

E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de  
Telecomunicación

---

# IMPLANTACIÓN DE PROCESOS DE MEJORA CONTINUA EN LA EMPRESA ICER BRAKES S.A.



**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**AUTOR:** LUIS GIL ETAYO

**DIRECTOR:** JORGE SAN MIGUEL INDURÁIN

PAMPLONA, JUNIO 2022

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



## AGRADECIMIENTOS

La realización del presente proyecto consolida el final de mi etapa como estudiante del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, significando al mismo tiempo el inicio de mi desarrollo como ingeniero. Por ello, quisiera agradecer a todas aquellas personas que me han acompañado en este arduo pero reconfortante camino.

En primer lugar, quisiera agradecer a las personas más importantes de mi vida, las que más me han apoyado a lo largo del camino, aquellas que más esfuerzo han realizado para poder haberme desarrollado académicamente, pero sobretodo como persona, brindándome siempre la mejor educación posible, acompañándome tanto en los buenos, como sobretodo en los momentos más difíciles, a mis padres José Ignacio y María Dolores, y a mi hermano Francisco Javier.

Agradecer al conjunto de mi familia, sobre todo a mi tía y a mis tíos, los cuales nunca dejaron de creer en mí y me han brindado un apoyo continuo a lo largo de toda esta etapa de mi vida, dándome fuerzas cuando más lo necesitaba.

A mis amigos y compañeros, por haber compartido esta experiencia juntos, las horas de estudio en la biblioteca, los tensos momentos previos a los exámenes, por brindarme su solidaridad, compañerismo, pero sobre todo su amistad.

Agradecer aquellas personas que desgraciadamente no han podido acompañarme en el final de esta etapa y han sido pilares fundamentales en mi vida, a mis abuelos paternos Francisco y Anunciación, a mis abuelos maternos Luis y Esther, y a mi amigo Carlos.

Quisiera agradecer al conjunto del personal académico que ha contribuido de alguna manera a mi desarrollo académico y como persona a lo largo de mi vida, despertando mi curiosidad por la ciencia y nutriendo mis ganas de aprender. Destacando a mi tutor Jorge, el cual me apoyó desde el primer momento que me presenté en su despacho.

Finalmente, quisiera agradecer a ICER Brakes S.A., por haberme brindado la oportunidad de compartir esta experiencia, al personal de la empresa, y sobre todo aquellas personas que me ayudaron desde el principio regalándome su tiempo y solidaridad.

## RESUMEN

El principal objetivo del proyecto consiste en implantar procesos de mejora en la empresa ICER Brakes S.A., basados en la filosofía Lean Manufacturing, donde a través de la mejora continua se lleva a cabo la constante eliminación de actividades que no aportan valor al producto, con el objetivo de aumentar la productividad, y reducir costes.

En primer lugar, se llevará a cabo una descripción global de la empresa, centrando el interés en el sistema productivo. A continuación, se realizará un estudio del sistema productivo para decidir que fases que aportan valor al producto se quiere analizar, teniendo en cuenta los criterios de criticidad del proceso, productividad de la sección y posibles cuellos de botella en el sistema productivo. Una vez se haya decidido las máquinas a analizar, se llevará a cabo un estudio del OEE, con el objetivo de optimizar la sección con menor valor. Tras recabar los datos necesarios, se realizarán propuestas de mejora para la sección, evaluando como repercutirán tanto a nivel productivo como a nivel económico para la empresa. Finalmente, se establecerán posibles futuras mejoras para ICER Brakes S.A.

*Palabras clave:* 5S; AMFE; Kaizen; Lean Manufacturing; OEE.

## ABSTRACT

The main objective of this project consists on implanting improvement processes in the ICER Brakes P.L.C. enterprise, based on the Lean Manufacturing philosophy, where through the continuous improvement, the constant elimination of activities which don't add value to the product is carried out, with the main objective of increasing the productivity and reducing costs.

Firstly, the global description of the company, focusing on the productive system will be carried out. Afterwards, a study of the productive system to decide which stages that add value to the product want to be analysed will be done, taking into account the criticality criteria of the process, productivity and possible bottlenecks. Once is decided which machines to analyse, a study of the OEE will be carried out, with the objective to optimise the section with the lowest value. After gathering the necessary data, improvement proposals will be done, evaluating on how they would affect to the productive level, as the economic level. Finally, possible future improvements for ICER Brakes P.L.C will be established.

*Keywords:* 5S; FMEA; Kaizen; Lean Manufacturing; OEE.

## ÍNDICE GENERAL

1.INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 ORIGEN Y MOTIVACIÓN .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.3 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DEL DOCUMENTO .....	14
1.4. DIAGRAMA DE GANTT.....	14
2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL.....	15
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	15
2.2 EMPLAZAMIENTO.....	16
2.3 LÍNEAS DE NEGOCIO .....	17
2.4 DIAGRAMA DE FLUO .....	19
2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA APRODUCTIVO.....	21
2.5.1 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	21
2.5.2 RECEPCIÓN Y ALMACENAJE.....	21
2.5.3 MEZCLADO .....	22
2.5.4 GRANALLADO/ENCOLADO DE SOPORTES .....	23
2.5.5 PREFORMADORAS.....	25
2.5.6 PRENSADO.....	25
2.5.7 TRATAMIENTO TÉRMICO .....	27
2.5.8 MECANIZADO .....	28
2.5.9 ESCORCHADO-LIMPIEZA-PINTURA.....	28
2.5.10 COLOCACIÓN DE ACCESORIOS .....	30
2.5.11 ALMACENAMIENTO DE SEMIELABORADOS .....	30
2.5.12 MARCAJE, ESTUCHADO Y ETIQUETADO .....	31
2.5.13 EMPAQUETADO.....	31
2.5.14 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO Y EXPEDICIONES .....	32
2.6 LAY-OUT .....	33
3. MARCO TEÓRICO.....	34

3.1 SISTEMA DE FRENADO. PASTILLAS DE FRENO .....	34
3.2. CÁLCULO DEL OEE .....	37
3.3 LEAN MANUFACTURING .....	40
3.3.1 INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y ORIGEN DEL LEAN MANUFACTURING .....	40
3.3.2 PRINCIPIOS BÁSICOS .....	41
3.3.3 EL TEMPLO LEAN .....	48
3.3.4 HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA LEAN .....	52
3.4 INTRODUCCIÓN AL AMFE.....	60
4. SITUACIÓN INICIAL. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE PROBLEMAS .....	64
4.1 ANÁLISIS DEL OEE DE CADA SECCIÓN .....	67
4.1.1 OEE MEZCLADOR HÚMEDO .....	67
4.1.2 OEE ESTACIONES DE MECANIZADO .....	69
4.1.3 OEE PRENSAS FLEXMATIC .....	72
4.2 ELECCIÓN DE LA SECCIÓN A ACTUAR.....	75
4.3 ANÁLISIS DE LA SECCIÓN A ACTUAR .....	77
4.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL ERLMANN .....	77
4.3.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO ACTUAL EN ERLMANN .....	81
4.3.3 SITUACIÓN ACTUAL ERLMANN .....	84
5. ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE MEJORA.....	90
5.1 ELABORACIÓN DEL AMFE.....	91
5. 2 HERRAMIENTA 5S.....	92
5. 3 PROYECTOS KAIZEN .....	104
5.3.1 MEJORA DISPONIBILIDAD .....	104
5.3.2 MEJORA RENDIMIENTO .....	110
6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	115
7. LÍNEAS FUTURAS .....	120
8. CONCLUSIONES .....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	122

ANEXOS ..... 123

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de Gantt elaboración proyecto. Fuente: Elaboración propia ..... 15

Ilustración 2. Ortofoto del polígono industrial "Montes del Cierzo" de Tudela. Fuente: SITNA 16

Ilustración 3. Imagen fachada nave ICER Brakes. Fuente: Elaboración propia ..... 16

Ilustración 4. Imagen entrada ICER Brakes. Fuente: Elaboración propia ..... 17

Ilustración 5. Juego de pastillas ICER para turismo con accesorios. Fuente: Elaboración propia ..... 17

Ilustración 6. Juego de pastillas ICER para camión con accesorios. Fuente: Elaboración propia 18

Ilustración 7. Diagrama de flujo. Fuente: ICER Brakes S.A. .... 20

Ilustración 8. Almacén soportes y accesorios. Fuente: Elaboración propia ..... 21

