del estudio del trabajo, F.W. Taylor (1856-1915), pasando por el Justo a tiempo creado por Kiichiro Toyoda (1894-1952), hasta los últimos años donde estudiamos la Industria 4.0, el concepto Lean ha ido evolucionando y siendo mas utilizado por las organizaciones que buscan optimizar los procesos.

El Lean Manufacturing, tiene como centro la eliminación de los desperdicios o también llamadas mudas, utilizando distintas herramientas y metodologías, las cuales vieron sus orígenes en Japón, específicamente en la fábrica Toyota, La metodología lean tiene como objetivos dentro de las organizaciones el incremento de los índices de productividad, eficiencia, competitividad y su rentabilidad reflejada en la generación de riqueza.

En la Tabla 1, se muestra un resumen en formato de tabla de la evolución de la filosofía a lo largo de los años.

Tabla 1. Resumen de la evolución de la filosofía lean

AÑO	DESCRIPCION	PERSONAJE
1911	Administración científica; Estudio del trabajo Libro: Principios y métodos de gestión científica.	F.W. Taylor (1856-1915)
1913	Fordismo. automóviles a bajo costo; producción en cadena	Henry Ford (1863-1947)
1924	Rey Japones de los inventos (40) Fabrica de telares JIDOKA, 5 Por qué.	Sakichi Toyota (1867-1930)
1937	fundador de Toyota Padre del Just in time. - fabricación en Serie.	Kiichiro Toyoda (1894-1952)
1950	El maestro de la innovación Toyota – Empresa de clase mundial	Eiiji Toyoda (1913-2013).
1960	Maestro de Taiichi Ohno) Poka Yoque, SMED.	Shigeo Shingo (1909-1990)
1978	Creador de Toyota Production Sistema. (TPS) Andon, MUDA; KAIZEN, Heijunka, etc.	Taichi Ohno
1990	Womack, Jones; Ross La máquina que cambio al mundo. (Japón)	Jones y Womack Lean Thinking
2003	14 Principios del modelo Toyota (4p) Philosophy, Process, Peple, Problems. Libro: Las claves del éxito de Toyota,	Jeffrey Liker
Hoy	Lean Health, Lean Construction, Lean Office Lean Start up, Lean analitycs, Lean Projet	Industria 4.0

Nota. En la table 1, se busca ordenar de forma cronológica los principales sucesos en la evolución del concepto Lean Manufacturing, Socconini, L. (2008). Lean Manufacturing paso a paso: El sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios. Editorial Norma.

1.1.2. Beneficios del Lean Manufacturing.

Con la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing la organización en tenido los siguientes beneficios:

- Reducción en los costos de producción
- Reducción en los costos de compras
- Disminución de los inventarios
- Disminución en el área ocupada por la planta
- Aumento de la calidad de sus productos
- Disminución del lead time
- Aumento de la eficiencia y de la productividad
- Mermar la rotación del personal
- Incrementar los índices de motivación del personal
- Aumentar la utilidad del negocio.

Antes de abordar la descripción general de las principales herramientas Lean, es útil incidir en las grandes oportunidades de mejora que presentan los sistemas productivos. Las oportunidades más comunes corresponden mayoritariamente a desperdicios que dependen de la propia organización. Se ponen en evidencia las grandes posibilidades de mejora existentes en la fábrica y es la mejor presentación para mostrar cómo las técnicas Lean que se exponen en los siguientes capítulos pueden ayudarnos en el camino de la mejora de nuestra competitividad. 19 John Andrés Muñoz Guevara, César Augusto Zapata Urquijo, Pedro Daniel Medina Varela La aplicación de la filosofía Lean Manufacturing al rededor del mundo, ha demostrado ser una de las formas más exitosas a la hora de mejorar la eficiencia y la productividad de las empresas. Las empresas de Manufactura de Clase Mundial están en la búsqueda constante de abaratar sus costos de fabricación, mejorar la calidad de sus productos y cumplir plenamente las necesidades de sus clientes. Y esto es solo posible cuando todo el personal de la empresa está enfocado en la mejora continua, la búsqueda de la perfección y en lograr realizar su trabajo de forma más inteligente (Hernández & Vizán, 2013).

1.1.3. Principios del pensamiento Esbelto.

El pensamiento esbelto es primordial identificar el valor, mapear los procesos y crear un flujo continuo de estas

a). Identificar el Valor.

El valor sólo puede definirlo el consumidor final. Y solamente es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o servicio, y a menudo ambos a la vez) que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto, en un momento determinado. El valor lo crea el productor. Desde el punto de vista del cliente, esta es la razón por la que existen productores. No obstante, por multitud de razones, es muy difícil definir el valor de modo preciso por parte de los productores.

Valor del cliente: Especificaciones, características de un bien y servicio el cliente está dispuesto a pagar,

Valor para la empresa: Actividades que generan valor.

b). Mapear el Flujo de Valor

Identificar el conjunto de acciones requeridas para pasar un producto específico (Bien o Servicio, o una combinación de ambos) por las 3 tareas de gestión críticas en una empresa.

La tarea de solución de problemas: Iniciando desde la concepción, diseño, ingeniería y lanzamiento.

La tarea de gestión de la información: Iniciando desde la recepción del pedido hasta la entrega al cliente.

La tarea de transformación física: Iniciando el proceso desde las materias primas hasta las distintas transformaciones del producto entregado en las manos del cliente.

Estas acciones se identificarán en la totalidad del flujo para cada producto (o, en algunos casos, para cada

- Se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca:
- Se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero que son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponibles
- Nos daremos cuenta de que muchos pasos adicionales no crean valor alguno y pueden evitarse de modo inmediato (muda tipo dos).

c). Flujo Continuo.

Las organizaciones Lean, deben promover la creación de un flujo continuo de los procesos, eliminando retrasos y esperas entre procesos

Buscar crear un flujo de trabajo continuo, significa eliminar las interrupciones, reducir los tiempos de espera y los inventarios.

Facilitar del flujo de los materiales y productos del proceso utilizando herramientas como Teoría de restricciones (TOC), Kanban; Hejunka, estandarización. SMED, SWP.

- Sistema Pull.
- Producir solo lo necesario, en la cantidad necesaria y en el momento necesario, para de esta manera, minimizar el desperdicio y los costos asociado

El flujo del trabajo en función a la demanda. Enfocándonos en una producción justo a tiempo.

- Perfección.

Las organizaciones Lean están llamadas a fomentar la mejora continua para alcanzar la perfección, eliminando gradualmente todas las formas de desperdicio

Orientado a la cultura organizacional, teniendo una cultura KAIZ

EN y de mejora continua, utilizando herramientas como Kakaku; PDCA, análisis de causa y planes de acción.

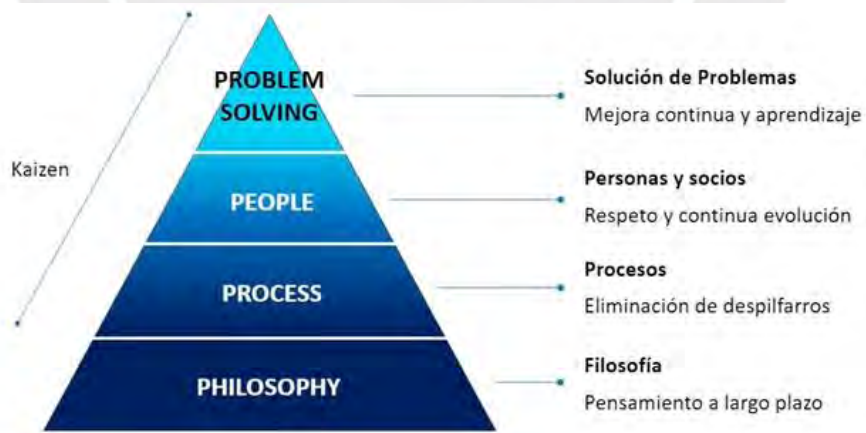
1.1.4. Principios del TPS.

El elemento fundamental para el funcionamiento del TPS, son las personas que conforman los sistemas humanos encargados de impulsar la excelencia operacional.

a). Este modelo está basado en 4 principios fundamentales, denominados las 4P del Modelo Toyota (Ver figura 1):

- Philosophy (Filosofía): debemos basar nuestras acciones en una visión a largo plazo, aunque existan pérdidas a corto plazo.
- Process (Procesos): la ejecución del proceso correcto tendrá por consecuencia el resultado correcto.
- Persons and partners (Personas y asociados): se debe agregar valor a la organización desarrollando a las personas que la conforman.
- Problem solving (Resolución de problemas): se debe convertir la resolución de problemas en la base del aprendizaje organizacional.

Figura 1. Los 4ps, que agrupa los 14 principios de la filosofía Toyota: Filosofía, Procesos, Personas – Socios, Solución de problemas.



Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo Jeffrey K. Liker, Grupo Planeta, 2019

b). Los 14 principios de la filosofía Toyota.

En su libro “The Toyota Way” Jeffrey K. Liker fundamenta el éxito de Toyota en 14 principios que se asignan a cada una de las 4 Ps.

Los 14 principios en que se basan los principios de producción Toyota están agrupados en 4P (Philosophy, Process, People, Problem Solving), como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Los 14 principios del sistema de producción Toyota.



Fuente. Las claves del Éxito Toyota – Jeffrey K. Liker.

En la P de filosofía encontramos:

Principio 1: “Basa tus decisiones gerenciales, en objetivos a largo plazo, incluso a costo de resultados financieros a corto plazo”.

En este principio se reconoce un marcado componente ético, que nos insta a tener comportamientos responsables para lograr que el desarrollo de la organización sea sostenible en el tiempo.

En la P de procesos se presentan:

Principio 2: “Crear flujos de trabajo que sean capaces de traer los problemas a la superficie”.

Haciendo referencia a la creación de procesos de flujo continuo transparentes, para que se más fácil identificar anomalías, estos procesos deben estar estrechamente ligado a las personas, ya que serán ellos quienes tengan la capacidad para reconocer y solucionar los problemas. Para esto Lean propone la formación de equipos por producto, en lugar de por procesos, con el fin de que los equipos tengan los recursos necesarios para realizar todas las tareas necesarias, desde el principio hasta la entrega del producto al cliente. Reduciendo además el desperdicio que se genera en tareas de comunicación y coordinación entre diferentes células de trabajo.

Principio 3: “Utilice sistemas Pull, del cliente hacia la línea de producción”.

El principio de tracción Pull, es uno de los fundamentos de la teoría JIT (Just In Time), la cual representa uno de los pilares de TPS. El exceso de inventario es considerado como un desperdicio o Muda, dentro de TPS, por eso se busca que la demanda del producto (el cliente) determine cuánto producir, reducir el tamaño de las entregas generará un menor costo de inventario y disminuye el riesgo de obsolescencia del producto.

La solución de Toyota, para asegurar un flujo del sistema sin contar con inventario, esta basada en el uso de tarjetas Kanban, un elemento cuyas características y usos, veremos más adelante de manera detallada

Principio 4: “Estabiliza la carga de trabajo”. (Heijunka)

El flujo de producción debe ser continuo y estable, buscando estar nivelado. Esto puede sonar algo complicado cuando trabajamos con un modelo JIT y nuestra demanda es demasiado variable, demandando

TPS propone regular la demanda antes de convertirla en un programa de producción, sino esta puede obligarnos a tener disponibles equipos humanos y tecnología muy por encima de las necesidades reales en ciertos momentos.

Principio 5: “Construye una cultura orientada a dejar de arreglar problemas, centrada en conseguir resultados de calidad a la primera”.

Empoderar a personas del equipo para que conjuguen ejecución y calidad, Toyota utiliza para el sistema de cuerdas “andón”, las cuales cada trabajador puede tirar al detectar una anomalía, deteniendo por completo la línea de producción hasta que se soluciona el problema.

Esto evita que los defectos pasen a los procesos siguientes, y repercuta en de los aspectos críticos para la satisfacción del cliente, la calidad.

Principio 6: “El trabajo estandarizado es la base de la mejor continua y del empoderamiento de los empleados”.

Si bien TPS busca la mejora continua reconoce los procesos estandarizados (mientras aún están vigentes) como la mejor práctica para reducir variación y dar autonomía a las personas.

Es decir que la estandarización representa las mejores prácticas que conocemos hoy y no son la meta, sino el inicio del ciclo de mejora continua.

“Es imposible mejorar ningún proceso hasta que se haya estandarizado. Si el proceso cambia continuamente, cualquier mejora será sólo una variación más del método que se usará alguna vez y se ignorará en la mayoría de las ocasiones” Imai (Kaizen 1986).

Principio 7: “Usa controles visuales para que los problemas sean evidentes”.

Crear controles visuales sencillos, permite reconocer cuando se produce una situación fuera de los estándares y de esta manera reconocer el problema para buscar las soluciones. En Toyota estos controles visuales están integrados dentro del proceso y sirven para dar valor añadido al mismo. Utilizándose herramientas como Andon, Kamishibai, OPL (One Point Lesson), el Informe A3, etc.

Principio 8: “Utiliza tecnología fiable y contrastada que dé servicio a las personas y procesos”.

La tecnología que se integra a nuestros procesos debe ser la apropiada para el proceso y las personas, y su uso debe estar destinado a ayudar a las personas y no a reemplazarlas. Porque como afirma Eiji Toyoda “Debemos recordar que al final son los individuos quienes va a resolver los problemas”.

En la P de personas y asociados encontramos:

Principio 9: “Desarrolla líderes que sean referentes de la cultura y de la manera de hacer el trabajo y enseñen a los demás”.

La cultura organizacional es la esencia de nuestra empresa, por este motivo es mejor buscar a las personas con potencial que ya se encuentran en nuestra organización y viven la filosofía de la empresa, ayudarlas a desarrollar un conocimiento profundo del trabajo y transmitirlo a los demás.

Principio 10: “Desarrolle personas y equipos que sean capaces de obtener resultados excepcionales, siguiendo la filosofía de la empresa”.

Las organizaciones deben fomentar una fuerte cultura organizacional fuerte e invertir en sus equipos de trabajo para que aprendan a buscar soluciones en conjunto, alineados con el objetivo de la empresa.

Haciendo del trabajo en equipo la base de los procesos, estructurando estos para dar apoyo a los equipos que albergarán a los agentes creadores de valor, que son las personas.

Principio 11: “Muestra el debido respeto a tu red de asociados, desafiándoles y ayudándoles a mejorar”

Integra el concepto de empresa extendida, como un elemento de la cultura de la empresa, teniendo en cuenta los socios y proveedores como eslabones de la cadena de valor de Toyota.

En la P de resolución de problemas se presentan:

Principio 12: “Ve y observa por ti mismo para entender la situación en profundidad”.

Este principio no dice que es más preciso para determinar la raíz y causa de un problema, valorarlo personalmente allí donde este se produce, por encima de informes e interpretaciones de terceros.

Principio 13: “Toma decisiones lentamente y por consenso e implementa las soluciones rápidamente”.

Nemawashi es un método japonés usado para tomar decisiones, se utiliza en el día a día para obtener la opinión de los implicados a través de conversaciones informales antes de llevarlas a un ámbito de toma de decisión formal (ringi-system). De esta manera se obtiene soluciones enriquecidas desde diferentes puntos de vista, que al ser aplicados de una manera rápida producen impactos de la misma manera.

Principio 14: “Conviértete en una organización de aprendizaje mediante la reflexión (hansei) y la mejora continua (Kaizen)”

Este principio engloba tres conceptos:

El Hansei representa el proceso de auto reflexión y reconocimiento de errores propios como la base para la mejora, lo cual nos da lugar al Kaizen, que no es otra cosa que cambios introducidos para mejorar.

En definitiva, nuestra organización tiene que aprender de sus errores e introducir cambios para la mejora continua en base a los aprendidos de manera constante.

Y por último el Yokoten, compartir el aprendizaje y las ideas del Kaizen que han sido exitosas, a través de la organización de forma lateral, para que el conocimiento sea abrazado por toda la empresa.

Como puedes ver, Lean y los principios del Sistema de Producción Toyota no solo son aplicables a la industria automotriz, sino que también ofrecen valiosas lecciones para cualquier organización que busque mejorar su eficiencia, calidad y sostenibilidad. Al adoptar estos principios, las empresas pueden aprender a reducir desperdicios, optimizar procesos y cultivar un entorno de trabajo colaborativo y respetuoso.

c). Desperdicios.

A continuación, describimos los siete grandes tipos de pérdidas que ha identificado Toyota, el desperdicio que no añade valor en procesos de la empresa o de la producción. Estos tipos se pueden aplicar al desarrollo de producto, a la generación de órdenes, válidos también en la oficina y no sólo en las líneas de producción. A éstos se les añadiría un octavo desperdicio, el talento no utilizado.

Taiichi Ohno definió 8 tipos de desperdicio (MUDA). Algunos autores indican otros tipos adicionales. Para las empresas en general, el concepto de desperdicio o despilfarro puede quedar circunscrito a aspectos tales como:

(1) Sobreproducción: Producir solo la cantidad exacta que el Cliente necesita cuando la necesita. Este desperdicio implica la coexistencia de casi todos los demás desperdicios: falta de talento para evitar todos los desperdicios ligados, despilfarro de inversión por inventario, desperdicio por transporte y movimientos innecesarios, tiempos de espera, espacio mal ocupado, etc.

(2) Tiempo / Espera: Evitar retrasos por falta de instrucciones, decisiones, materiales, descomposturas, fallas, errores, ajustes, cambios de configuración de equipo o maquinaria, montajes a destiempo, setup, etc.

(3) Transporte innecesario: Evitar el transporte de materiales, equipo, maquinaria e información que no añada valor agregado al producto final.

(4) Producción Defectuosa / Reprocesamiento / Rechazos: Se debe realizar todo esfuerzo para evitar y eliminar errores, fallas, defectos. Evitar la necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas.

(5) Exceso de Inventario / Material/ Espacio / Efectivo: Convertir todo el material en producto final. Evitando excedentes de materias primas y chatarra o basura. Manteniendo un flujo constante hacia el Cliente y no tener material ocioso o parado. Evitando el desperdicio del costo de capital invertido, debido a la pérdida de costo de oportunidad de una inversión 7 más redituable. Desperdicio de espacio ocupado por materias primas y producto terminado innecesarios.

(6) Sobre procesamiento / Complejidad / Energía: Resolver los problemas y desarrollar el proceso en la forma más simple. Las soluciones complejas tienden a producir más desperdicio y son más difíciles de realizar para la gente. Utilizar el equipo y los servicios de la gente en la forma más productiva y simple, evitar operaciones improductivas, consumo en exceso de potencia o energía innecesaria. Mejoras invisibles y sin valor desde la perspectiva del Cliente son encarecimientos innecesarios.

(7) Exceso de Movimiento (Innecesario) / Labor: Evitar el movimiento o postura injustificada de las personas por mala ergonomía o mala ubicación del equipo, información, maquinaria, herramientas, materiales y el punto de recibo y/o entrega de la actividad, producto o servicio a realizarse. Reorganizar equipo, gente y estaciones de trabajo para lograr la mejor distribución de planta y optimizar el espacio y movimiento.

(8) Talento no utilizado: Se debe aprovechar al máximo la capacidad de cada uno de los miembros de la organización, para detectar los posibles desperdicios en las diferentes áreas de desenvolvimiento y priorizar su adecuación en función de un análisis de costo contra beneficio de los 8 limitados recursos disponibles. En lo personal, el Talento Humano es el principal recurso y el no aprovecharlo plenamente es el mayor de los desperdicios en que se pueden incurrir.

Las fuentes de desperdicio están relacionadas entre sí y por lo tanto al deshacerse de una fuente de despilfarro puede conllevar a eliminar o reducir otros desperdicios adicionales. Quizá otra de las fuentes más significativas de desperdicio sea el inventario. El Trabajo en Proceso (WIP Work in Process) así como los inventarios de materia prima y producto terminado no añaden valor agregado a un producto y por lo mismo se deben eliminar o por lo menos reducir al máximo. Cuando el inventario de materia prima y WIP se reduce, los problemas ocultos irán

apareciendo y se debe tomar una acción correctiva inmediatamente. Si se desea reducir el inventario, se debe reducir el tamaño de lote a producir. Debiéndose reducir el tiempo de setup o configuración. Otra forma de reducir el inventario es minimizando los tiempos de paro del proceso, por medio de un eficiente y efectivo mantenimiento. Al reducir el inventario se reducen otros desperdicios como son el espacio físico, ocupado por las materias primas y productos terminados no indispensables o no requeridos en ese momento. El desperdicio de tiempo de espera se reduce al mejorar el tiempo requerido para el setup o cambio de configuración. Se reduce consecuentemente el capital invertido en inventario y se mejora el flujo de efectivo; se reduce el desperdicio de transporte, tiempo por manejo y control del inventario innecesario, riesgos de daño y de obsolescencia, etc.

d). Casa Toyota.

El modelo de pensamiento Lean es un sistema complejo ya que se desarrolla en varias dimensiones, para dotar un poco más de coherencia la explicación de sus elementos utilizaremos el modelo de la “Casa Toyota”, la cual expone de una manera más gráfica la interrelación entre los principales conceptos y las técnicas Lean. Vea la figura 3 , para mas detalle.

1). Base o Cimientos.

En la base de la casa Lean encontraremos todo lo relacionado con la estrategia y el desarrollo, estos elementos son los cimientos ya hacen referencia a una cultura de empresa orientada al largo plazo y a la mejora continua (Kaizen), una gestión que permite que todos los implicados tengan la información adecuada, unos procesos capaces y realizados según el mejor estándar conocido, y una carga de trabajo nivelada, conocido como Heijunka.

2). Polares.

Por encima de la base estratégica, de desarrollo y de estandarización, se alzan los pilares que soportarán este sistema de producción.

Uno de los dos grandes fundamentos es lo relacionado con el sistema pull, es decir los plazos y el otro la calidad planteada desde el origen, consiguiendo a través de los estos dos pilares, detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz para que los defectos no pasen a las estaciones siguientes.

3). Tejado.

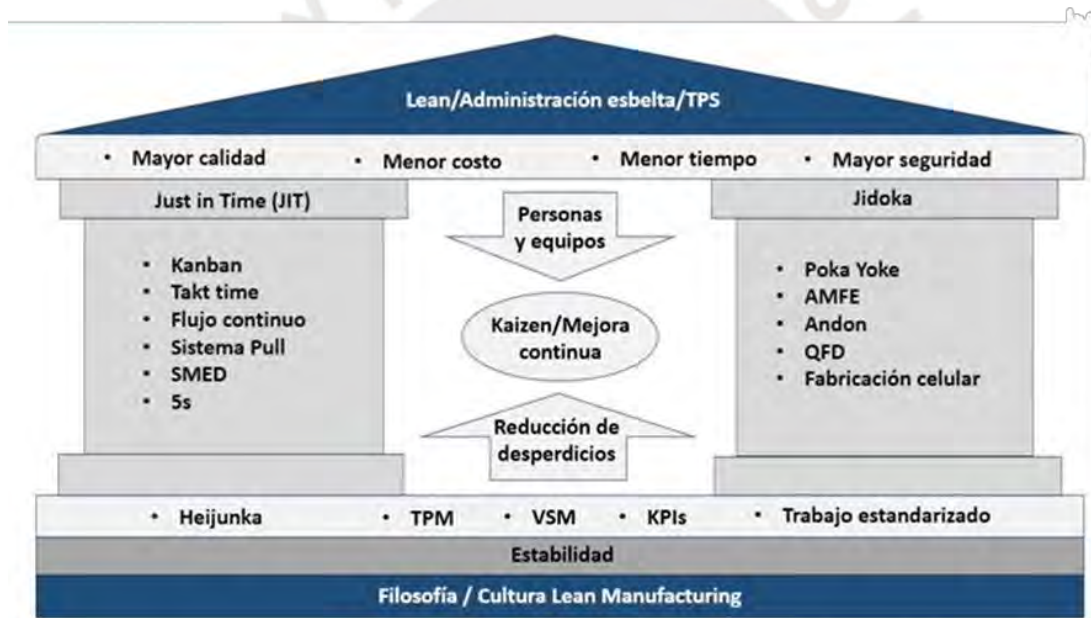
Sostenidos por los pilares encontramos el techo o tejado de la casa, donde se alojan conceptos como la calidad máxima, mínimo coste y mínimo Lead Time.

4). Corazón.

Esta estructura alberga el corazón de la casa el cual está representado por la mejora continua y la eliminación del despilfarro.

Además del elemento fundamental para el funcionamiento de Lean, que son las personas que conforman los sistemas humanos encargados de impulsar la excelencia operacional.

Figura 3. Casa Toyota; El cual explica la filosofía lean Manufacturing.



Se muestra la Casa Toyota, que muestra la filosofía Lean Manufacturing, Jeffrey K. Liker (2006). Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. Ediciones gestión 2000 - Planeta De Agostini Profesional y Formación, S.L. Barcelona

1.1.5. Etapas de implementación Lean Manufacturing.

La implementación del sistema Lean Manufacturing no se limita a la aplicación de herramientas aisladas, sino que implica una transformación cultural y estructural dentro de la organización. De acuerdo con Womack y Jones (2003), el éxito del modelo Lean depende de comprender su filosofía antes de intentar aplicar sus técnicas, asegurando que toda la organización se enfoque en la eliminación sistemática de desperdicios y la generación de valor al cliente.

Socconini (2008) señala que la implantación de Lean debe desarrollarse de manera gradual, iniciando con la sensibilización del personal y continuando con la estandarización, la mejora de procesos y la consolidación del sistema. La mayoría de los autores coinciden en que el proceso de implantación Lean puede dividirse en **cinco etapas secuenciales**, tal como se resume en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Etapas de implementación – Lean Manufacturing.

Etapa	Descripción	Objetivos principales	Herramientas clave
1. Diagnóstico y sensibilización	Evaluación inicial de los procesos, identificación de desperdicios (muda) y capacitación del personal en los principios Lean.	Crear conciencia organizacional y compromiso con la mejora.	VSM, 5S, observación Gemba.
2. Estandarización y orden	Implementación de metodologías para normalizar tareas, reducir variabilidad y establecer bases para el control visual.	Garantizar estabilidad operativa y control de procesos.	5S, Gestión Visual, Estandarización.
3. Mejora de flujo y reducción de desperdicios	Reconfiguración de procesos y layout para mejorar el flujo continuo y reducir tiempos muertos.	Aumentar eficiencia y sincronización de operaciones.	VSM, Kanban, SMED, Balance de Línea.
4. Control y sostenibilidad	Creación de tableros visuales, indicadores Lean y auditorías internas.	Mantener los logros alcanzados mediante monitoreo y control.	Tableros de Gestión, OEE, TPM, KPI Lean.
5. Cultura Kaizen y mejora continua	Integración del pensamiento Lean como parte del comportamiento organizacional.	Fomentar innovación, aprendizaje y mejora permanente.	Kaizen, Círculos de calidad, Matriz de habilidades.

Fuente: Elaboración Propia. Adaptado de Socconini (2008); Muñoz Guevara, Zapata Urquijo y Medina Varela (2022); Liker (2006); Womack & Jones (2003).

1.1.6. Indicadores del Lean Manufacturing.

La medición del desempeño es un pilar fundamental en el sistema Lean Manufacturing, ya que permite evaluar el grado de eficiencia, la reducción de desperdicios y la estabilidad de los procesos productivos. Según Socconini (2008) y Muñoz Guevara, Zapata Urquijo y Medina Varela (2022), los indicadores Lean son métricas cuantitativas y cualitativas que sirven para monitorear la efectividad de las herramientas aplicadas, identificar desviaciones y asegurar la mejora continua en toda la organización.

En la Tabla 3, se muestra algunos de estos indicadores.



Tabla 3. Indicadores de Lean Manufacturing

Categoría	Indicador	Descripción	Objetivo principal
Productividad y eficiencia	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	Mide la eficiencia global de los equipos considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.	Evaluar la efectividad del uso de maquinaria.
	Lead Time (Tiempo total del proceso)	Tiempo desde el inicio hasta la entrega del producto.	Reducir tiempos de ciclo y mejorar el flujo.
	Takt Time	Ritmo de producción necesario para satisfacer la demanda.	Sincronizar producción con el cliente.
	Tiempo de cambio (SMED)	Duración de los cambios de herramienta o modelo.	Aumentar flexibilidad y reducir tiempos improductivos.
Calidad	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Mide la frecuencia de defectos en los procesos.	Alcanzar niveles cercanos a cero defectos.
	First Pass Yield (FPY)	Porcentaje de productos buenos sin retrabajos.	Evaluar calidad en el primer intento.
Mantenimiento	MTBF (Mean Time Between Failures)	Tiempo medio entre fallas.	Identificar confiabilidad de los equipos.
	MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo medio de reparación.	Minimizar tiempos de inactividad.
	Disponibilidad de máquina	Porcentaje de tiempo operativo sobre el total disponible.	Asegurar continuidad del proceso.
Logística y servicio	Inventario promedio (Días de cobertura)	Días que el inventario puede sostener la producción.	Reducir capital inmovilizado.
	On-Time Delivery (OTD)	Cumplimiento de entregas en el plazo acordado.	Asegurar confiabilidad ante el cliente.
Recursos humanos	Índice de polivalencia o matriz de habilidades	Nivel de competencias del personal en múltiples tareas.	Mejorar flexibilidad y autonomía del equipo.

Fuente: Elaboración Propia. Adaptado de Socconini (2008); Muñoz Guevara, Zapata Urquijo y Medina Varela (2022); Womack & Jones (2003); Liker (2006); Ohno (2018).

1.1.7. Herramientas de Lean Manufacturing.

El sistema Lean Manufacturing integra un conjunto de herramientas y metodologías orientadas a eliminar desperdicios, mejorar la eficiencia y asegurar la entrega de valor al cliente. Según Socconini (2008), Womack y Jones (2003) y Ohno (2018), estas herramientas actúan de manera complementaria dentro del sistema de producción ajustado, facilitando la estandarización, la mejora continua y la participación del personal en la optimización de los procesos. En la tabla 4. se realiza un resumen de las herramientas más usadas.

Tabla 4. Herramientas Lean Manufacturing.

Herramienta	Descripción sintetizada	Objetivo principal
5S	Metodología japonesa para crear y mantener lugares de trabajo organizados, limpios y seguros.	Mejorar la eficiencia y disciplina operativa.
Kaizen	Filosofía de mejora continua que busca pequeñas mejoras diarias con participación de todo el personal.	Incrementar la productividad y reducir desperdicios.
VSM (Value Stream Mapping)	Mapa del flujo de valor que identifica actividades que agregan o no valor.	Detectar y eliminar desperdicios en el flujo de procesos.
SMED (Single Minute Exchange of Die)	Técnica para reducir el tiempo de cambio de herramientas o matrices.	Aumentar flexibilidad y reducir tiempos improductivos.
Poka-Yoke	Dispositivo o método a prueba de errores.	Prevenir defectos y asegurar la calidad en origen.
Kanban	Sistema visual para controlar el flujo de materiales y producción bajo demanda.	Implementar un sistema <i>pull</i> de producción.
TPM (Total Productive Maintenance)	Estrategia de mantenimiento que involucra a todos los empleados en la conservación de equipos.	Aumentar disponibilidad y confiabilidad de maquinaria.
Heijunka	Nivelación de la producción mediante programación uniforme.	Reducir variabilidad y estabilizar el flujo productivo.
Jidoka	Autonomatización con un toque humano: detener la línea al detectar un defecto.	Garantizar calidad y prevenir errores repetitivos.
Balance de Línea	Distribución equitativa de tareas entre estaciones o operarios.	Eliminar cuellos de botella y equilibrar carga de trabajo.
Gestión Visual	Uso de tableros, indicadores y señales visuales para comunicar información clave.	Facilitar el control y la toma rápida de decisiones.

Fuente: Elaboración propia, tomando con referencia de Socconini (2008); Muñoz Guevara, Zapata Urquijo y Medina Varela (2022); Ohno (2018); Womack y Jones (2003); Liker (2006).

Es la parte inicial, para poder identificar la problemática y puntos de mejora de los procesos. Para la implementación de planes de mejor. De esta manera identificar un diagnóstico del estado inicial base y/o actual de los procesos.

Desarrollaremos las principales herramientas que se desarrollan en el presente trabajo de investigación.

1.1.7.1. Análisis SIPOC

EL SIPOC se presenta como una de tantas herramientas que se usan cotidianamente en la búsqueda de áreas de mejora. Se resume como una visión a vista de pájaro de todos los procesos de una empresa bajo una perspectiva particular, la cual viene dada por el significado de sus siglas Suppliers-Inputs-Process-Output-Customers (Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente). Véase figura 4.

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso
- Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

Después de que la ISO 9001, hiciera patente la importancia de la visión por procesos para poder aplicar las mejores herramientas y detectar las mayores áreas de mejora, SIPOC nos permite precisamente realizar eso, establecer una serie de subprocesos dentro de cada uno de los principales procesos de nuestra empresa.

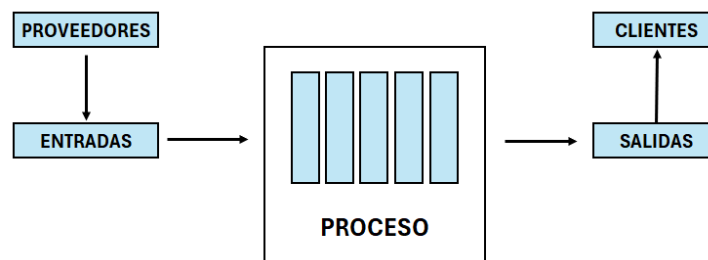
El detalle al cual se quiera llegar a través del SIPOC va a depender de múltiples factores como: complejidad organizativa, variación de tipos de procesos, complejidad técnica, etc. Por eso, lo más importante es conocer cómo funciona la herramienta SIPOC y así cada uno la podrá aplicar a su caso particular.

Es importante matizar que quizás, como una pequeña aproximación y visión más global, sea recomendable no “hacer mucho zoom” sobre cada uno de los procesos llegando a un detalle exageradamente concreto. Si hacemos esto quizá no podamos detectar las verdades áreas de

flaqueza de nuestra organización y corramos el riesgo de destinar demasiados recursos a procesos que, una vez mejorado, no logre una gran repercusión positiva en el conjunto del funcionamiento de la empresa.

La forma de actuar depende mucho de cada organización, pero por lo general se recomienda realizar un mapa de procesos general de la organización (en el caso de que todavía no se tenga) y plantear una serie de reuniones con los responsables de cada uno de los procesos para entrar más en detalle sobre el funcionamiento concreto de cada uno de ellos. Una vez se tenga el nivel de detalle deseado se plasmaría en algún sitio para poder verlo en su conjunto. Seguramente nos daremos cuenta de que hay muchos procesos que no funcionan correctamente y que sólo nos resultará obvio si lo vemos con esta vista de pájaro. Quizá nos demos cuenta que se podrían modificar algunos subprocesos, o poner puntos de control en determinadas zonas más críticas.

Figura 4. SIPOC y la Interacción con la Empresa.



Interacción de los procesos entre proveedor, Insumos, Proceso, Salidas y clientes. Elaboración propia.

Martínez Mayoral, M. A., & Morales Socuéllamos, J. (2022). *Lean Seis Sigma para la mejora de procesos*. Universidad Miguel Hernández de Elche.

De manera resumida los pasos a realizar para elaborar un Diagrama SIPOC pueden ser:

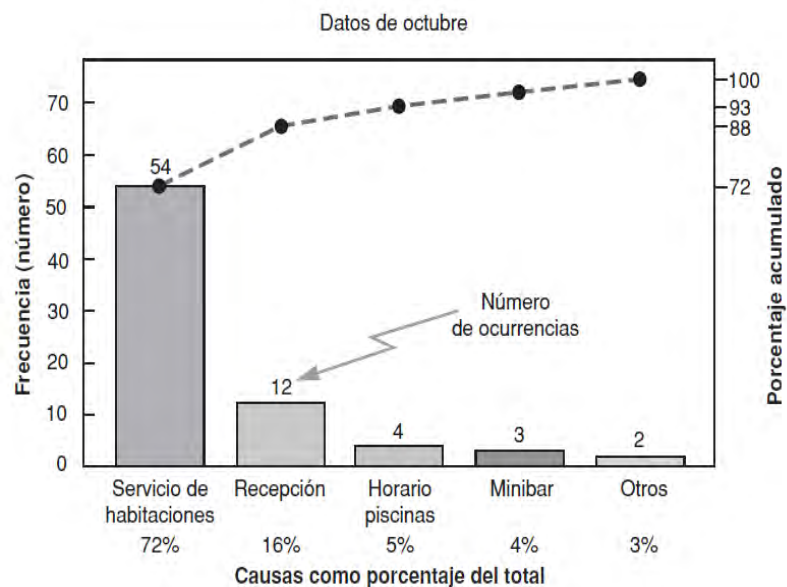
- Identificar los procesos de gestión
- Establecer las entradas del proceso, los recursos necesarios
- Establecer los proveedores de estas entradas al proceso
- Definir las salidas del proceso
- Establecer quién es el cliente de cada una de las salidas obtenidas

El Diagrama de SIPOC es una herramienta que nos ayudara con es el funcionamiento y los procesos de una empresa.

1.1.7.2. Análisis de Pareto.

Un gráfico de Pareto es un método de clasificación de errores, problemas o defectos para ayudar a centrar los esfuerzos de resolución de problemas. Están basados en los trabajos de Vilfredo Pareto, economista del siglo XIX. Joseph M. Juran popularizó los trabajos de Pareto al sugerir que el 80% de los problemas de una empresa son resultado de sólo un 20% de causas. El la figura 5. muestra un ejemplo en la cual se indica que, de los cinco tipos de quejas identificados, la gran mayoría se debía a un único tipo, el mal servicio de habitaciones.

Figura 5. Ejemplo de diagrama de Pareto de las quejas de un hotel



Ejemplo de Diagrama de Pareto, que indica que el 72% de las quejas identificadas, son originadas por el Servicios de habitaciones. Jay Heizer, Barry Render (Dirección de la Producción y operaciones, 2007).

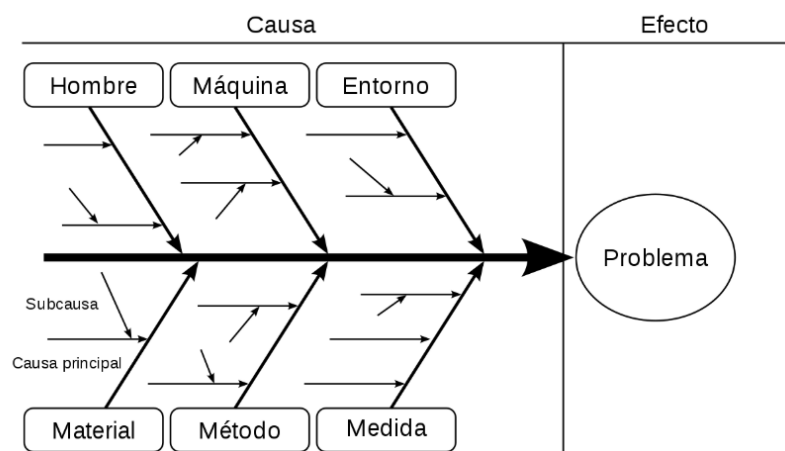
El hotel Hard Rock en Balí acaba de recopilar datos sobre 75 llamadas de quejas al director general durante el mes de octubre. El director ha decidido elaborar un análisis de Pareto de las quejas.

Los datos proporcionados son: servicio de habitaciones: 54; retrasos en la recepción (checkin):12; horas de apertura de la piscina: 4; precios del minibar: 3; y varios: 2. La figura 11. de Pareto indica que el 72% de los fallos son resultado de una sola causa: el servicio de habitaciones. La mayoría de las quejas desaparecerán cuando se corrija esta causa.

1.1.7.3. Análisis de Cusa efecto.

Según Vieira (2019) es una herramienta visual creada por el ingeniero Kaoru Ishikawa en 1947, que permite la identificación de las causas y efectos de un problema en general a través del análisis de los 6 factores involucrados en un proceso los cuales son máquina, hombre, entorno, material, método y medida. Esta herramienta tiene la particularidad de poder ser aplicado por cualquier persona y a cualquier proceso en general. A continuación, en el diagrama 2 se presenta en la Figura 6. un esquema de Ishikawa

Figura 6. Diagrama Ishikawa. (Causa – Efecto)



Fuente: Según Vieira (2019)

1.1.7.4. ¿Los 5 Por qué?

Esta herramienta llamado 5 Porqués, nos ayudara a poder identificar problemas siendo el objetivo encontrar la causa raíz de los problemas. Su esencia consiste en formular repetidamente la pregunta “¿por qué?” hasta llegar al origen del problema, evitando quedarse en los síntomas superficiales (Ohno, 1988)

Ohno (1988) sostenía que “al preguntar cinco veces el porqué, se puede encontrar la naturaleza real del problema y su causa”. Esta técnica se ha extendido a diversos sectores, desde la manufactura hasta los servicios, por su sencillez y eficacia para el análisis de causas raíz (RCA). En la Tabla 5, se aprecia un ejemplo de los 5 Porqués.

Tabla 5. Ejemplo de aplicación del método de los 5 Porqués

Nivel de pregunta	Descripción	Respuesta obtenida
Problema inicial	La máquina se detuvo.	—
¿Por qué 1?	Porque se fundió un fusible.	—
¿Por qué 2?	Porque el motor se sobrecalentó.	—
¿Por qué 3?	Porque no se lubricó correctamente.	—
¿Por qué 4?	Porque la bomba de lubricación no funcionaba.	—
¿Por qué 5?	Porque el filtro estaba obstruido por falta de mantenimiento.	Causa raíz identificada

En este ejemplo, el síntoma (máquina detenida) es solo la manifestación visible del problema. Mediante las preguntas sucesivas, se llega a la falta de mantenimiento del filtro, que representa la causa raíz. Fuente: Adaptado de Ohno (1988).

1.1.7.5. JIT.

Autonomización, o automatización con un toque humano. Justo-a-tiempo significa que, en un proceso continuo, las piezas adecuadas necesarias para el montaje deben incorporarse a la cadena de montaje justo en el momento en que se necesitan y sólo en la cantidad en que se necesitan. Una empresa que adopte este procedimiento puede aproximarse al stock cero. Desde el punto de vista de la gestión de producción, ésta es una situación ideal. Sin embargo, con un producto fabricado a base de miles de piezas, como es un automóvil, el número de procesos implicados es enorme. Obviamente, es extremadamente complicado aplicar el justo-a-tiempo al plan de producción de cada uno de los procesos de una forma ordenada.

Una variación en la previsión, un error en un documento administrativo, productos defectuosos y trabajo repetitivo, problemas con el equipo, absentismo, etc., son algunos de los incontables problemas. Un problema surgido al principio del proceso siempre dará lugar a un producto defectuoso al final del proceso. Esto detendrá la cadena de producción o modificará el plan, tanto si nos gusta como si no Ignorando dichas situaciones y considerando únicamente el plan

de producción en cada proceso, fabricaremos piezas sin tener en cuenta los procesos posteriores.

Esto dará lugar a los desperdicios. Por un parte tendremos piezas defectuosas y por otros enormes stocks de piezas que no se necesitan de forma inmediata. Esto reducirá la productividad y la rentabilidad. Aún peor, no habrá distinción alguna entre situaciones normales y anormales en cada línea de montaje. Cuando se produzca un retraso en la corrección de una situación anormal, un exceso de trabajadores habrá fabricado un exceso de piezas, situación que no se corregirá con rapidez. Por consiguiente, con la utilización del procedimiento del justo-a-tiempo en la fabricación, de forma que cada proceso reciba el componente adecuado que necesita, cuando lo necesita y en la cantidad en que lo necesita, los métodos de dirección convencionales no parecen funcionar adecuadamente. Soy aficionado a reflexionar sobre los problemas una y otra vez. Empecé a pensar en cómo aportar el número de piezas necesarias justo-a-tiempo.

El flujo de producción se basa en la incorporación de materiales. La forma convencional requiere materiales desde un proceso inicial a un proceso final. Por tanto, intenté pensar en cómo transferir estos materiales en sentido contrario. En la producción de automóviles, el material se divide en piezas, y cada pieza se une a otras piezas formando una pieza unitaria, y este proceso continúa hasta la última cadena de montaje. El material avanza desde los primeros procesos hacia los últimos, formando la carrocería del coche. Pensemos en este proceso invertido. Un proceso final se dirige hacia un proceso de inicio para recoger sólo la pieza correcta en la cantidad necesaria y en el momento concreto en que se necesita. En este caso, ¿no sería lógico que el proceso inicial sólo fabricara el número de piezas retiradas? Por lo que se refiere a la comunicación entre los diferentes procesos, ¿no sería suficiente indicar claramente qué se necesita y la cantidad que se necesita? Este sistema de indicación se llamará "Kanban" (tarjeta o letrero) y lo haremos incidir en cada proceso para controlar el volumen de producción, es decir, la cantidad requerida. Este fue el principio de la idea. Experimentamos esto y finalmente decidimos un sistema. La última línea de montaje se toma como punto de partida. Bajo este supuesto, el plan de producción, en el que se indican los modelos de coches y sus cantidades y la fecha de entrega, se ajusta hasta la última línea de montaje. Así, el método de transferir materiales se invierte. Para suministrar las piezas necesarias para el montaje, el último proceso se dirige al primero para retirar sólo la cantidad de piezas necesarias en el momento en

que son necesarias. En este sentido invertido, el proceso de fabricación va desde el producto acabado hasta el primer departamento de fabricación de materiales. Cada enlace en la cadena del justo a tiempo es conectado y sincronizado. Con ello, el trabajo administrativo también se reduce de forma importante. Y el Kanban es el medio utilizado para comunicar la información sobre la adquisición o recepción del pedido de producción

1.1.7.6. Gestión de Visual.

La Gestión Visual (Visual Management) es una herramienta clave del Lean Manufacturing, cuyo objetivo es transmitir información de forma clara, rápida y accesible dentro del entorno de trabajo. Su finalidad es que cualquier persona—sin importar su nivel jerárquico o experiencia—pueda comprender el estado del proceso, detectar desviaciones y actuar de manera oportuna (Liker, 2004).

Según Galsworth (2017), la gestión visual convierte el espacio de trabajo en una “fábrica que se comunica por sí misma”, donde la información esencial fluye mediante señales, indicadores, colores, tableros, líneas y símbolos. Esto permite reducir errores, tiempos de búsqueda y confusiones operativas, promoviendo la autonomía de los trabajadores.

a. Método de trabajo.

La gestión visual se sustenta en el principio de que “lo que no se ve, no se controla”. En este sentido, busca **hacer visible el desempeño, los estándares y las anomalías del proceso** mediante elementos visuales simples y directos.

Imai (2012) destaca que la gestión visual es un **pilar del sistema Kaizen**, ya que apoya la identificación inmediata de desperdicios (*muda*) y fomenta la toma de decisiones en tiempo real. Además, fortalece la cultura de **autogestión, trabajo en equipo y mejora continua**.

Los elementos visuales más comunes incluyen:

- Tableros de indicadores (de producción, calidad, mantenimiento, seguridad).
- Señalizaciones de flujo, límites y ubicaciones.
- Gráficos de rendimiento y tendencias.

- Andon o sistemas luminosos de alerta.
- Estándares visuales de operación (fotos, etiquetas, colores).

b. Objetivos de la Gestión Visual.

Los propósitos esenciales de la gestión visual se resumen en la siguiente en la Tabla 6.

Tabla 6. Objetivos de la gestión visual.

Objetivo	Descripción
Facilitar la comunicación	Permitir que la información sea comprendida por todos los niveles de la organización.
Estandarizar el trabajo	Mostrar procedimientos correctos y desviaciones de manera inmediata.
Promover la transparencia	Hacer visible el rendimiento real del proceso frente a los objetivos.
Incrementar la seguridad	Reducir riesgos mediante señalizaciones y controles visuales.
Favorecer la toma de decisiones	Proporcionar datos actualizados para actuar rápidamente ante anomalías.

Se muestra 5 objetivos que se busca con la gestión visual. Fuente: Elaboración propia, tomando con referencia de Liker (2004) y Galsworth (2017).

c. Tipos de Gestión visual.

Los elementos de gestión visual pueden clasificarse según su función dentro del entorno Lean con se muestra en la tabla 7, donde se detalla; indicadores, controles, advertencias, instrucciones y mediciones de forma visual.

Tabla 7. Tipos de herramientas de Gestión visual.

Tipo de herramienta visual	Función principal	Ejemplo práctico
Indicadores visuales	Informar el estado del proceso o equipo.	Tableros de producción diaria, paneles de KPI.
Controles visuales	Guiar la acción del operario según un estándar.	Señales de color, etiquetas de ubicación, marcas en el piso.
Advertencias visuales	Alertar sobre riesgos o desviaciones.	Luces Andon, alarmas, banderas rojas.
Instrucciones visuales	Mostrar el método correcto de trabajo.	Fotografías de estándares, checklists, secuencias operativas.
Mediciones visuales	Mostrar resultados en tiempo real.	Gráficas de desempeño, indicadores de OEE.

Fuente: Elaboración propia, tomando con referencia de Galsworth (2017) y Dennis (2007).

d. Tableros de Gestión visual.

Los tableros de gestión visual son una de las principales herramientas del Lean Manufacturing orientadas a la comunicación efectiva y al control visual del desempeño operativo. Su objetivo es mostrar información clave del proceso de manera clara, actualizada y visible, para que cualquier colaborador pueda conocer el estado del trabajo, los resultados alcanzados y las desviaciones existentes (Liker, 2004).

Estos tableros constituyen un componente esencial de la Gestión Visual, ya que convierten los datos del proceso en información comprensible que facilita la toma de decisiones rápidas, la coordinación de equipos y la mejora continua (Dennis, 2007).

De acuerdo con Galsworth (2017), un tablero visual es “una ventana al proceso”, donde la información relevante se presenta de forma estructurada y accesible para todos los niveles de la organización. Los elementos pueden variar según lo que desee mostrar, pero algunos elementos que se pueden considerar, se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Elementos de un Tablero de Gestión visual.

Elemento	Descripción	Ejemplo de aplicación
Encabezado	Indica el área, turno o línea de producción monitoreada.	“ Línea de ensamblaje C240 – Turno Mañana” .
Indicadores visuales (KPI)	VARIABLES clave de desempeño que se actualizan periódicamente.	Producción diaria, defectos, OEE, ausentismo.
Semáforo o código de colores	Muestra el estado del indicador respecto a la meta.	● Cumple meta / ● En riesgo / ● No cumple.
Gráficos de tendencia	Representan visualmente la evolución del indicador.	Gráfica de barras o línea diaria.
Registro de acciones	Espacio donde se anotan problemas detectados y medidas correctivas.	“ Fuga de aire – Responsable: Mantenimiento – Fecha: 15/10” .
Fotografías o estándares visuales	Muestran condiciones normales o deseadas del proceso.	Imágenes de orden y limpieza 5S.

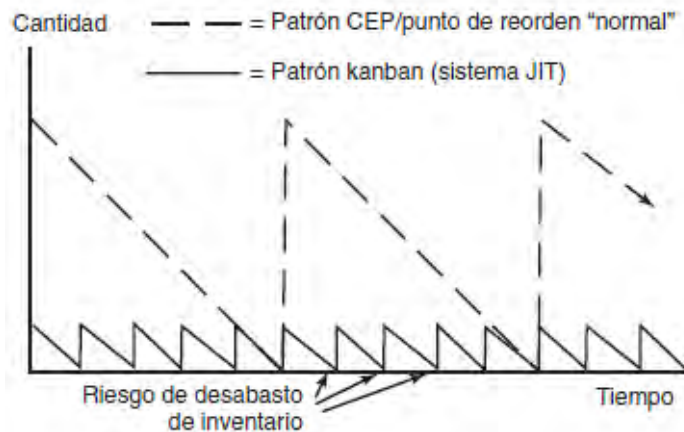
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Dennis (2007) y Galsworth (2017).

1.1.7.7. Kanban.

La herramienta de mejora Kanban, está orientado al sistema de producción Pull , funcionando como un sistema de comunicación entre las distintas etapas del proceso productivo, con el objetivo de sincronizar los procesos basándolos con las necesidades reales del cliente y a partir de esto realizar una programación de producción.

El sistema se basa en un sistema de tarjetas las cuales nos brindara las cantidades disponibles a lo largo de los procesos establecidos, facilitando puntos establecidos de reorden de los procesos predecesores. En la Figura 7. Se muestra los patrones de reorden en un esquema tradicional o Normal, comparado con el sistema JIT, con patrón Kanban.

Figura 7. Patrones de Reorden



En la figura se muestran los patrones de reorden normal y el patrón Kanban. Fuente: Chapman, Stephen N. (2006), P,209. Planificación y control de producción. Pearson Educación, México.

El funcionamiento da inicio cuando se envía una señal Kanban (Tarjeta), donde se especificará las características del componente como:

- Número e identificación del componente
- Ubicación dentro del almacén
- Tamaño del contenedor (en caso de que el material está almacenado en un contenedor)
- Centro de trabajo (o proveedor) de origen.

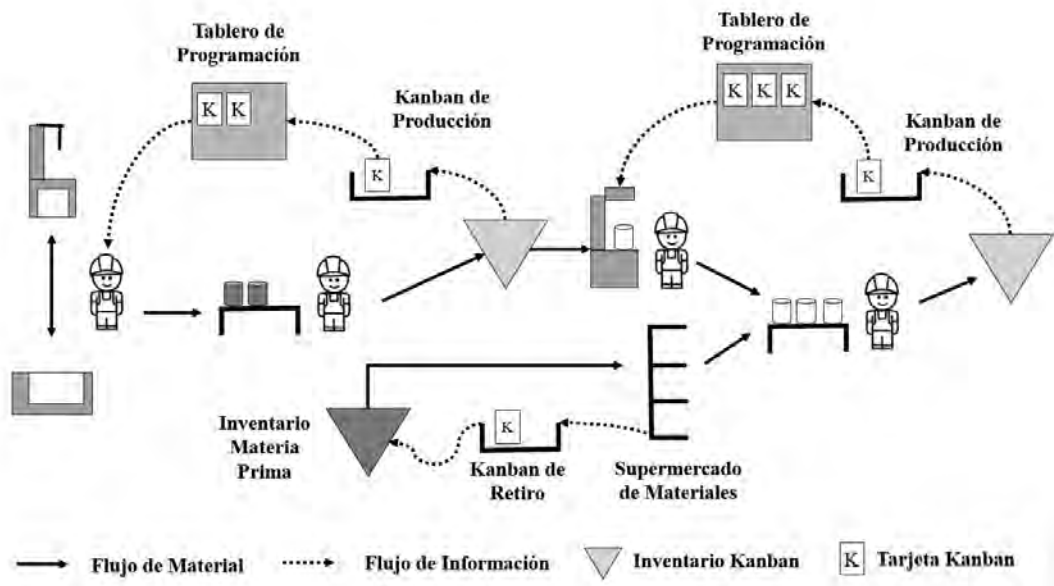
Un sistema de producción Pull. Gestiona un inventario controlado el cual denominamos un inventario Kanban. Este stock se busca que este sincronizado con el ritmo de producción, estableciendo inventarios para tiempos estipulados, al consumirse este inventario se debe de reponer generando un Kanban de producción que indica a las líneas de los procesos predecesores a iniciar la producción, reponiendo las cantidades establecidas como inventario Kanban.

Por lo general, los Kanban se ubican al final de las celdas de manufactura o de los centros de trabajo, de manera que el Kanban de una celda sirve como fuente de abastecimiento para la celda siguiente. Cuando un centro de trabajo o celda produce diversos tipos de piezas, estos se organizan en lo que se denomina un supermercado Kanban, como se observa en la figura 10.

La implementación de un sistema Pull no implica necesariamente eliminar el sistema Push, ya que una celda puede gestionarse externamente mediante Kanban, mientras que el proceso interno de fabricación puede seguir un enfoque Push. Ver Figura 9.

En aquellas celdas que elaboran varios productos, es necesario establecer criterios para la secuenciación de las órdenes de trabajo, los cuales se gestionan mediante el tablero de programación; estos criterios serán analizados más adelante. Por último, un Kanban de retiro indica que se deben trasladar materiales hacia el centro de trabajo; dichos materiales no se producen, sino que son insumos adquiridos, lo que diferencia a un Kanban de retiro de un Kanban de producción.

Figura 9. Sistema Pull y Kanban.



Se muestra el flujo de información y materiales dentro de un sistema Pull y Kanban gestionado mediante tarjetas Kanban: Fuente: Askin & Goldberg (2007)

a. Tipo de Kanban

Los Kanban generalmente se dividen en dos tipos:

- Kanban de producción: es aquel que brinda la información necesaria para hacer algo, es decir, para iniciar la producción de una pieza.
- Kanban de retiro: aquí se brinda la información de algo que se necesita retirar de un inventario y transportar a los procesos que lo requieren.

b. Veneficios de implementación de Kanban.

Las siguientes son algunas de las utilidades de implementar Kanban:

- Evita la sobre producción.
- Permite trabajar con bajos inventarios.
- Da certidumbre a los clientes de recibir sus productos a tiempo.
- Permite fabricar sólo lo que el cliente necesita,
- Es un sistema visual que permite comparar lo que se fabrica con lo que el cliente requiere.
- Elimina las complejidades de la programación de producción.

c. Tarjeta Kanban.

Las tarjetas Kanban, son elementos visuales, informativos que nos ayudan para describir ciertas características de componentes a fabricar.

En la figura 10. Se muestra un ejemplo de tarjeta brindando información deseada para implementar un sistema Kanban, entre ellos: Códigos, capacidades, puntos de pedido.

Figura 10. Modelo de Tarjeta Kanban

TARJETA KANBAN - PRENSA - ENSAMBLE	
Código del producto	
Producto	
Capacidad del contenedor	
Punto de pedido.	
Origen	
Línea de prensas	
Responsable reposición	
Fecha - Hora (Devolución de tarjeta a prensas)	
Fecha - Hora (Devolución de tarjeta a ensamble)	

Se muestra un modelo de tarjeta Kanban, Elaboración propia.

d. Cálculo de la cantidad de piezas por Kanban

La Fórmula de piezas por Kanban es:

$$D \times TE \times U \times \% VD$$

Donde:

D = demanda semanal. Normalmente la demanda mensual se multiplica por 12 y se divide entre el número de semanas laborables o entre 52.

TE = tiempo de entrega en semanas que tiene el proveedor interno o externo, e incluye:

Para productos comprados:

Tiempo de generar la orden + tiempo de entrega del proveedor + tiempo de transporte + tiempo de recepción, inspección y stock.

Para productos manufacturados:

Tiempo para generar la orden de trabajo + tiempo total de procesamiento + tiempo de recepción/inspección.

U = número de ubicaciones. Por ejemplo, al inicio de la implementación se recomienda tener dos ubicaciones llenas, una para el proveedor y otra para el cliente.

% VD = nivel de variación de la demanda. Es la desviación estándar de la demanda del periodo dividida entre el promedio de la demanda en el mismo periodo.

e. Señal y contenedor:

Es importante que los contenedores sean de fácil manejo e identificación, y que el color para aplicar el control visual a las piezas sea acorde al color del contenedor. Una recomendación es seleccionar la capacidad del contenedor con base en la capacidad de carga del operador u operadora para que sea una unidad de carga manejable, El contenedor puede ser una Caja, Bandeja etc.

f. Calcular el número de contenedores y la secuencia pitch.

Número de contenedores = Cantidad de piezas en Kanban /Capacidad del contenedor.

Pitch es el ritmo de producción de acuerdo con la cantidad de productos por empaque.

Pitch = tiempo takt x capacidad del empaque.

g. Pasos para la aplicación

- Determine los números de parte que se implementaran en sistema jalar.
- Determine el máximo de inventarios por parte.
- Calcule las cantidades de Kanban para las operaciones,
- Determine el tamaño estándar del contenedor.
- Determine las ubicaciones de almacenamiento (supermercados).
- Determine el número de contenedores,

1.1.7.8. Balance de línea.

El Balance de Línea es una herramienta Lean fundamental que busca asignar de manera equitativa las tareas entre las estaciones de trabajo, de modo que la carga de trabajo sea proporcional al ritmo de producción exigido por la demanda del cliente. Su propósito es lograr un flujo continuo, eliminando esperas, sobrecargas y acumulaciones de inventario intermedio (Womack & Jones, 2003).

Según Socconini (2008), el balance de línea es la traducción práctica del principio del flujo continuo (one-piece Flow) dentro de una célula o línea de producción. Para ello, el especialista Lean analiza los tiempos de cada operación, la secuencia de trabajo y la disponibilidad de los recursos, con el fin de que el tiempo total de ciclo por operador no supere el takt time.

Ohno (2018) resalta que el objetivo no es únicamente equilibrar los tiempos, sino también alinear personas, materiales y máquinas para mantener una producción sincronizada con la demanda real. Por tanto, el balance de línea es tanto una herramienta técnica como una estrategia de gestión visual, ya que permite observar la eficiencia del flujo.

Tabla 9. Términos de Balance de Línea.

Término	Definición	Fórmula / Descripción
Takt Time	Ritmo de producción necesario para satisfacer la demanda del cliente.	$Takt = \text{Tiempo disponible por turno} / \{\text{Demanda del cliente}\}$
Tiempo de Ciclo (CT)	Tiempo real que tarda un operador o máquina en completar una tarea.	Se obtiene del estudio de tiempos.
Tiempo de Balanceo (BT)	Tiempo total de trabajo distribuido entre estaciones.	$BT = \frac{\sum CT}{N^{\circ} \text{ estaciones}}$
Eficiencia de Línea (LE)	Medida del grado de equilibrio entre estaciones.	$LE = \frac{\sum CT}{N^{\circ} \text{ estaciones} \times Takt} \times 100\%$

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Socconini (2008) y Chapman (2006).

Tipos de Balance de Línea.

En el contexto del Balance de Línea, existen diferentes enfoques aplicables según la naturaleza del proceso y la variedad de productos. Entre los más utilizados se encuentran: el balance secuencial tradicional, en el cual las tareas se asignan en orden cronológico según los tiempos

observados; el balance por precedencia, que emplea diagramas de precedencia para identificar operaciones que pueden realizarse en paralelo; el balance en celdas de manufactura, que agrupa máquinas y operarios en células autónomas para familias de productos similares; y el balance mixto o multimodelo, que permite alternar entre distintos productos. (Socconini, 2008; Muñoz Guevara, Zapata Urquijo & Medina Varela, 2022).

- **Balance secuencial tradicional:** Se asignan las tareas en orden cronológico según los tiempos observados.
- **Balance por precedencia:** Se utiliza un diagrama de precedencias para identificar operaciones que pueden realizarse en paralelo.
- **Balance en celdas de manufactura:** Integra máquinas y operarios en células autónomas para productos similares.
- **Balance mixto (multimodelo):** Permite alternar entre diferentes productos —por ejemplo, Canastillas y Cajas C240— manteniendo una producción combinada sin interrupciones significativas.

Muñoz Guevara et al. (2022) destacan que, en líneas con **productos compartidos o matrices comunes**, el especialista Lean debe aplicar técnicas de balance mixto para minimizar los tiempos de cambio y aprovechar los recursos comunes entre modelos.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DEL CASO.

Descripción breve de la empresa analizada, analizando y describiendo el plan estratégico de la empresa y las estrategias del negocio, para luego describir los procesos y la interacción de forma interna y externa de la organización.

2.1. Descripción de la Empresa.

Empresa del Industrial del sector manufactura metalmecánica, dedicada a la fabricación de Candados y Cerraduras, cuya presencia en el mercado data desde hace más de 50 años, nació en respuesta a la necesidad de otorgarle mayor seguridad a los hogares peruanos.

Desde sus inicios, la empresa se preocupó de satisfacer a sus clientes fabricando productos de alta calidad con innovadores diseño. Logrando de esta manera ser la marca peruana más reconocida del negocio de seguridad en el sector ferretero.

Actualmente, La empresa continúa realizando innovaciones a sus productos, enfocándose en contrarrestar los principales métodos de vulneración y, de esta manera, continuar siendo el mejor aliado contra la inseguridad en los mercados donde tiene presencia

2.2. Plan estratégico de La Empresa:

Visión:

Ser el referente en soluciones de seguridad en los mercados donde tengamos presencia.

Misión:

Crear soluciones confiables de seguridad para la sociedad.

Valores:

Pasión, cooperación, servicio, excelencia e ingenio.

2.3. Productos

La línea de productos está formada básicamente por cerraduras y candados y dentro de ellos, se identifican modelos según su uso.

Cerraduras:

- Cerraduras de sobreponer.
- Cerraduras eléctricas
- Cerraduras Tranka.
- Cerraduras de Embutir
- Cerraduras de Pomo
- Cerraduras de Manija
- Cerraduras de escritorio.

Candados:

- Candados de arco (Exteriores)
- Candados rectangulares.
- Candado de arco (Interior)
- Candados de combinación

2.4. Mapa de procesos

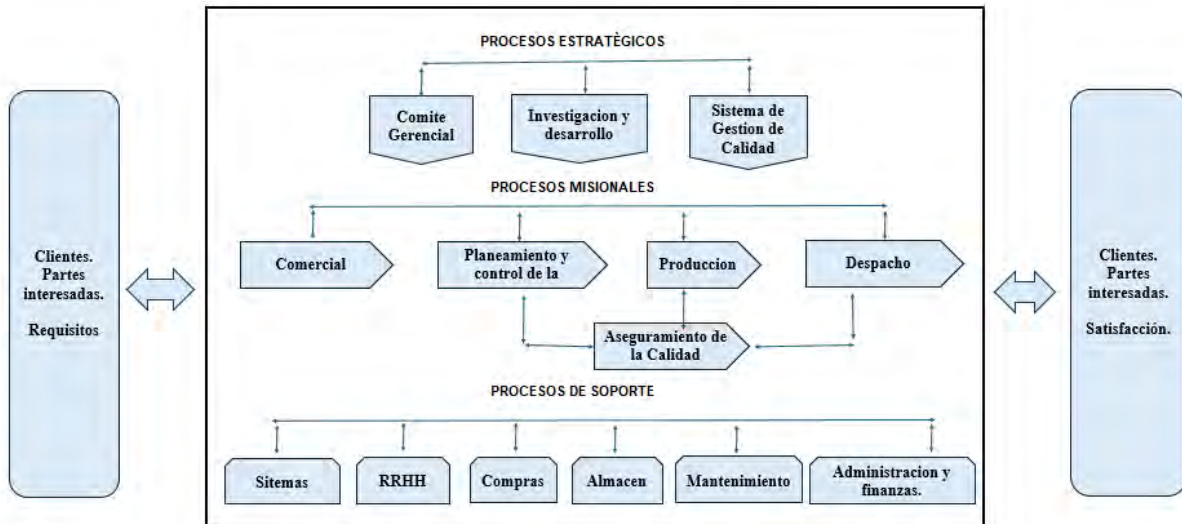
Se puede observar que dentro de la organización tenemos 3 procesos estratégicos: Comité Gerencial, Sistema de Gestión de la Calidad, investigación y desarrollo.

Procesos misionales tenemos: Comercial, Planeamiento y control, producción, despacho, priorizando la calidad en el sistema productivo.

Procesos de soporte: Sistemas, RRHH, Compras, Almacén, Mantenimiento, Administración y finanzas.

Adicionalmente, siendo los clientes proveedores y diferentes partes de interés nuestra retroalimentación para la mejora continua. Como se observa en la figura 11.

Figura 11. Mapa de proceso de Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados.



Se muestra la interacción de los procesos estratégicos, misionales y de soporte que generan valor a la empresa.

Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia.

2.5. Planificación de la Producción.

En los siguientes puntos se detallará los aspectos que se consideran para el desarrollo del Plan Maestro de producción, El plan agregado y el MRP, Considerando los niveles de stock y planes de venta.

2.5.1. Sistema de producción Actual.

Actualmente la Empresa se inclina con un flujo de empuje o también llamado (Flujo Push), Dado que la producción de base a la generación de stock , aun sin ser generados por el cliente final. Dentro de la cuales se busca:

Se establece un nivel de producción de acuerdo con los patrones históricos de pedido de los clientes. Con una cadena de suministro basada en el sistema push, los productos son empujados a través del canal, desde el lado de producción hasta el cliente.

Generación de inventarios y capital inmovilizado.

Procesan grandes lotes de artículos, en función de una demanda pronosticada, para luego moverlos al siguiente proceso de producción o al almacenamiento.

Se basa en pronósticos de la demanda. Sin embargo, es posible que el pronóstico no siempre sea preciso, por lo que se puede terminar con un exceso de inventario, especialmente cuando se producen cambios en los tiempos de entrega.

2.5.2. Análisis de Ventas 2024.

Productos vendidos en el periodo enero 2024 a diciembre 2025. Venta de productos en la línea de cerraduras y candados. Se muestra en la tabla 20.

2.5.2.1. Venta de Candados:

La venta de Candados representa el 17% de las ventas, según departamento de ventas, y destaca los modelos F en caja como los más vendidos siendo la serie F50 la más vendida, se detalla las ventas del periodo 2024 en la tabla 10.

Tabla 10. Venta de Candados 2024.

Código	Descripción	Modelo	Total
21CAN00066	CAND. F. F50	F-50	23175
21CAN00068	CAND. F. F60	F-60	22675
21CAN00064	CAND. F. F70	F-70	17413
21CAN00067	CAND. F. F50 - BLÍSTER	F-50	12216
21CAN00069	CAND. F. F60 BLÍSTER	F-60	9433
21CAN00028	CAND. F. J85 JUMBO	J-85	8447
21CAN00025	CAND. F. J70 JUMBO	J-70	7488
21CAN00031	CAND. F. J100 JUMBO	J-100	6841
21CAN00065	CAND. F. F70 BLÍSTER	F-70	5975
21CAN00055	CAND. F. J85 JUMBO BLÍSTER	J-85	5303
21CAN00054	CAND. F. J70 JUMBO BLÍSTER	J-70	4948
21CAN00056	CAND. F. J100 JUMBO	J-100	4014
21CAN00071	CAND. F. F50 - SERIADO	F-50	105
21CAN00073	CAND. F. F50 - AMAESTRADO	F-50	40

Venta de línea de candados por modelo y presentación periodo 2024 – Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia. Elaboración propia.

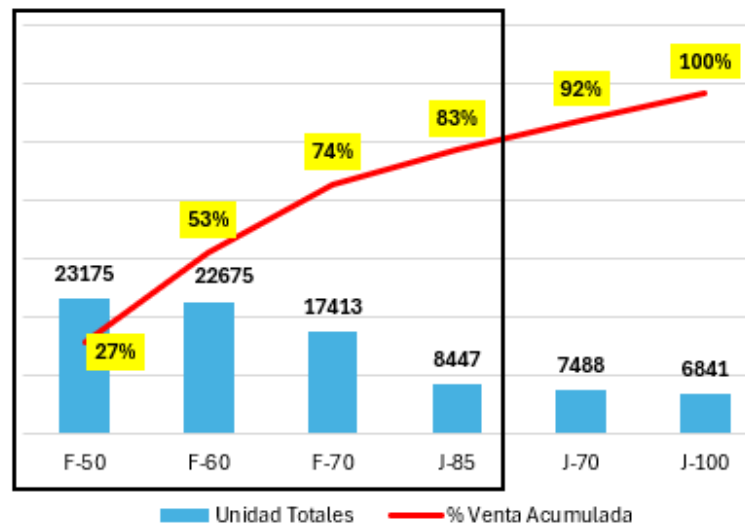
En cuanto al análisis de Pareto para identificar los productos que representan el mayor porcentaje de la venta del periodo 2024, tenemos: El 83% se ve representado por los modelos F50; F60; F70 y J85. Ver Tabla 11 y Figura 11.

Tabla 11. Venta de candado por Modelo

Modelo	Unidad Totales	% De Venta	% Venta Acumulada
F-50	23175	27%	27%
F-60	22675	26%	53%
F-70	17413	20%	74%
J-85	8447	10%	83%
J-70	7488	9%	92%
J-100	6841	8%	100%
Totales	86039		

Venta de candados por modelo y presentación periodo 2024 – Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia. Elaboración propia.

Figura 12. Análisis de Productos más vendidos por modelo de candado -2024



Venta de candados por modelo y presentación periodo 2024 – Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia. Elaboración propia.

2.5.2.2. Ventas de Cerraduras 2024:

En cuanto al análisis de Pareto para identificar los productos que representan el mayor porcentaje de la venta del periodo 2024, tenemos: El 80% se ve representado por los modelos C240-D, C226-D; B240-D, C230-D, B230-D, B230-D, B940D, B900-D. Como se muestra en la Tabla 12 y la figura 13.