Ilustración 9. Almacén mezclas. Fuente: Elaboración propia ..... 22

Ilustración 10. Almacén climatizado. Fuente: Elaboración propia ..... 22

Ilustración 11. Mezclador. Fuente: Elaboración propia ..... 23

Ilustración 12. Carro TECSE. Fuente: Elaboración propia ..... 23

Ilustración 13. Símbolo de proceso crítico que afecta a la seguridad. Fuente: Documentación interna ..... 24

Ilustración 14. Granalladora. Fuente: Elaboración propia ..... 24

Ilustración 15. Proceso de encolado. Fuente: Elaboración propia ..... 24

Ilustración 16. Preformas. Fuente: Elaboración propia ..... 25

Ilustración 17. Prensa Flash. Fuente: Elaboración propia ..... 25

Ilustración 18. Prensa Gaudeni. Fuente: Elaboración propia ..... 26

Ilustración 19. Prensa Flexmatic. Fuente: Elaboración propia ..... 26

Ilustración 20. Prensa Kruger. Fuente: Elaboración propia ..... 26

Ilustración 21. Zona de hornos. Fuente: Elaboración propia ..... 27

Ilustración 22. Horno abierto con pastillas. Fuente: Elaboración propia ..... 27

Ilustración 23. Área de mecanizado. Fuente: Elaboración propia ..... 28

Ilustración 24. Escorchadora. Fuente: Elaboración propia ..... 28

Ilustración 25. Limpieza con corindón. Fuente: Elaboración propia ..... 29

Ilustración 26. Zona de pintura. Fuente: Elaboración propia ..... 29

Ilustración 27. Entrada horno de pintura. Fuente: Elaboración propia ..... 29

Ilustración 28. Colocación accesorios. Fuente: Elaboración propia ..... 30

Ilustración 29. Almacén de semielaborados. Fuente: Elaboración propia ..... 30

Ilustración 30.Zona de marcaje. Fuente: Elaboración propia ..... 31

Ilustración 31.Zona de estuchado y etiquetado. Fuente: Elaboración propia ..... 31

Ilustración 32.Zona de embalado. Fuente: Elaboración propia ..... 31

Ilustración 33. Almacén de producto terminado. Fuente: Elaboración propia ..... 32

Ilustración 34. Lay-Out. Fuente: ICER Brakes S.A. .... 33

Ilustración 35. Esquema sistema de frenado. Fuente: Getauto..... 34

Ilustración 36. Elementos pastilla de freno. Fuente: POSVENTA.info..... 36

Ilustración 37. Imagen pastilla de freno con cata. Fuente: Elaboración propia..... 36

Ilustración 38. Imagen pastilla de freno con accesorios. Fuente: Elaboración propia ..... 37

Ilustración 39. Elementos que afectan a la disponibilidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción ..... 38

Ilustración 40. Cálculo de la disponibilidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción..... 38

Ilustración 41. Elementos que afectan al rendimiento. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción ..... 38

Ilustración 42. Cálculo del rendimiento. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción..... 39

Ilustración 43. Elementos que afectan a la calidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción ..... 39

Ilustración 44. Cálculo de la calidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción ..... 39

Ilustración 45. 8 desperdicios. Fuente: Elaboración propia ..... 42

Ilustración 46. Mar de stocks. Fuente: Atlas Consultora ..... 42

Ilustración 47. Causas Inventario. Fuente: Elaboración propia..... 43

Ilustración 48. Causas Defectos. Fuente: Elaboración propia ..... 43

Ilustración 49. Causas Movimientos innecesarios. Fuente: Elaboración propia..... 44

Ilustración 50. Causas Sobreprocesamiento. Fuente: Elaboración propia ..... 44

Ilustración 51. Causas Tiempos de espera. Fuente: Elaboración propia..... 45

Ilustración 52. Causas Transporte. Fuente: Elaboración propia ..... 45

Ilustración 53. Causas Sobreproducción. Fuente: Elaboración propia..... 46

Ilustración 54. Causas Talento no utilizado. Fuente: Elaboración propia ..... 46

Ilustración 55. Características Push vs Pull. Fuente: Elaboración propia..... 47

Ilustración 56. Flujo información Push vs Pull. Fuente: Elaboración propia..... 47

Ilustración 57. Templo Lean. Fuente: Elaboración propia ..... 48



Ilustración 58. Ejemplo Poka-Yoke. Fuente: angelantonioromero.com ..... 50

Ilustración 59. Pequeñas mejoras VS Mejoras radicales. Fuente: Elaboración propia ..... 51

Ilustración 60. Ciclo Deming o PDCA. Fuente: Elaboración propia ..... 51

Ilustración 61. Ejemplo VSM. Fuente: leanmanufacturing10.com ..... 54

Ilustración 62. Paso 1 SMED. Fuente: Elaboración propia ..... 56

Ilustración 63.Paso 2 SMED. Fuente: Elaboración propia ..... 56

Ilustración 64.Paso 3 SMED. Fuente: Elaboración propia ..... 57

Ilustración 65. Paso 4 SMED. Fuente: Elaboración propia ..... 57

Ilustración 66. Pilares TPM. Fuente: Elaboración propia ..... 58

Ilustración 67. Ejemplo tablero KANBAN. Fuente: Elaboración propia ..... 59

Ilustración 68. Análisis estructura AMFE. Fuente: Elaboración propia ..... 61

Ilustración 69. Análisis Funcional AMFE. Fuente: Elaboración propia ..... 62

Ilustración 70. Análisis de Fallos AMFE. Fuente: Elaboración propia ..... 62

Ilustración 71. Análisis de Riesgos AMFE. Fuente: Elaboración propia..... 63

Ilustración 72. Optimización-Acciones AMFE. Fuente: Elaboración propia ..... 64

Ilustración 73. Matriz DAFO. Fuente: Elaboración propia..... 65

Ilustración 74. Imagen ERLMANN 3D. Fuente: ICER Brakes S.A..... 77

Ilustración 75. Chasis y Unidad de agarre de carro de ERLMANN 3D. Fuente: ICER Brakes S.A. 77

Ilustración 76. Unidad de alimentación y sistema de carga en carros. Fuente: Elaboración propia ..... 78

Ilustración 77. Estación de catas. Fuente: Elaboración propia ..... 78

Ilustración 78. Estación de rectificado plano. Fuente: Elaboración propia..... 79

Ilustración 79. Estación de chaflanes. Fuente: Elaboración propia ..... 79

Ilustración 80. Estación de limpieza. Fuente: Elaboración propia ..... 80

Ilustración 81. Sensor de medida de espesor. Fuente: Elaboración propia..... 80

Ilustración 82. Salida ERLMANN. Fuente: Elaboración propia. .... 80

Ilustración 83. Puesto de trabajo del operario. Fuente: Elaboración propia..... 81

Ilustración 84. Display ERLMANN. Fuente: Elaboración propia ..... 82

Ilustración 85. Programa OEE\_ERLMANN. Fuente: Programa OEE\_ERLMANN ..... 86

Ilustración 86. Lay-Out Líneas 1 y 2 Fuente: Elaboración propia ..... 89

Ilustración 87. Pastillas acumuladas en la sección de mecanizado Fuente: Elaboración propia 89

Ilustración 88. Sistema de aspiración ERLMANN. Fuente: Elaboración propia ..... 90

Ilustración 89. Atril ERLMANN Fuente: Elaboración propia..... 92

Ilustración 90. Tarjeta roja 1 con elements varios. Fuente: Elaboración propia. .... 93

Ilustración 91. arjeta roja 2 con botellas con líquido encima del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 94

Ilustración 92. Tarjeta roja 3 con martillo y llave Allen e interior del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 94

Ilustración 93. Tarjeta roja 4 elementos varios en bandeja situada en interior del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 95

Ilustración 94. Tarjeta roja 5 Cepillo defectuoso y plástico en el interior del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 95

Ilustración 95. Elementos innecesarios separados. Fuente: Elaboración propia ..... 96

Ilustración 96. Desorden parte superior del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 96

Ilustración 97. Disposición propuesta de la parte superior del atril. Fuente: Elaboración propia ..... 97

Ilustración 98. Desorden interior atril. Fuente: Elaboración propia ..... 97

Ilustración 99. Organización pie de rey y goniómetro. Fuente: Elaboración propia ..... 98