Tabla 12. Ventas de cerraduras 2024

Modelo	Unidad Totales	% De Venta	% Venta Acumulada
C240-D	337095	57%	57%
C226-D	40371	7%	64%
B240-D	28691	5%	69%
C230-D	24230	4%	73%
B230-D	15649	3%	76%
B940-D	13231	2%	78%
B900-D	11165	2%	80%
C240-N	10747	2%	82%
B333-D	8103	1%	83%
B740-N	8007	1%	85%
A240-D	7585	1%	86%
B300-D	7552	1%	87%
C220-D	7439	1%	89%
B840-D	7168	1%	90%
A230- D	6615	1%	91%
F 370-D	6300	1%	92%
F114-C/J D	5824	1%	93%
F111 S/J D	5550	1%	94%
B220-D	5267	1%	95%
C1040-D	4752	1%	96%
B240-N	3724	1%	96%
AS B940-D	3367	1%	97%
B840-N	3341	1%	97%
F700-D	3102	1%	98%
OTROS	12131	2%	100%
Totales	587006		

Venta de Cerraduras por modelo y presentación periodo 2024 – Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia. Elaboración propia.

Figura 13. Análisis de productos más vendidos por modelos de cerraduras -2024



Venta de cerraduras por modelo periodo 2024 – El 80% se ve representado por los modelos C240-D, C226-D; B240-D, C230-D, B230-D, B230-D, B940D, B900-D. Fuente: Empresa de fabricación y comercialización de cerraduras y candados. Elaboración propia. Elaboración propia.

2.5.3. Planificación de producción.

El área de planeamiento y control de la producción establece las cantidades del mix de productos a producir, coordinadas con el área comercial y considerando la disponibilidad de materiales y recursos.

a) Plan de Producción Mensual Para Cerraduras:

Se establece un plan Mensual, entregado por el área de Planeamiento y control de producción al área de producción. Se toma como ejemplo, plan del mes de febrero -2025, de cerraduras. Se muestra como referencia la Tabla 13

Tabla 13. Programa de producción Manual de Cerraduras - febrero 2025

Modelo	Código SAP	Programa Febrero -2025
C-240 D	21CER00213	29,780
C-226 D	21CER00009	3,780
BK-240 D	21CER00017	2,100
C-230 D	21CER00062	420
BK-230 D	21CER00050	2,100
B-940 D	21CER00221	1,260
B-900 D	21CER00219	1,260
A-240 D	21CER00146	470
C-240 N	21CER00214	1,260
BK-240 N	21CER00018	840
CF 1040 D	21CER00116	840
B333 D	21CER00094	840
B300 D	21CER00220	1,260
B300 D	21CER00093	700
B4000 N	21CER00074	170
B-840 N	21CER00149	160
TRK AS D	21CER00084	60
F-114 DC/J	21CER00176	700
Total		48,000

Se muestra Mix de producción mensual para la línea de cerraduras, febrero 2025. Fuente: Departamento de Planeamiento y Control de producción

b) Plan de Producción Mensual Para Candados:

Se establece un plan Mensual, entregado por el área de Planeamiento y control de producción al área de producción. Se toma como ejemplo, plan del mes de febrero -2025. La cual se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Programa de producción de Candados - febrero 2025

Modelo / Presentación	Código SAP	Programa Febrero -2025
F-50/S8	21CAN00066	700
F-50 Blíster	21CAN00067	1,000
F-60/S8	21CAN00068	900
F-60 Blíster	21CAN00069	600
F-70/S8	21CAN00064	2,600
F-70 Blíster	21CAN00065	500
J-70/8	21CAN00025	800
J-70 Blíster	21CAN00054	300
J-85/8	21CAN00028	1,200
J-85 Blíster	21CAN00055	1,100
J-100/8	21CAN00031	500
J-100 Blíster	21CAN00056	800
Total		11,000

Se muestra Mix de producción mensual para la línea de Candados, Febrero 2025. Fuente: Departamento de Planeamiento y Control de producción.

c) Planes Mensuales agregados de Cerraduras y Candados.

Luego que ya se generó los planes mensuales se realiza una proyección del plan diario, donde se indicara la secuencia del ensamble, luego de considerar los stocks, actuales en almacenes. Como se muestra en las Tablas 15 y 16. El plan de cerraduras y candados respectivamente.

Tabla 15. Plan Agregado de Cerraduras Febrero -2025.

Cerraduras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL				
MODELO	CODIGO SAP	1-feb.	3-feb.	4-feb.	5-feb.	6-feb.	7-feb.	8-feb.	10-feb.	11-feb.	12-feb.	13-feb.	14-feb.	15-feb.	17-feb.	18-feb.	19-feb.	20-feb.	21-feb.	22-feb.	24-feb.	25-feb.	26-feb.	27-feb.	28-feb.					
C-240 D	21CER00213		2,300	2,300	2,300	2,100								840			820	2,300	1,040	2,090	1,190			2,300	2,300	1,600	2,400	25,880		
C-240 D	21CER00088					200	2,300	1,400																			3,900			
C-226 D	21CER00009								2,300	1,480																	3,780			
BK-240 D	21CER00017								820	1,280																	2,100			
C-230 D	21CER00062								420																		420			
BK-230 D	21CER00050								600	1,500																	2,100			
B-940 D	21CER00221														1,260												1,260			
B-900 D	21CER00219														830	430											1,260			
A-240 D	21CER00146											470															470			
C-240 N	21CER00214																1,260										1,260			
BK-240 N	21CER00018								470	370																	840			
CF 1040 D	21CER00116														210	210		210	210								840			
B333 D	21CER00094															840											840			
B300 D	21CER00220										1,110	150															1,260			
B300 D	21CER00093																						700				700			
B4000 N	21CER00074											170															170			
B-840 N	21CER00149										160																160			
TRK AS D	21CER00084													60													60			
F-114 DC/J	21CER00176										350	350															700			
Tot x dia		0	0	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	1,400	0	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	1,400	0	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	1,400	0	2,300	2,300	2,300	2,400	0	48,000
Acumulado		0	0	2,300	4,600	6,900	9,200	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	

En la tabla se muestra el programa agregado de producción mensual de Cerraduras, donde podemos ubicar la secuencia de producción diaria . Fuente: Departamento de Planeamiento y Control de producción

Tabla 16. Plan Agregado de Candados Febrero - 2025.

Candados		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL				
MODELO	CODIGO SAP	1-feb.	3-feb.	4-feb.	5-feb.	6-feb.	7-feb.	8-feb.	10-feb.	11-feb.	12-feb.	13-feb.	14-feb.	15-feb.	17-feb.	18-feb.	19-feb.	20-feb.	21-feb.	22-feb.	24-feb.	25-feb.	26-feb.	27-feb.	28-feb.	TOTAL				
F-50/S8	21CAN00066																						400	300		700				
F-50 Blister	21CAN00067			500	500																					1,000				
F-60/S8	21CAN00068																	600	300							900				
F-60 Blister	21CAN00069																600									600				
F-70/S8	21CAN00064								600	600	600	600	200													2,600				
F-70 Blister	21CAN00065											400	100													500				
J-70/8	21CAN00025				200	500	100																			800				
J-70 Blister	21CAN00054						300																			300				
J-85/8	21CAN00028				300							400			500											1,200				
J-85 Blister	21CAN00055														550	550										1,100				
J-100/8	21CAN00031																			200		300				500				
J-100 Blister	21CAN00056																				200	500	100			800				
Tot x día		0	0	0	500	500	500	500	400	0	600	600	600	600	600	500	0	500	550	550	600	600	500	0	500	500	500	300	0	11,000
Acumulado		0	0	0	500	1,000	1,500	2,000	2,400	2,400	3,000	3,600	4,200	4,800	5,400	5,900	5,900	6,400	6,950	7,500	8,100	8,700	9,200	9,200	9,700	#####	#####	#####	#####	

En la tabla se muestra el programa agregado de producción mensual de Candados, donde podemos ubicar la secuencia de producción diaria. Fuente:
Departamento de Planeamiento y Control de producción

d) **Plan de requerimientos de Material y/o componentes para cumplimiento del plan agregado.**

Luego de haber establecido los planes agregados mensuales, donde detallamos la secuencia de producción. Pasamos a realizar un plan de materiales (MRP), donde validamos los stocks disponibles de los componentes para que estos estén disponibles en la cantidad y en el momento adecuado para no generar retazos o tiempos de espera por abastecimiento de materiales. Se realiza el plan de componentes para las áreas de tornos, prensas, pintura, inyección, cromados, maquinas auxiliares, para establecer la secuencia de fabricación de estos componentes. En la Tabla 17. Se muestra solo una parte del plan de cajas del área de prensa, donde se analiza los stocks disponibles, y las necesidades tomando en consideración el plan ajustado mensual,

Tabla 17. Plan de componentes de Prensa Febrero 2025.

COBERTURA PIEZAS PRODUCCION (PRIMER PROCESO) - FEBRERO 2025											
PROG.	INVENT.	NECESID.	PROD.	CODIGO	DESCRIPCION	FEBRERO				TOTAL	
						Sem6	Sem7	Sem8	Sem9		
					PRENSA(CAJA/CANASTILLA/TAPA)						
-	206	0	-	23PPR00373	CAJA 111 (V.2) AVELLANADO	-	-	-	-	-	
700	389	311	-	23PPR00379	CAJA 114 (V.2) AVELLANADO	311	-	-	-	311	
-	-	0	-	23PPR00455	CAJA 4000 (V.4) AVELLANADO	-	-	-	-	-	
170	175	0	-	23PPR00061	CAJA 4000 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	239	0	-	23PPR00299	CAJA 700 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	305	0	-	23PPR00457	CAJA 740/840 (V.4) AVELLANADO	-	-	-	-	-	
2,520	238	2,282	-	23PPR00449	CAJA 900/940 (V.4) AVELLANADO	-	2,282	-	-	2,282	
160	551	0	-	23PPR00055	CAJA 940 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	200	0	-	23PPR00355	CAJA A-226 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	347	0	-	23PPR00263	CAJA A-230 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
470	510	0	-	23PPR00029	CAJA A-240 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
700	837	0	-	23PPR00059	CAJA B-300 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
840	-	840	-	23PPR00469	CAJA B-333 (V.4) AVELLANADO	-	840	-	-	840	
-	-	0	-	23PPR00030	CAJA B-333 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	452	0	-	23PPR00168	CAJA BK-220 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	328	0	-	23PPR00170	CAJA BK-230 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
2,940	179	2,761	-	23PPR00467	CAJA BK-240 (V.4) AVELLANADO	2,761	-	-	-	2,761	
-	437	0	-	23PPR00040	CAJA BK-240 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	593	0	-	23PPR00322	CAJA BK-500 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	193	0	-	23PPR00147	CAJA C-220 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
3,780	-	3,780	-	23PPR00465	CAJA C-226 (V.4) AVELLANADO	3,780	-	-	-	3,780	
-	391	0	-	23PPR00041	CAJA C-226 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
-	168	0	-	23PPR00262	CAJA C-230 AVELLANADO	-	-	-	-	-	
27,140	11,796	15,344	1,042	23PPR00447	CAJA C-240 (V.4) AVELLANADO	-	5,702	8,600	-	14,302	
3,900	2,604	1,296	-	23PPR00050	CAJA C-240 AVELLANADO	1,296	-	-	-	1,296	
840	222	618	-	23PPR00333	CAJA CF AVELLANADO (V.2)	-	618	-	-	618	
-	346	0	-	23PRL00122	CAJA F-370 IZQ AVELLANADO	-	-	-	-	-	
60	282	0	-	23PPR00194	CAJA TRANKA AVELLANADO	-	-	-	-	-	

Se muestra el plan de Cajas del área de prensa. Donde se realiza un análisis para establecer la secuencia del prensado, considerando el plan ajustado de producción. Fuente: Departamento de Planeamiento y Control de producción

2.5.4. Cumplimientos de los planes de producción:

Como se muestra en la Tabla 18 y Tabla 19. Se a realizando un comparativo entre en las cantidades programadas en los Planes Maestros de cerraduras y candados respectivamente vs las cantidades real producidas para poder tener referencia del cumplimiento del plan mensual entregado por el área de planeamiento y control de producción. Se recaudo la información de los periodos enero 2023 a diciembre 2024.

Tabla 18. Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Cerraduras periodo 2023-2024.

Año	Mes	Programado (Und)	Producido (Und)	Cumplimiento-Plan (%)
2023	Ene	65300	60682	93%
	Feb	57000	51212	90%
	Mar	55000	54774	100%
	Abr	30000	33328	111%
	May	50000	48337	97%
	Jun	50000	46955	94%
	Jul	50000	35830	72%
	Ago	40000	33002	83%
	Set	42000	33562	80%
	Oct	47000	42151	90%
	Nov	35000	33730	96%
	Dic	45500	46532	102%
2024	Ene	50000	50361	101%
	Feb	50000	51605	103%
	Mar	56000	48992	87%
	Abr	66900	60518	90%
	May	65000	52756	81%
	Jun	60000	52391	87%
	Jul	65500	63807	97%
	Ago	60000	55736	93%
	Set	54500	54639	100%
	Oct	54500	43278	79%
	Nov	53500	47800	89%
	Dic	32500	31745	98%

Cumplimiento de plan de producción de Cerraduras, periodo 2023- Departamento de Planeamiento y Control de producción

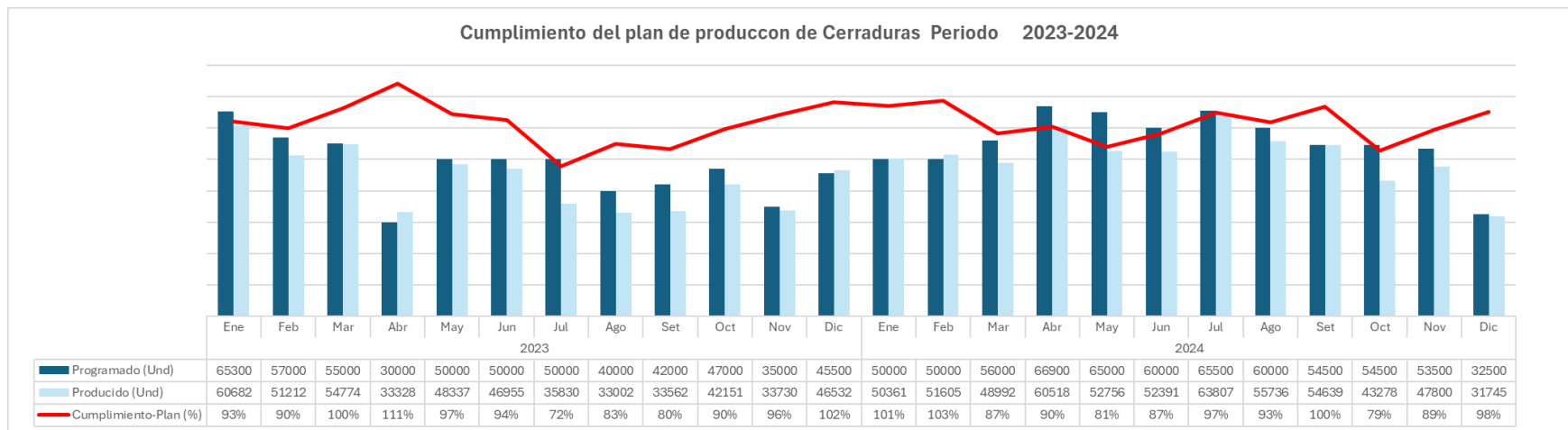
Tabla 19. Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Candados periodo 2023-2024.

Año	Mes	Programado (Und)	Producido (Und)	Cumplimiento-Plan (%)
2023	Ene	14000	11172	80%
	Feb	12500	7705	62%
	Mar	11000	10715	97%
	Abr	10000	7655	77%
	May	11500	10694	93%
	Jun	12000	7569	63%
	Jul	12000	9239	77%
	Ago	10000	7136	71%
	Set	11000	4593	42%
	Oct	16000	13875	87%
	Nov	12000	10306	86%
	Dic	12700	10360	82%
2024	Ene	10000	11757	118%
	Feb	11400	11617	102%
	Mar	10000	10245	102%
	Abr	14000	11555	83%
	May	12000	12052	100%
	Jun	12000	10318	86%
	Jul	12500	12512	100%
	Ago	12500	10110	81%
	Set	10700	11821	110%
	Oct	11500	7627	66%
	Nov	10000	9155	92%
	Dic	7000	4536	65%

Cumplimiento de plan de producción de Candados periodo 2023- Departamento de Planeamiento y Control de producción

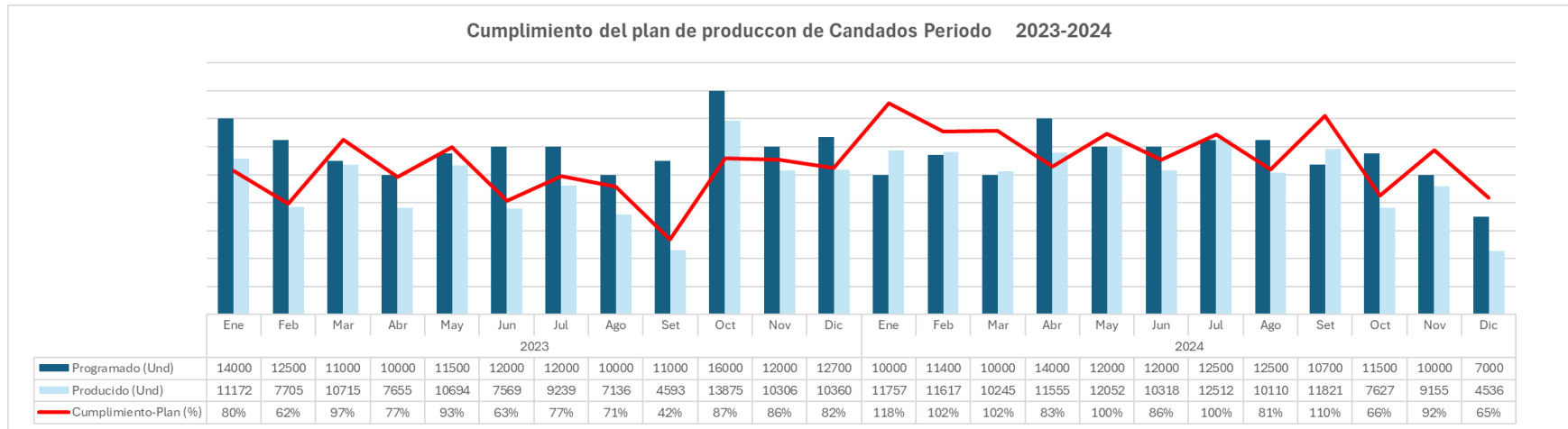
En los Figura 14 y Figura 15. Se muestra de forma gráfica en % de cumplimiento de los planes maestros, tanto de cerradura como en candados de forma respectiva.

Figura 14. Porcentaje de Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Cerraduras periodo 2023-2024.



Porcentaje de Cumplimiento de plan de producción de Cerraduras, periodo 2023- 2024. Departamento de Planeamiento y Control de producción

Figura 15. Porcentaje de Cumplimiento del Plan Maestro de producción Mensual de Candados periodo 2023-2024.



Porcentaje de Cumplimiento de plan de producción de Candados, periodo 2023- 2024. Departamento de Planeamiento y Control de producción

2.6. Procesos productivos.

Los procesos productivos para Cerraduras y candados es una interacción entre distintos procesos, desde la colada y pelado de perfiles, mecanizado y prensado de componentes, para luego de esto ser ensamblados, lijados, y embalados. Como se muestra en las figuras 16 y Figura 17. Donde se muestra los procesos de cerraduras y candados respectivamente.

Figura 16. Proceso de Cerraduras.



Procesos de cerraduras, fuente: Elaboración Propia.

Figura 17. Proceso de Candados.



Procesos de candados, fuente: Elaboración Propia.

2.6.1. Proceso de Colada Continua e inyección.

Donde realizamos la fundición de los materiales, para la obtención de varillas y perfiles de latón. La mezcla de la colada está compuesta por:

- Cobre.
- latón.
- Zinc.
- Plomo.
- Viruta de latón.

La temperatura de fundición debe estar en un mínimo de 1000°C y un máximo de 1100°C, posteriormente de la fundición se procederá a generar la extracción, haciendo uso de los moldes de los materiales en las presentaciones requeridas. Perfiles, Varillas, estas con las dimensiones requeridas.

2.6.2. Proceso de Fabricación de componentes.

El proceso de fabricación de componentes está dividido por los productos que están hechos de hierro y latón. El proceso de fabricación inicia con la materia prima, está en forma de Varillas; Perfiles; Bobinas, alambres, etc. Las cuales pueden ser en su mayoría de latón o hierro.

Estos materiales son mecanizados en tornos, prensas, taladros, centros de mecanizados para poder lograr el componente que posteriormente es utilizado en el ensamble.

2.6.2.1. Proceso de Forjado

Al solicitar los perfiles estos se cortan en dimensiones establecidas de medida y peso, para pasar al proceso de calentamiento a una temperatura de entre 600 y 700 °C. Paralelamente se debe calentar el molde donde la temperatura debe llegar a 400 °C .

Luego ya se realiza el proceso de formado, posterior sigue un proceso de enfriamiento de forma natural y lavado para ser usado en el proceso de mecanizado.

2.6.2.2. Proceso de Cromado y Niquelado.

Para garantizar la durabilidad de ciertos componentes estos pasan por un proceso de cromado, niquelado, zincado. Para que los componentes tengan un mejor acabado y durabilidad en el tiempo.

Entre los componentes tenemos:

- Arcos - Proceso de Cromado.
- Bulones - Proceso de Cromado.
- Pivotes - Proceso de Cromado.
- Llaves - Niquelado.

Adicionalmente tenemos una lista de componentes que realizan un proceso de Zincado.

2.6.3. Proceso de Ensamble de Cerraduras.

Luego que ya tenemos los componentes de fabricación procedemos a realizar el ensamble de cerraduras, posterior su revisión, embalado y entrega al área de almacén. El requerimiento de materiales dependerá del modelo a ensamblar dentro del programa diario.

2.6.4. Proceso de Ensamble de Candados.

Luego que ya tenemos los componentes de fabricación procedemos a realizar el ensamble de candados, luego continúa a un proceso de Greteado; lijado; pulido, laqueado. Posterior su revisión, embalado y entrega al área de almacén,

2.6.5. Proceso de lijado y laqueado de Candados.

En este proceso de Lijado y pulido de los cuerpos, busca mejorar el acabado superficial del candado y este no tenga imperfecciones. Posterior se realiza un proceso de laqueado, con laca transparente para la protección del cuerpo de candado.

2.6.6. Proceso de embalado y paletizado.

Para las cerraduras, el embalaje se realiza como operación final del ensamble. Posteriormente colocadas en palletes y traslado a los almacenes.

En el caso de candados, el embalaje es previo al proceso de lijado y laqueado, donde definiremos si se embalara como caja o blíster.

2.7. Indicadores actuales de la gestión.

Los indicadores que se muestran están orientados a la parte de la gestión de operaciones, indicadores de producción, Calidad y seguridad.

2.7.1. Indicadores de Producción.

Evaluaremos indicadores que actualmente son los que mide al área de producción.

2.7.1.1. Horas extras.

En la figura 18. se muestra gráficamente el indicado de Horas extras, en horas trabajadas de forma mensual en el proceso productivo tanto de cerraduras y candados (Se consideran en mismo peso como unidades producidas) y el costo incurrido de estas horas.

Figura 18. Número de horas extras y costo asociado de forma mensual periodo 2024-2025.

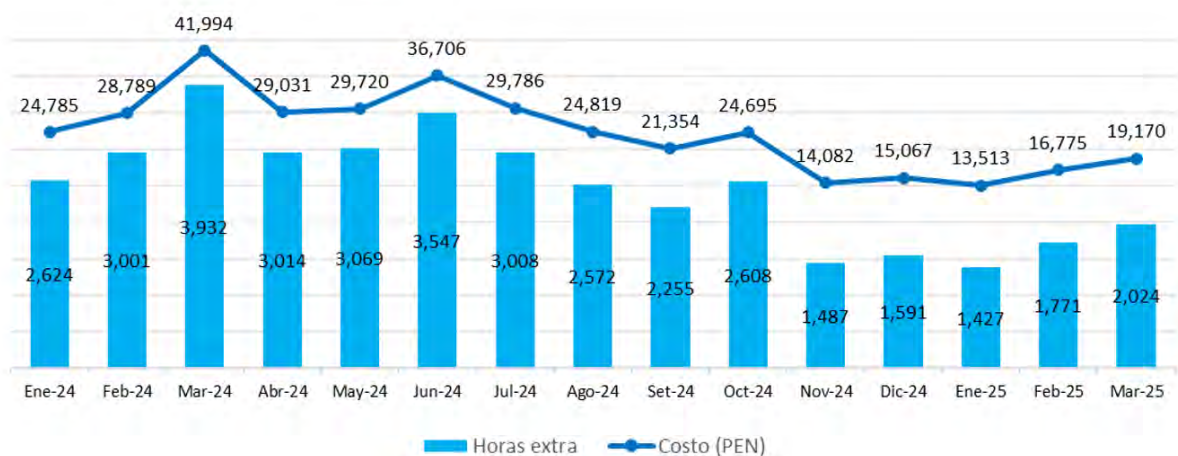


Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.2. Costo Total de producción.

En la figura 19, se muestra ratio del costo total de producción, los cual se suma del costo de mano de obra directa, costo de herramientas, insumos químicos, receta (Componentes) , costos de servicio de quemado de racks entre otros costos de otros servicios. Esta suma de costos se divide entre las unidades producidas (Suma de unidades producidas de cerraduras más candados).

Figura 19. Ratio de Costo total (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.3. Costo de Mano de obra directa.

En la figura 20, se muestra ratio entre el costo de mano de obra directa, en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 20. Ratio de Costo Mano de obra directa (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.4. Costo de Herramientas.

En la figura 21, se muestra ratio entre el costo de herramientas utilizadas en los procesos productivos (Brocas, Pinzas, Lijas, etc.), en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 21. Ratio de Costo de herramientas (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.5. Costo de receta.

En la figura 22, se muestra ratio entre el costo de receta, que incluye los costos asociados a los componentes de fabricación, en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 22. Ratio de Costo de receta (PEN) / producción (Unidades)

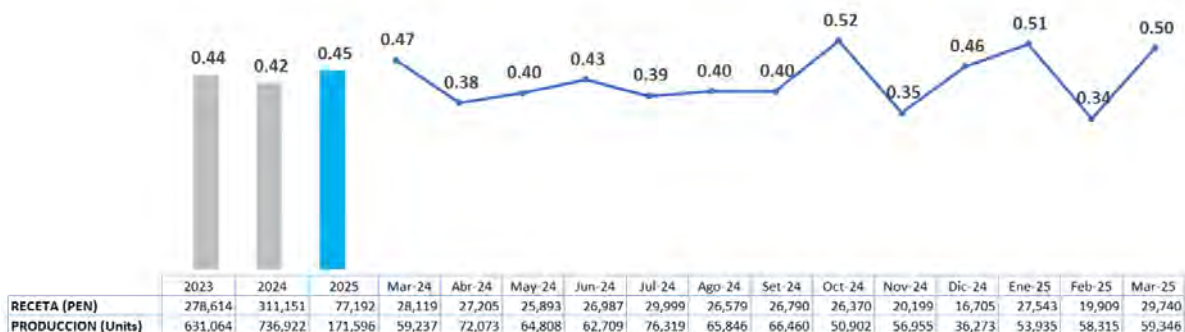


Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.6. Costo de insumos químicos.

En la figura 23, se muestra ratio entre el costo de los insumos químicos utilizados principalmente en los sectores de lavado, pintura, cromado. en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 23. Ratio de Costo de insumos químicos (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.7. Costo de Racks

En la figura 24, se muestra ratio entre el costo del servicio de quemado de racks (El quemado busca eliminar la pintura acumulada en los racks que se utilizan como colgadores en el sector de pintado), que incluye los, en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 24. Ratio de Costo de servicios de Racks (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.1.8. Costo de otros Servicios.

En la figura 25, se muestra ratio entre el costo de otros servicios asociados a los procesos productivos, en soles entre el total de unidades producidas.

Figura 25. Ratio de Costo de Otros Servicios (PEN) / producción (Unidades)



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de producción.

2.7.2. Indicadores de Calidad.

Actualmente se revisa los indicadores de rechazo de componentes y observados en los procesos de ensamble de cerraduras y candados.

2.7.2.1. Observados de ensamble de cerraduras.

En la figura 26. Se puede observar el porcentaje de observados en el proceso de ensamble de cerraduras del total de la producción. Por reparar o cambiar de componente de ser el caso.

Figura 26. Porcentaje de observados de ensamble de cerraduras (100 % X Unidades observadas / Unidades producidas) . Perdido 2024-2025.



Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de Calidad.

2.7.2.2. Observados de Ensamble de Candados.

En la figura 27. Se puede observar el porcentaje de observados en el proceso de ensamble de candados del total de la producción. Debiendo de reparar o cambiar de componente de ser el caso.

Figura 27. Porcentaje de observados de ensamble de candados (100 % X Unidades observadas / Unidades producidas). Perdido 2024-2025.

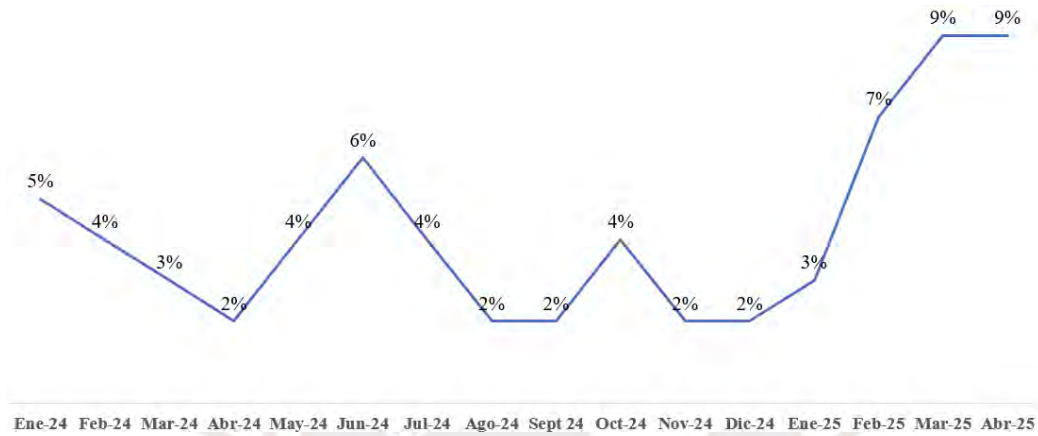
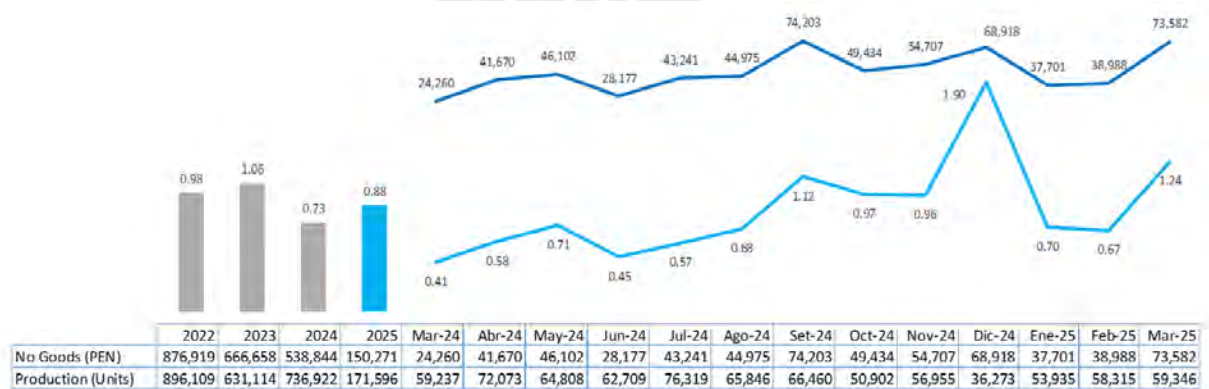


Figura de Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de Calidad.

2.7.2.3. Componentes rechazados.

En la figura 28, se muestra el total de unidades producidas totales mensual (Producto terminado de cerraduras y candados), y se muestra el ratio del total de componentes rechazados entre el total de unidades de producto terminado (Cerradura y candados producidos)

Figura 28. producción Mensual (Unidades) vs ratio de numero de componentes rechazados / Total de unidades producidas (Productos terminado)



Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de Calidad.

2.7.3. Indicadores de Gestión de la seguridad.

La organización esta priorizando los temas relacionados a la seguridad industrial para lo que se considera algunos indicadores.

2.7.3.1. Accidentes Mensuales

En la figura 29, se muestra el registro de accidentes que se ha generado en la empresa los periodos 2024-2025, Accidentes moderados.

Figura 29. Registro de accidentes mensuales durante los periodos 2024-2025.

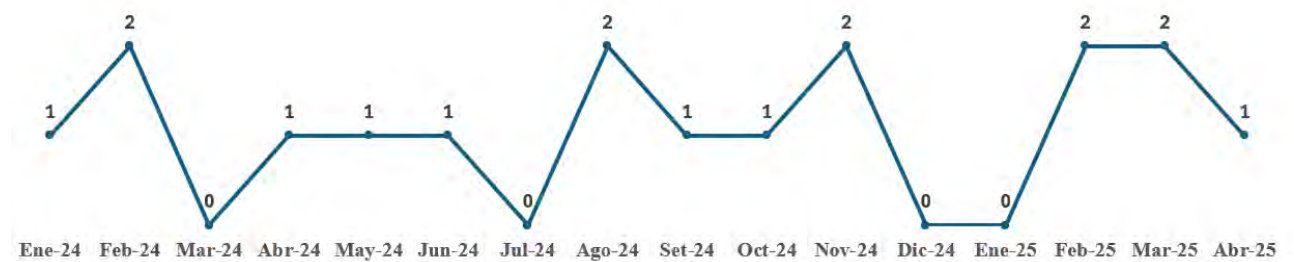


Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de Calidad.

2.7.3.2. Incidentes Mensuales

En la figura 30, se muestra el registro de incidentes que se ha generado en la empresa los periodos 2024-2025, Accidentes moderados.

Figura 30. Registro de incidentes mensuales durante los periodos 2024-2025.



Reporte gerencial de producción, Fuente: Área de Calidad.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

En esta sección se realizará un análisis utilizando herramientas de ponderación y análisis de causa raíz y poder realizar un diagnóstico considerando las principales causas raíces.

3.1. Justificación.

El proyecto tiene como objetivo realizar una Análisis y Propuesta de Mejora de los procesos de producción de una empresa metalmecánica de fabricación de cerraduras y candados, utilizando herramientas Lean Manufacturing.

En la empresa según el mapa de proceso mostrado en el capítulo 2 figura 15. Podemos indicar que los Macroprocesos que generan valor en la empresa son:

- Proceso Comercial
- Proceso de Planeamiento y Control de la producción.
- Producción,
- Distribución.

Estos macroprocesos son el Core Bussines de la empresa o procesos claves se muestra en la figura 31. Su interacción.

Figura 31. Macroprocesos Claves de Empresa de Manufactura de Cerraduras y Candados.



Se muestra los 4 Macroprocesos claves del negocio, fuente: Sistema Integrado de Gestión. Elaboración propia.

3.1.1. Evaluación del Macroproceso General.

Para la selección del Macroprocesos en que nos enfocaremos evaluaremos el mayor impacto entre el nivel de áreas implicadas, la proporción del número de personas, el grado de acción, indicando la disposición de la información para el análisis. y la problemática existente, con el despartís adquirido en la empresa. Como se muestra en la Tabla 20, se hace una valoración con puntaje del 1 al 10, considerando que 1 es el valor de menor impacto y 10 es el valor de mayor impacto.

Factor Áreas: Se evalúa el impacto del macroproceso en las áreas de trabajo.

Factor Personal: Se evalúa el impacto del macroproceso en el número de personas.

Factor Grado de Acción: Se evalúa el impacto del macroproceso en el grado de acción del investigador.

Factor problemático: Se evalúa el impacto del macroproceso en la problemática existente, para lo cual se realizó la evaluación con Personal especialización de la organización

Tabla 20. Evaluación Cualitativa de Macroprocesos.

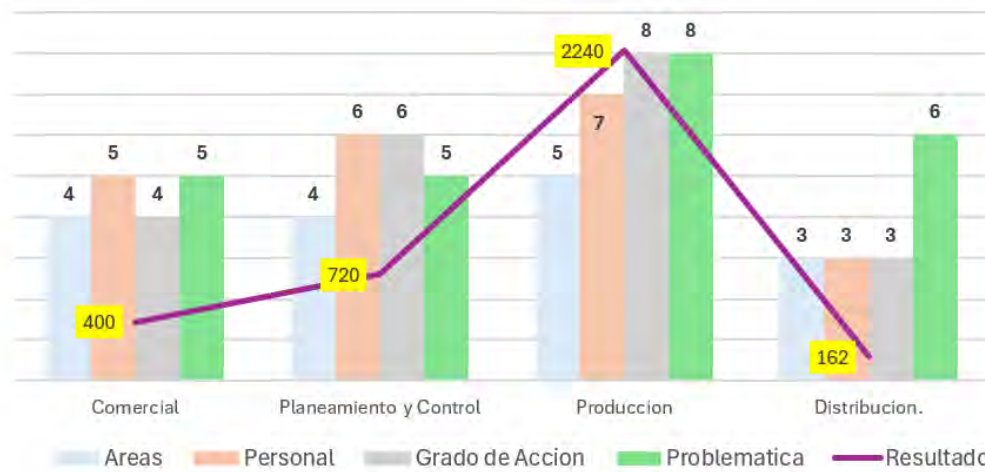
	1-10	1-10	1-10	1-10	
Macroproceso	Areas	Personal	Grado de Accion	Problematica	Resultado
Comercial	4	5	4	5	400
Planeamiento y Control	4	6	6	5	720
Produccion	5	7	8	8	2240
Distribucion.	3	3	3	6	162

Areas	Áreas de impacto, Puntaje de (1-10)
Personal	Personal Imbolucrado . Puntaje de (1-10)
Grado de Accion	Disponibilidad de la informacion, Puntaje de (1-10)
Problematica	Problemática exietente (1-10)

Evaluación cualitativa de los 4 Macroprocesos. Elaboración propia.

En la Figura 32, se muestra de forma gráfica, la evaluación de 4 macroprocesos considerando los parámetros de Número de áreas, Números de personas, grado de acción, problemática y como impactaría sus resultados.

Figura 32. Grafica de la Evaluación Cualitativa de los Macroprocesos.



La Figura muestra la evaluación de los 4 macroprocesos en 4 categorías (Número de áreas, Numero de Personal, Grado de Acción y problemática). elaboración Propia.

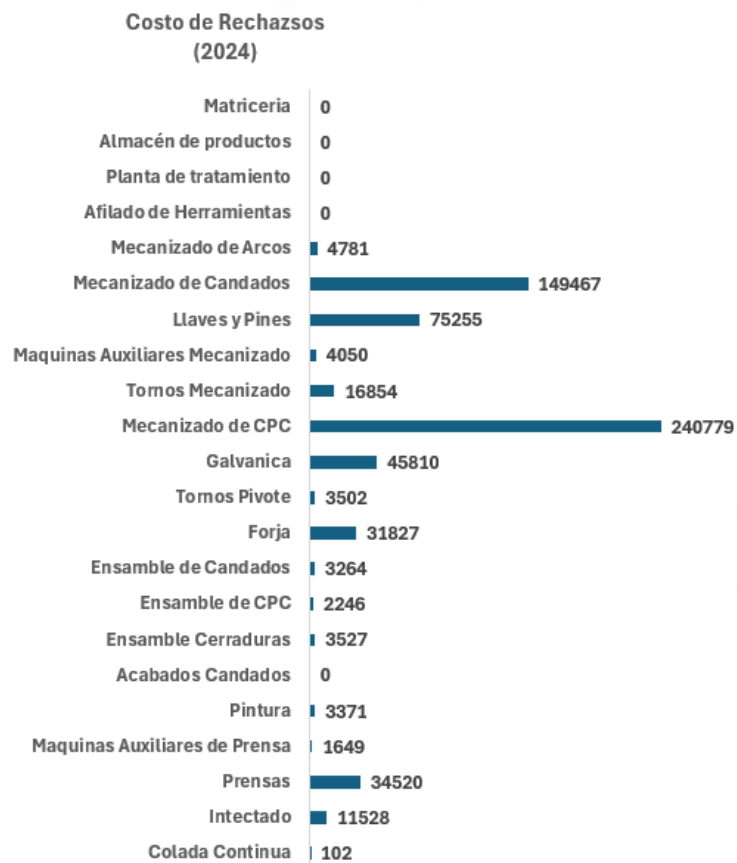
Luego de realizar esta evaluación podemos indicar que el Macroproceso en el cual nos enfocaremos es el Macroprocesos de Producción

3.1.2. Evaluación de áreas de Trabajo.

Para la evaluación y selección del área de trabajo del Macro proceso de producción realizaremos un análisis de 4 variables. Para ver el detalle se muestra las figuras 37,38,39 y 40.

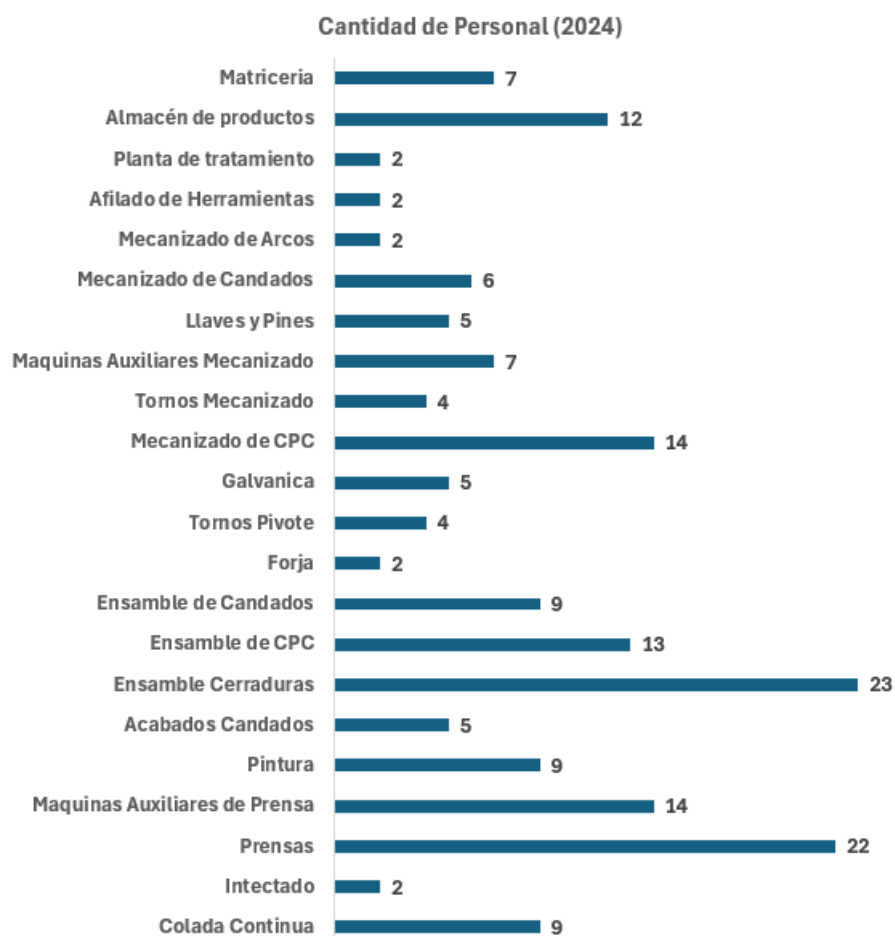
- Costos de rechazo del periodo 2024 (Soles). (Figura 33)
- Número de persona asignadas a cada área en promedio en el periodo 2024. (Figura 34)
- Número de accidentes originados en cada área en el periodo 2024. (Figura 35)
- Tiempo acumulado de paradas del periodo marzo 2025, en cada área de trabajo (Minutos) (Figura 36)

Figura 33. Costos de Rechazos del periodo 2024 (Soles)



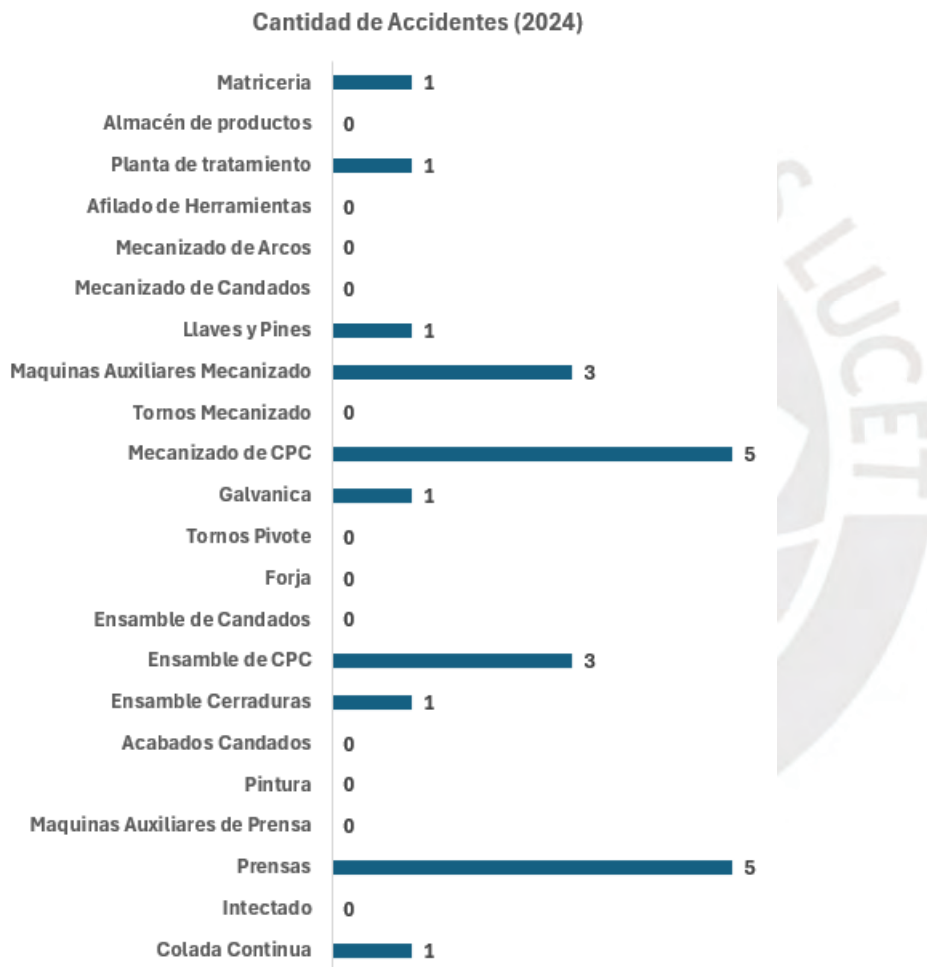
Se muestra los costos asociados al costo de los rechazos (Soles), del periodo 2024. Fuente: Gerencia de Operaciones. Elaboración Propia.

Figura 34. Número de persona asignadas a cada área en promedio en el periodo 2024.



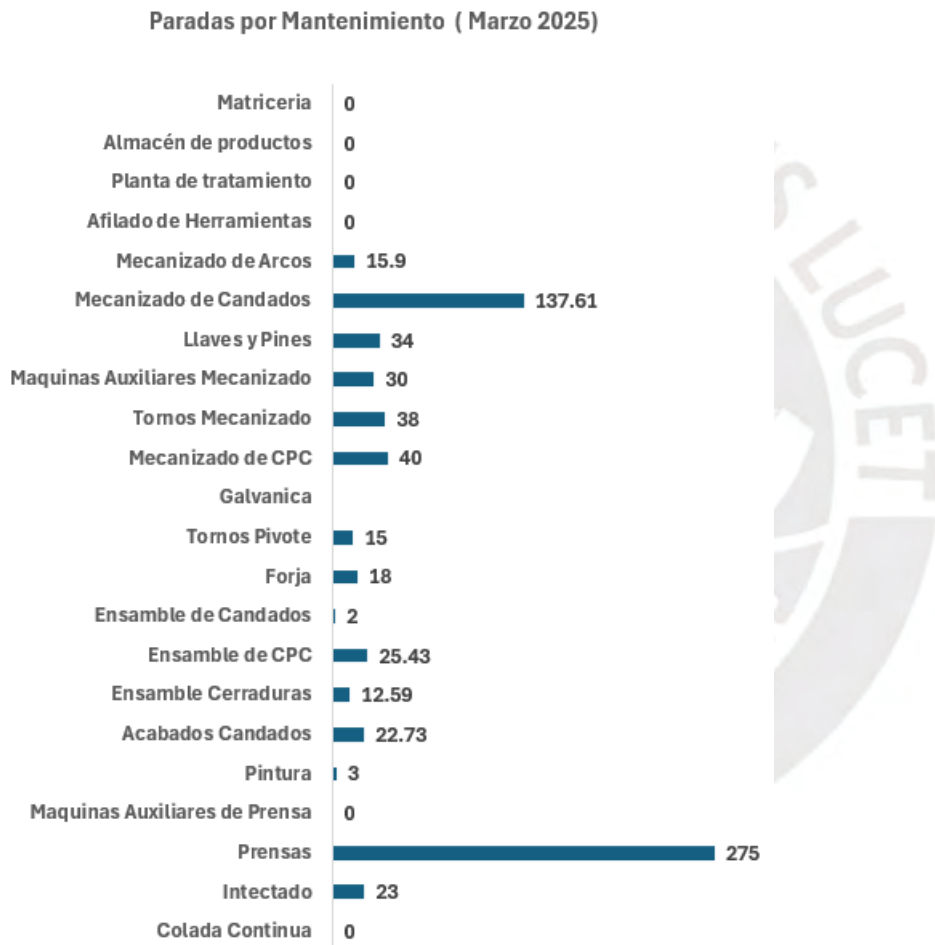
Se muestra el numero de personas promedio asignadas durante el periodo 2024, en cada are. Fuente: Gerencia de Operaciones. Elaboración Propia.

Figura 35. Número de accidentes originados en cada área en el periodo 2024.



Se muestra el número de accidentes originados en cada área de la empresa en el periodo 2024, Fuente: Gerencia de Operaciones. Elaboración Propia.

Figura 36. Tiempo acumulado de paradas del periodo marzo 2025, en cada área de trabajo (Minutos)



Se muestra el tiempo acumulado de las paradas (Minutos), en cada área de trabajo durante el periodo Marzo del 2025. Fuente: Gerencia de Operaciones. Elaboración Propia.

Considerando la información de las 5 variables a evaluar estableceremos parámetros de ponderación para la evaluación, para esto se muestra estos parámetros de valoración en la Tabla 21.

Tabla 21. Parámetros de ponderación para evaluación de áreas.

Cantidad de personas	Ponderación	Cantidad de accidentes	Ponderación	Costo de rechazo	Ponderación	Tiempo deparadas	Ponderación
0-5	1	0	1	0-2000	1	0-10	1
6-10	2	1	2	2001-10000	2	11-20	2
10-15	3	2-3	3	10 001-50 000	3	21-30	3
16-20	4	4	4	50001-100 000	4	31-40	4
21-25	5	5	5	100 001a mas	5	41 a mas	5

En la tabla se muestra los parámetros considerando los intervalos de la variable y con el parámetro de ponderación respectivo. Fuente: Gerencia de Operaciones. Elaboración Propia.

Ya establecido los criterios de evaluación realizamos la ponderación considerando la variable a evaluar, como se muestra la Tabla 22.

Tabla 22. Valoración de valores ponderados.

Area	Ponderacion (Personal)	Ponderacion (Accidentes)	Ponderacion (Rechazo)	Ponderacion (Paradas)	Resultado	% de valor ponderado	% Acumulado de valor ponderado
PRENSAS	5	5	3	5	375	40%	40%
MECANIZADO CPC	3	5	5	4	300	32%	73%
ENSAMBLE CPC	3	3	2	3	54	6%	78%
MECANIZADO CANDADOS	2	1	5	5	50	5%	84%
ENSAMBLE CARRADURAS	5	2	2	2	40	4%	88%
LLAVES Y PINES	1	2	4	4	32	3%	92%
MAQUINAS AUXILIARES	1	3	2	3	18	2%	94%
TORNOS MECANIZADO	1	1	3	4	12	1%	95%
INYECTADO	1	1	3	3	9	1%	96%
FORJA	1	1	3	2	6	1%	96%
GALVANICA	1	2	3	1	6	1%	97%
TORNOS PIVOTE	1	1	2	2	4	0%	98%
MECANIZADO DE ARCOS	1	1	2	2	4	0%	98%
MAQUINAS AUXILIARES PRENSA	3	1	1	1	3	0%	98%
ACABADO CANDADOS	1	1	1	3	3	0%	99%
ALMACEN	3	1	1	1	3	0%	99%
COLADA CONTINUA	1	2	1	1	2	0%	99%
PINTURA	1	1	2	1	2	0%	99%
ENSAMBLE CANDADOS	1	1	2	1	2	0%	100%
MATRICERIA	2	1	1	1	2	0%	100%
AFILADO	1	1	1	1	1	0%	100%
PETAR	1	1	1	1	1	0%	100%

La tabla muestra los valores ponderados, considerando los parámetros de evaluación, cálculo del resultado porcentaje de valor ponderado y el acumulado. Elaboración Propia.

Ya evaluador las variables realizamos un diagrama Pareto para visualizar los resultados, ver figura 37.

Figura 37. Diagrama de Pareto de los resultados de ponderación de las Áreas evaluadas.

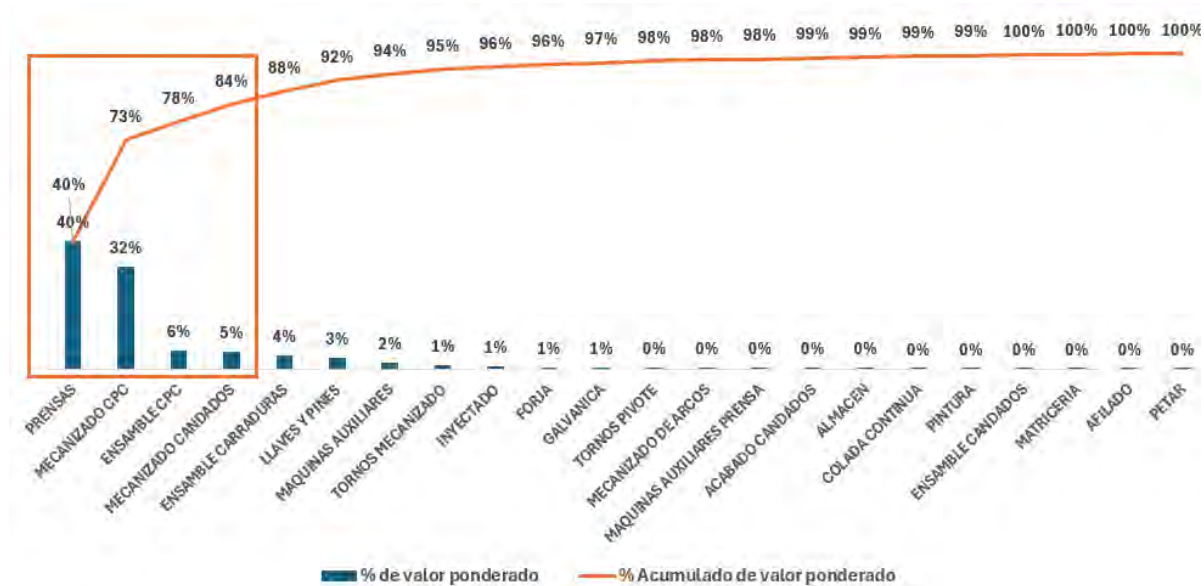


Diagrama de Pareto de áreas evaluados, considerando parámetros de ponderación establecidos. Elaboración Propia.

Como se muestra en la figura 41. El 84% de las variables hacen énfasis en 4 áreas de las cuales 2 de ellas representan el 73 %.

Área de prensas que representa el 40%, Mecanizado de CPC el 32% y adicionalmente el ensamble de CPC y el mecanizado de candados. Esto considerando las 4 variables ya indicadas.

Finalizando las evaluaciones áreas podemos indicas que debemos enfocarnos en estas 4 áreas de trabajo en el orden de prioridad como se indica los porcentajes.

- Área de Prensas.
- Área de Mecanizado de CPC.
- Área de Ensamble de CPC.
- Área de Mecanizado de Candados.

Ya establecida las áreas, considerando criterios de evaluación, realizaremos un análisis de los principales problemas que se generan en estas áreas de trabajo.

Realizaremos un listado de los problemas que identificamos en las áreas consideradas en la evaluación.

Área de Prensas.

- Accidentes de trabajo.
- Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.
- Diferencia de inventario mensual.
- Componentes observados y/o rechazados en el ensamble de cerradura.

Área de Mecanizado de CPC.

- Accidentes de trabajo.
- Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.
- Ausentismo Laboral y rotación de personal.
- Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.
- Diferencia de inventarios mensuales.

Área de Ensamble de CPC.

- Retrasos por componentes fuera de medida.
- Retrasos por paradas por mantenimiento,
- Problemas de inventario mensual.

Área de Mecanizado de Candados.

- Baja disponibilidad de equipos.
- Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.

Luego de listar los problemas para las áreas a evaluar, realizaremos una ponderación, considerando el producto de 2 valores: Valor de impacto, el cual refleja el impacto que tiene

este problema en los resultados del área, el valor de frecuencia, el cual refleja la frecuencia que sucede este problema. Y el valor de influencia en las líneas de ensamble.

En la Tabla 23. Se muestra los puntajes que representan cada valor desde el puntaje 1 al puntaje 5. Para el valor de impacto, valor de frecuencia y valor que influye en las líneas de ensamble.

En la Tabla 24. Se muestra la evaluación de estas y se calcula el producto de la evaluación. A si mismo denominaremos a cada problema con un código para un análisis visual simplificado,

Tabla 23. Puntajes para Valor de impacto y valor de frecuencia.

Puntaje	Valor de impacto en el Área
1	Muy poco influye dentro del area de trabajo
2	Poco influye dentro del area de trabajo
3	Medianamente influye dentro del area de trabajo
4	Influye dentro del area de trabajo
5	Muy influyete dentro del area de trabajo

Puntaje	Valor de frecuencia
1	Muy poco frecuente dentro del area de trabajo
2	Poco frecuente dentro del area de trabajo
3	Medianamente frecuente dentro del area de trabajo
4	Influye dentro del area de trabajo
5	Muy frecuente dentro del area de trabajo

Puntaje	Valor de influencia en líneas de ensamble
1	Muy poco influye en las líneas de ensamble
2	Poco influye en las líneas de ensamble
3	Medianamente influye en las líneas de ensamble
4	Influye en las líneas de ensamble
5	Muy infleyente en las líneas de ensamble

Se muestra la escala de valoración utilizada para la evaluación.

Tabla 24. Evaluación con escala de valoración de problemas en áreas seleccionadas.

CODIGO	Descripción de Problematica	Área	Valor de impacto en el Área	Valor de frecuencia	Impacto en líneas de ensamble	Valor ponderado
PR01	Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Mecanizado CPC	5	5	5	125
PR02	Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	Mecanizado CPC	5	5	5	125
PR03	Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	Mecanizado de Candados.	5	5	5	125
PR04	Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Prensas	5	5	5	125
PR05	Retrasos por componentes fuera de medida.	Ensamble CPC	3	3	3	27
PR06	Baja disponibilidad de equipos.	Mecanizado de Candados.	3	3	3	27
PR07	Retrasos por paradas por mantenimiento.	Ensamble CPC	2	2	3	12
PR08	Diferencia de inventarios mensuales.	Mecanizado CPC	2	2	3	12
PR09	Problemas de inventario mensual.	Ensamble CPC	2	2	2	8
PR10	Accidentes de trabajo.	Mecanizado CPC	2	2	2	8
PR11	Ausentismo Laboral y rotación de personal.	Mecanizado CPC	2	2	2	8
PR12	Accidentes de trabajo.	Prensas	2	2	2	8
PR13	Componentes observados y/o rechazados en el ensamble de cerradura.	Prensas	2	2	2	8
PR14	Diferencia de inventario mensual.	Prensas	2	2	2	8

Valoración de áreas y su valor ponderado. Elaboración propia.

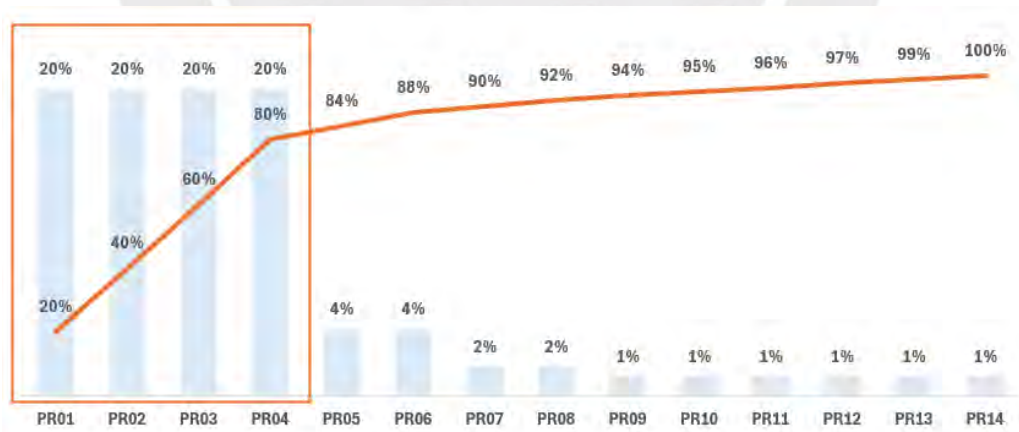
Al realizar la evaluación con valores ponderados, realizamos un análisis de Pareto para identificar cuáles son los problemas relevantes, y que representan el mayor porcentaje de la problemática. De esta manera se elabora la Tabla 25, para posteriormente realizar un diagrama de Pareto y mostrar visualmente los resultados. (Figura 38)

Tabla 25. Evaluación de análisis de Pareto de los problemas de las áreas seleccionadas.

Código	Descripción de Problemática	Área	Valor ponderado	% de V. Ponderado	% Acumulado de V. Ponderado.
PR01	Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Mecanizado CPC	125	20%	20%
PR02	Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	Mecanizado CPC	125	20%	40%
PR03	Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	Mecanizado de Candados.	125	20%	60%
PR04	Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Prensas	125	20%	80%
PR05	Retrasos por componentes fuera de medida.	Ensamble CPC	27	4%	84%
PR06	Baja disponibilidad de equipos.	Mecanizado de Candados.	27	4%	88%
PR07	Retrasos por paradas por mantenimiento.	Ensamble CPC	12	2%	90%
PR08	Diferencia de inventarios mensuales.	Mecanizado CPC	12	2%	92%
PR09	Problemas de inventario mensual.	Ensamble CPC	8	1%	94%
PR10	Accidentes de trabajo.	Mecanizado CPC	8	1%	95%
PR11	Ausentismo Laboral y rotación de personal.	Mecanizado CPC	8	1%	96%
PR12	Accidentes de trabajo.	Prensas	8	1%	97%
PR13	Componentes observados y/o rechazados en el ensamble de cerradura.	Prensas	8	1%	99%
PR14	Diferencia de inventario mensual.	Prensas	8	1%	100%

Evaluación de porcentajes y porcentajes acumulados del análisis de Pareto. Elaboración propia.

Figura 38. Gráfico de Pareto de los problemas de las áreas seleccionadas.



Se muestra que los problemas PR01, PR02, PR03 Y PR04, representan el 80 % de la problemática.

Elaboración propia.

Luego del análisis Pareto concluimos que 4 de los 14 problemas identificados para la evaluación representan el 80% de la problemática. Las cuales son:

PR01: Incremento de piezas rechazadas y/o observadas (Mecanizado de CPC)

PR02: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.

PR03: Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.

PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.

Luego de haber identificados los problemas más relevantes, 'procederemos a realizar un análisis de causa efecto, para de esta manera identificas causas secundarias a la problemática planteada. Para esto se desarrolla la Tabla 26, Tabla 27, Tabla 28 y la Tabla 29. En la cual de desarrolla las causas secundarias y su respectiva valoración, de esta manera poder seleccionar las principales cusas raíces para cada problema.

Tabla 26. PR01: Incremento de piezas rechazadas y/o observadas (Mecanizado de CPC)

PR01 Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.						
Codigo	Causas secundarias	Causa Principal	Valor de impacto	Valor de frecuencia	Valor de impacto en las líneas de ensamble	Valor ponderado
PR1.5	Herramientas mal afiladas	Maquina	5	5	5	125
PR1.8	Material forjado, deforme	Material	5	5	5	125
PR1.11	Des calibración de parámetros de maquina	Material	5	4	5	100
PR1.2	Procedimiento de afilado de herramientas no estandarizados	método	4	4	4	64
PR1.6	regulación de parámetros de velocidades y revolución.	Maquina	4	4	4	64
PR1.9	Medidas bases previas erróneas	Material	4	4	4	64
PR1.20	Falta de indicadores de avance en áreas de trabajo.	medición	4	3	5	60
PR1.4	Mordazas desgastadas y/o niveladas.	Maquina	4	3	4	48
PR1.16	Mala ejecución del proceso de medición.	Mano de Obra	4	3	4	48
PR1.18	Equipos de medición descalibrados	medición	4	3	4	48
PR1.19	Falta del análisis de los registros de medición	medición	3	4	4	48
PR1.1	Registros de control de procesos incompletos	método	5	3	3	45
PR1.13	Mala distribución de líneas secuenciales de producción.	Medio Ambiente	3	3	5	45
PR1.7	Falta de herramientas de calibración.	Maquina	3	3	4	36
PR1.14	Operadores, desconocen calibración de máquina.	Mano de Obra	3	3	4	36
PR1.15	Operadores no registran de forma correcta los parámetros.	Mano de Obra	3	4	3	36
PR1.17	rotación de personal.	Mano de Obra	3	3	4	36
PR1.3	Registro de modificación de cambio de procesos	método	3	2	3	18
PR1.12	Falta de limpieza de material residual	Medio Ambiente	3	3	2	18
PR1.10	composición de material	Material	3	2	2	12

La Tabla muestra el análisis de causas secundarias y su respectiva valoración. Elaboración propia

Tabla 27. PR02: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC

PR02 Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.						
Codigo	Causas secundarias	Causa Principal	Valor de impacto	Valor de frecuencia	Valor de impacto en las líneas de ensamble	Valor ponderado
PR2.4	Paradas constantes de línea de cilindros	Maquina	5	5	5	125
PR2.7	variación de medidas de PCE	Maquina	5	5	5	125
PR2.3	Procedimientos de reportes estandarizados entre supervisores.	método	5	5	5	125
PR2.6	Variación de medidas en cifrado de llaves	Maquina	4	4	5	80
PR2.17	Personal no tiene claro las prioridades.	Mano de Obra	4	5	4	80
PR2.8	Componentes fuera de dimensión.	Material	5	4	4	80
PR2.15	Ausencia de personal en máquinas cuellos de botella.	Mano de Obra	4	4	5	80
PR2.5	Paradas por falta de herramientas.	Maquina	5	3	5	75
PR2.11	No se registra la causa del rechazo del componente.	Material	4	4	4	64
PR2.14	falta de personal capacitado para realizar cambios de modelo.	Mano de Obra	4	4	4	64
PR2.18	No se controla indicadores de productividad de áreas.	medición	5	4	3	60
PR2.2	Procesos no estandarizados para el cambio y afilado de herramientas	método	4	4	3	48
PR2.16	Personal no registra y controla medidas de componentes.	Mano de Obra	4	4	3	48
PR2.9	Material con rebaba	Material	4	3	3	36
PR2.10	Material contaminado y/o deformado.	Material	3	4	3	36
PR2.19	No se controla variables de operación de máquinas.	medición	4	3	3	36
PR2.20	No se registra de forma correcta las paradas de maquina	medición	4	3	3	36
PR2.1	Registro de cambio de procesos no actualizados.	Método	3	3	3	27
PR2.12	Contaminación del área por viruta de material	Medio Ambiente	3	3	3	27
PR2.13	Fatiga por altas temperaturas en verano	Medio Ambiente	3	3	3	27

La Tabla muestra el análisis de causas secundarias y su respectiva valoración. Elaboración propia.

Tabla 28. .PR03: Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.

PR03 Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.						
Codigo	Causas secundarias	Causa Principal	Valor de impacto	Valor de frecuencia	Valor de impacto en las líneas de ensamble	Valor ponderado
PR3.4	Desca libración constante de equipos	Maquina	5	5	5	125
PR3.18	Mal registro de medidas en control.	medición	5	5	5	125
PR3.13	Herramientas desorganizadas.	Medio Ambiente	4	5	4	80
PR3.7	Cuerpos fuera de medida.	Maquina	4	5	4	80
PR3.17	Personal no conoce las prioridades de producción.	Mano de Obra	5	4	4	80
PR3.6	Herramientas se rompen constantemente	Maquina	4	4	4	64
PR3.14	Rotación de personal	Mano de Obra	4	4	4	64
PR3.15	Personal no capacitado en habilitado de herramientas	Mano de Obra	4	4	4	64
PR3.16	Personal no capacitado en realizar cambios de formato	Mano de Obra	4	4	4	64
PR3.19	Falta de autocontrol de parte del área de producción	medición	4	4	4	64
PR3.20	Falta de calibración de herramientas de medición	medición	4	4	4	64
PR3.3	Procedimientos de entrenamiento de personal estandarizados.	método	3	4	4	48
PR3.5	Falla de sensores de maquina	Maquina	4	3	4	48
PR3.8	Material fuera de dimensiones de procesos previos.	Material	4	4	3	48
PR3.2	Registro de uso de planos.	método	4	3	3	36
PR3.12	Nivel de ubicación de máquinas no ergonómicos	Medio Ambiente	3	4	3	36
PR3.1	Rotulación y aprobación con retraso	método	3	3	3	27
PR3.9	Material contaminado y/o contaminado	Material	3	3	3	27
PR3.10	Generación de viruta dentro del proceso.	Material	3	3	3	27

La Tabla muestra el análisis de causas secundarias y su respectiva valoración. Elaboración propia.

Tabla 29. PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.