Ilustración 100. Organización carros ERLMANN. Fuente: Elaboración propia..... 99

Ilustración 101. Errores frecuentes ERLMANN. Fuente: Elaboración propia..... 101

Ilustración 102. Pantalla visible ERLMANN. Fuente: Elaboración propia ..... 102

Ilustración 103. Cotas características pastillas de freno para ERLMANN. Fuente: Elaboración propia ..... 112

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Datos LÖDIGE 300 B-16 ..... 68

Tabla 2. Datos ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia..... 69

Tabla 3. Datos ERLMANN 2. Fuente: Elaboración propia..... 71

Tabla 4. Datos E-16. Fuente: Elaboración propia ..... 72

Tabla 5. Datos E-17. Fuente: Elaboración propia ..... 74

Tabla 6. OEE LÖDIGE 300 B-16. Fuente: Elaboración propia ..... 75

Tabla 7. OEE ERLMAN 1. Fuente: Elaboración propia ..... 75

Tabla 8. OEE ERLMAN 2. Fuente: Elaboración propia ..... 75

Tabla 9. OEE E-16. Fuente: Elaboración propia ..... 76

Tabla 10. OEE E-16. Fuente: Elaboración propia ..... 76

Tabla 11. Datos producción 24/03/2022. Fuente: EXCEL ERLMANN ..... 86

Tabla 12. Datos parados 24/03/2022. Fuente: EXCEL ERLMANN ..... 86

Tabla 13. Paradas ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia ..... 87

Tabla 14. Registro carros anulados ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia ..... 88

Tabla 15. Elementos necesarios puesto ERLMANN Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 16. Check-list limpieza ERLMANN. Fuente: Elaboración propia .....	100
Tabla 17. Auditoría 5S ERLMANN. Fuente: Elaboración propia .....	103
Tabla 18. Evolución auditoría 5S ERLMANN. Fuente: Elaboración propia.....	103
Tabla 19. Datos geométricos validación referencias ERLMANN. Fuente: Elaboración propia .	113
Tabla 20. Datos adicionales validación referencias ERLMANN. Fuente: Elaboración propia ...	114
Tabla 21. Evolución paradas ERLMANN 1 tras las mejoras. Fuente: Elaboración propia .....	116
Tabla 22. Comparación datos ERLMANN 1 respecto las mejoras y el periodo de tiempo. Fuente: Elaboración propia .....	118
Tabla 23. Producción de pastillas antes vs después de las mejoras. Fuente: Elaboración propia .....	118
Tabla 24. Datos de producción de mecanizado antes y después de las mejoras. Fuente: Elaboración propia .....	119
Tabla 25. Costes. Fuente: Elaboración propia.....	120

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. OEE máquinas analizadas. Fuente: Elaboración propia.....	76
Gráfico 2. Datos rechazo diario desde 21/03/2022 hasta el 27/03/2022 ELMANN 1. Fuente: EXCEL ERLMANN .....	87
Gráfico 3. Paradas ERLMANN 1 durante las 8 semanas de análisis. Fuente: Elaboración propia .....	104
Gráfico 4. Comparación de pastillas fabricadas de mayo del 21 a mayo del 22 con el número de referencias utilizadas. Fuente: Elaboración propia.....	106
Gráfico 5. Comparación de paradas más significativas ERLMANN 1 tras las mejoras. Fuente: Elaboración propia .....	117



## 1.INTRODUCCIÓN

### 1.1 ORIGEN Y MOTIVACIÓN

La sociedad de hoy en día experimenta cambios continuamente, esto se debe a la globalización, el aumento de conexiones entre las diversas culturas sociales, y sobre todo a los avances tecnológicos. El cambio que ha experimentado la sociedad en los últimos 200 años, es mucho más significativo que los cambios que sufrieron nuestros antepasados durante miles de años, y esto se debe gracias a la ciencia.

El progreso tecnológico se trata de un fenómeno imparable, por lo que los métodos clásicos de trabajo quedan obsoletos, y por ello la sociedad debe de realizar un esfuerzo para adaptarse a nuevos métodos de trabajo y adquirir nuevas formas de pensar. A partir de esto, surge la mejora continua, un método que trata de mejorar y optimizar los procesos que se llevan a cabo en una empresa, con el objetivo de que no haya pérdidas y sean lo más productivos posibles.

El proceso de mejora continua surge del denominado **Lean Manufacturing**, una filosofía de trabajo que trata de **eliminar los desperdicios** de cualquier proceso, con el objetivo de optimizarlo lo máximo posible, además, la integración de esta filosofía dentro de los trabajadores es un requisito de obligado cumplimiento para que se lleve a cabo, para ello es necesario que los trabajadores se sientan parte fundamental de la empresa y realicen propuestas de mejora. En el ámbito industrial, la filosofía de **mejora continua** del **Lean Manufacturing** se trata de algo indispensable para las empresas, ya que sin él es muy complejo el progreso y el desarrollo de estas.

Sin embargo, previamente a la optimización de un determinado proceso, es necesario la identificación de los problemas. Una herramienta muy utilizada es el cálculo del **OEE** de las fases del proceso, se puede realizar un análisis efectivo para la identificación de los problemas más críticos en la empresa.

### 1.2 OBJETIVOS

El principal **objetivo** del presente proyecto es la **aplicación e integración de la filosofía Lean Manufacturing** dentro de la empresa **ICER Brakes S.A.**, utilizando el estudio del **OEE** de diversas zonas como **herramienta de identificación de problemas**. A continuación, se describen todos los objetivos de forma más detallada:

- **Análisis del sistema productivo** de la empresa ICER Brakes S.A.
- Estudio del **OEE** como **herramienta de identificación de problemas**.
- Estudio y aplicación de la filosofía **Lean Manufacturing**.

- Realización de **propuestas de mejora** dentro de la **sección más crítica** del sistema productivo.
- **Adquirir conocimientos** sobre la metodología de trabajo y procesos que se llevan a cabo dentro de una empresa real como ICER Brakes S.A.

### 1.3 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DEL DOCUMENTO

El presente proyecto sigue una **estructura** simple de **8 capítulos**, donde en cada uno se persigue un objetivo determinado. Cada capítulo se divide en secciones, estas a su vez en apartados y finalmente estos se pueden dividir en subapartados. Con el objetivo de facilitar la comprensión de la estructura del documento al lector se adjunta el formato de la disposición jerárquica de la estructura del documento.

#### 1. CAPÍTULO

##### 1.1 SECCIÓN

##### 1.1.1 APARTADO

##### 1.1.1.1 SUBAPARTADO

- **Capítulo 1:** El capítulo inicial plantea los principales objetivos del proyecto.
- **Capítulo 2:** El segundo capítulo describe la empresa ICER Brakes S.A., los productos que fabrican, su historia, sistema productivo etc.
- **Capítulo 3:** El presente capítulo estudia los conocimientos teóricos necesarios para llevar a cabo la realización del trabajo.
- **Capítulo 4:** Consiste en el análisis de los problemas presentes en el proceso productivo.
- **Capítulo 5:** Analiza las propuestas de mejora dentro de la sección más crítica de la empresa, mediante la utilización de herramientas Lean y la elaboración del AMFE.
- **Capítulo 6:** El sexto capítulo analiza y evalúa los resultados que se esperan obtener tras la implantación de las mejoras.
- **Capítulo 7:** Estudia y propone mejoras adicionales para el futuro de la empresa.
- **Capítulo 8:** Define el proceso llevado a cabo para la realización del proyecto, obteniendo unas conclusiones.

### 1.4. DIAGRAMA DE GANTT

A continuación, se adjunta el **diagrama de Gantt** que se propone para la realización del trabajo, con el objetivo de ordenar y facilitar la ejecución del mismo.