PR04 Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.						
Codigo	Causas secundarias	Causa Principal	Valor de impacto	Valor de frecuencia	Valor de impacto en las líneas de ensamble	Valor ponderado
PR4.1	Plan de producción diaria y semanal actualizados	método	5	5	5	125
PR4.7	Falta de disponibilidad de Prensas	Maquina	5	5	5	125
PR4.19	Falta de registro de producción y control de avance	medición	5	5	5	125
PR4.9	Demoras en el suministro de componentes de servicio externo	Material	4	5	4	80
PR4.6	Vibradoras presentan desgaste	Maquina	5	4	4	80
PR4.4	Ruptura de punzones	Maquina	5	4	4	80
PR4.3	Inventarios mensuales no ajustados	método	4	4	4	64
PR4.5	Perdida de filo de matrices	Maquina	4	4	4	64
PR4.8	Componentes fuera de medidas suministradas por otras áreas	Material	4	4	4	64
PR4.17	Falta de personal (HeadCount)	Mano de Obra	4	4	4	64
PR4.10	Falta de insumos químicos para el proceso de lavado	Material	4	3	4	48
PR4.14	Ausentismo de personal.	Mano de Obra	4	3	4	48
PR4.16	Fala de personal capacitado en el cambio de matrices	Mano de Obra	4	3	4	48
PR4.2	Falta de recetas de producción en sistema	método	4	3	3	36
PR4.12	Sobre carga de zona de retacería.	Medio Ambiente	3	4	3	36
PR4.18	Equipos de medición descalibrados	medición	4	3	3	36
PR4.20	Falta de equipos de medicion	medición	3	4	3	36
PR4.11	demoras en el abastecimiento por parte de almacén	Material	3	3	3	27
PR4.13	Materiales en proceso, acumulados.	Medio Ambiente	3	3	3	27
PR4.15	Desconocimiento del cuidado de matrices.	Mano de Obra	3	3	3	27

La Tabla muestra el análisis de causas secundarias y su respectiva valoración. Elaboración propia

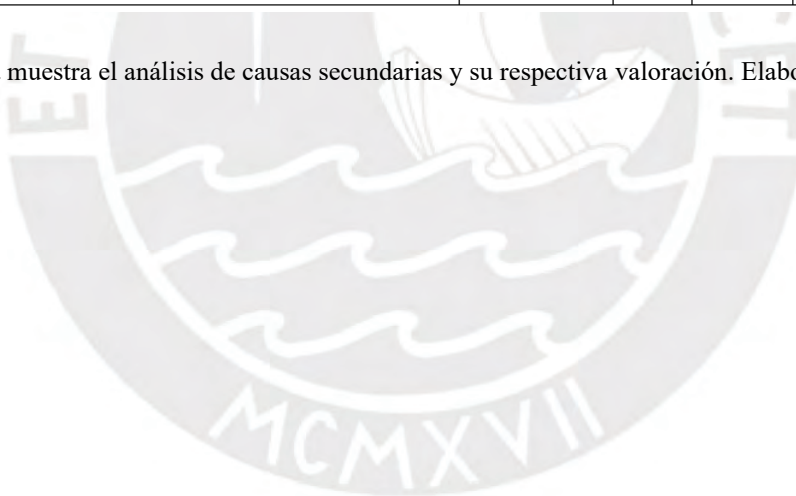
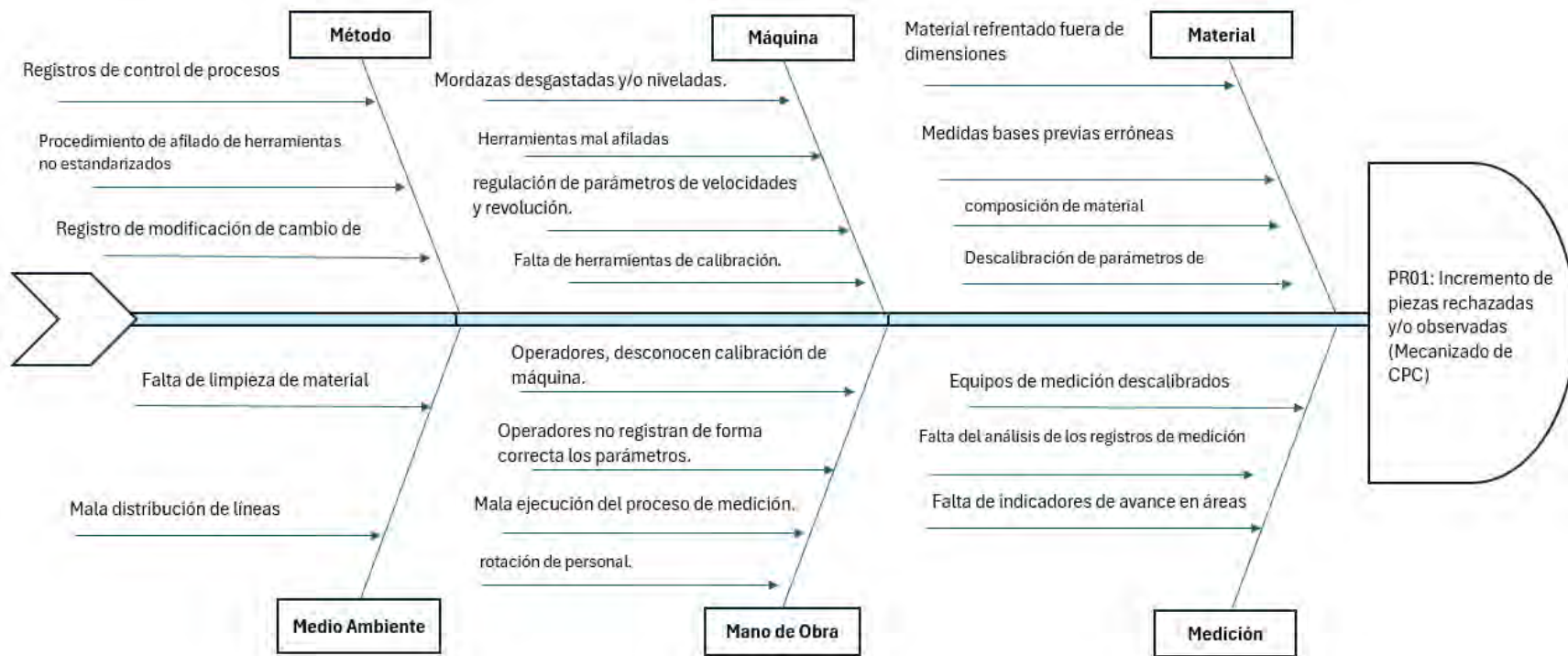
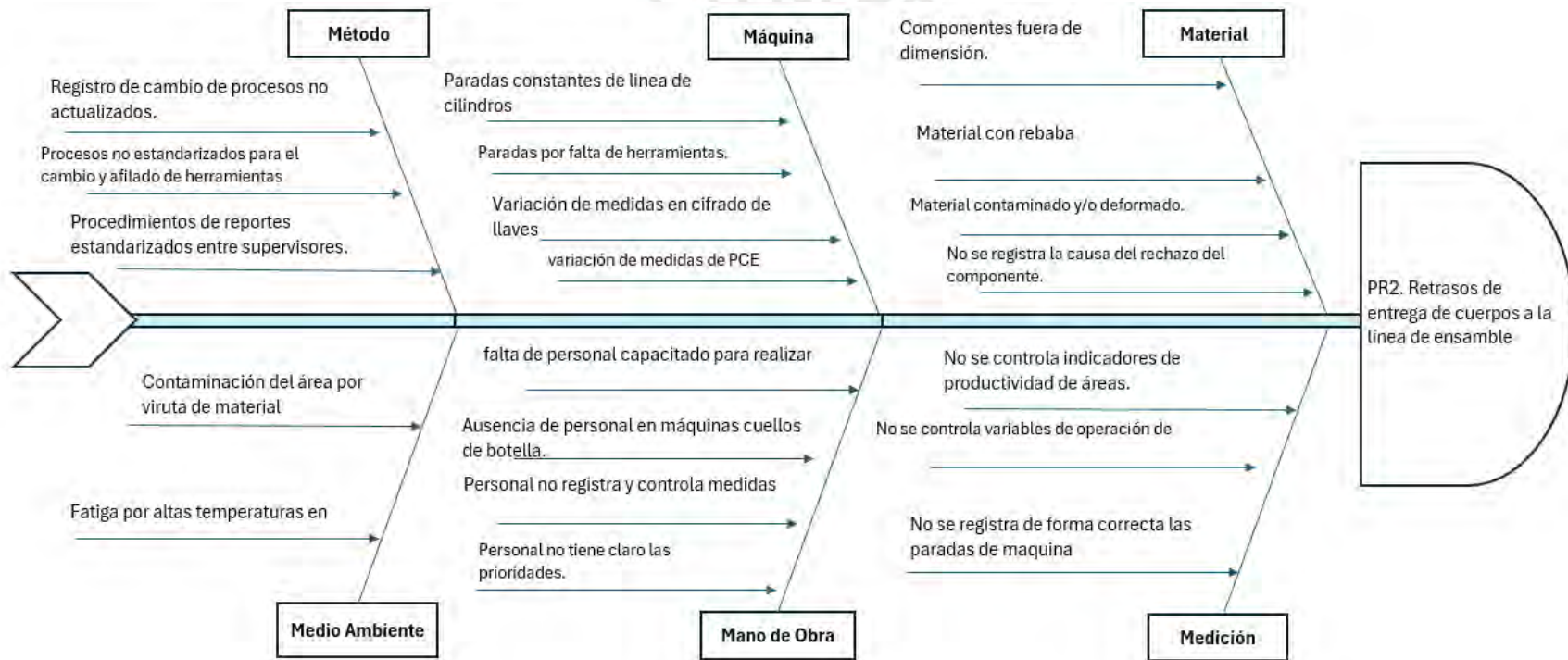


Figura 39. PR01: Diagrama causa efecto Incremento de piezas rechazadas y/o observadas (Mecanizado de CPC)



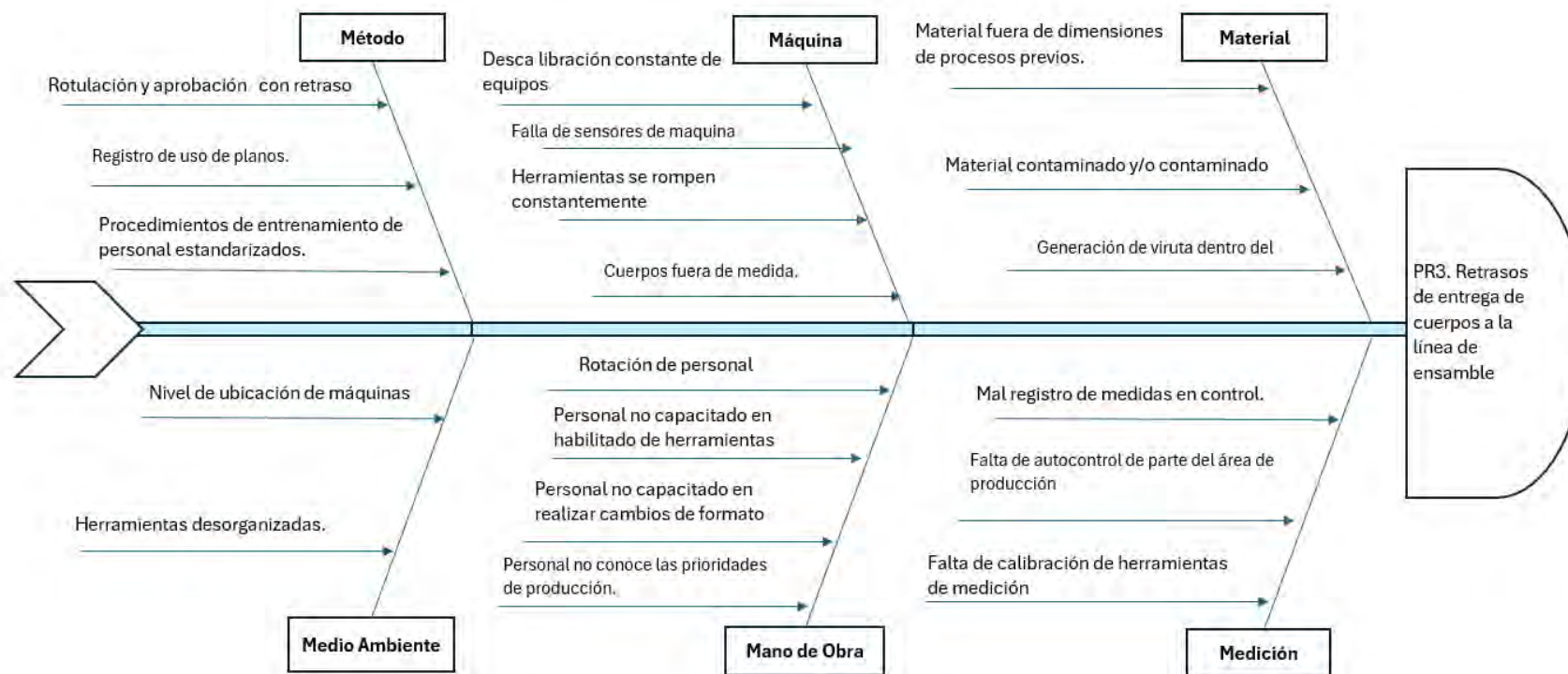
La figura muestra el diagrama de causa efecto de los problemas secundarios del problema PR01. Elaboración Propia,

Figura 40. Diagrama causa efecto PR02: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC



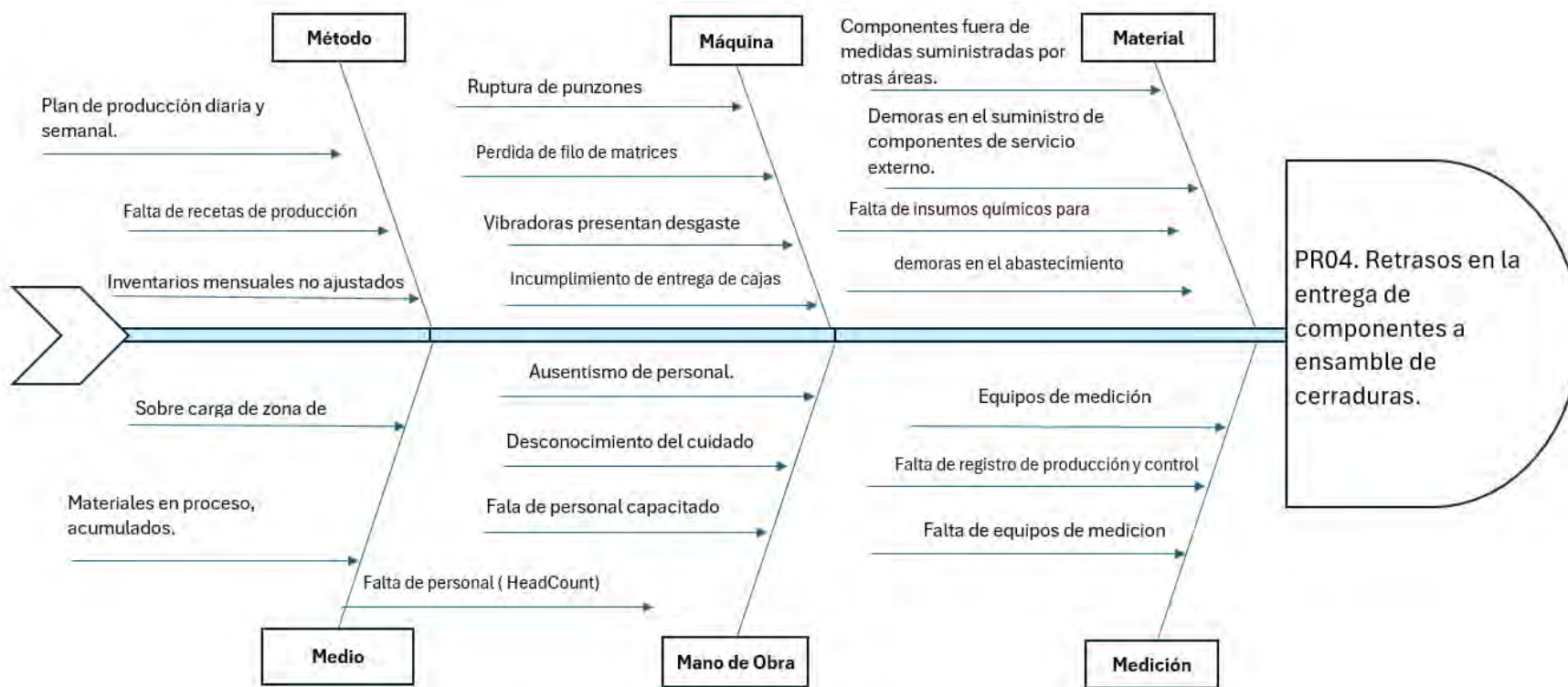
La figura muestra el diagrama de causa efecto de los problemas secundarios del problema PR02. Elaboración Propia,

Figura 41. Diagrama causa efecto PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.



La figura muestra el diagrama de causa efecto de los problemas secundarios del problema PR03. Elaboración Propia,

Figura 42. Diagrama causa efecto de PR04: Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.



La figura muestra el diagrama de causa efecto de los problemas secundarios del problema PR04. Elaboración Propia,

Luego de realizar un análisis causa efecto, como se muestra en la Figura 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42. Se puede identificar las principales causas secundarias.

Tabla 30. Resumen de las causas secundarias para cada problema analizado.

Codigo	Causas Secundarias	Causa Principal	Area	Valor ponderado
PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.				
PR1.5	Herramientas mal afiladas	Maquina	Mecanizado de CPC	125
PR1.8	Material refrentado fuera de dimensiones	Material	Mecanizado de CPC	125
PR1.11	Descalibración de parámetros de maquina	Material	Mecanizado de CPC	100
PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.				
PR2.4	Paradas constantes de línea de cilindros	Maquina	Mecanizado de CPC	125
PR2.7	variación de medidas de PCE	Maquina	Mecanizado de CPC	125
PR2.3	Reportes no estandarizados y unificados entre supervisores.	método	Mecanizado de CPC	125
PR3. Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.				
PR3.4	Descalibración constante de equipos	Maquina	Mecanizado de Candado	125
PR3.18	Mal registro de medidas en control.	medición	Mecanizado de Candado	125
PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.				
PR4.1	Plan de producción diaria y semanal actualizados	método	Prensas	125
PR4.7	Incumplimiento de entrega de cajas y canastillas.	Maquina	Prensas	125
PR4.19	Falta de registro de producción y control de avance	medición	Prensas	125

Se muestra una tabla resumen donde registramos las causas raíces seleccionadas como principales

Luego de haber identificado las principales causas raíz secundarias, con el criterio de moderación establecido. El cual se evalúa 3 factores. Valor de impacto en el área, Valor de frecuencia y valor de impacto en las líneas de ensamble. Como se muestra en la Tabla 30.

Ya establecido las principales causas Secundarias, para lo cual se identificó 11 causas secundarias. pasaremos a desarrollar la herramienta 5 ¿Por qué? En cada una de estas causas secundarias. Como se muestra en la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 44.

Tabla 31. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR1.

PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	
PR1.5	Herramientas mal afiladas
Tipo (6)	Maquina
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Pocos operadores conocen el proceso
¿Por qué?	No se dispone de personal calificado en los 3 turnos de trabajo.
¿Por qué?	No se ha realizado la capacitacion a mas operadores.
¿Por qué?	No de ha contemplado la planificación de la capacitacion.
¿Por qué?	No se ha solicitado la capacitacion al personal en dicha tarea.
Causa raiz preliminar	Falta de conocimiento en el proceso de afilado debido a la falta de capacitacion solicitada al personal que cubra los 3 turnos de trabajo.
PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	
PR1.8	Material refrentado fuera de dimensiones
Tipo (6)	Material
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Material fuera de dimensiones
¿Por qué?	Componente forjado fuera de dimensiones
¿Por qué?	Proceso de forjado no controla medidas de cabeza.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE.
PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	
PR1.11	Descalibración de parámetros de maquina
Tipo (6)	Material
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Material no estable a la hora de mecanizar.
¿Por qué?	Mordasas no ajustan al material firmemente
¿Por qué?	Mordazas desgastadas
¿Por qué?	Solo se rectifican de forma constantes
¿Por qué?	Cambio de mordaza con la calidad requerida y durabilidad.
Causa raiz preliminar	Descalibracion de maquinas debido al uso de mordazas adecuadas.

Se muestra el análisis de las 3 causas secundarias seleccionadas para el problema PR1. Elaboración Propia,

Tabla 32. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR2.

PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	
PR2.4	Paradas constantes de línea de cilindros
Tipo (6)	Maquina
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Paradas constantes en Maquina Transfer
¿Por qué?	Fallas en la unidad de perforacion
¿Por qué?	Variacion en las medidas de las distancias entre los agujeros pines.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Paradas en línea de cilindros, centralizadas en maquina transfer por variacion de medidas entre agujeros pines.
PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	
PR2.7	variación de medidas de PCE
Tipo (6)	Maquina
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Piezas a mecanizar con cabeza fuera de medida
¿Por qué?	Refrentado de cabeza fuera de medida
¿Por qué?	Componente forjado, fueda de medida.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE
PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	
PR2.3	Reportes no estandarizados y unificados entre supervisores.
Tipo (6)	método
Area	Mecanizado de CPC
¿Por qué?	Reportes estandarizados y estandares de las areas de trabajo.
¿Por qué?	Cada supervisor trabaja con reportes propios
¿Por qué?	No se a establecido un estandar de reporte de produccion.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Se generan retrasos al no tener un resgistro inuficado y actualizado con la informacion del control de produccion.

Se muestra el análisis de las 3 causas secundarias seleccionadas para el problema PR2. Elaboración Propia,

Tabla 33. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR3.

PR3. Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	
PR3.4	Descalibración constante de equipos
Tipo (6)	Maquina
Area	Mecanizado de Candados
¿Por qué?	Materiales fuerda de medida
¿Por qué?	Cuerpos de Candado con punto base de referencia diferente.
¿Por qué?	Proceso previo de estampado deforma el cuerpo de candado
¿Por qué?	Materail con baja dureza y /o corte desnivelado
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Descalibración constante de maquinas , debido a que los cuerpos de candados presentan baja dureza y/o corte desnivelado.
PR3. Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	
PR3.18	Mal registro de medidas en control.
Tipo (6)	medición
Area	Mecanizado de Candados
¿Por qué?	Variacion de medidas al realizar la medicion.
¿Por qué?	Herramienta presenta desgaste y/o deterioro.
¿Por qué?	Herrmienta no se cuida de forma correcta,
¿Por qué?	No se tiene liguares adecuados para guardar herramientas.
¿Por qué?	
Causa raiz preliminar	Mal registro de medidas de control debido a que los equipos presentan desgaste y deterioro debido al mal cuidado y almacenamiento de herramientas y equipos,

Se muestra el análisis de las 2 causas secundarias seleccionadas para el problema PR3. Elaboración Propia,

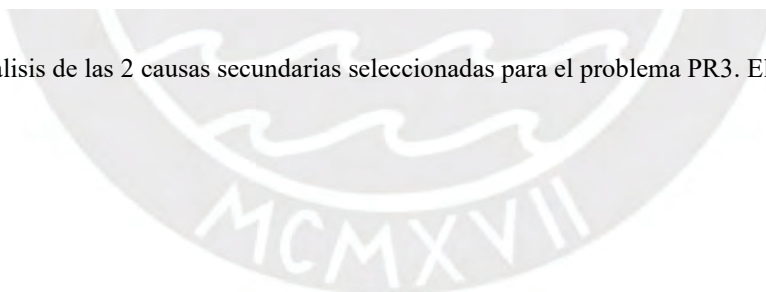


Tabla 34. Análisis de ¿5 Por qué? de las Causas secundarias del problema PR4.

PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	
PR4.1	Plan de producción diaria y semanal actualizados
Tipo (6)	método
Area	Prensas
¿Por qué?	No se actualiza las cantidades del plan de producción.
¿Por qué?	No se realiza registro del estado real de los componentes.
¿Por qué?	NO se brinda la información de cantidades , rechazadas, observadas o diferencia de stock.
¿Por qué?	No se ajusta inventario del estado de las piezas. Físico y virtual.
¿Por qué?	
Causa raíz preliminar	No se realiza un control del plan ajustado diario y semanal del área de ensamble , debido a las diferencias de stock, físico y virtual
PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	
PR4.7	Incumplimiento de entrega de cajas y canastillas.
Tipo (6)	Maquina
Area	Prensas
¿Por qué?	Por que la línea de prensas solo trabaja cajas o canastillas a la vez
¿Por qué?	Solo se ha establecido una línea de prensas para hacer un código a la vez
¿Por qué?	No se ha establecido líneas paralelas tanto de cajas y canastillas.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raíz preliminar	Incumplimiento debido a que la línea de prensas solo tiene una línea que fabrica cajas o canastillas
PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	
PR4.19	Falta de registro de producción y control de avance
Tipo (6)	medición
Area	Prensas
¿Por qué?	No tenemos el registro y control de avance . Entre plan y avance real.
¿Por qué?	Falta de reporte estandarizado para visualizar los porcentaje de avance.
¿Por qué?	Registro de producción no está al día.
¿Por qué?	
¿Por qué?	
Causa raíz preliminar	No se puede tomar una decisión correcta en planificación debido a que no se registra la producción y no se ha establecido cumplimientos del avance , con respecto a lo planeado.

Se muestra el análisis de las 3 causas raíz seleccionadas para el problema PR4. Elaboración Propia,

Luego de haber realizado el análisis 5 ¿Por qué?, identificaremos una causa raíz preliminar para las causas secundarias como se muestra en la tabla 35

Tabla 35. Resumen de Causa Raíz preliminar para cada Causa secundaria.

Area	Problema	Causa Secundaria.	Causa Raiz Preliminar
Mecanizado de CPC	PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Herramientas mal afiladas	Falta de conocimiento en el proceso de afilado debido a la falta de capacitacion solicitada al personal que cubra los 3 turnos de trabajo.
Mecanizado de CPC	PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Material refrentado fuera de dimensiones	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE.
Mecanizado de CPC	PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Descalibración de parámetros de maquina	Descalibracion de maquinas debido al uso de mordazas adecuadas.
Mecanizado de CPC	PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	Paradas constantes de linea de cilindros	Paradas en linea de cilindros, centralizadas en maquina transfer por variacion de medidas entre agujeros pines.
Mecanizado de CPC	PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	variación de medidas de PCE	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE.
Mecanizado de CPC	PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.	Reportes no estandarizados y unificados entre supervisores.	Se generan retrasos al no tener un resgistro inuficado y actualizado con la informacion del control de produccion.
Mecanizado de Candados	PR3. Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	Descalibración constante de equipos	Descalibración constante de maquinas , debido a que los cuerpos de candados presentan baja dureza y/o corte desnivelado.
Mecanizado de Candados	PR3. Retrasos de entrega de cuerpos a la línea de ensamble.	Mal registro de medidas en control.	Mal registro de medidas de control debido a que los equipos presentan desgaste y deterioro debido al mal cuidado y almacenamiento de herramientas y equipos,
Prensas	PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Plan de producción diaria y semanal actualizados	No se realiza un control del plan ajustado diario y semanal del area de ensamble , debido a las diferencias de stock, fisico y virtual
Prensas	PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Incumplimiento de entrega de cajas y canastillas.	Incumplimiento debido a que la linea de prensas solo tiene una linea que fabrica cajas o canastillas
Prensas	PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Falta de registro de producción y control de avance	No se puede tomar una desecion corecta en planificacion debido a que no se registra la produccion y no se ha establecido cumplimientos del avance , con respecto a lo planeado.

Se muestra las Causas Raíz preliminar para cada Causa Secundaria, identificando el área y el problema principal. elaboración propia.

Tabla 36. Contra medidas propuestas para cada Causa Raíz Preliminar.

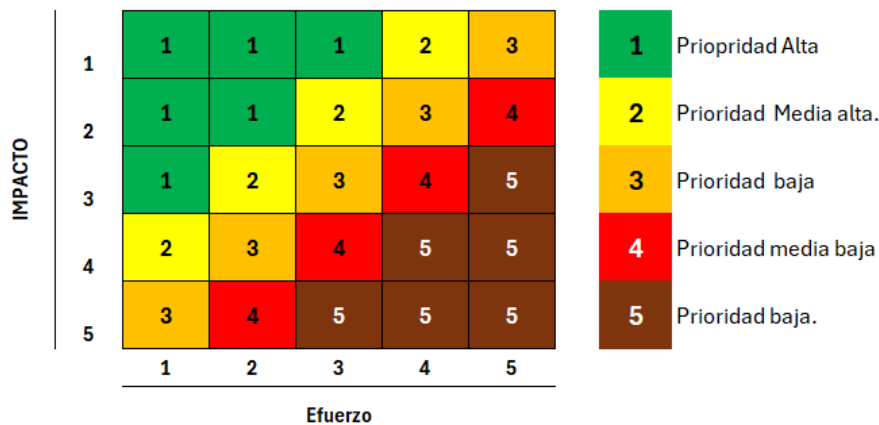
N°	Area	Causa Raíz Preliminar	Contra Medida	Herramientas	Indicadores	Observaciones
1	Mecanizado de CPC	Falta de conocimiento en el proceso de afilado debido a la falta de capacitación solicitada al personal que cubra los 3 turnos de trabajo.	Desarrollar e implementar plan de capacitación rotativo para los 3 turnos, con matriz de habilidades	Matriz de Competencias, 5W2H, SOPs	% personal capacitado por turno, errores de afilado	Medir efectividad post-entrenamiento
2	Mecanizado de CPC	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE.	Crear hoja de control y realizar verificación en línea con límites de tolerancia	Hojas de verificación, Control Estadístico (SPC)	% de piezas fuera de tolerancia, Cp/Cpk	Control en tiempo real + análisis de tendencia
3	Mecanizado de CPC	Descalibracion de maquinas debido al uso de mordazas adecuadas.	Validar tipo de mordaza por máquina y establecer control de uso mediante checklist y poka-yoke	TPM, Poka-Yoke, FMEA	Frecuencia de descalibración, % de mordazas incorrectas	Agregar inspección visual de mordazas en arranque
4	Mecanizado de CPC	Paradas en línea de cilindros, centralizadas en maquina transfer por variacion de medidas entre agujeros pines.	Estandarizar proceso de ajuste y verificación de medidas de pines en el proceso de transfer.	SMED, Control de calidad	Tiempo promedio de parada, OEE, % variación medida pin	Incluir verificación de medidas críticas
5	Mecanizado de CPC	Falta de control en el proceso de forjado , medida de cabeza de PCE.	Consolidar hoja de verificación + entrenamiento para su uso correcto	Hojas de verificación + 5S	% errores detectados en línea, nivel de uso de hoja de control	Unificar con PR1 para evitar duplicación
6	Mecanizado de CPC	Se generan retrasos al no tener un resgistro inuficado y actualizado con la informacion del control de produccion.	Implementar tablero digital o formato único estandarizado y centralizado	Visual Management, Estandarización	% de registros sin actualizar, Lead Time de reporte	Mejora rápida con bajo costo; usar software si posible
7	Mecanizado de Candados	Descalibración constante de maquinas , debido a que los cuerpos de candados presentan baja dureza y/o corte desnivelado.	Realizar inspección por dureza y establecer criterio de rechazo previo al montaje	Control de calidad en recepción, Poka-Yoke	% de piezas rechazadas por dureza, frecuencia descalibración	Definir especificación mínima en fichas técnicas
8	Mecanizado de Candados	Mal registro de medidas de control debido a que los equipos presentan desgaste y deterioro debido al mal cuidado y almacenamiento de herramientas y equipos,	Crear programa de mantenimiento y almacenamiento preventivo de equipos	TPM, 5S, Jidoka	% de instrumentos en mal estado, errores de medición	Hacer etiquetado visual de calibración y estado
9	Prensas	No se realiza un control del plan ajustado diario y semanal del area de ensamble , debido a las diferencias de stock, fisico y virtual	Implementar sistema Kanban y conciliación diaria física/virtual	Kanban, Gestión Visual, Andon	Diferencia stock físico vs virtual (%), cumplimiento plan diario	Responsable por línea; verificar cada cambio de turno
10	Prensas	Incumplimiento debido a que la línea de prensas solo tiene una línea que fabrica cajas o canastillas	Diseñar estrategia de SMED para reducir setup o evaluar expansión de línea	SMED, Balanceo de Línea	Tiempo de cambio modelo, OEE, % cumplimiento demanda	Priorizado si es cuello de botella recurrente
11	Prensas	No se puede tomar una desecion corecta en planificacion debido a que no se registra la produccion y no se ha establecido cumplimientos del avance , con respecto a lo planeado.	Integrar sistema de seguimiento visual del avance con metas por turno	Gestión Visual, Andon, Dashboard	Cumplimiento diario plan (%), brecha plan vs real	Puede vincularse a indicadores en planta o ERP

Se muestra en detalle la contra medida para cada causa raíz preliminar con las herramientas, indicadores y observaciones. Elaboración Propia.

En la Tabla 36. Se muestra el análisis de las propuestas y/o contramedidas que podrían brindar solución a la causa raíz de los problemas identificados en cada área evaluada. Adicionalmente proponemos indicadores y observaciones que ayudaran a la evaluación de las contra medidas.

Luego ya establecida las contra medidas realizaremos una evaluación mediante una matriz de impacto - Esfuerzo. La cual se muestra en la Figura43 y sus respectivos grados de valoración en la Tabla 37. Para de esta manera seleccionar las contramedidas a desarrollar en el siguiente capítulo, está evaluando el grado de prioridad.

Figura 43. Matriz de Impacto - Esfuerzo



Se muestra la matriz de impacto -Esfuerzo para evaluar las contra medidas.

Tabla 37. Criterio de Valoración de Impacto y Esfuerzo.

Puntaje	Impacto	Puntaje	Esfuerzo
1	Impacto alto	1	Muy poco Esfuerzo para implementar
2	Impacto medio alto	2	Poco esfuerzo para implementar
3	Impacto bajo	3	Mediano esfuerzo para implementar.
4	Impacto medio bajo	4	Alto esfuerzo para implementar.
5	impacto bajo	5	Muy alto esfuerzo para implenetar

Puntajes de valoración de impacto y esfuerzo.

Luego de realizar el análisis de priorización podemos identificar 6 de las 11 contra medidas (Tabla 38), pero podemos identificar que dos de las contra medidas con valoración de

prioridad 1, convergen en una misma ya están son ocasionados por una misma causa raíz: “Falta de control en el proceso de forjado, medida de cabeza de PCE”. y se puede concluir que esto se originan en el proceso previo, en el mecanizado de CPC. Donde se presenta la misma causa Raíz. En la Tabla 39. Se muestra las 5 Causas preliminares que se trabajaran en el siguiente capítulo.



Tabla 38. Evaluación de impacto esfuerzo.

N.º	Area	Contra Medida	Herramientas	Indicadores	Observaciones	Impacto	Esfuerzo	Prioridad
1	Mecanizado de CPC	Desarrollar e implementar plan de capacitación rotativo para los 3 turnos, con matriz de habilidades	Matriz de Competencias, 5W2H, SOPs	% personal capacitado por turno, errores de afilado	Medir efectividad post-entrenamiento	1	2	1
2	Mecanizado de CPC	Crear hoja de control y realizar verificación en línea con límites de tolerancia	Hojas de verificación, Control Estadístico (SPC)	% de piezas fuera de tolerancia, Cp/Cpk	Control en tiempo real + análisis de tendencia	1	1	1
5	Mecanizado de CPC	Consolidar hoja de verificación + entrenamiento para su uso correcto	Hojas de verificación + 5S	% errores detectados en línea, nivel de uso de hoja de control	Unificar con PR1 para evitar duplicación	1	1	1
3	Mecanizado de CPC	Validar tipo de mordaza por máquina y establecer control de uso mediante checklist y poka-yoke	TPM, Poka-Yoke, FMEA	Frecuencia de descalibración, % de mordazas incorrectas	Agregar inspección visual de mordazas en arranque	3	2	2
4	Mecanizado de CPC	Estandarizar proceso de ajuste y verificación de medidas de pines en el proceso de transfer.	SMED, Control de calidad	Tiempo promedio de parada, OEE, % variación medida pin	Incluir verificación de medidas críticas	3	2	2
6	Mecanizado de CPC	Implementar tablero digital o formato único estandarizado y centralizado	Visual Management, Estandarización	% de registros sin actualizar, Lead Time de reporte	Mejora rápida con bajo costo; usar software si posible	1	1	1
7	Mecanizado de Candados	Realizar inspección por dureza y establecer criterio de rechazo previo al montaje	Control de calidad en recepción, Poka-Yoke	% de piezas rechazadas por dureza, frecuencia descalibración	Definir especificación mínima en fichas técnicas	3	2	2
8	Mecanizado de Candados	Crear programa de mantenimiento y almacenamiento preventivo de equipos	TPM, 5S, Jidoka	% de instrumentos en mal estado, errores de medición	Hacer etiquetado visual de calibración y estado	3	2	2
9	Prensas	Implementar sistema Kanban y conciliación diaria física/virtual	Kanban, Gestión Visual, Andon	Diferencia stock físico vs virtual (%), cumplimiento plan diario	Responsable por línea; verificar cada cambio de turno	1	1	1
10	Prensas	Diseñar estrategia de SMED para reducir setup o evaluar expansión de línea	SMED, Balanceo de Línea	Tiempo de cambio modelo, OEE, % cumplimiento demanda	Priorizado si es cuello de botella recurrente	1	1	1
11	Prensas	Integrar sistema de seguimiento visual del avance con metas por turno	Gestión Visual, Andon, Dashboard	Cumplimiento diario plan (%), brecha plan vs real	Puede vincularse a indicadores en planta o ERP	3	3	3

Se muestra el nivel de prioridad de casa contra medida. Elaboración Propia.

Tabla 39. Contra medidas seleccionadas para el análisis.

N	Area	Contra Medida	Herramientas	Indicadores	Observaciones	Impacto	Esfuerzo	Prioridad
1	Mecanizado de CPC	Desarrollar e implementar plan de capacitación rotativo para los 3 turnos, con matriz de habilidades	Matriz de Competencias, 5W2H, SOPs	% personal capacitado por turno, errores de afilado	Medir efectividad post-entrenamiento	1	2	1
2	Mecanizado de CPC	Crear hoja de control y realizar verificación en línea con límites de tolerancia	Hojas de verificación, Control Estadístico (SPC)	% de piezas fuera de tolerancia, Cp/Cpk	Control en tiempo real + análisis de tendencia	1	1	1
6	Mecanizado de CPC	Implementar tablero digital o formato único estandarizado y centralizado	Visual Management, Estandarización	% de registros sin actualizar, Lead Time de reporte	Mejora rápida con bajo costo; usar software si posible	1	1	1
9	Prensas	Implementar sistema Kanban y conciliación diaria física/virtual	Kanban, Gestión Visual, Andon	Diferencia stock físico vs virtual (%), cumplimiento plan diario	Responsable por línea; verificar cada cambio de turno	1	1	1
10	Prensas	Diseñar estrategia de SMED para reducir setup o evaluar expansión de línea	SMED, Balanceo de Línea	Tiempo de cambio modelo, OEE, % cumplimiento demanda	Priorizado si es cuello de botella recurrente	1	1	1

Se muestra las 5 contra medidas que se desarrollarán en la siguiente etapa de la investigación. Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE METODOLOGIA Y PROPUESTA DE MEJORA.

Al iniciar este capítulo ya hemos podido diagnosticar en que áreas y que herramientas se podrán en práctica en este capítulo. Con el objetivo de poder iniciar el proceso de mejora continua.

En este capítulo iniciaremos explicando la metodología de aplicaremos en cada área de mejora en la cual se trabajará. En este caso serán dos áreas de acuerdo con el análisis de impacto y esfuerzo ya hemos definido las contra medidas en la cual se centrará la propuesta como la infección de las herramientas a utilizar.

4.1. Definición de áreas y herramientas.

Para el desarrollo de solución a la problemática identificada, se ha generado causas raíz que a su vez nos presentan contra medidas y para poder desarrollar estas, se establecerá las herramientas a utilizar para propiciar las propuestas de mejora.

4.1.1. Para el caso del Área de Mecanizado de CPC,

Problema “PR1: Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.”, Nos enfocaremos en 2 causas Raíz:

- Falta de conocimiento en el proceso de afilado debido a la falta de capacitación solicitada al personal que cubra los 3 turnos de trabajo. Como contra medida tenemos “Desarrollar e implementar plan de capacitación rotativo para los 3 turnos, con matriz de habilidades”
- “Falta de control en el proceso de forjado, medida de cabeza de PCE “y como contra medida tenemos “Crear hoja de control y realizar verificación en línea con límites de tolerancia”.

Problema “PR2: Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC”, Nos enfocaremos en 1 causa raíz.

- Se generan retrasos al no tener un registro unificado y actualizado con la información del control de producción. Como contra medida tenemos “Implementar tablero digital y/o formato único estandarizado y centralizado.

Las herramientas para utilizar serán:

- Hojas de Verificación.
- Matriz de Competencias y desarrollo de 5W2H.
- Gestión Visual.

4.1.2. Para el caso del Área de prensas.

Problema “PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras “, nos enfocaremos en 2 causas Raíz.

- No se realiza un control del plan ajustado diario y semanal del área de ensamble, debido a las diferencias de stock, físico y virtual. Como contra medida tenemos “Implementar sistema Kanban y conciliación diaria física/virtual”
- “Incumplimiento debido a que la línea de prensas solo tiene una línea que fabrica cajas o canastillas” y como contra medida tenemos “Diseñar estrategia de SMED para reducir setup o evaluar expansión de línea”.

Las herramientas para utilizar serán:

- Balance de línea.
- Kanban.
- Gestión visual

4.2. Interacción de herramientas.

Al seleccionar las herramientas, debemos evaluar y marcar una metodología de trabajo para establecer, la interacción y el orden que tendrán las herramientas a implementar entre si.

Para realizar una interrelación y/o orden de implementación de las herramientas propuestas realizaremos una evaluación con valores ponderados considerando 5 criterios. Las cuales se muestran en la Tabla 40.

Tabla 40. Criterios de evaluación ponderada de las herramientas de mejora.

Criterio	Qué evalúa	Escala sugerida
Impacto	Potencial para resolver el problema	1 (bajo) a 5 (alto)
Costo /Esfuerzo	Recursos, tiempo y esfuerzo necesarios	1 (alto costo) a 5 (muy fácil)
Tiempo	Rapidez de implementación	1 (semanas-meses) a 5 (muy rápido)
Interdependencia	¿Depende de otra herramienta previa?	1 (muy dependiente) a 5 (independiente)
Madurez del equipo	Capacidad del equipo para sostenerla	1 (nula) a 5 (muy alta)

Criterios de evaluación de Matriz ponderada, que se evalúa y la escala sugerida para la evaluación. Elaboración propia.

Procederemos a realizar una evaluación de la herramienta que se propone desarrollar tanto para el área de mecanizado de CPC el Área de Prensas. Se muestra la Tabla 41 y Tabla 42, donde se evalúa de las 2 herramientas respectivamente.

Tabla 41. Evaluación ponderada de herramientas del Área de Mecanizado de CPC.

Herramienta	Impacto	Costo /Esfuerzo	Tiempo	Interdependencia	Madurez del equipo	Puntaje Total
Hoja de Verificación	5	5	5	5	4	24
Gestión Visual	4	4	4	3	3	18
Matriz de Habilidades	4	3	3	4	3	17

Se muestra las herramientas del Área de mecanizado de CPC, en orden de mayor valor ponderado a menor valor ponderado el cual será el orden de la implantación. Elaboración Propia.

Tabla 42. Evaluación ponderada de herramientas del Área de Prensas.

Herramienta	Impacto	Costo /Esfuerzo	Tiempo	Interdependencia	Madurez del equipo	Puntaje Total
Kanban	5	4	4	5	4	22
Gestión Visual / Andon	4	4	4	3	4	19
Balance de línea	4	3	3	4	3	17

Se muestra las herramientas del Área de prensas, en orden de mayor valor ponderado a menor valor ponderado el cual será el orden de la implantación. Elaboración Propia.

Luego de la evaluación realizadas en las Tablas 41 y 42, se puede ya establecer el orden de la implementación de las herramientas, el cual se mostrará de forma resumida en la Tabla 43, la cual muestra la secuencia de implementación de las herramientas ya definidas en el capítulo de diagnóstico (Capítulo 3).

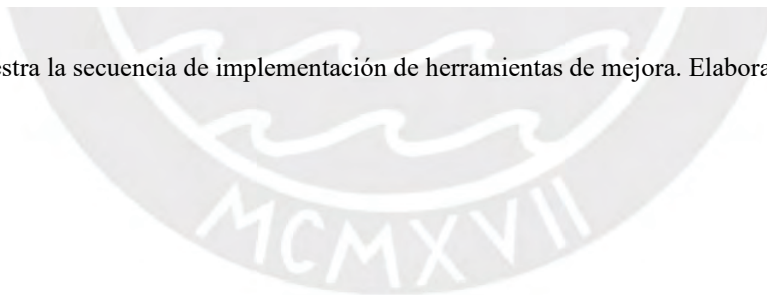
Para el área de Mecanizado de CPC, se iniciará implementando Hojas de verificación y control, luego tableros de gestión visual y finalmente una matriz de competencias utilizando 5wh2,

Para el caso del área de Prensas, se iniciará con la herramienta Kanban, Gestión Visual, y Balance de línea.

Tabla 43. Interacción de Herramientas a implementar en las Áreas de mecanizado de CPC y Prensas.

Problema	Area	Causa Raiz Preliminar	Herramientas Lean a Desarrollar.
PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.	Mecanizado de CPC	Falta de conocimiento en el proceso de afilado debido a la falta de capacitación solicitada al personal que cubra los 3 turnos de trabajo.	<pre> graph LR A[HOJAS DE VERIFICACION Y CONTROL] --> B[GESTIÓN VISUAL] B --> C[MATRIZ DE COMPETENCIAS Y SW2H] </pre>
PR1. Incremento de piezas rechazadas y/o observadas.		Falta de control en el proceso de forjado, medida de cabeza de PCE.	
PR2. Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC.		Se generan retrasos al no tener un registro unificado y actualizado con la información del control de producción.	
PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.	Prensas	No se realiza un control del plan ajustado diario y semanal del área de ensamble, debido a las diferencias de stock, físico y virtual	<pre> graph LR A[KANBAN] --> B[GESTION VISUAL /ANDON] B --> C[BALANCE DE LINEA] </pre>
PR4. Retrasos en la entrega de componentes a ensamble de cerraduras.		Incumplimiento debido a que la línea de prensas solo tiene una línea que fabrica cajas o canastillas	

Se muestra la secuencia de implementación de herramientas de mejora. Elaboración Propia.



4.3. Desarrollo de propuestas de mejora con herramientas Lean en el área de mecanizado de CPC.

Antes de iniciar el proceso del desarrollo de las herramientas ya establecidas, realizaremos un pequeño análisis del proceso del área de mecanizado y de algunos indicadores obtenidos en el área de mecanizado de CPC, en el periodo 2024., y porcentaje de paradas por uso de herramientas en el periodo 2025.

4.3.1. Procesos de Mecanizado de CPC

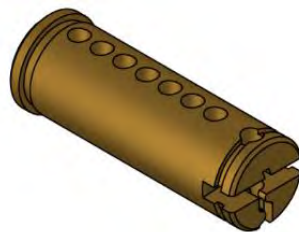
Los procesos de mecanizado de CPC, se basa fundamentalmente en los procesos de fabricación de los componentes del CPC , que será utilizado en el ensamblaje de una cerradura. Para ellos el análisis se centrará en la fabricación del PCE 7PM , Cilindro de 7 pines y cilindro de 5 pines. Ver gráfico 44 y gráfico 45. Para visualizar los componentes.

Dentro de estos procesos nos enfocaremos en 2 máquinas principales dentro del proceso de cilindros y PCE 7PM:

TRA10: Máquina transfer de cilindros donde se realiza el mecanizado de los cilindros , con proceso predecesor el torneado , para luego continuar en el brochado como se muestra en el DOP de Fabricación de cilindros tanto de 7 pines y 5 pines, que son los usados en la fabricación de cerraduras. Ver gráfico 46.

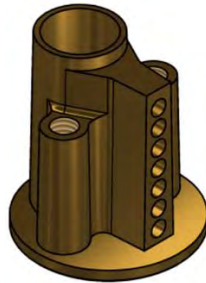
TRA 11: Máquina Shuner de PCE, donde se realiza el proceso de mecanizado y perforaciones , teniendo como proceso predecesor el proceso de refrentado , para luego continuar con el proceso de escariado, como se muestra en el DOP de fabricación de PCE 7PM. Ver Figura 47

Figura 44. Cilindro de 7 pines y 5 pines.



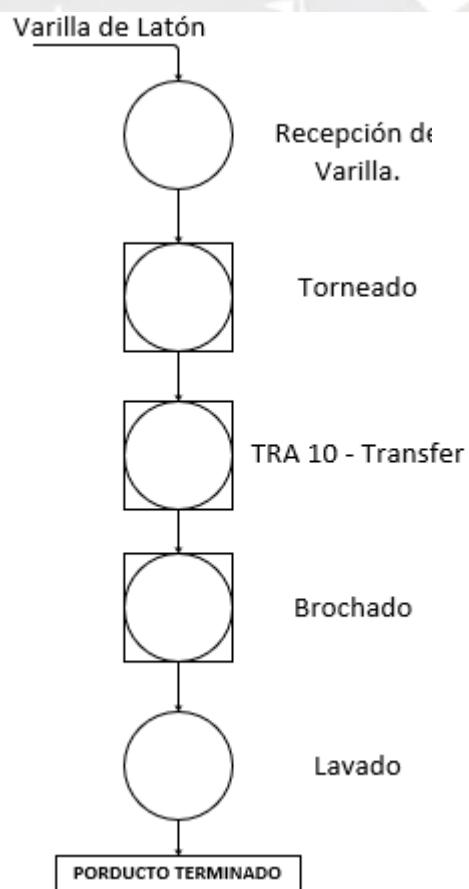
Elaboración Propia. Tomando como información el área de Producción .

Figura 45. PCE 7PM.



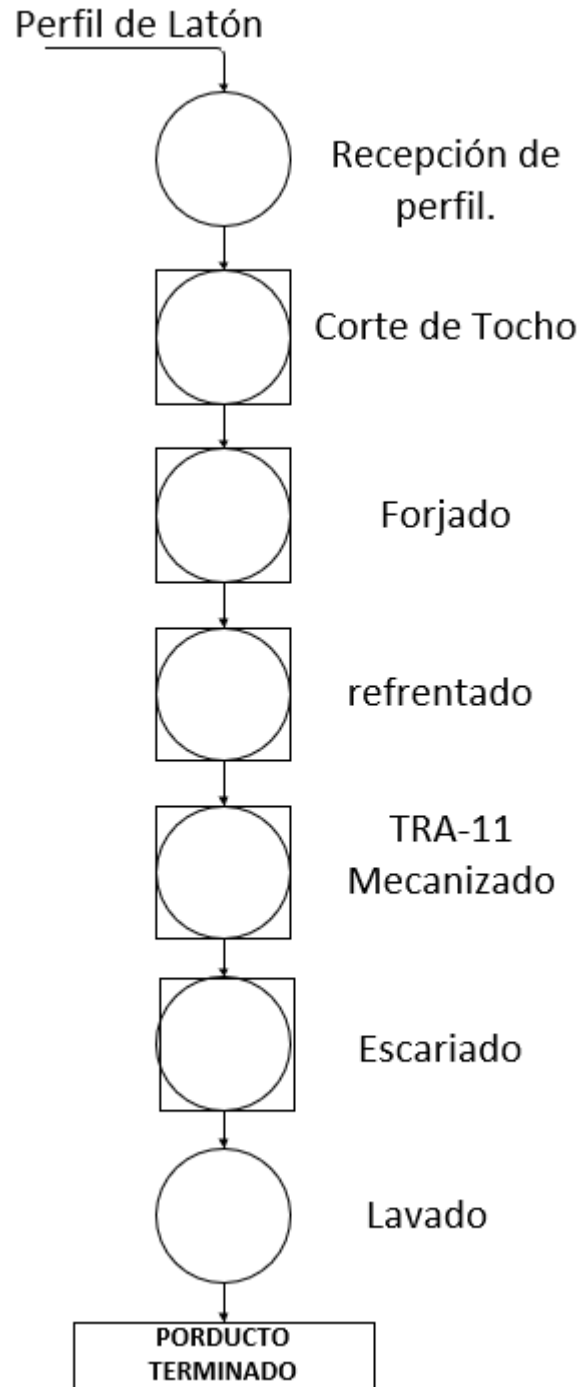
Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

Figura 46. Diagrama de operaciones de proceso de Cilindros de 7P / 5P



Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

Figura 47. Diagrama de Opreciones de proceso de PCE 7 PM.



Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

4.3.2. Principales indicadores de producción del área de mecanizado de Cpc.

- a. Producción de PCE 7PM forjado. Es la producción del proceso de forjado la cual inicia el proceso de fabricación del PCE 7PM, esta marca el número de unidades que deberían finalizar en unidades terminadas.
- b. Rechazos de PCE 7PM. Estos rechazos que tomamos en consideración pueden generarse en la etapa de: Forjado, Refrentado, o mecanizado de TRA11.
- c. Porcentaje de rechazos de PCE 7PM. Consideraremos la relación entre los productos rechazados y la producción de PCE 7PM forjado.

Estos 3 primeros indicadores se muestran ilustradas en la Figura 48, en la cual se muestra los indicadores descritos.

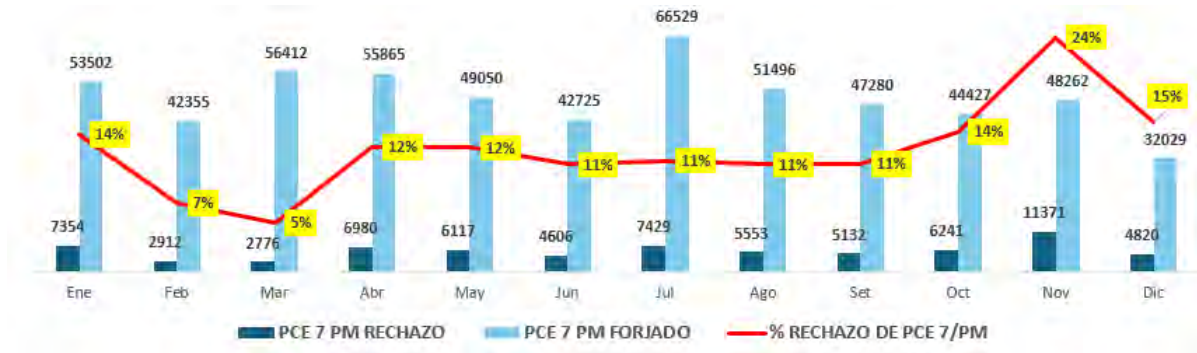
- d. Producción de Cilindros de 7P y Cilindros de 5P. Producción de cilindros de 7pines y 5 pines, originados en maquina TRA-10.
- e. Rechazos de cilindros de 7P y cilindros de 5P. Productos defectuosos y rechazados de cilindros de 7 pines y 5 pines.
- f. Porcentaje de rechazos de cilindros de 7p y 5p. Relación entre el número de productos rechazados de cilindros de 7P y 5P, con las unidades producidas de cilindros de 7P y cilindros de 5P.

Los indicadores d, e, y f se muestran ilustradas en la Figura 49, en la cual se muestra los indicadores descritos.

- g. Costo de Herramientas de TRA10 y TRA 11. Costos involucrados en el uso de las maquinas TRA10 y TRA11. Como se muestra en la Figura 50.

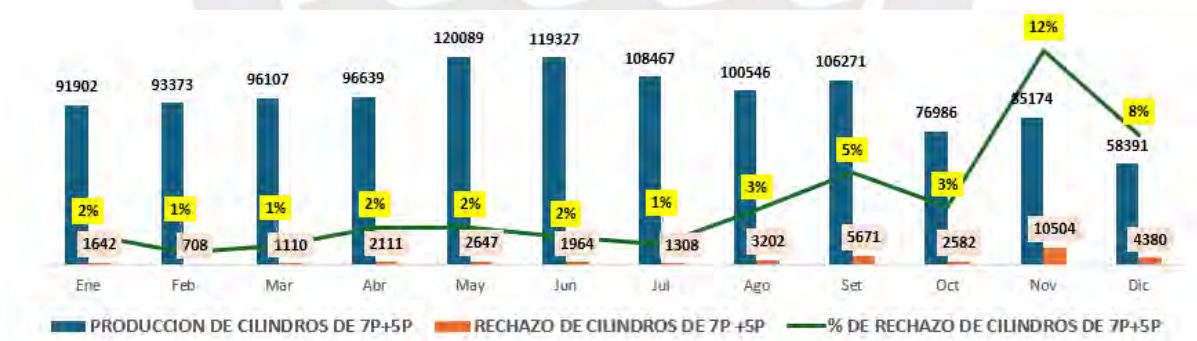
h. Porcentaje de Paradas por Afilado de herramientas en TRA10 y TRA 11. Porcentaje que representan las paldas por falta de herramientas afiladas con respecto al total de las paradas. Esto se muestra en lo Figura 51.

Figura 48. PCE 7PM rechazado, PCE 7PM Forjado y Porcentaje de rechazo de PCE 7PM. Del periodo Enero a Diciembre del 2024



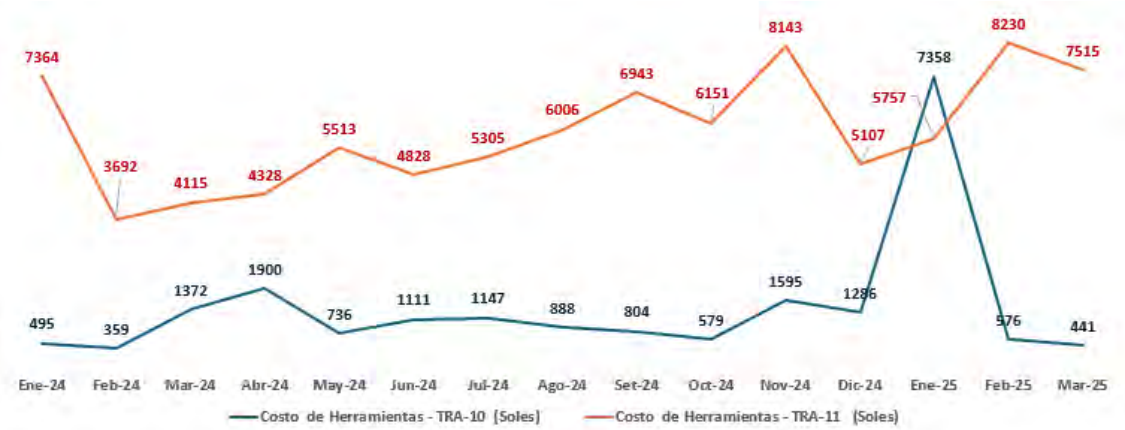
Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

Figura 49. Produccion de cilindros de 7P y 5P, Rechazos de cilindros de 7P y 5P y porcentaje de rechazos de cilindros de 7P Y 5P. Del periodo enero a Diciembre del 2024



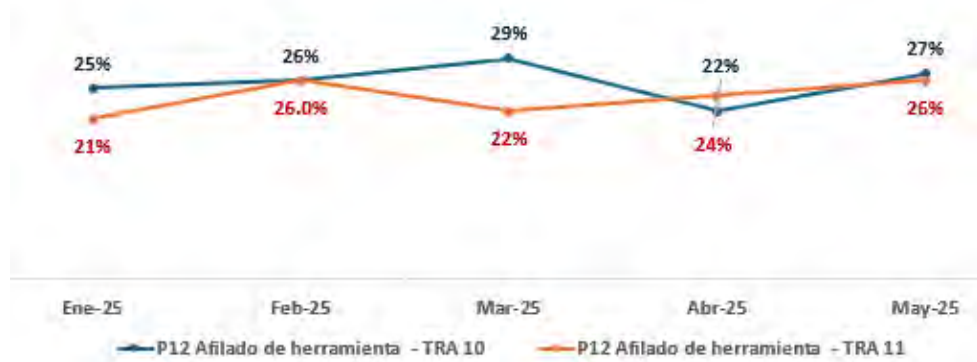
Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

Figura 50. Costo de herramientas utilizadas en el proceso productivo en maquinas TRA10 y TRA11, en el periodo Enero 2024 al Marzo del 2025



Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

Figura 51. Porcentaje de paradas por falta de herramientas afiladas con respecto al total de paradas en maquina periodo Enero a mayo 2025.



Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Produccion .

4.3.3. Desarrollo de Herramientas propuestas en el área mecanizado de CPC.

Como se definió se propone los formatos para el desarrollo de 3 herramientas para este proceso

- Hojas de Verificación.
- Matriz de Competencias y desarrollo de 5W2H.
- Gestión Visual.

4.3.3.1. Hoja de Verificación.

Actualmente los sistemas de auto control que se utiliza en las líneas de mecanizado de CPC, no esta garantizando la correcta verificación de medidas y de esta manera poder corregir y solucionar variaciones de medida en un momento oportuno sin generar incremento de unidades de rechazo,

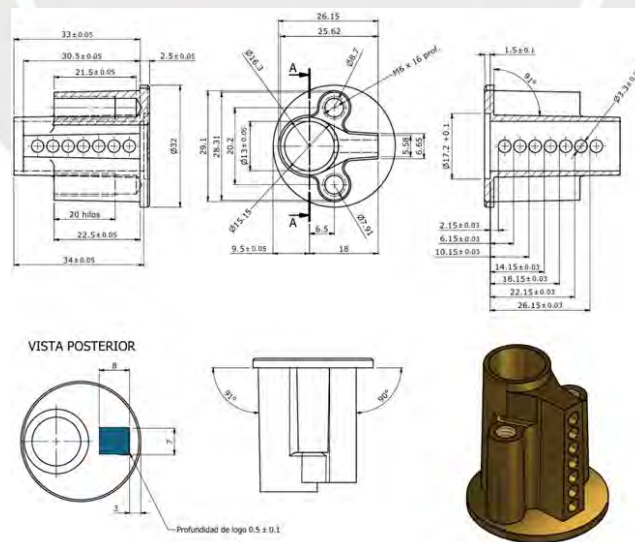
Para este nuevo formato debemos contemplar lo siguiente:

- Parámetros de medidas de PCE.
- Que este alineado a los objetivos del control de los procesos.
- Que sea claro y sencillo de completar por los operadores.
- Establecer tolerancia y parámetros mínimos y máximos.
- Establecer registro de verificación de toma de medidas de piezas muestreadas por el área de control de calidad.

a. Dimensiones de medidas de PCE 7PM.

Se desarrolla el plano del componente, para tener como referencia las dimensiones y los parámetros a controlar. El Figura 52. Muestra el plano desarrollado del componente PCE 7PM.

Figura. 52. Plano de Componente PCE 7PM



Elaboracion Propia. Tomando con informacion el area de Control de Calidad.

b. Parametros de Control de PCE.

Estableceremos parametros de inspeccion visual y de medidas de control para lo cual se simplifica estos parametrsos en la Tabla 44, adiconamente se muestra la hojas de verificacion Figura 53

Adicional se debe fabricar y/o utilizar una porta componentes donde se almacenarán de forma momentánea durante el turno de trabajo las observaciones realizadas como se muestra en el Figura 54.

Tabla 44. Parametros de inspeccion visual y medidas de control.

Inspección Visual	Parametro 1	Centrado de Cilindro y PCE		
	Parametro 2	Centrado de Alineamiento Hueco Pines		
	Parametro 3	Diámetro de Hueco Pin (no ingresa)		
	Parametro 4	Control de Axial		
	Parametro 5	Cara Frontal Libre de rayaduras		
	Parametro 6	Patrón de Roscado		
Medidas de Control	Valores		Mín.	Máx.
	Ø Cilindro - 13 mm		12.95	13.05
	Prof. del Avellanadado 1.5 mm		1.40	1.60
	Distancia de tren de Pines		28.3	28.55
	Centrado perforado hueco de pines		4.75	4.95
	Paso Hueco Pines	pin 1	2.12	2.18
		pin 7	26.12	26.18

Parametros establecidos para el control de proceso . Fuente. Departamento de control de calidad.

c. Frecuencia de inspeccion y Control.

La frecuencia que se realizara sera de 1 hora, la inspeccion y control de parte del operador y la revision de parte del personal de control de calidad para validar la correcta medicion de los componentes.

d. Ajuste de medidas.

De existir valores fuera de los parametros de control en determinadas mordazas , debe regularse y/ o anularse

Figura 53. Formato de control de PCE 7pm.

1. Datos Generales:
 Fecha: _____ Encargado: _____ Operario de Producción: _____
 Turno: _____ Supervisor: _____ Frecuencia de inspección Visual: 1 Hora
 Frecuencia de control de medidas: 2 Hora

2. Leyenda de Inspección.

MEDIDA PASO HUECO PINES

3. CENTROADO DE CILINDRO Y PCE
 4. CENTROADO DE AGUERO HUECO PINES
 5. DIÁMETRO DE HUECO PIN
 6. CONTROL DE AXIAL
 7. CARA FRONTAL LIBRE DE RAYADURAS
 8. PATRÓN DE ROSCADO
 9. PASEO DE ROSCADO
 10. Patrón alineamiento de hueco pines
 11. Centros perforado hueco de pines

C: Conforme CE: Centrado
 NC: No conforme NCE: No centrado

Modelo																							
Mordaza				M1	V1	M2	V2	M3	V3	M4	V4	M5	V5	M6	V6	M7	V7	M8	V8	M9	V9	M10	M2
Inspección Visual	Parametro 1	Centrado de Cilindro y PCE																					
	Parametro 2	Centrado de Alineamiento Hueco Pines																					
	Parametro 3	Diámetro de Hueco Pin (no ingresa)																					
	Parametro 4	Control de Axial																					
	Parametro 5	Cara Frontal Libre de rayaduras																					
	Parametro 6	Patrón de Roscado																					
Medidas de Control	Valores			Min.	Máx.																		
	Ø Cilindro - 13 mm			12.95	13.05																		
	Prof. del Avellanado 1.5 mm			1.40	1.60																		
	Distancia de tren de Pines			28.3	28.55																		
	Centrado perforado hueco de pines			4.75	4.95																		
	Paso Hueco Pines	pin 1		2.12	2.18																		
		pin 7		26.12	26.18																		

Modelo																							
Mordaza				M1	V1	M2	V2	M3	V3	M4	V4	M5	V5	M6	V6	M7	V7	M8	V8	M9	V9	M10	M2
Inspección Visual	Parametro 1	Centrado de Cilindro y PCE																					
	Parametro 2	Centrado de Alineamiento Hueco Pines																					
	Parametro 3	Diámetro de Hueco Pin (no ingresa)																					
	Parametro 4	Control de Axial																					
	Parametro 5	Cara Frontal Libre de rayaduras																					
	Parametro 6	Patrón de Roscado																					
Medidas de Control	Valores			Min.	Máx.																		
	Ø Cilindro - 13 mm			12.95	13.05																		
	Prof. del Avellanado 1.5 mm			1.40	1.60																		
	Distancia de tren de Pines			28.3	28.55																		
	Centrado perforado hueco de pines			4.75	4.95																		
	Paso Hueco Pines	pin 1		2.12	2.18																		
		pin 7		26.12	26.18																		

Modelo																							
Mordaza				M1	V1	M2	V2	M3	V3	M4	V4	M5	V5	M6	V6	M7	V7	M8	V8	M9	V9	M10	M2
Inspección Visual	Parametro 1	Centrado de Cilindro y PCE																					
	Parametro 2	Centrado de Alineamiento Hueco Pines																					
	Parametro 3	Diámetro de Hueco Pin (no ingresa)																					
	Parametro 4	Control de Axial																					
	Parametro 5	Cara Frontal Libre de rayaduras																					
	Parametro 6	Patrón de Roscado																					
Medidas de Control	Valores			Min.	Máx.																		
	Ø Cilindro - 13 mm			12.95	13.05																		
	Prof. del Avellanado 1.5 mm			1.40	1.60																		
	Distancia de tren de Pines			28.3	28.55																		
	Centrado perforado hueco de pines			4.75	4.95																		
	Paso Hueco Pines	pin 1		2.12	2.18																		
		pin 7		26.12	26.18																		

Modelo																							
Mordaza				M1	V1	M2	V2	M3	V3	M4	V4	M5	V5	M6	V6	M7	V7	M8	V8	M9	V9	M10	M2
Inspección Visual	Parametro 1	Centrado de Cilindro y PCE																					
	Parametro 2	Centrado de Alineamiento Hueco Pines																					
	Parametro 3	Diámetro de Hueco Pin (no ingresa)																					
	Parametro 4	Control de Axial																					
	Parametro 5	Cara Frontal Libre de rayaduras																					
	Parametro 6	Patrón de Roscado																					
Medidas de Control	Valores			Min.	Máx.																		
	Ø Cilindro - 13 mm			12.95	13.05																		
	Prof. del Avellanado 1.5 mm			1.40	1.60																		
	Distancia de tren de Pines			28.3	28.55																		
	Centrado perforado hueco de pines			4.75	4.95																		
	Paso Hueco Pines	pin 1		2.12	2.18																		
		pin 7		26.12	26.18																		

Fuente. Elaboracion Propia.

Figura 54. Porta muestras para colocación de observaciones.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Muestra 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestra 8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente. Elaboracion Propia.

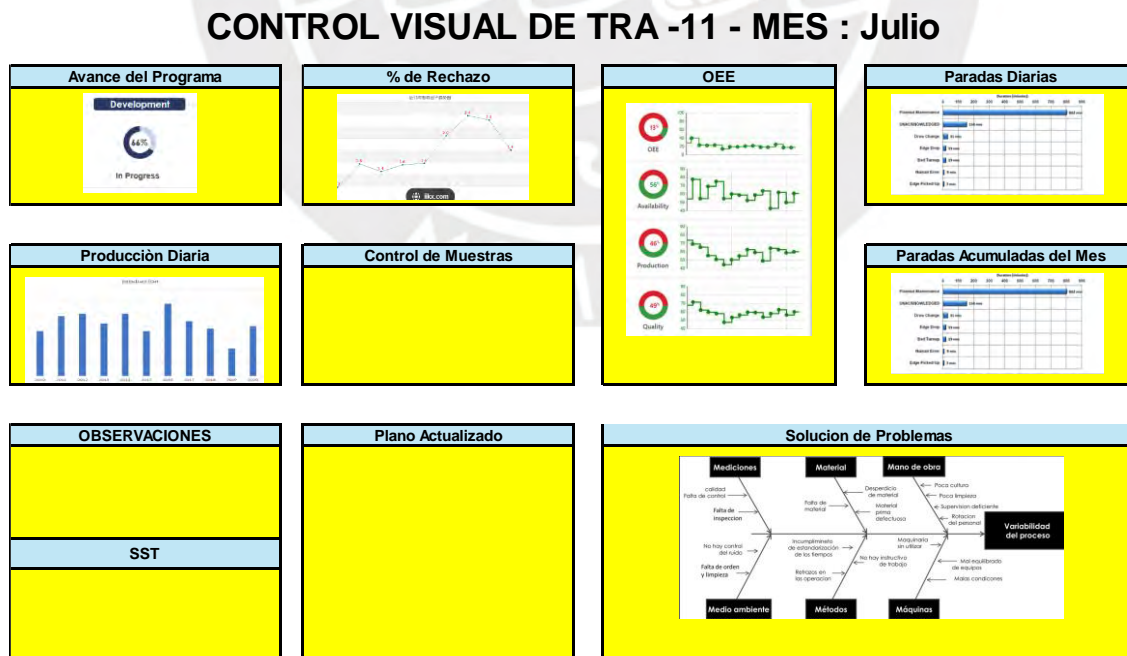


4.3.3.2. Gestión Visual.

El objetivo de la gestión visual que se propone busca que el personal operativo se involucre con los resultados de los objetivos funcionales para este caso, del área mecanizado de CPC, se establecerá un tablero y/o pizarra con los siguientes aspectos. (Ver Figura 55)

- a. Avance de producción.
- b. Porcentaje de rechazos.
- c. Producción diaria.
- d. Control de muestras
- e. Observaciones.
- f. Plano Actual,
- g. Seguridad y salud en el trabajo.
- h. OEE.
- i. Paradas
- j. Paradas acumuladas del mes
- k. Solución de Problemas.

Figura 55. Tablero de control visual de Maquina Transfer TRA -10.



Fuente. Elaboración Propia.

4.3.3.3. Matriz de Habilidades y desarrollo de 5W2H.

Realizaremos una evaluación de los principales equipos que se utilizan en el mecanizado de CPC, como son:

- **Torno.** Torneado de Cilindros
- **Transfer TRA-10.** Mecanizado de Cilindros
- **Refrendadora.** Refrentado de PCE 7PM
- **Transfer TRA-11.** Mecanizado de PCE 7PM

4.3.3.3.1. Matriz de habilidades.

La matriz de habilidades del personal del área de mecanizado de CPC representa una herramienta fundamental dentro del enfoque de Lean Manufacturing, especialmente en lo referente a la estandarización de procesos, formación continua y mejora del rendimiento. Esta evaluación proporciona visibilidad sobre el nivel de competencia del personal en cada uno de los procesos productivos clave, permitiendo identificar brechas, riesgos operacionales y oportunidades de mejora.

Se realizará la evaluación de 16 personas (Considerando los parámetros de la Tabla 46.) que laboran en la línea de mecanizado de CPC, realizando un análisis de valores del 1 al 5, como indica la Tabla 45. De esta manera evaluar las oportunidades de mejora en formación del personal del área.

Tabla 45. Matriz de habilidades del área de mecanizado de CPC.

Nº	NOMBRE DE PERSONAL	PUESTO	BROCHADO	TR-10	REFRENTADO	TRA-11	SUMA
1	ALARCON GONZALES, VIVIANA SUSY	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
2	CORDOVA RAMIREZ, MARGORY AYMIT	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
3	ESPINOZA PEREZ, KATHERINE ROCIO	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
4	FERNANDEZ LOPEZ, CARMEN NELLY	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
5	FLOREZ SACA, JENIFER	OPERARIO PRODUCCION	2	2	3	2	9
6	GUTIERREZ QUINTERO, ALIDIMAR DEL CARMEN	OPERARIO PRODUCCION	2	2	3	2	9
7	GUTIERREZ TRUJILLO, ZENEN AQUILINO	ENCARGADO DE LINEA	5	5	5	5	20
8	MENDOZA MONTENEGRO, RICARDO	ENCARGADO DE LINEA	5	5	5	5	20
9	MOLINA VILLEGAS, MARIA ESPERANZA	OPERARIO PRODUCCION	1	1	3	2	7
10	PAJA CAIRA, MARISOL	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
11	PATILONGO ESTEBAN, BERNARDINA CARMEN	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
12	PISCOYA RUIZ, CRISTHIAN GERSON	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
13	ROMAINA TUANAMA, GAUDENCIO VICTOR	OPERARIO PRODUCCION	1	2	3	2	8
14	SUAREZ TORRES, MARIA ANDREINA	OPERARIO PRODUCCION	3	3	3	3	12
15	VALDELOMAR DEL AGUILA, ANGELA NELLI	OPERARIO PRODUCCION	1	1	3	2	7
16	VASQUEZ ACARO, LUIS ALBERTO	OPERARIO PRODUCCION	1	1	3	2	7

Se muestra la evaluación considerando parámetros de valoración de tabla 46. Elaboración Propia.

Tabla 46. Tabla de ponderación de habilidades.