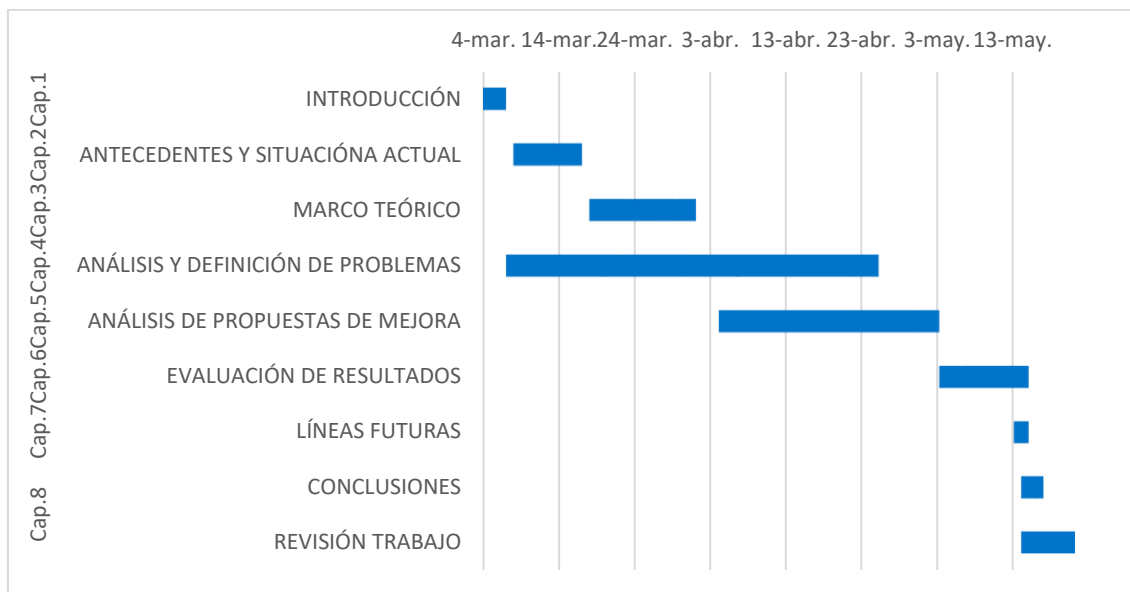


Ilustración 1. Diagrama de Gantt elaboración proyecto. Fuente: Elaboración propia

En el eje de ordenadas se muestran los 8 capítulos que componen el trabajo, y el eje de abscisas el tiempo que transcurre desde el inicio del proyecto hasta su finalización.

## 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

**ICER Brakes S.A.** fundada en **1961**, se trata de una empresa la cual fabrica **pastillas de freno**, especializada en la **fabricación de material de fricción**. Con instalaciones en **Pamplona** y **Tudela**, se compone de alrededor de **450 trabajadores** y llega alcanzar hoy en día una fabricación de **22.000.000 de unidades de pastillas de freno anuales**, comercializadas en más de **70 países**.

En 1961 se crea la marca **ICER**, siglas de Industrial Comercial Enrique Ruíz, primer presidente de la empresa. En **1968** se fabrica la **primera pastilla de freno** en Pamplona para un **vehículo comercial**. Con el paso de los años, la empresa crece y se desarrolla, comenzando a fabricar pastillas de freno para vehículos industriales en 1980, hasta la construcción de la nueva fábrica en Tudela en 1999. En 2014 se toma la decisión de la ampliación de las instalaciones en Tudela, donde en **2017** finalmente, se **traslada toda la producción** de Pamplona hasta la capital de la ribera de Navarra, llegando a **augmentar su capacidad productiva hasta en un 50%**.

## 2.2 EMPLAZAMIENTO



*Ilustración 2. Ortofoto del polígono industrial "Montes del Cierzo" de Tudela. Fuente: SITNA*

El complejo productivo de la empresa ICER Brakes S.A. se encuentra en el **polígono Industrial Montes del Cierzo de Tudela**, en la Autovía del Ebro (A-68) en el Km 86 dirección Tudela-Pamplona. Esta localidad se encuentra situada en la zona sur de la Comunidad Foral de Navarra, la cual pertenece a la Mancomunidad de la Ribera.

A continuación, se adjuntan imágenes del exterior del complejo productivo de ICER Brakes S.A.



*Ilustración 3. Imagen fachada nave ICER Brakes. Fuente: Elaboración propia*





*Ilustración 4. Imagen entrada ICER Brakes. Fuente: Elaboración propia*

### 2.3 LÍNEAS DE NEGOCIO

En la actualidad, ICER Brakes S.A. se trata de una empresa dedicada fundamentalmente al “**Aftermarket**”, venta de repuestos de pastillas de freno, así como la fabricación de pastillas para otras marcas reconocidas internacionalmente, como puede ser BREMBO. El abanico de productos de freno que ofrece la empresa ICER Brakes S.A. se clasifica principalmente entre los productos para **turismo** y aquellos para **vehículos industriales**.



*Ilustración 5. Juego de pastillas ICER para turismo con accesorios. Fuente: Elaboración propia*

Dentro de los **turismos**, se caracterizan principalmente por la fabricación de pastillas de freno, donde **ellos mismos diseñan y elaboran el material de fricción**. El 100% de las pastillas cumplen con el reglamento **ECE R-90**, el cual especifica los requisitos de diseño, fabricación y prestaciones para el material de fricción, discos de freno y tambores de freno. Además, la empresa ofrece indicadores de desgaste, spray limpiador de freno, grasa anti-ruido para las pastillas, líquido de frenos, discos de freno y kits de juegos de pastillas con discos de freno.



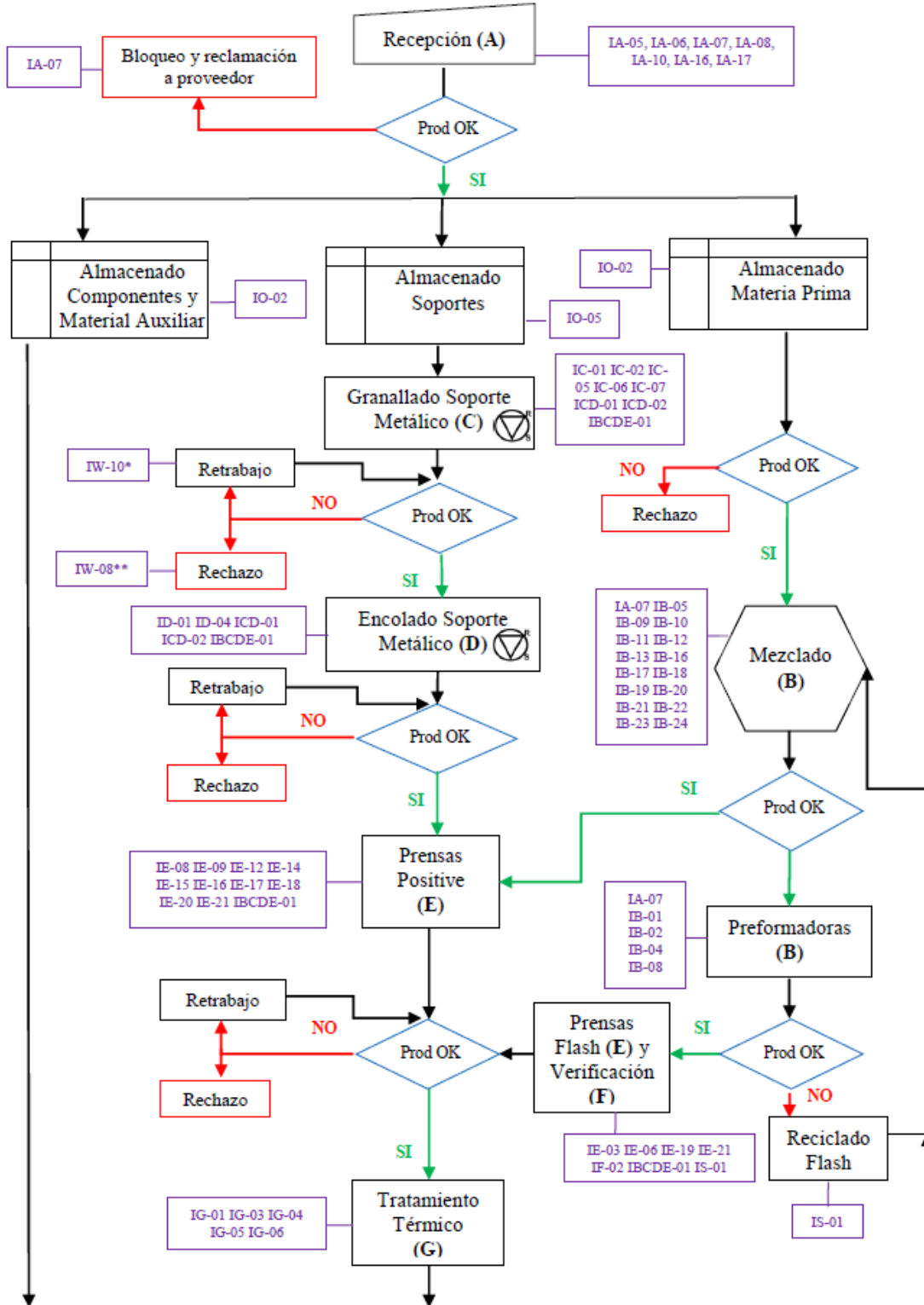
*Ilustración 6. Juego de pastillas ICER para camión con accesorios. Fuente: Elaboración propia*

Con respecto a la gama de **vehículos industriales**, la empresa comercializa juegos de pastillas de freno, donde al igual que en los turismos **el material de fricción es diseño y elaboración propia de la empresa**, y se comprometen al cumplimiento del reglamento **ECE R-90**.

ICER Brakes, se distingue del resto de sus competidores por la **gran variedad de pastillas** de freno que fabrica, en torno a **3500 referencias**. Por lo que abarca la gran mayoría de vehículos del mercado, tanto los antiguos como los nuevos.

2.4 DIAGRAMA DE FLUO

A continuación, se adjunta el **diagrama de flujo del proceso productivo** que tiene lugar en la empresa ICER Brakes S.A. El texto en morado hace referencia a las instrucciones técnicas de cada sección, la documentación utilizada para la enseñanza e instrucción de los trabajadores.



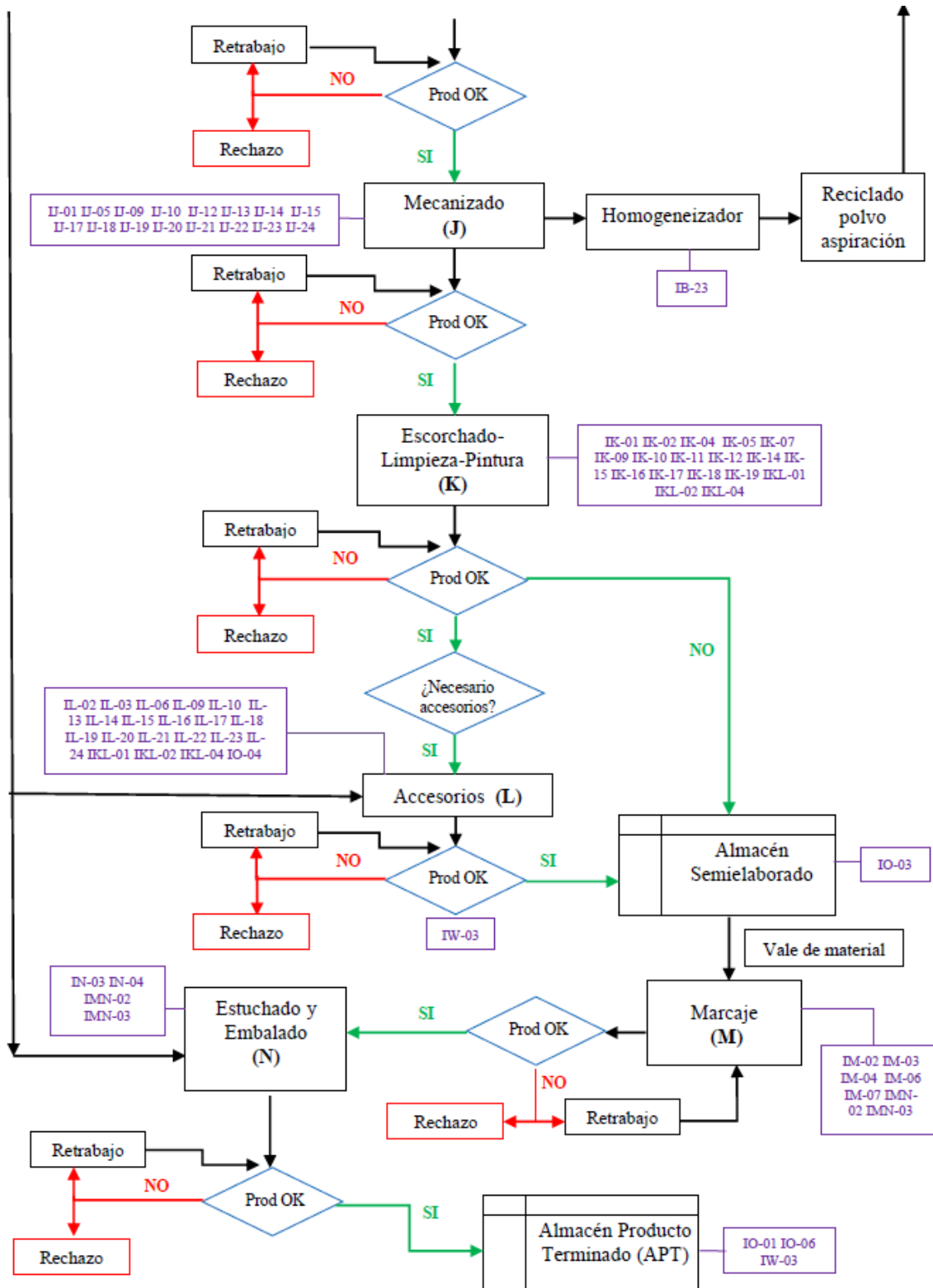


Ilustración 7. Diagrama de flujo. Fuente: ICER Brakes S.A.

## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA APRODUCTIVO

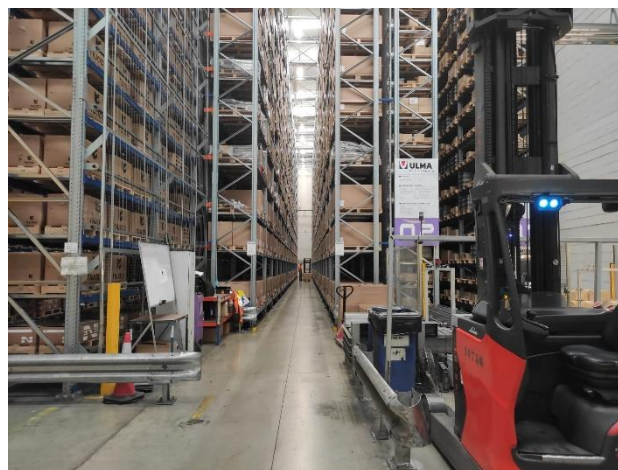
A continuación, se llevará a cabo una descripción del **sistema productivo** representado anteriormente en el diagrama de flujo, donde se distinguen **14 procesos** fundamentalmente.

### 2.5.1 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Previamente a la entrada de material en la empresa, es necesario llevar a cabo la planificación de la producción de pastillas, tanto el mensual, semanal y el diario. Se lleva a cabo un proceso de **aprovisionamiento**, donde se pide a los proveedores el material necesario para llevar a cabo la fabricación de pastillas de freno.

### 2.5.2 RECEPCIÓN Y ALMACENAJE

Los elementos necesarios para la fabricación de pastillas de freno se reciben en la **zona de almacén**, la cual se divide en dos zonas diferenciadas. Por un lado, está la zona de **almacenamiento de materia prima** referida a **soportes, accesorios o materiales auxiliares de las pastillas**, los cuales se guardan en sus ubicaciones correspondientes dentro de esta área. Por otro lado, está el **almacén de materia prima** referida a los **componentes del material de fricción**, el cual es diseño propio de la empresa.



*Ilustración 8. Almacén soportes y accesorios. Fuente: Elaboración propia*



Ilustración 9. Almacén mezclas. Fuente: Elaboración propia

Además, debido a las **características variantes** con la **temperatura** y **humedad** de ciertos productos utilizados en el proceso productivo, como el pegamento, hay un almacén específico para ellos, el cual se muestra a continuación.

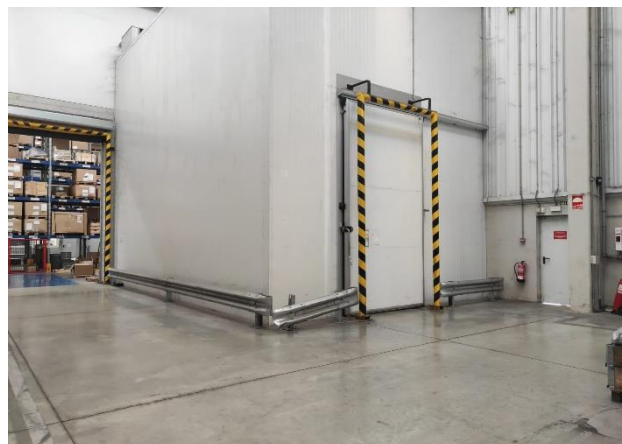


Ilustración 10. Almacén climatizado. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3 MEZCLADO

Las distintas formulaciones de mezcla que componen el material de fricción de las pastillas, están diseñadas por el departamento de I+D, se preparan a partir de la materia prima recepcionada y se lleva a cabo en dos estaciones diferentes, donde se realiza un **premezclado** inicial y posteriormente el **mezclado final** con otros componentes. La preparación finaliza con el **molido del material**, tras lo cual se lleva a la zona de prensas mediante **carros TECSE**.