1	HA RECIBIDO FORMACIÓN BÁSICA
2	PUEDE TRABAJAR SOLO: CUMPLE LOS NIVELES DE CALIDAD EXIGIDOS
3	TRABAJA SOLO: TRABAJA SOLO, CAPAZ DE CUMPLIR ESTANDARES DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.
4	PUEDE REGULAR Y CAMBIO DE PARAMETROS: PUEDE CORREGIR VARIACIONES DE MEDIDA Y RECTIFICACION DE HERRAMIENTAS.
5	TRABAJA Y FORMADOR: CUMPLE EL PUNTO 4 Y HA FORMADO A OTROS COMPAÑEROS CON ÉXITO EN EL PUESTO (YA HA RECIBIDO Y HA SIDO APROBADO EN MÉTODO DE FORMACIÓN)

Tabla, considerando parámetros de evaluación del departamento de Recursos Humanos,

Al realizar la matriz de evaluación del área de mecanizado de CPC, se identificó que una proporción significativa de operadores presenta niveles bajos de competencia (niveles 1 y 2) en el proceso de afilado de herramientas, particularmente en brocas de espiral lento para latón de 3.0 mm, 3.2 mm y 3.3 mm. Esta carencia ha sido corroborada con los datos de los Gráficos 50 y 51, que evidencian un impacto directo en los costos operativos y en la disponibilidad de máquinas.

a. Análisis del problema.

Se realiza un análisis de 5W2H, como se muestra en la Tabla 47, de esta manera poder analizar el problema de afilado de herramientas, ya detectado en el capítulo anterior. Y conjuntamente con el desarrollo de la matriz de habilidades podemos darnos cuenta que el personal, no se encuentra formación y/o capacitado para poder hacer frente al problema detectado, como es el afilado de herramientas. Para lo cual se propone adicionalmente un plan de capacitación al personal en la manipulación, rectificado y afilado de herramientas básicas, como son las brocas de menor tamaño y realizara énfasis en la estandarización del proceso de afilado de los encargados de área,

Tabla 47. Análisis de 5W2H.

5W 2H	Inglés	Español	Descripción
W	What?	¿Qué?	Incremento de paradas y rechazos por el mal afilado de herramientas.
W	Why?	¿Por qué?	Dado que no existe parametros estanderes de afilado de herramientas
W	When?	¿Cuándo?	Se a detectado que las pardas implicadas esta entre el 20% y 24% de las paradas.
W	Where?	¿Dónde?	Maquina TRA-11
W	Who?	¿Quién?	Afecta directamente a la operatividad del area productiva.
H	How?	¿Cómo?	se detecta debido al incremento de rechazos en los procesos siguientes y paradas de maquina.
H	Hoy much?	¿Cuánto?	Genera un incumplimiento de entre el 5% al 10% del plan de produccion mensual.
Definición del problema (detalle)			Incremento de paradas y rechazos por el mal afilado de herramientas.Dado que no existe parametros estanderes de afilado de herramientas Se a detectado que las pardas implicadas esta entre el 20% y 24% de las paradas.Maquina TRA-11Afecta directamente a la operatividad del area productiva.se detecta debido al incremento de rechazos en los procesos siguientes y paradas de maquina.Genera un incumplimiento de entre el 5% al 10% del plan de produccion mensual.
Definición del problema general			Incremento de paradas y rechazos por el mal afilado de herramientas.Maquina TRA-11

b. Análisis inicial de la matriz de evaluación actual.

Cobertura de procesos: La mayoría del personal tiene niveles adecuados (3) en procesos como TR-10, Refrenado y TRA-11.

Dependencia de roles clave: Solo dos personas (encargados de línea) presentan nivel 5 en todos los procesos. Esta situación crea una dependencia riesgosa ante su posible ausencia, vacaciones o reasignaciones.

Nivel de polivalencia: El promedio general de habilidades por trabajador es de 11.43 puntos sobre 25 posibles. Existen operarios con solo 9, 8 o 7 puntos, evidenciando una baja polivalencia y alta especialización en ciertos procesos.

c. Riesgos encontrados.

Interrupciones del flujo de trabajo: La dependencia de dos encargados puede paralizar procesos.

Desigualdad en la carga de trabajo: Personal con mayor competencia puede verse sobrecargado.

Ausencia de estandarización en el entrenamiento: El nivel 5 (formador) no está siendo aprovechado para multiplicar el conocimiento.

d. Acciones Correctivas y Preventivas Propuestas (basadas en Lean)

Entrenamiento cruzado estructurado:

- Establecer un plan de capacitación para que al menos 50% del personal alcance nivel 3 en todos los procesos críticos (TORNO, TRA-11).
- Utilizar a los formadores (nivel 5) como agentes de entrenamiento interno con un método estandarizado (TWI - Training Within Industry).

Gestor visual de habilidades:

- Instalar la matriz de habilidades en el tablero de gestión visual, actualizada mensualmente, para fomentar la mejora continua y la transparencia del progreso.

Metas de polivalencia por celda:

- Fijar objetivos de mínimo 3 procesos con nivel ≥ 3 por operario.
- Identificar y cerrar brechas en procesos prioritarios mediante rutinas de seguimiento Kaizen.

Indicadores de mejora (KPI):

- Porcentaje de operarios polivalentes (nivel ≥ 3 en al menos 3 procesos).
- Tiempo promedio de entrenamiento por proceso.
- Reducción de paradas por falta de personal calificado.

4.3.3.3.2. Plan de capacitación.

El plan de capacitación propuesto estará orientado inicialmente al afilado básico de herramientas menores como son el afilado y/o rectificación de brocas de menor tamaño las cuales involucran, las brocas de espiral lento de 3.00 mm, 3.2 mm y 3.3 ms.

a. Objetivo del plan.

Desarrollar las competencias del personal de producción para realizar correctamente el afilado de brocas de espiral lento para latón de 3.0 mm, 3.2 mm y 3.3 mm, utilizando la metodología TWI para garantizar calidad, seguridad y estandarización del proceso.

b. Estructura del plan de capacitación.

Nombre del curso: Afilado Estándar de Brocas de Espiral Lento para Latón (3.0, 3.2, 3.3 mm)

Duración total: 6 horas (3 sesiones de 2 horas).

- **Modalidad:** Teórico-práctica en taller.
- **Dirigido a:** Operarios de producción con nivel 3, los cuales no cuentan con la competencia en afilado de herramientas.
- **Formadores:** Como a los encargados del área, de tal forma podremos estandarizar una metodología correcta del afilado de herramientas.
- **Lugar de ejecución:** Zona de mantenimiento / Afilado
- **Tiempo de capacitación y/o Formación:** 3 Semanas

Se seleccionarán 9 colaboradores (Salario promedio de 1350 soles por operador), para dar una formación inicial en el afilado de herramientas, como las brocas de 3.00 mm, 3.2mm y 3.3 mm. Que son herramientas de uso diario y cambio frecuente. Adicionalmente 5 colaboradores serán complementados en su formación en uso de las maquinas Refrendadora, Brochadora, Tra 10 y Tra 11.

Se trabajará como formadores a los 2 encargados de línea que tienen puntaje y la capacidad de formar al personal. Su buscare estandarizar el proceso utilizado en el afilado. Utilizado por los encargados de línea. Esto se muestra en la Tabla 48, como los valores esperados en la siguiente evaluación de la matriz.

Tabla 48. Personal participante en la capacitación y los valores esperados de la matriz de evaluación futura, al final de concretar la capacitación.

Nº	Nombre del Personal	Evaluacion	Capacitacion y/o Formacion	Valor esperado
1	ALARCON GONZALES, VIVIANA SUSY	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
2	CORDOVA RAMIREZ, MARGORY AYMIT	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
3	ESPINOZA PEREZ, KATHERINE ROCIO	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
4	FLOREZ SACA, JENIFER	9	Participante de Capacitacion de Afilado	13
5	GUTIERREZ QUINTERO, ALIDIMAR DEL CARMEN	9	Participante de Capacitacion de Afilado	13
6	PATILONGO ESTEBAN, BERNARDINA CARMEN	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
7	PISCOYA RUIZ, CRISTHIAN GERSON	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
8	SUAREZ TORRES, MARIA ANDREINA	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
9	FERNANDEZ LOPEZ, CARMEN NELLY	12	Participante de Capacitacion de Afilado	16
10	GUTIERREZ TRUJILLO, ZENEN AQUILINO	20	Formador de Capacitacion de Afilado	20
11	MENDOZA MONTENEGRO, RICARDO	20	Formador de Capacitacion de Afilado	20
12	MOLINA VILLEGAS, MARIA ESPERANZA	7	Capacitar en TRA10 y Brochado	11
13	PAJA CAIRA, MARISOL	12	Capacitar en TRA10 y Brochado	14
14	ROMAINA TUANAMA, GAUDENCIO VICTOR	8	Capacitar en TRA10 y Brochado	12
15	VALDELOMAR DEL AGUILA, ANGELA NELLI	7	Capacitar en Refrentado y TRA11	9
16	VASQUEZ ACARO, LUIS ALBERTO	7	Capacitar en Refrentado y TRA11	9

Elaboración propia, para el desarrollo de la propuesta.

c. Sesiones de Capacitación.

Sesión 1: Fundamentos del afilado (2 hrs) – Teórico interactivo.

Sesión 2: Demostración paso a paso con feedback (2 hrs) – Práctico guiado.

Sesión 3: Práctica supervisada + Evaluación (2 hrs) – Evaluación práctica.

d. Evaluación de Capacitación.

- Teórica: 10 preguntas sobre puntos clave, seguridad y estándares.

- Práctica: Afilado real de 3 brocas (una por medida). Debe cumplir estándar visual.

e. Programación de la capacitación. “Afilado de Brocas”

- Duración total: **3 semanas.**
- Frecuencia: **1 sesión por semana.**
- Duración por sesión: **2 horas.**
- Participantes: **Operarios seleccionados.**
- Formadores: **Encargados certificados (nivel 5).**

Sesión 1: Fundamentos del Afilado y Metodología TWI

Duración: 2 horas

Tipo: Teórico interactivo

Objetivo: Comprender los principios básicos del afilado de brocas y la estructura del método TWI (Job Instrucción).

El desarrollo de la temática para la Sesión 1 se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49. Desarrollo de la temática de la sesión 2.

Tiempo	Actividad
00:00 – 00:15	Bienvenida y presentación del objetivo del curso
00:15 – 00:45	Tipos de brocas y aplicación en latón (3.0, 3.2, 3.3 mm)
00:45 – 01:15	Fundamentos del afilado: ángulo, simetría, centro de corte
01:15 – 01:45	Introducción al método TWI – JI: pasos, puntos clave y razones
01:45 – 02:00	Ronda de preguntas y evaluación diagnóstica breve

Elaboración propia, para el desarrollo de la propuesta.

Sesión 2: Demostración Guiada y Retroalimentación

Duración: 2 horas

Tipo: Práctico guiado

Objetivo: Observar el afilado correcto paso a paso, identificar errores comunes, recibir retroalimentación directa.

El desarrollo de la temática para la Sesión 2 se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50. Desarrollo de la temática de la sesión 2.

Tiempo	Actividad
00:00 – 00:20	Repaso de la sesión anterior
00:20 – 00:40	Demostración paso a paso (TWI en acción)
00:40 – 01:10	Observación grupal del proceso por cada operario
01:10 – 01:40	Práctica inicial con feedback directo del formador
01:40 – 02:00	Análisis grupal de errores comunes y lecciones aprendidas

Elaboración propia, para el desarrollo de la propuesta.

Sesión 3: Práctica Supervisada + Evaluación Final

Duración: 2 horas

Tipo: Práctica evaluativa

Objetivo: Ejecutar el afilado completo según estándares, y validar competencias adquiridas (nivel 3 o superior).

El desarrollo de la temática para la Sesión 3 se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51. Desarrollo de la temática de la sesión 3.

Tiempo	Actividad
00:00 – 00:20	Explicación de criterios de evaluación y checklist
00:20 – 01:30	Práctica individual supervisada: afilado de 3 brocas (una por medida)
01:30 – 01:50	Revisión de resultados por parte del formador
01:50 – 02:00	Entrega de resultados y retroalimentación final

Elaboración propia, para el desarrollo de la propuesta.

f. Seguimiento Posterior

- Evaluación mensual de afilados realizados.
- Refuerzo a operarios con desempeño inferior al 85%.
- Actualización del estándar si se detectan desviaciones frecuentes.

4.4. Desarrollo de propuestas de mejora con herramientas Lean en el área de Prensas.

En este capítulo desarrollaremos las propuestas de herramientas Lean Manufacturing en el área de prensas, enfocado en los componentes de caja y canastilla del modelo C-240.

En esta sección realizaremos un análisis y levantamiento de información del área de prensas, haciendo énfasis en el prensado de cajas y canastillas del modelo C-240, la cual representan el 59% de los modelos de cerraduras ensamblados.

4.4.1. Análisis de la demanda de Cajas y Canastillas.

Para este análisis hemos recolecto las cantidades ensambladas en el periodo 2024, de donde determinamos que la producción promedio ensamblada fue de 51136 Unidades producidas. Para lo cual en promedio también usaran la misma cantidad de cajas y canastillas. Siendo un total de 102271 de componentes fabricados siendo la mita cajas y la otra mitad canastillas, como se muestra en la Tabla 52. Adicionalmente en la Tabla 53, se muestra la meta a la cual se desea llegar.

Tabla 52. Cantidad de cerraduras ensambladas, Cajas y canastillas utilizadas en 2024.

Año	Mes	Cerraduras Ensambladas (Und)	Cajas Utilizadas (Und)	Canastilla Utilizadas (Und)	Unidades Totales (Und)
2024	Ene	50361	50361	50361	100722
	Feb	51605	51605	51605	103210
	Mar	48992	48992	48992	97984
	Abr	60518	60518	60518	121036
	May	52756	52756	52756	105512
	Jun	52391	52391	52391	104782
	Jul	63807	63807	63807	127614
	Ago	55736	55736	55736	111472
	Set	54639	54639	54639	109278
	Oct	43278	43278	43278	86556
	Nov	47800	47800	47800	95600
	Dic	31745	31745	31745	63490

Se muestra las unidades ensambladas, las cajas y canastillas utilizadas en el ensamble los meses del periodo 2024. Elaboración propia.

Tabla 53. Meta esperada para el ensamble de cerradura y requerimiento de cajas y canastillas.

Meta de ensamble mensual (Und)	Cajas Utilizadas (Und)	Canastilla Utilizadas (Und)	Unidades Totales. (Und)
65000	65000	65000	130000

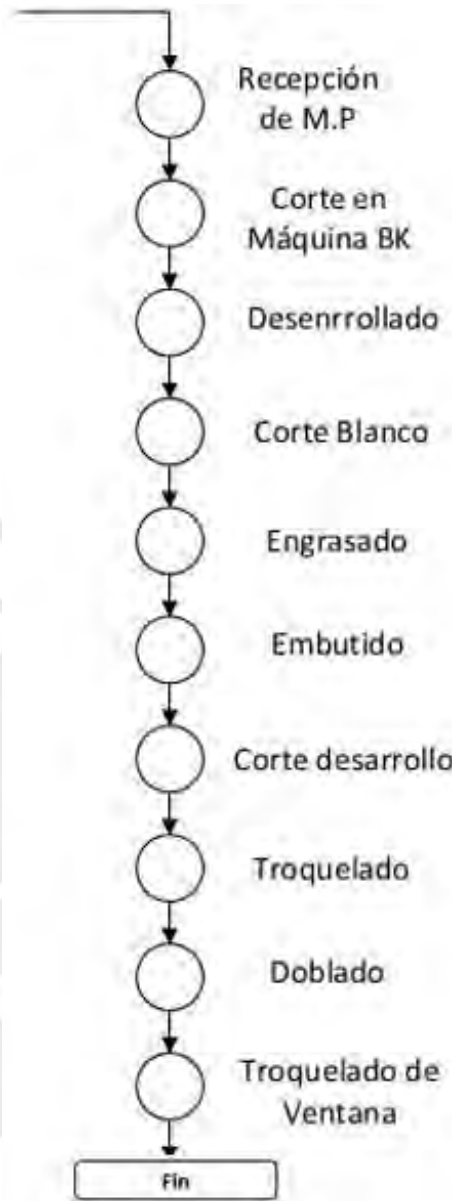
Se muestra las metas a la que se proyecta llegar en el área de ensamble y el número de componentes en cuanto a cajas y canastillas requeridos para cumplir la meta proyectada deseada. Fuente. Gerencia de operaciones.

4.4.2. Proceso de Prensas.

Para el desarrollo de las propuestas del área de prensas nos enfocaremos en el proceso de fabricación de 2 componentes que son los más relevantes debido a las ventas del modelo Cerradura C-240.

Se desarrolla los diagramas de operaciones de procesos de los componentes Caja y canastilla para el modelo C-240. Las cuales se muestran en el Figura 56 y Figura 57.

Figura 56. Diagrama de Operaciones de proceso del prensado de Caja C-240.



Se muestra del diagrama de operaciones del proceso de prensado de cajas, en este caso para el modelo C-240.

Fuente. Área de prensas. Elaboración propia.

Figura 57. Diagrama de Operaciones de proceso del prensado de Canastilla C-240.



Se muestra del diagrama de operaciones del proceso de prensado de canastilla, en este caso para el modelo C-240. Fuente. Área de prensas. Elaboración propia.

4.4.3. Tiempos de Operación.

Realizamos un cálculo tiempos para poder definir los tiempos estándares actuales, para poder identificar cuellos de botella y tener como base para la evaluación de las propuestas de mejora planteadas en adelante,

a. Tiempo de producción promedio.

Para calcular los tiempos promedio se utilizó un cronometro y registro de las unidades producidas en 1 minuto para calcular el tiempo promedio de unidades por minuto como muestra las Tablas 54 y 55 , para canastillas y cajas del modelo C-240 respectivamente .

Tabla 54. Tiempos de Operación de Canastillas -240.

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Promedio (Unid/Minuto)
A	Corte blanco.	PE - 15	62	63	61	63	62	62	61	63	61	62	62
B	Embutido.	PE - 25	28	27	28	27	29	28	28	29	28	28	28
C	Corte desarrollo.	PE - 24	19	19	18	20	18	20	18	19	19	20	19
D	Troquelado de hueco tornilo.	PE - 01	16	15	16	16	17	15	17	17	16	15	16
E	Enderezado	PE - 04	25	24	24	24	23	23	24	25	24	24	24
F	Troquelado de ventana de canastilla.	PE - 03	17	18	16	17	16	17	18	17	16	18	17
G	Avellanado de canastilla.	PE - 06	20	19	21	20	20	21	19	19	20	21	20

En la tabla se muestra los 10 registros de toma de tiempos de unidades producidas por minuto, de los procesos de la canastilla C-240. Elaboración propia.

Tabla 55. Tiempos de operación de Cajas -240.

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Promedio (Unid/Minuto)
A	Corte blanco.	PE - 15	62	63	61	62	63	61	62	63	62	61	62
B	Embutido.	PE - 25	22	21	23	22	21	22	23	21	22	23	22
C	Corte desarrollo.	PE - 24	25	24	26	24	25	25	24	25	26	26	25
D	Perforado de hueco PC8.	PE - 01	16	15	17	15	16	16	17	16	15	17	16
E	Enderezado.	PE - 04	15	16	17	16	15	16	17	16	16	17	16.1
F	Troquelado de ventana.	- 05_ - PE -	12	11	13	12	12	12	11	13	11	13	12
G	Piquete.	PE - 11	13	14	14	13	15	13	14	13	14	13	13.6
H	Avellanado	PE - 06	20	19	20	21	20	20	20	20	19	21	20

En la tabla se muestra los 10 registros de toma de tiempos de unidades producidas por minuto. De los procesos de la Caja C-240. Elaboración propia.

b. Tiempos Estándar de Operación actuales.

Partiendo del promedio de unidades producidas en 1 minuto realizamos el cálculo del tiempo promedio en segundos. Los cálculos se muestran en las Tabla 56 y la Tabla 57.

- Tiempo promedio. 60 segundos entre el Tiempo promedio (unidades x minuto).
- El facto de actividad. De acuerdo a la experiencia y conocimiento del operador se considera este factor.
- Tiempo Normalizado. Tiempo promedio, multiplicado por el factor de actividad.
- Suplemento. Se está considerando en promedio un 15% adicional por suplementos, como son fatigas, necesidades fisiológicas.
- Tiempo estándar. Suma del Tiempo normalizado más los suplementos.

Tabla 56. Tiempo estándar, distancia y tiempos de traslados entre procesos de Canastillas C-240.

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Promedio (Unid/Minuto)	Tiempo Promedio (Seg)	Factor de Actividad	Tiempo Normalizado (Seg)	Suplemento	Tiempo estandar	Secuencia	Distancia del proceso Previo (Metros)	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Seg)
A	Corte blanco.	PE - 15	62	0.97	1.05	1.02	1.15	1.17	-	-	0
B	Embutido.	PE - 25	28	2.14	1.05	2.25	1.15	2.59	A	17.5	25
C	Corte desarrollo.	PE - 24	19	3.16	0.98	3.09	1.15	3.56	B	10.5	15
D	Troquelado de hueco tornilo.	PE - 01	16	3.75	0.98	3.68	1.15	4.23	C	4.9	7
E	Enderezado	PE - 04	24	2.50	0.98	2.45	1.15	2.82	D	11.2	16
F	Troquelado de ventana de canastilla.	PE - 03	17	3.53	0.98	3.46	1.15	3.98	E	2.1	8
G	Avellanado de canastilla.	PE - 06	20	3.00	0.95	2.85	1.15	3.28	F	4.9	7

En la tabla se muestra el cálculo del tiempo estándar de cada operación para cada proceso incluye la distancia del proceso previo y tiempo de traslado de la canastilla C-240.

Tabla 57. Tiempo estándar, distancia y tiempos de traslados entre procesos de Caja C-240

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Promedio (Unid/Minuto)	Tiempo Promedio (Seg)	Factor de Actividad	Tiempo Normalizado (Seg)	Suplemento	Tiempo estandar	Secuencia	Distancia del proceso Previo (Metros)	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Segundos)
A	Corte blanco.	PE - 15	62	0.97	1.05	1.02	1.15	1.17	-	-	0
B	Embutido.	PE - 25	22	2.73	1.05	2.86	1.15	3.29	A	17.5	25
C	Corte desarrollo.	PE - 24	25	2.40	0.98	2.35	1.15	2.70	B	10.5	15
D	Perforado de hueco PCB.	PE - 01	16	3.75	0.98	3.68	1.15	4.23	C	4.9	7
E	Enderezado.	PE - 04	16.1	3.73	0.98	3.65	1.15	4.20	D	11.2	16
F	Troquelado de ventana.	PE - 05	12	5.00	0.98	4.90	1.15	5.64	E	5.8	8
G	Piquete.	PE - 11	13.6	4.41	0.95	4.19	1.15	4.82	F	3.5	7
H	Avellanado	PE - 06	20	3.00	0.95	2.85	2.15	6.13	G	4	6

En la tabla se muestra el cálculo del tiempo estándar de cada operación para cada proceso incluye la distancia del proceso previo y tiempo de traslado de la Caja C-240.

C. Capacidad diaria.

Se calcula la capacidad diaria de producción de cada máquina y operación considerando el tiempo estándar multiplicado por 28800 Segundos el cual representan las 8 horas de trabajo diario. La capacidad diaria se muestra en la Tabla 58 y Tabla 59.

Debemos tomar cuenta adicionalmente que para realizar los 2 componentes utilizan la misma línea de las cuales utilizan 6 máquinas en común. Para realizar el cambio de la matriz para realizar el proceso del otro componente se debe de cambiar la matriz correspondiente.

Tabla 58. Tiempo estándar y Capacidad diaria de Operaciones de Canastilla C-240

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Tiempo Estandar	Capacidad diaria
A	Corte blanco	PE - 15	1.17	24,615
B	Embutido	PE - 25	2.59	11,120
C	Corte desarrollo	PE - 24	3.56	8,090
D	Troquelado hueco tornillo	PE - 01	4.23	6,809
E	Enderezado	PE - 04	2.82	10,213
F	Troquelado ventana canastilla	PE - 03	3.98	7,236
G	Avellanado de canastilla	PE - 06	3.28	8,780

Se muestra el tiempo estándar calculado y la capacidad diaria en 1 turno de 8 horas de trabajo, para cada operación de la canastilla C-240. Elaboración propia.

Tabla 59. Tiempo estándar y Capacidad diaria de Operaciones de Caja C-240

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Tiempo estandar	Capacidad diaria
A	Corte blanco.	PE - 15	1.17	24,646
B	Embutido.	PE - 25	3.29	8,745
C	Corte desarrollo.	PE - 24	2.70	10,648
D	Perforado de hueco PC8.	PE - 01	4.23	6,815
E	Enderezado.	PE - 04	4.20	6,857
F	Troquelado de ventana.	PE - 05	5.64	5,111
G	Piquete.	PE - 11	4.82	5,975
H	Avellanado	PE - 06	6.13	4,700

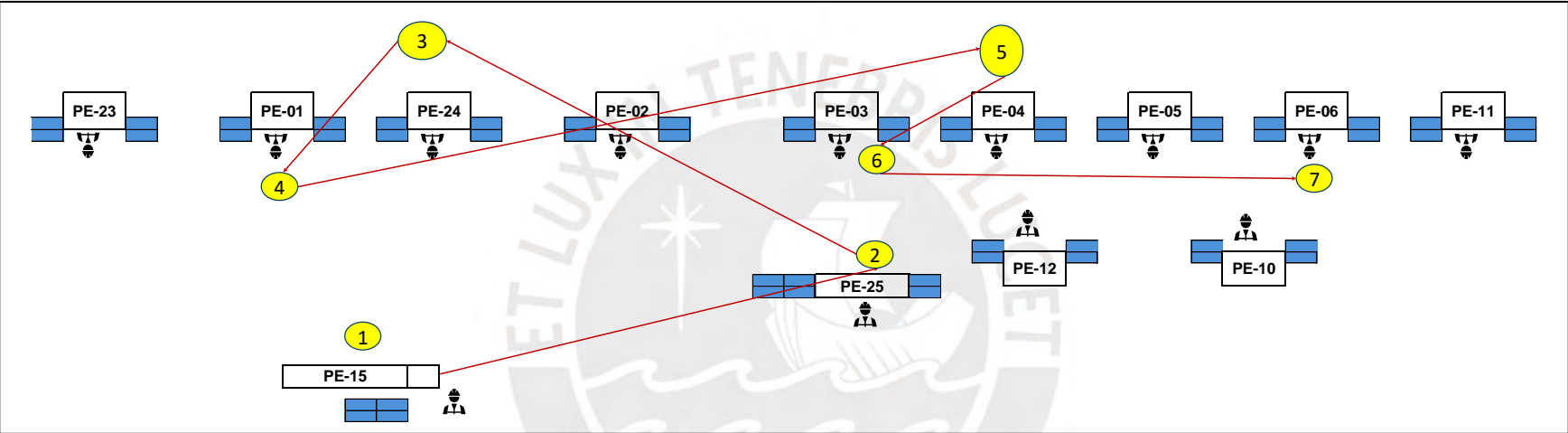
Se muestra el tiempo estándar calculado y la capacidad diaria en 1 turno de 8 horas de trabajo, para cada operación de Caja C-240. Elaboración propia.

4.4.4. Distribución Actual.

La distribución actual de línea de prensa se aprecia en las Figuras 58 y 59. La cual nos muestra una distribución ineficiente el cual realiza cruces de operación y tiempos de trasladados elevados, como se mostró en las tablas 63 y tabla 64.



Figura 58. Distribución y secuencia de Proceso de fabricación de canastillas C-240 (Área Prensa)



Distribución actual de la línea de prensas para Canastillas C-240 ,

4.4.5. Propuestas de mejora para el área Prensas.

Una vez analizado la actualidad del área de prensa enfocado a la línea de cajas y canastillas desarrollaremos las propuestas lean para mejorar la productividad de la línea para de esta manera lograr el objetivo del área de ensamble, la cual se muestra en la tabla 60.

Las herramientas lean que se seleccionaron son las siguientes.

- Kanban.
- Gestión visual
- Balance de línea.

4.4.5.1.Kanban.

La propuesta de establecer Kanban en el proceso de prensa es realizar una gestión de la producción enfocada al sistema pull y el objetivo es establecer parámetros de reposición para el cumplimiento de la línea de ensamble considerando los siguientes parámetros:

a. Objetivos.

EL objetivo es tener un stock de 2 días, que pueda cubrir la demanda esperada como meta la cual sería mantener un stock de 6000 unidades de cajas y canastillas.

Las capacidades de bandejas son:

Para cajas 55 Unidades por bandeja

Para Canastillas 120 unidades por bandeja.

Ensamble diario esperado es de 3000 cerraduras diarias.

b. Cálculos de tarjetas Kanban.

Para el cálculo de tarjetas Kanban, debemos dividir el número de requerimiento diario entre 120 para el caso de canastilla y 55 Cajas. Mas el requerimiento de reposición de stock de seguridad.

Para el caso de canastillas seria:

- Consumo diario: 3,000 unidades
- Bandejas requeridas por día: $3,000 / 120 = 25$ bandejas
- Stock de seguridad: $6,000 / 120 = 50$ bandejas.

Conforme a los cálculos realizados deberíamos tener 75 tarjetas Kanban en el proceso de prensado de Canastillas.

Para el caso de Cajas seria:

- Consumo diario: 3,000 unidades
- Bandejas requeridas por día: $3,000 / 55 = 55 \approx 54.5 \rightarrow 55$ bandejas
- Stock de seguridad: $6,000 / 55 = 109.1 \approx 110 \rightarrow 110$ bandejas

Conforme a los cálculos realizados deberíamos tener 165 tarjetas Kanban en el proceso de prensado de Cajas.

c. Plantilla de Tarjeta Kanban.

Para Poder llevar el control del Kanban, utilizaremos la tarjeta Kanban para el componente canastillas y Cajas. Para los cuales usaremos distinto color 75 Tarjetas Kanban de color celeste y 165 tarjetas Kanban de color amarillo. Ver Figura 60 y 61.

Figura 60. Tarjeta Kanban para el componente Canastillas

TARJETA KAMBAN - PRENSA- ENSAMBLE	
Código del producto	[Cod. interno]
Producto	Canastilla C240
Capacidad del contenedor	120 unid. (canastilla)
Punto de pedido	Automático al vaciar bandeja
Origen	Destino
Línea de Prensas	Área de Ensamble
Responsable reposición	Lider de Prensas
Fecha - Hora (Decolucion de tarjeta a prensas)	
Fecha - Hora (Devolucion de tarjeta a ensamble)	

Gráfico muestra los datos principales que debe considerarse en la tarjeta Kanban de Canastillas. Elaboración

Propia,

Figura 61. Tarjeta Kanban para el componente Cajas.

TARJETA KAMBAN - PRENSA- ENSAMBLE	
Código del producto	[Cod. interno]
Producto	Caja C240
Capacidad del contenedor	55 unid. (caja)
Punto de pedido	Automático al vaciar bandeja
Origen	Destino
Línea de Prensas	Área de Ensamble
Responsable reposición	Lider de Prensas
Fecha - Hora (Decolucion de tarjeta a prensas)	
Fecha - Hora (Devolucion de tarjeta a ensamble)	

Gráfico muestra los datos principales que debe considerarse en la tarjeta Kanban de Cajas.

Elaboración Propia,

d. Flujo de la Tarjeta Kanban.

- Área de ensamble vacía bandeja y deja la tarjeta Kanban en depósito de tarjetas en área de prensa para que se reinicie la reposición.
- Producción inicia reposición usando esa tarjeta como orden de trabajo.
- Bandeja llena retorna al área de ensamble con la tarjeta Kanban insertada.
- Ciclo se repite continuamente.

e) Tablero Visual Kanban.

Este tablero se ubicará en el punto de reposición de tarjetas entre las áreas de prensa y ensamble. Para poder visualizar en todo momento.

Las cual se divide en 3 Columnas:

- Esperando reposición
- En producción
- Entregado.

4.4.5.2. Gestión Visual.

Para el desarrollo de la gestión visual. Elaboraremos una pizarra con la información relacionada a la línea de prensa que los operadores o como cualquier colaborador de la empresa pueda visualizar el avance de la línea.

- **Meta de producción Mensual.**

La meta de producción del área de prensas la establecemos, definiendo, los días que se programara el ensamble, para el mes de julio se estableció 22 días de producción de ensamble, estableciendo un ritmo de 3000 unidades ensambladas y se debe considerar que se debe tener 6000 cajas y canastilla de stock, Se muestra la Tabla 60.

Definido estos parámetros se define que para el mes de julio el área de prensas deberá producir 72000 Unidades.

Tabla 60. Tabla de establecimiento de la meta de Producción de prensas.

	CAJA	CANASTILLA
META	72000	72000

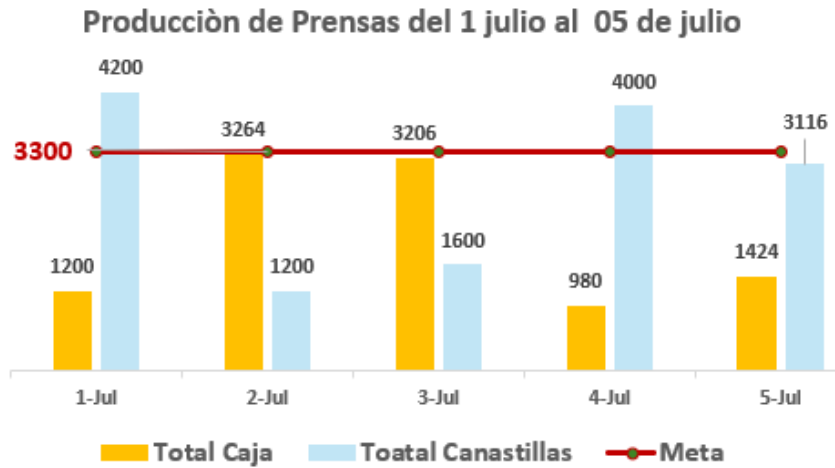
Se muestra la meta de 72000 cajas y canastillas correspondientemente. Elaboración Propia.

- **Producción por día. (Histograma).**

Se mostrará la producción diaria haciendo uso de histogramas en la cual se mostrará la producción diaria de cajas y canastillas. así mismo se colocará, a meta establecida que en este caso será la misma para los articulas de 3300 unidades diarias el cual seria el Takt time para atender la meta de producción, el cual incluye la cantidad que se ensamblará y el stock requerido, establecido como Kanban.

En el Figura 62. Se puede visualizar la producción de los primeros días del mes de julio tanto de cajas y canastillas y la meta establecida para de esta manera sea un punto de control visual.

Figura 62. Producciones diarias de prensas



Se muestra la producción diaria del área de prensas y la meta establecida por día. Elaboración Propia.

- **Producción Acumulas y % de avance.**

Se mostrará el avance de la línea de prensas, diaria para cada mes, el avance real que es la suma de los días en producción, adicionalmente el avance proyectado que debería llevar hasta ese día, Se muestra la Tabla 61, como ejemplo.

Tabla 61. Avance de producción del 1 al 5 de julio. Del área de prensas.

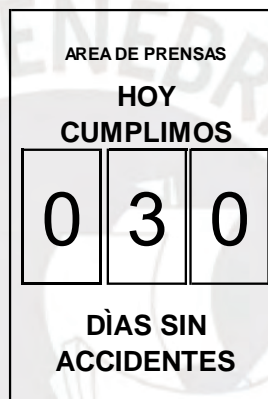
Modelo	Avance Proyectado (Und)	Avance Real (Und.)	% Avance	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul
Total Caja	16500	10074	61%	1200	3264	3206	980	1424
Toatal Canastillas	16500	14116	86%	4200	1200	1600	4000	3116

Se muestra el avance de la producción de los días del 1 al 5 julio,

- **Sección de Número de días sin accidentes.**

Dentro de nuestra pizarra de gestión visual colocaremos un cartel que indicara los números de días sin accidentes en el área. De esta forma crearemos conciencia y motivación en el personal. se realizará el conteo hasta que suceda un accidente y nuevamente inicie de cero el conteo. En el grafico 63, se muestra un ejemplo, donde se llevan 30 días sin accidentes en el área de prensa

Figura 63. Cartel del día de Accidentes









Para este caso se muestra el caso que se lleva 30 días sin accidentes en el área de prensa, Elaboración Propia.

- **Sección de Estado de Kanban.**

El tablero de gestión que se utilizara para el manejo del Kanban, constara de 3 columnas la cual indicara las tarjetas que estarán en 3 estados, “Por hacer”, “En proceso” y “Finalizado”. Adicionalmente se colocará porta tarjetas para colocar físicamente las tarjetas Kanban. Adicionalmente se coloca el número total de tarjetas en todos los procesos de prensado de Cajas y Canastillas. Ver Figura 64.

Figura 64. Tablero Kanban para el proceso de prensado de cajas y canastillas.