Ilustración 11. Mezclador. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 12. Carro TECSE. Fuente: Elaboración propia.

#### 2.5.4 GRANALLADO/ENCOLADO DE SOPORTES

Para aumentar el área superficial y **asegurar el contacto** entre el **soporte** y el **material de fricción**, se lleva a cabo un proceso de granallado del soporte. El cual consiste en el **impacto a gran velocidad** de una gran cantidad de **granalla**, esferas metálicas en el presente caso. Tras llevar a cabo el proceso de granallado, se produce el proceso de **encolado**, donde se vierte **adhesivo** sobre la superficie del soporte que va a estar en permanente contacto con el material de fricción. El granallado y encolado se tratan de **procesos críticos** debido a que afectan directamente a la **adherencia del material de fricción sobre el soporte**, que incide directamente en la seguridad de la operación de frenado y del propio vehículo, afectado a la seguridad del cliente y se representan con el siguiente símbolo.



Ilustración 13. Símbolo de proceso crítico que afecta a la seguridad. Fuente: Documentación interna



Ilustración 14. Granalladora. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15. Proceso de encolado. Fuente: Elaboración propia



### 2.5.5 PREFORMADORAS

La tecnología inicial de prensado de la empresa se basaba en la fabricación de **preformas** de **material de fricción**, una **compactación previa de la mezcla** según la referencia, las cuales serían posteriormente prensadas en las llamadas **prensas Flash**. Esta tecnología ha perdurado hasta hoy en día debido a la **flexibilidad** de producción que le confiere a ICER Brakes S.A.



Ilustración 16. Preformas. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.6 PRENSADO

En las prensas, el material preparado se **carga en moldes** y **se comprime** de acuerdo una serie de parámetros hasta formar la pastilla de freno, **adhiriéndose al soporte metálico**. Para las pastillas de turismos se distinguen **3 tipos de prensas**:

- **Prensas Flash:** Realizan el prensado de las preformas comentadas anteriormente. Son más manuales, lo que le confiere una gran **flexibilidad** a este tipo de prensa, idóneas para **lotes de pocas pastillas de freno**.



Ilustración 17. Prensa Flash. Fuente: Elaboración propia

- **Prensas Gaudeni:** Se trata de un proceso más automatizado que las prensas flash. En el presente caso, no es necesario la preforma, y la mezcla del material de fricción se introduce por la parte superior de las prensas.



Ilustración 18. Prensa Gaudeni. Fuente: Elaboración propia

- **Prensas Flexmatic:** El proceso es prácticamente **automático**. Este tipo de prensas le permite a la empresa la posibilidad de fabricar **grandes lotes de pastillas** con **altos rangos de productividad**.

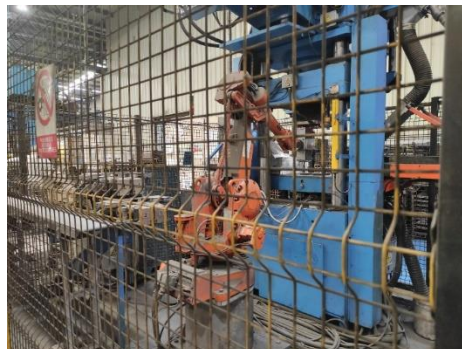


Ilustración 19. Prensa Flexmatic. Fuente: Elaboración propia

La línea de fabricación de **pastillas de camión**, se trata de una línea aparte, donde el tipo de prensa se parece más a la Gaudeni, con respecto a la automatización. A esta prensa se le denomina **Kruger**.



Ilustración 20. Prensa Kruger. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.7 TRATAMIENTO TÉRMICO

Una vez prensadas las pastillas y verificadas por parte de calidad, se cargan en carros y se llevan a **hornos**, donde permanecen entre **9 y 14 horas**, en función si son para automóvil o para camión. En este proceso de horneado las pastillas **umentan su dureza** mediante la **evaporación de los elementos volátiles del material de fricción**. En esta parte del proceso es donde se produce la mayor parte del **formaldehído** generado en la fábrica. Se trata de un **elemento nocivo para la salud**, el cual puede producir **enfermedades profesionales** a largo plazo, como cáncer, por lo que es indispensable cumplir la normativa vigente correspondiente, **Real Decreto 427/2021, de 15 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997. De 12 de mayo, trabajadores sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos.**



Ilustración 21.Zona de hornos. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 22.Horno abierto con pastillas. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.8 MECANIZADO

Tras el horneado, las pastillas son **rectificadas**, obteniendo así un paralelismo y el espesor especificado en la ficha técnica. Además, en función de las prestaciones que demande el cliente, también existe la posibilidad de la realización de **catas** y **chaflanes** en múltiples configuraciones.



Ilustración 23. Área de mecanizado. Fuente: Elaboración propia

Al llevar a cabo el proceso de mecanizado se genera una gran cantidad de polvo, provocando suciedad dentro de la estación. Para aprovechar el residuo generado, a través del homogeneizador se absorbe el polvo y se vuelve a utilizar como materia prima para la mezcla del material de fricción.

### 2.5.9 ESCORCHADO-LIMPIEZA-PINTURA

Después del mecanizado del material de fricción, las pastillas pueden introducirse en 3 líneas en continuo distintas, donde tienen lugar los procesos que se describen a continuación:

- **Escorchado:** El escorchado consiste en la **quema** de la **superficie del material de fricción** con el objetivo de que el **comportamiento** de las pastillas sea **óptimo** desde la **primera frenada**.



Ilustración 24. Escorchadora. Fuente: Elaboración propia

- **Limpieza:** Inmediatamente después del escorchado, los soportes sufren un proceso de **limpieza por corindón**, proceso de arenado a partir de una **limpieza mecánica por abrasión**, para eliminar la suciedad del soporte con el objetivo de dejarlo preparado para la última fase del proceso de conformado.



Ilustración 25.Limpieza con corindón. Fuente: Elaboración propia

- **Pintura:** Finalmente los soportes reciben una capa de pintura lo que **evita la oxidación del soporte metálico**. La **pintura** se aplica en **polvo**, por lo que las pastillas pasan posteriormente por el **horno de curado** donde se produce la polimerización de la pintura.



Ilustración 26.Zona de pintura. Fuente: Elaboración propia

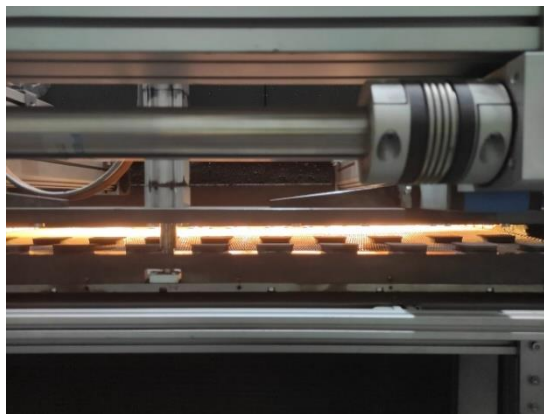


Ilustración 27.Entrada horno de pintura. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.10 COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

A continuación, en función de las referencias se lleva a cabo la **colocación** de los **accesorios** de las pastillas, bien sea indicadores de desgaste, láminas anti-ruido ajustables mediante patillas, muelles pistón para una correcta colocación dentro de la pinza de freno etc.



Ilustración 28. Colocación accesorios. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.11 ALMACENAMIENTO DE SEMIELABORADOS

Las pastillas una vez han sido procesadas y colocados los accesorios, si los llevan, a falta del marcado y embalado pasan a un **almacén intermedio** hasta que se reciba la orden de expedición. La existencia de este almacén le confiere a la empresa una gran flexibilidad para la comercialización de pastillas, sobre todo para los pedidos de los clientes marquistas, ya que una misma pastilla de freno puede ser vendida para diferentes clientes y únicamente diferenciándose en el marcaje. Este tipo de almacén, está dedicado principalmente a las **referencias de menos rotación**, es decir, las que más se producen. Además, se pacta con los clientes más importantes la existencia de este **stock de seguridad**.