TABLERO KANBAN PRENSA - ENSAMBLE FECHA: / /				
PRODUCTO	TOTAL DE TARJETAS	POR HACER	EN PROCESO	FINALIZADO
CAJAS	75	NUMERO DE TARJETAS 10	NUMERO DE TARJETAS 25	NUMERO DE TARJETAS 40
				
CANASTILLAS	165	NUMERO DE TARJETAS 65	NUMERO DE TARJETAS 0	NUMERO DE TARJETAS 100
				

Se muestra los tres estados del proceso de las tarjetas Kanban. Elaboración Propia,

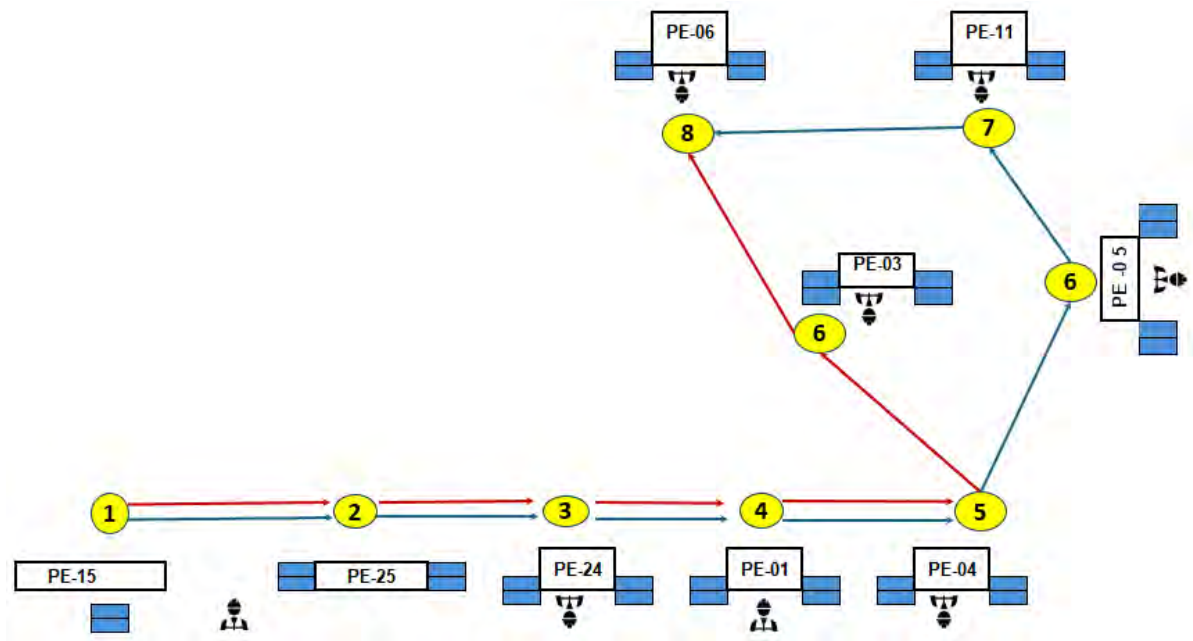
4.4.5.3. Balance de Línea.

El objetivo del balance de línea es garantizar que el área de ensamble tenga el abastecimiento para 3000 Cerraduras / día. (3000 canastillas y 3000 cajas) y tener un stock de seguridad para el ensamble de 6000 cerraduras lo cual representa 2 días de ensamble. Para lo cual deberemos tener la misma cantidad de cajas y canastillas.

a. Distribución de prensas en línea de Cajas y Canastillas.

Habiendo realizado el análisis de los tiempos estándares y la distribución actual de la línea de prensa de cajas y canastillas. estamos proponiendo una distribución en forma de “U”, la cual reducirá los desplazamientos. La grafica 65. Muestra la distribución propuesta,

Figura 65. Distribución de la línea de prensa de Cajas y Canastillas.



Se muestra la distribución de las prensas utilizadas en el proceso de prensado de cajas y canastillas, debemos considerar que se propone una distancia entre prensas de 3 metros, para dar los espacios para el habilitado de materiales y espacios requeridos para el retiro de guardas para los mantenimientos requeridos de ser necesarios. Elaboración propia.

En las tablas 62 y tablas 63 se muestra los cálculos de los tiempos estándares y desplazamientos actuales y se agrega la distancia propuesta de 3mm, como el tiempo entre ellos en segundos.

Tabla 62. Estado actual y propuesta de los tiempos y desplazamientos del prensado de Cajas

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Tiempo Normalizado (Seg)	Distancia del proceso Previo (Metros)	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Segundos)	Distancia del proceso Previo (Metros). Con nueva distribución	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Segundos) . Con nueva distribución
A	Corte blanco.	PE - 15	1.17	-	0	-	0
B	Embutido.	PE - 25	3.29	17.5	25	3	5
C	Corte desarrollo.	PE - 24	2.70	10.5	15	3	5
D	Perforado de hueco PC8.	PE - 01	4.23	4.9	7	3	5
E	Enderezado.	PE - 04	4.20	11.2	16	3	5
F	Troquelado de ventana.	PE - 05	5.64	5.8	8	3	5
G	Piquete.	PE - 11	4.82	3.5	7	3	5
H	Avellanado	PE - 06	6.13	4	6	3	5
Totales:				57.4	84	21	35

Se muestra las distancias y tiempos del desplazamiento actual y propuesto. Del proceso de prensado de cajas.

Elaboración propia.

Tabla 63. Estado actual y propuesta de los tiempos y desplazamientos del prensado de Canastilla.

N Operación	Descripción de Operación	Maquina	Distancia del proceso Previo (Metros)	Distancia del proceso Previo (Metros)	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Segundos)	Distancia del proceso Previo (Metros). Con nueva distribución	Tiempo de traslado desde el procesos previo (Segundos) . Con nueva distribución
A	Corte blanco.	PE - 15	1.17	-	0	-	
B	Embutido.	PE - 25	2.59	17.5	25	3	5
C	Corte desarrollo.	PE - 24	3.56	10.5	15	3	5
D	Troquelado de hueco tornilo.	PE - 01	4.23	4.9	7	3	5
E	Enderezado	PE - 04	2.82	11.2	16	3	5
F	Troquelado de ventana de canastilla.	PE - 03	3.98	2.1	8	3	5
G	Avellanado de canastilla.	PE - 06	3.28	4.9	7	3	5
Totales:				51.1	78	18	30

Se muestra las distancias y tiempos del desplazamiento actual y propuesto. Del proceso de prensado de canastillas. Elaboración propia.

b. Establecimiento de Mix de producción.

Debemos realizar un mix y secuencia de producción para el prensado de cajas y canastillas. Debemos considerar que la línea de prensas es la misma de cajas y canastillas. adicionalmente debemos cumplir lo señalado:

- Turno: 8 h = 28800 s/día
- Cambio de matriz: 1200 s (20 min) por prensa
- Stock seguridad: 6000 u por componente

- Bandejas: Canastilla 120 u; Caja 55 u
- Objetivo ensamble: 3000 cerraduras/día.

Ya establecidos los supuestos debemos de analizar los tiempos por operación y capacidades considerando traslado actual y traslado con nueva distribución:

Tabla 64. Tiempos por operación de canastillas, considerando traslado actual y propuesto.

N Operación	Descripción de Operación	Tiempo estandar (s)	Traslado actual (s)	Traslado actual (s) X unidad	Total actual (s)	Traslado nuevo (s)	Traslado Nuevo (s) X unidad	Total nuevo (s)
A	Corte blanco	1.17	0	0	1.170	0	0	1.170
B	Embutido	2.59	25	0.208333333	2.798	5	0.0416667	2.632
C	Corte desarrollo	3.56	15	0.125	3.685	5	0.0416667	3.602
D	Troquelado hueco tornillo	4.23	7	0.058333333	4.288	5	0.0416667	4.272
E	Enderezado	2.82	16	0.133333333	2.953	5	0.0416667	2.862
F	Troquelado ventana canastilla	3.98	8	0.066666667	4.047	5	0.0416667	4.022
G	Avellanado de canastilla	3.28	7	0.058333333	3.338	5	0.0416667	3.322

Se muestra el total de tiempos incluyendo los traslados actuales y los nuevos para el prensado de canastillas. Elaboración propia.

De la Tabla 64, tomando en consideración los cuellos de botella (Reducción de 4.288 segundos a 4.272 Segundos) podemos obtener la siguiente información:

Producción total (CANASTILLA) actual = 6249 Unidades/ Dia

Producción total (CANASTILLA) nuevo = 6273 Unidades /Dia

Se logra incrementar 24 Unidades X Dia, los cuales son 528 unidades de canastillas por mes.

Tabla 65. Tiempos por operación de cajas, considerando traslado actual y propuesto.

N Operación	Descripción de Operación	Tiempo estandar (s)	Traslado actual (s)	Traslado actual (s) X unidad	Total actual (s)	Traslado nuevo (s)	Traslado Nuevo (s) X unidad	Total nuevo (s)
A	Corte blanco.	1.17	0	0	1.17	0		1.17
B	Embutido.	6	25	0.454545455	6.4545455	5	0.0909091	6.0909091
C	Corte desarrollo.	2.7	15	0.272727273	2.9727273	5	0.0909091	2.7909091
D	Perforado de hueco PCB.	4.23	7	0.127272727	4.3572727	5	0.0909091	4.3209091
E	Enderezado.	4.2	16	0.290909091	4.4909091	5	0.0909091	4.2909091
F	Troquelado de ventana.	5.64	8	0.145454545	5.7854545	5	0.0909091	5.7309091
G	Piquete.	4.82	7	0.127272727	4.9472727	5	0.0909091	4.9109091
H	Avellanado	6.13	6	0.109090909	6.2390909	5	0.0909091	6.2209091

Se muestra el total de tiempos incluyendo los traslados actuales y los nuevos para el prensado de cajas.

Elaboración propia.

De la Tabla 65, tomando en consideración los cuellos de botella (Reducción de 6.239 segundos a 6.2209 Segundos) podemos obtener la siguiente información:

Producción total (CAJA) actual = 4295 Unidades/ Dia

Producción total (CAJA) nuevo = 4308 Unidades /Dia

Se logra incrementar Unidades 13X Dia, los cuales son 286 unidades de cajas por mes.

Actualmente se produce bajo un mix promedio donde se realizan un total de 12 cambios y las cantidades no siempre son emparejadas ya que para el caso que se muestra en la Tabla 66. Se produce 51122 Cajas y 57930 Canastillas. Donde solo se podrán ensamblar la cantidad menor en este caso 51122 cerraduras es lo máximo que podríamos ensamblar.

Tabla 66. Mix de producción Actual. Línea de prensas de Cajas y canastillas

DIA	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		Cambios
Canastilla	6273			6273	6742			19288	4
Caja		4308	4629			4308		13245	
DIA	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14		
Canastilla			6273	6742				13015	2
Caja	4629	4308			4308	4629		17874	
DIA	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21		
Canastilla	6273			6273				12546	4
Caja		4308	4629		4308	4629		17874	
DIA	Dia 22	Dia 23	Dia 24	Dia 25					
Canastilla	6273							6273	2
Caja		4308	4629					8937	
									Total de Cambios
Total de Cajas X 22 dias								51122	12
Total de Canastillas x 22 dias								57930	

Se muestra el Mix actual de producción de forma diaria. Gerencia de producción.

Para reducir los cambios de matrices de proponer establecer la secuencia de 2 días de canastillas y 3 días de caja. Lo cual origina 8 cambios en total como se muestra la Tabla 67, con la propuesta de mix se produciría 58802 unidades de Canastillas y 58893 de Cajas. Donde

se podría producir un máximo de 58802 cerraduras. Lo cual genera un incremento de 7680 cerraduras adicionales.

Tabla 67. Mix de producción Propuesto

DIA	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		Cambios
Canastilla	6273	6742				6273		19288	3
Caja			4308	4629	4629			13566	
DIA	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14		2
Canastilla	6742				6273	6742		19757	
Caja		4308	4629	4629				13566	
DIA	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21		2
Canastilla				6273	6742	6742		19757	
Caja	4308	4629	4629					13566	
DIA	Dia 22	Dia 23	Dia 24	Dia 25					1
Canastilla								0	
Caja	4308	4629	4629	4629				18195	
									Total de Cambios
Total de Cajas X 22 días								58802	8
Total de Canastillas x 22 días								58893	

Se muestra el Mix propuesto de producción de forma diaria. Elaboración propia.

El mix de producción nos indica realizar 3 cambios de forma semanal y actualmente se están realizando de 4 a 5 cambios de forma semanal. Lo que origina 20 minutos en cada prensa al realizar un cambio de formato, Al reducir al menos un cambio estamos ganando 20 minutos semanales y al reducir 2 serian 40 minutos semanales. asumiremos que solo reduciremos un cambio a los que se realiza a la semana sería un ahorro de 80 minutos al mes. (4800 Segundos), el cual incrementaría la producción de unidades de 1123 unidades de canastillas y 771 unidades de cajas adicionales al realizar una reducción de los 4 cambios al mes.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se realizará una evaluación económica de las herramientas propuestas en el proceso de mejora.

Para realizar este análisis económico partimos identificado los costos involucrados en las propuestas de mejora. Continuamos, calculando los beneficios económicos que esperamos lograr al implementar estas propuestas de mejora. Para finalmente evaluar los indicadores de: Tasa interna de retorno, valor presente neto.

5.1. Costos involucrados en las Propuestas de mejoras.

Se realizará un análisis de los costos involucrados para para propuesta que se desea implementar en las dos áreas analizadas.

5.1.1. Herramientas de mejora para Mecanizado de CPC

Se detalla las propuestas Seleccionadas para el área de mecanizado de CPC en la Tabla 68, Tabla 69 y Tabla 70.

- **Hojas de Verificación y control.** Se detalles los costos de implementación.

Tabla 68. Costos de propuesta de hojas de verificación y control.

Descripcion	Cantidad	Costo (\$) Unitario	Total (\$.)
Diseño / Impresión de talonarios	6	200	1200
Capacitación de personal de 3 turnos de trabajo (30 Min)	16	10	160
Soporte de muestras	2	100	200
COSTO TOTAL (\$)			1560

Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

- **Gestión Visual.** Se detalla los costos de implementación.

Tabla 69. Costos de propuesta de Gestión Visual

Descripcion	Cantidad	Costo (\$/ Unitario)	Total (\$/.)
Pizarra con Parante para tablero de Gestion Visual	1	800	800
Impresión de encabezado en vinil autoadhesivo A3	11	8	88
Capacitacion de personal de 3 turnos de trabajo (1 Hora) X 3 dias	16	10	160
Capacitacion del personal (Supervisores) X 6 Horas	6	100	600
Hojas de Impresión de reportes para tablero de Gestion (Cajas de 2.5 Millar)	1	75	75
Costo de Capacitador X 6 Horas	1	1200	1200
COSTO TOTAL (\$/)			1723

Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

- **Matriz de Competencias.** Se detalla los costos de implementación.

Tabla 70. Costos de la propuesta de Capacitación en afilado de Brocas, basado en matriz de competencias,

Descripcion	Cantidad	Costo (\$/ Unitario)	Total (\$/.)
Costo de horas-hombre de los participantes x 6 Horas	9	42	378
Costo de horas-hombre de los formadores	2	7	14
Brocas de prueba	81	30	2430
Insumos para el afilado (Piedras , Esmeril)	1	200	200
Equipos de proteccion personal	9	40	360
Capictador especialista en Afilado de Herramientas	1	2000	2000
COSTO TOTAL (\$/)			5382

Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

5.1.2. Herramientas de mejora para Área de Prensas.

Se detalla los costos Asociados a las herramientas propuestas para el área de prensas. Se muestra la Tabla 71, Tabla 72. Tabla 7 y Tabla 74.

- **Kanban.** Se detalla los costos de implementación.

Tabla 71. Costos de propuesta de implementación de Sistema Kanban para línea de prensas de Cajas y canastillas.

Descripcion	Cantidad	Costo (S/) Unitario	Total (S/.)
Impresión y plastificado de tarjetas Kanban	240	5	1200
Tablero Visual (Kanban)	1	650	650
Impresión de encabezado en vinil autoadhesivo A3	14	8	112
Capacitación a personal de línea para el uso del Kanban	13	7	91
Costo de bandejas (Se utilizaran las ya existentes)	240	25	6000
COSTO TOTAL (S/)			8053

Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

- **Gestión Visual.** Se detalla los costos de implementación.

Tabla 72. Costos de propuestas de implantación de Gestión Visual para línea de cajas y canastillas.

Descripcion	Cantidad	Costo (S/) Unitario	Total (S/.)
Pizarra con Parante para tablero de Gestion Visual	1	650	650
Impresión de encabezado en vinil autoadhesivo A3	11	8.5	93.5
Capacitación de personal de 3 turnos de trabajo (30 Min) X 3 días	13	17	221
Capacitación del personal (Supervisores) X 2 Hora	6	200	1200
Hojas de Impresión de reportes para tablero de Gestion (Cajas de 2.5 Millar)	1	75	75
Costo de Capacitador X 6 Horas	1	1200	1200
COSTO TOTAL (S/)			3439.5

. Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

- **Balance de Línea.** Se detalla los costos de implementación.

Tabla 73. Costos de propuesta de balance línea, Modificación de ubicación de prensas

Descripcion	Cantidad	Costo (S/) Unitario	Total (S/.)
CABLE VULCANIZADO 3 X 14 AWG +1 TIERRA INDECO (50 MTS) 4X14AWG - 500V	30	12	360
TUBO CONDUIT 3/4 EMT	20	15	300
CURVAS CONDUIT 3/4	16	5	80
CONECTOR CONDUIT DE 3/4	16	5	80
UNION CONDUIT DE 3/4	30	4	120
CODO GALVANIZADO 1/2"	10	5	50
TUBO GALVANIZADO DE 1/2" X 6.40 MTS	5	60	300
Tee de Fe galvanizado de 1/2"	10	5	50
UNION UNIVERSAL DE FE GALVANIZADO 1/2"	10	7	70
NIPLES DE FE GALVANIZADO DE 1/2" X 2"	10	2	20
LLAVE DE PASO GALVANIZADO DE 1/2"	6	40	240
PERNO DE ANCLAJE ZINC 1/2 (M12)X 3"	30	4	120
ABRAZADERA PESADA DE 2 OREJAS PARA TUBERIA CONDUIT 1/2"	40	2	80
AUTORROSCANTE CON PUNTA DE BROCA (autoperforante) DE 3/16" x 1" CABEZA HEXAGONAL DE 5/16	100	0.4	40
Alquiler de Montacarga X 12 Horas (150 Soles la Hora)	1	1800	1800
Mano de Obra (8 Personal de Mantenimientos)	8	300	2400
COSTO TOTAL (S/)			6110

Elaboración propia, Considerando artículos y/o servicios similares usados por la empresa.

5.2. Beneficios económicos esperados en las Propuestas de mejoras.

En esta sección se detallará los beneficios económicos de las propuestas de mejora propuestos, tanto para el área mecanizado de CPC y el área de Prensas.

5.2.1. Herramientas de mejora para Mecanizado de CPC.

Se muestra en las Tablas 74, Tabla 75, Tabla 76, los beneficios que se obtendría al implementar las herramientas propuestas.

- **Hojas de Verificación y control.** Se muestra el detalle de los beneficios

Tabla 74. Beneficios de implementación de Hojas de Verificación y control.

Componente	Produccion mensual promedio de PCE 7PM	% promedio mensual de rechazos Actual	Cantidad promedio mensual de rechazos Actual	% promedio mensual de rechazos Esperado	Promedio mensual de rechazos Esperado	Incremento de piezas producidas mensuales
PCE 7/PM	49161	12.0%	5899	9.0%	4424	1475

Elaboración propia, considerando costos implicados en los componentes determinado por la empresa.

Consideremos el margen de 0.5 Soles de utilidad de este componente (Información del área contable). El ahorro de la implementación de esta herramienta seria de 737.5 soles mensuales.

- **Gestión Visual.** Se muestra el detalle de los beneficios

Tabla 75. Beneficios de implementación de Gestión Visual en línea de mecanizado de CPC

Componente	Produccion mensual promedio de PCE 7PM Actual	Meta establecida de produccion mensual de PCE 7PM	% de incremento esperado de produccion.	Incremento de piezas producidas mensualmente
PCE 7/PM	49161	66000	2%	983

Elaboración propia, considerando costos implicados en los componentes determinado por la empresa.

Consideremos el margen de 0.5 Soles de utilidad de este componente (Información del área contable). El ahorro de la implementación de esta herramienta seria de 491.5 soles mensuales.

- **Matriz de Competencias.** Se muestra el detalle de los beneficios.

Tabla 76. Beneficios de Implantación de Capacitación básica de afilado de brocas en el área de mecanizado de CPC.

Herramienta	Maquina	Paradas Promedio por Afilado de Herramienta basica (Horas)	% De reduccion esperado por afilado de herramientas basicas.	Tiempo ganado, posteriore a la capacitacion esperado (Horas)	Produccion X hora de Piezas	Incremento de unidades Producidas (unidades)
Broca 3.30	TRA-11	23	20%	4.6	125	575
Broca 3.00	TRA-10	23	20%	4.6	375	1725

Elaboración propia, considerando costos implicados en los componentes determinado por la empresa.

Considerando el margen de 0.25 Soles, para los cilindros mecanizados en TRA-10 y de 0.5 soles de TRA-11. Podemos calcular que el incremento de la utilidad será de 143.75 soles y 862.5 soles respectivamente. Siendo un total de 1006.25 soles

5.2.2. Herramientas de mejora para Área de Prensas.

Para el caso de evaluar y analizar los beneficios que nos brindara las 3 herramientas que se propone como son: Kanban, Gestión Visual y balance de línea. Esta realizara de forma global ya que la implantación de las herramientas está interrelacionada y están orientadas en mejorar la productividad de la producción de cajas y canastillas.

- **Kanban.**

Los beneficios que nos ayudara el Kanban serán de mantener una producción alineada a las necesidades reales de ensamble, considerando que para el área de ensamble tanto las cajas y canastillas deben ser entregadas en las mismas cantidades para poder ensamblar una cerradura. El objetivo es ayudar a la atención del ensamble diario como establecer 2 días de stock para que el ensamble no se detenga.

Tomando en consideración el ensamble promedio de cerraduras actual que es de 51136 unidades que en promedio se ensamblaron en el periodo 2024. Si bien es cierto la meta de producción establecida es de 66000 mil unidades como meta, esta mejora y cambios que sean necesarios y/o incremento de recursos será de forma progresiva. La metodología Kanban que

buscamos implementar es producir y balacear el número de cajas u canastillas para optimizar las unidades de ensamble.

- **Gestión Visual.**

La gestión Visual busca el compromiso del personal, mejorar la eficiencia de las operaciones en el área de prensa, en la cual el personal pueda visualizar y concientizar los objetivos del área y de esta manera podamos mantener orientados al equipo para lograr las metas establecidas y lograr visualizar las cantidades de stock que se manejan dentro los procesos.

- **Balance de Línea.**

Para el caso de la propuesta del balance de línea y modificación de línea de cajas y canastillas analizaremos dos beneficios el incremento de la utilidad mensual al reducir los tiempos de desplazamiento entre equipos ya que al estar en una línea en forma de “U”, los tiempos de desplazamiento entre maquinas se reducirá y por adicionalmente realizaremos el análisis de la propuesta de mix de producción originado del análisis de tiempos. El detalle se muestra en el la Tabla 77.

Tabla 77. Beneficios de establecimiento de mix de producción de línea de prensa de cajas y canastillas una vez implementado el Sistema Kanban, Gestión visual y Balance.

Componente	Produccion x Dia Actual Esperado sin cambios (Unidades/ dia)	Produccion Dia Actual Esperado con 1 cambios (Unidades/ dia)	Unidades dejadas de producir por 1 cambio (Unidades)	Producción mensual con 12 cambios. Promedio actual. (Unidades)	Produccion Mensual con 8 Cambios (Unidades)	Incremento en la utilidad Produccion por modelo
Canastilla	6742	6273	469	51122	58802	7680
Caja	4629	4308	321	57930	58893	963

Se muestra el calculo de los beneficios de realizar solo 8 cambios. Elaboracion Propia.

Ya establecido la metodología Kanban, Gestión visual y al realizar la modificación en la ubicación de las prensas, realizamos el mix de producción entre cajas y canastillas para optimizar el uso de la capacidad disponible.

Al realizar el analisis de beneficios podemos calcular que al realizar el mix de produccion se tendria un incremento de utilidada por unidades producidas. 7680 canastillas y 963 cajas adicionales lo cual representan 2304 soles y 481.5 soles de forma respectiva. Siendo un total de 2785.5 Soles.

5.3. Cálculo de Indicadores económico.

Procederemos a realizar un cuadro resumen de los costos de inversión y ahorros generados en soles.

El análisis económico se realizará considerando las 6 propuestas como un todo la cual requerirá un costo de inversión de 27468 soles y un ahorro mensual de 5525 soles, es considerando un escenario moderado. Esto se muestra en la Tabla 78.

Adicionalmente se considerará un costo de mantenimiento, principalmente útiles de oficina y mantenimiento de los tableros visuales, como se muestra en la Tabla 79.

Tabla 78. Resumen de costo de Inversión y ahorro de implementación de Herramientas Lean.

Nº	Area	Propuesta	Inversión (S/.)	Ahorro Mensual (S/.)
1	Area de mecanizado de CPC	Hojas de Verificación y Control	1,560	885
2		Gestión Visual (CPC)	2,923.00	589.8
3		Matriz de Competencias	5,382	1,265
4	Area de presa de cajas y canastillas	Kanban	8,053	2,786
5		Gestión Visual (Prensas)	3,439.50	
6		Balance de Línea	6110	
	Producción	Propuesta de herramientas Lean	27,468	5,525

Se muestra el detalle de los costos de inversión como el ahorro mensual en soles de las propuestas de herramientas Lean. Como la sumatoria total. Elaboración Propia.

Adicionalmente agregaremos un costo de horas de asesoramiento de 2 días a la semana, durante el primer año el cual originaría un costo de 2000 Soles.

Tabla 79. Costos de mantenimiento de las Herramientas

Descripcion	Cantidad	Costo (S/) Unitario	Total (S/.)
Hojas de Impresión de reportes para tablero de Gestion (Cajas de 2.5 Millar)	1	75	75
Utiles de escritorio	1	100	100
Mantenimiento de tableros visuales	1	150	150
COSTO TOTAL (S/)			325

Se muestra los costos que se van a considerar en el primer año, estos costos se va considerar el mismo de forma mensual para los 12 periodos iniciales. Elaboración propia.

Para el cálculo de los indicadores y realizar el flujo de caja trabajaremos considerando la siguiente información básica.

- Inversión inicial (t=0): **S/. 29,468.00** (Incluye el asesoramiento)
- Ingreso mensual: **S/. 5,525.30**
- Costo mensual: **S/. 2325.00**
- Flujo neto mensual = **S/. 3,200.30** (meses 1 al 12)
- Horizonte = **12 meses**
- COK anual = **17%** → COK mensual = **1.317%**

Las formulas para el calulo del VAN, B/C/ROI, TIR , se detallan a continuacion:

- VP (valor presente de una renta constante A por n meses):

$$VP = A \times \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} = A \cdot \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

- VAN = VP – Inversión

- B/C = VP/Inversión

- ROI (%) = $\frac{A \cdot n - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$

- TIR: se obtiene resolviendo $-\text{Inversión} + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = 0$. Se calcula r (mensual) y se anualiza:

$$TIR_{anual} = (1+r)^{12} - 1.$$

5.3.1. Flujo de Caja.

Se procede a elaborar un flujo de caja, el cual se realiza una proyección de 12 meses para evaluar la factibilidad de la implementación de las herramientas lean propuestas. Tabla 80.

Se está considerando un valor del costo ponderado de capital (COK), para la empresa de 17% anual. Dato indicado por el área de finanzas utilizada en la evaluación de proyectos.

Tabla 80. Flujo de caja

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso por el Aumento de Producción	0	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3	5525.3
Costo de Inversión	29,468.00	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325	2325
Flujo económico	-29,468.00	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3	3,200.3

Se muestra el flujo económico mensual en un periodo de 12 meses. Elaboración propia.

5.3.2. Indicadores evaluados.

Primero realizamos el cálculo del factor de descuento. Para los 12 periodos, este factor de descuento (FD) es el número por el cual multiplicaremos un flujo de dinero futuro para convertirlo en valor presente. Visualizar el cálculo en la tabla 81.

Aplicamos la fórmula:

$$FD_t = 1 / (1 + 0.01317)^t$$

Tabla 81. Cálculo del Factor de Descuento para cada periodo.

Mes (t)	Fórmula	FD_t
1	$1 / (1 + 0.01317)^1$	0.99
2	$1 / (1 + 0.01317)^2$	0.97
3	$1 / (1 + 0.01317)^3$	0.96
4	$1 / (1 + 0.01317)^4$	0.95
5	$1 / (1 + 0.01317)^5$	0.94
6	$1 / (1 + 0.01317)^6$	0.92
7	$1 / (1 + 0.01317)^7$	0.91
8	$1 / (1 + 0.01317)^8$	0.90
9	$1 / (1 + 0.01317)^9$	0.89
10	$1 / (1 + 0.01317)^{10}$	0.88
11	$1 / (1 + 0.01317)^{11}$	0.87
12	$1 / (1 + 0.01317)^{12}$	0.86

Se muestra el calculo del factor de descuento para cada mes evaluado fuente: Elaboracion propia.

Seguimos con el calculo del flujo del VAN. Y acumulado al final del periodo 12. Estos calculos se muestran en la Tabla 82.

$$VP_t = \text{Flujot} \times FDT.$$

$$VAN = VP - INVERSION$$

$$VAN = S/. 35308.62 - S/. 29468$$

$$VAN = S/. 5840.62$$

(VAN positivo → proyecto **crea valor** respecto a COK = 17 %)

Tablo 82. Flujo del VAN de forma periódica.

Mes	Flujo Económico (S/.)	Factor de Descuento	Flujo Descontado (S/.)	VAN acumulado (S/.)
0	-29,468.00	1.0	-29,468.00	-29,468.00
1	3,200.30	0.99	3,158.70	-26,309.30
2	3,200.30	0.97	3,117.64	-23,191.66
3	3,200.30	0.96	3,077.12	-20,114.54
4	3,200.30	0.95	3,037.12	-17,077.43
5	3,200.30	0.94	2,997.64	-14,079.79
6	3,200.30	0.92	2,958.68	-11,121.11
7	3,200.30	0.91	2,920.22	-8,200.89
8	3,200.30	0.90	2,882.26	-5,318.63
9	3,200.30	0.89	2,844.80	-2,473.83
10	3,200.30	0.88	2,807.82	333.99
11	3,200.30	0.87	2,771.32	3,105.30
12	3,200.30	0.85	2,735.30	6,840.60

Se muestra el VAN, acumulado para cada periodo del 1 al 12. Elaboración propia.

Una vez definido los flujos económicos, realizamos los cálculos de indicadores a evaluar:

VP beneficios = S/. 35308.62

Inversión Inicial = S/. 29468

VAN = S/. 5840.62

B/C = VP / inversión = 1.19.

Significa que por cada S/.1 invertido se obtiene S/.1.1982 (valor presente) de beneficio.

TIR mensual (IRR) \approx 4.33%

TIR anualizada = $(1 + 0.0433)^{12} - 1 \approx$ 66.30% (anualización de la tasa mensual)

Beneficio total (no descontado) = $3200.30 \times 12 = \text{S/. } 38403.60$

ROI simple = $(38403.60 - 29,468) / 27468 \times 100 \approx 30.2\%$

Periodo de Recuperación = $29,468 / 3,200.30 \approx 9.2$ meses.

Luego de realizar los cálculos de evaluación, se realiza una Tabla resumen con una breve descripción del resultado. Ver Tabla 83.

Tabla 83. Resume de indicadores económicos.

Indicador	Resultado	Qué significa
VAN (Valor Actual Neto)	S/ 5,840.62	Ganancia en valor presente luego de recuperar la inversión y cubrir el 17 % anual exigido.
TIR (Tasa Interna de Retorno)	$\approx 66.3\%$ anual ($\approx 4.33\%$ mensual)	Rentabilidad del proyecto: la tasa que iguala VAN a 0. Muy superior al 17 % requerido.
Relación Beneficio/Costo (B/C)	≈ 1.19	Por cada sol invertido, se generan 1.19 soles de valor presente de beneficios.
Periodo de Recuperación	≈ 9.2 meses	Tiempo necesario para recuperar la inversión inicial sin descontar.
ROI simple	$\approx 30.2\%$	Ganancia neta en relación a la inversión, sin considerar descuento.

Se muestra resumien de los indicadores economicos evaluados con el significado en nuestro proyecto, Elanboracion Propia.

Se concluye que las propuestas de implementacion de herramientas Lean , son rentables economicamente.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección describiremos los puntos más relevantes como los hallazgos que identificamos a lo largo del desarrollo de las propuestas de herramientas Lean Manufacturing y brindar un análisis de los resultados obtenidos como las recomendaciones

6.1. CONCLUSIONES.

- Se pudo identificar 4 problemas principales en el área de producción: Incremento de piezas rechazadas y/o observadas, Retrasos en la entrega de materiales a ensamble de CPC, Retrasos de componentes a las líneas de ensamble de parte del área de prensas y variación de medidas en los cuerpos de candados.
- Se idéntico que el 12.25% de PCE 7PM, presenta rechazo. Se reduce a 9%, invirtiendo 5382 Soles y Ahorrando 737.5 Soles.
- Considerando la capacitación en Afilado los rechazos se reducen en 20%, de 23Horas a 18.4 horas (4.6 Horas)
- Para mejorar la gestión operativa estamos proponiendo tableros de gestión visual tanto para las líneas de mecanizado de cpc y la línea de cajas y canastillas del área de prensas con una inversión de 6362.5soles.
- Realizar más puntos de reordenamiento Kanban, en procesos Adicionales.
- Realizar el balance de línea de Cajas y canastillas mejorando el layout implicando un costo de 6110 soles
- En la evaluación económica financiera donde se ve involucrado una inversión de 29468 soles para la implementación de las propuestas Lean. Realizando la evaluación en un horizonte de 1 año , (12 meses) . Tenemos un valor actual neto (VAN) de 5840.62 soles después de la recuperación de la inversión que será luego del 9.2 meses donde su cubrirán los costos de inversión. Una Tasa interna de retorno (TIR), de 4.33 %

mensual y 66.3% anual superior a los 17% de COK considerada. Una relación de beneficio costo (B/C), de 1.19 soles por cada sol invertido. Y una ganancia neta en la relación a la inversión (ROI) de 30.2%.

- Finalmente luego a analizar y calcular los indicadores económicos financieros podemos recomendar la implementación de la herramientas propuestas y paulatinamente ir proponiendo herramientas lean en otras áreas para continuar con la mejora continua



6.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda desarrollar un área de Lean Manufacturing que brinde soporte y coordinación al desarrollo de herramientas de mejora y la integración de la cultura Lean en toda la organización. Como la de iniciar un plan de capacitación en la filosofía Lean manufacturing a lo largo de toda la organización para continuar en un proceso de mejora y excelencia operacional.
- Se recomienda a realizar análisis de problemas que puede trabajarse en el día a día para tener hábitos de análisis en las causas raíces que originan distintos problemas desde los más básicos de su complejidad.
- Se recomienda a concientizar a las áreas gerenciales y directorio en la Cultura Lean Manufacturing, enfocándonos en la búsqueda de la mejora continua, pensando en un desarrollo sostenido de la organización y no solo pensar en soluciones precarias y momentáneas en la solución de problemas.

BIBLIOGRAFIA.

Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de producción*. Pearson Educación.

Herrera Acosta, R. J., & Fontalvo Herrera, T. J. (2000). *Seis Sigma: Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Editorial B – EUMED.

Liker, J. K. (2006). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Ediciones Gestión 2000 - Planeta DeAgostini Profesional y Formación.

Juran, J. M., & Cryna, F. M. (1995). *Análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill.

Martínez Mayoral, M. A., & Morales Socuéllamos, J. (2022). *Lean Seis Sigma para la mejora de procesos*. Universidad Miguel Hernández de Elche.

Muñoz Guevara, J. A., Zapata Urquijo, C. A., & Medina Varela, P. D. (2022). *Lean manufacturing: Modelos y herramientas*. Universidad Tecnológica de Pereira.

Ohno, T. (2018). *El sistema de producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala*. Routledge.

Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Universidad Santo Tomás.

Socconini, L. (2008). *Lean manufacturing paso a paso: El sistema de gestión japonés que revolucionó la manufactura y los servicios*. Editorial Norma.

Suzuki, T. (1995). *TPM para industrias de proceso*. Japan Institute of Plant Maintenance. (Publicado en español por TGP Hoshin).

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking*. Grupo Planeta.