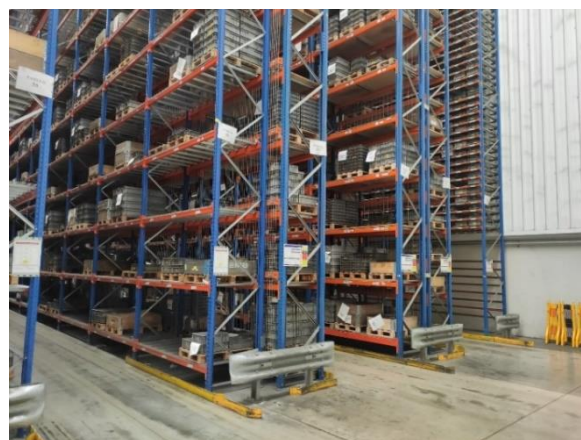


Ilustración 29. Almacén de semielaborados. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.12 MARCAJE, ESTUCHADO Y ETIQUETADO

En función de los pedidos, las pastillas son **marcadas** y **estuchadas** de acuerdo las especificaciones de cada cliente y cumpliendo los requisitos del reglamento R90. En cada **juego** de pastillas, el cual está conformado por **4** de ellas, en su estuche es necesario que sea visible la **etiqueta**, y en su interior se encuentre el manual de instrucciones, de acuerdo a los requisitos de los clientes.



Ilustración 30. Zona de marcaje. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 31. Zona de estuchado y etiquetado. Fuente: Elaboración propia

### 2.5.13 EMPAQUETADO

Tras el estuchado, los estuches de pastillas se agrupan en cajas, estas a su vez en pallets.



Ilustración 32. Zona de embalado. Fuente: Elaboración propia

#### 2.5.14 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO Y EXPEDICIONES

Los pallets pasan al **almacén de producto terminado**, donde después de transcurrir un tiempo determinado, el cual variará en función de los pedidos, se produce su embalado y finalmente la expedición de los productos.



*Ilustración 33. Almacén de producto terminado. Fuente: Elaboración propia*



2.6 LAY-OUT

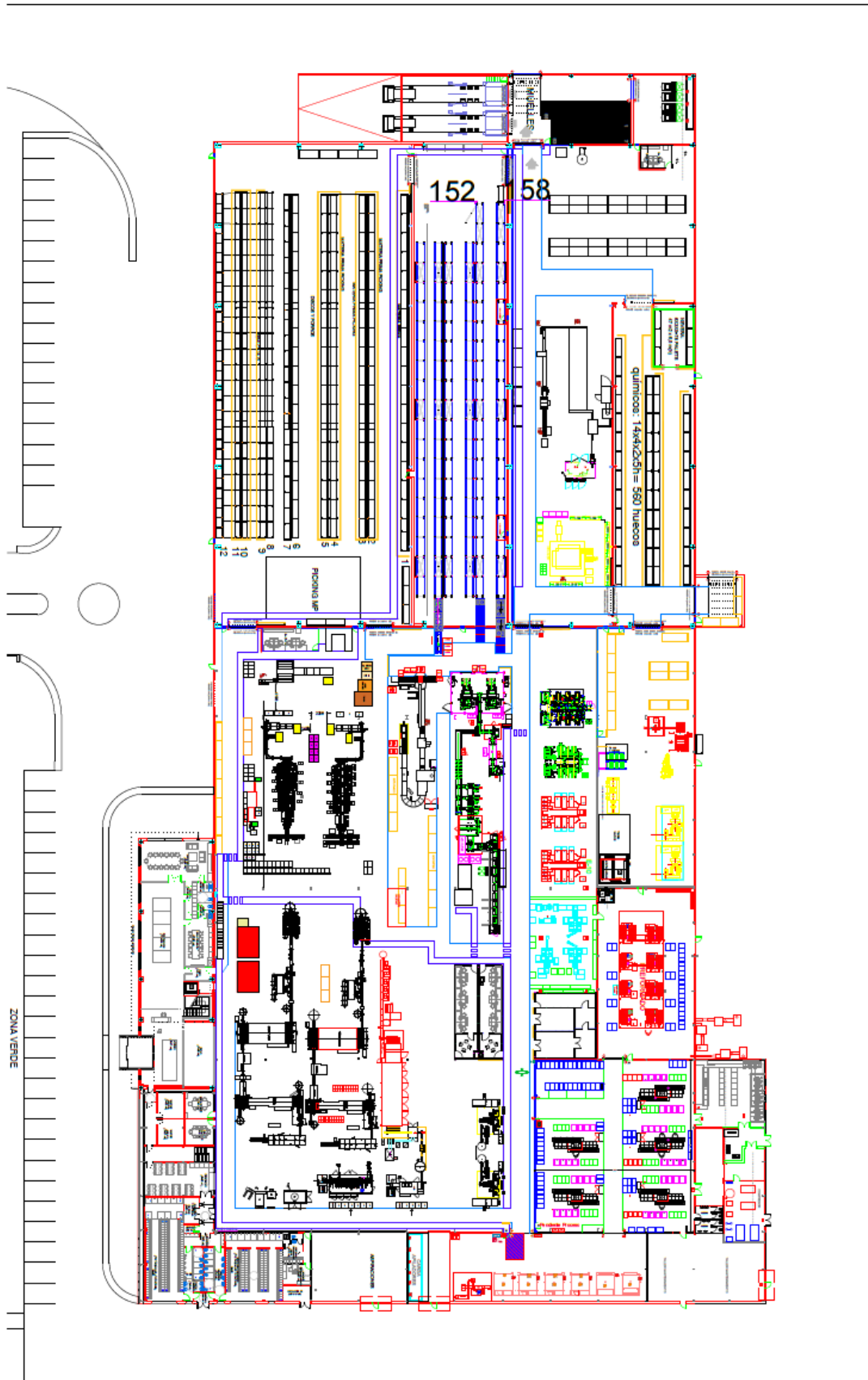


Ilustración 34. Lay-Out. Fuente: ICER Brakes S.A.

### 3. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describen los **conocimientos teóricos** necesarios para la elaboración del proyecto. Por un lado, se comenta el funcionamiento del sistema de frenado y en qué consiste una pastilla de freno. Por otro lado, habla acerca de la **herramienta** utilizada para la **identificación de fallos**, el estudio del **OEE**, posteriormente de la filosofía **Lean Manufacturing**, utilizada para la solución de problemas y optimización del proceso productivo en la industria, y finalmente se realiza una introducción al **AMFE, Análisis Modal de Fallos y Efectos**, y qué proceso se sigue para su elaboración.

#### 3.1 SISTEMA DE FRENADO. PASTILLAS DE FRENO

El **sistema de frenado** es aquel que permite **reducir la velocidad o detener un vehículo** de forma progresiva cuando está en marcha. Se basa esencialmente en la **transformación** de la **energía mecánica**, en **calor generado por la fricción** entre las pastillas de freno y el disco de freno al accionar el pedal.

La **fricción**, la cual se produce entre dos cuerpos en contacto lo cuales se encuentran en direcciones opuestas, depende principalmente de dos parámetros, el área de contacto entre los cuerpos (pastillas de freno y disco de freno) y la fuerza aplicada entre ellos.

Al accionar el pedal de freno, el líquido de freno ejerce presión, producida por la bomba de freno, sobre los pistones encargados de mover las pinzas que sostienen las pastillas, las cuales al desplazarse ejercen un roce con el disco de freno produciendo fricción y logrando así reducir la velocidad del automóvil. Los discos de freno están diseñados para que puedan evacuar el calor generado por la fricción de manera eficiente, por lo que es necesario tener en cuenta el material que se utilizará en su fabricación, ya que debe soportar temperaturas elevadas.

(Menna, 2016)

A continuación, se adjunta una imagen de un esquema de sistema de frenado.

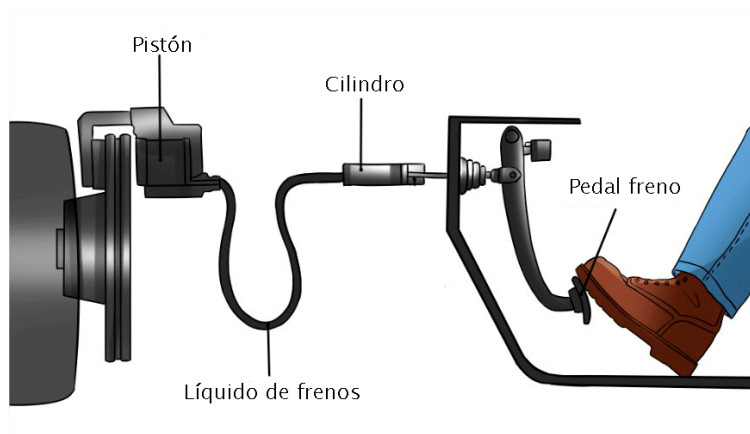


Ilustración 35. Esquema sistema de frenado. Fuente: Getauto

Una vez explicado el sistema de frenado convencional, se estudiará un poco más a fondo el principal producto que se fabrica en **ICER Brakes S.A.**, las **pastillas de freno**.

Las **pastillas de freno** son los elementos encargados de realizar la **fricción** con el **disco de freno**, produciendo así una reducción de la velocidad del vehículo. La composición de estos elementos se basa en los siguientes materiales:

- **Material orgánico:** Componentes que al alcanzar una determinada temperatura **fluyen y ligan el resto de elementos**.
- **Cargas minerales:** Las cargas minerales son las encargadas de dar **resistencia mecánica** al conjunto, **resistencia a la abrasión** (a las altas temperaturas de trabajo), a **cortadura** etc.
- **Componentes metálicos:** Estos elementos se añaden en forma de **polvo** para **homogenizar el coeficiente de fricción**. Destacan el latón, bronce y cobre. Una gran parte de estos componentes tienen **efectos nocivos para la salud**, por lo que es necesario seguir de forma estricta la legislación correspondiente referente a los productos que contengan materiales pesados.
- **Lubricantes:** Realizan la **variación del coeficiente de fricción**, dependiendo la temperatura de funcionamiento. Son empleados en forma de polvo, como por ejemplo grafitos y sulfuros.
- **Abrasivos:** **Incrementan el coeficiente de fricción del disco**, y renuevan y limpian la superficie del disco.

En la actualidad, la tecnología de los fabricantes, se centra en realizar **pastillas de freno más ecológicas**, ya que las normativas anticontaminación o el pensamiento sostenible, no solo se centra en cuánto consume un vehículo, sino también en la contaminación residual de otros elementos.

(Mateos-Aparicio, 2020)

Una vez mencionados los diferentes elementos que componen el **material de fricción** de la pastilla de freno, es imprescindible conocer la estructura global de la **pastilla**, y los diferentes **accesorios** que pueda contener.

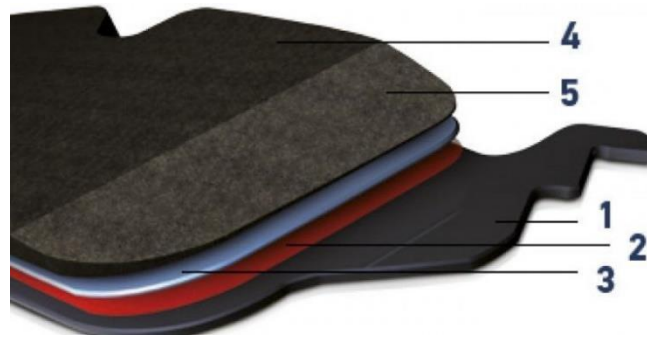


Ilustración 36. Elementos pastilla de freno. Fuente: POSVENTA.info

1. **Soporte metálico:** Su principal función es **fijar el material de fricción** sobre una base. Lleva un revestimiento de pintura en polvo el cual le confiere una buena protección frente a la corrosión.
2. **Adhesivo:** Pegamento con base de resina de fenol que **une el material de fricción con el soporte**. Su función es fundamental, ya que asegurar la fijación del material de fricción al soporte se considera un **factor crítico** para la **seguridad** del conductor.
3. **Underlayer:** **Asegura la** unión entre el **material de fricción** y el **pegamento**. Además, mejora la dureza y las características de confort de la pastilla.
4. **Material de fricción:** Es la parte encargada de entrar en contacto con el disco de freno, produciendo la **fricción** con este y **reduciendo así la velocidad del vehículo**.
5. **Chaflán:** Existen diversos tipos de **mecanizado** que se pueden realizar sobre la pastilla de freno, entre ellos la realización de chaflanes. Con esto se consigue disminuir los efectos de ruido producidos por las vibraciones, aumentando así el confort durante el frenado.
6. **Cata:** Otro tipo de **mecanizado** es la realización de catas, que sirven como vía de escape al material de fricción una vez se va desgastando y también para la salida del agua de lluvia que se pueda introducir dentro de la pastilla.



Ilustración 37. Imagen pastilla de freno con cata. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 38. Imagen pastilla de freno con accesorios. Fuente: Elaboración propia

7. **Lámina anti-ruido:** Como su nombre indica, sirve para la **reducción** de los **efectos de ruido** que se puedan producir durante el frenado. Este tipo de láminas pueden ser como la que se ve en la imagen, prensadas a las pastillas, o bien láminas con patillas que montan sobre la superficie del soporte que no hay material de fricción.
8. **Muelle pistón:** Su **principal función es la de encajar** la pastilla con la **pinza de freno**. El pistón activado por el líquido de freno, entra en contacto con el muelle pistón desplazando la pastilla.
9. **Indicador de desgaste:** Son elementos de control que **indican cuando debe renovarse la pastilla de freno**. En el presente caso se trata de un **indicador acústico**, donde unos milímetros antes de que se desgaste por completo el material de fricción, el disco de freno roza con el indicador de desgaste produciendo un efecto sonoro de aviso para el conductor. También hay **indicadores de desgaste eléctricos**, los cuales están conectados con sistema electrónico del vehículo.

### 3.2. CÁLCULO DEL OEE

Antes de realizar cualquier mejora u optimización en el ámbito industrial es necesario **identificar correctamente** los problemas o errores que estén teniendo lugar. Una vez identificados, es indispensable **clasificarlos en función de su criticidad**, y de este modo, por su **prioridad de acción**.

En el presente proyecto, se ha optado por el estudio del **OEE** como útil para la identificación de problemas dentro del proceso productivo de ICER Brakes S.A.

La **Eficiencia Global de Equipo, OEE**, determina las **pérdidas** que se producen en el **sistema productivo**. Para realizar el cálculo del OEE es necesario determinar **3 factores** del sistema, los cuales son:

- **Disponibilidad:** Cociente del tiempo de operación, tiempo de planificación de la producción menos el tiempo de paradas, entre el tiempo de planificación de la producción. Es decir, la disponibilidad determina el **% del tiempo que se produce respecto al tiempo disponible de producción**. Para la determinación de la disponibilidad, es indispensable el conocimiento de paradas, tanto planificadas como no planificadas, producidas dentro de la sección que se está analizando.

<b>Averías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos ejemplos son: fallos de utillajes, mantenimiento no planificado, avería general de equipos, fallos de equipos</li> <li>• Hay flexibilidad en donde fijar el umbral entre una avería y una pequeña parada</li> </ul>
<b>Puesta a Punto y Ajustes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos ejemplos son: puesta a punto/ cambios de máquinas, falta de materiales, falta de operarios, ajustes mayores, tiempo de calentamiento de máquina.</li> <li>• Este pérdida es normalmente tratada con técnicas de reducción de tiempo de alistamiento (Ej. SMED - Single Minute Exchange of Dies)</li> </ul>

Ilustración 39. Elementos que afectan a la disponibilidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción

**Disponibilidad**

$$= \frac{\text{Tiempo Operación}}{\text{Tiempo Planificado de producción}} = \frac{\text{Tiempo Planificado de producción} - \text{Paros}}{\text{Tiempo Planificado de producción}}$$

Ilustración 40. Cálculo de la disponibilidad. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción

- **Rendimiento:** Cociente del número de unidades producidas entre el producto de la velocidad máxima de producción y el tiempo de operación. Es decir, la disponibilidad determina el **% de número unidades producidas respecto al número de unidades que se pueden producir en un tiempo determinado con la máxima capacidad de producción**.

<b>Micro - paradas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejemplos: Obstrucción del flujo de productos, Atascos de componentes, alimentaciones incorrectas, sensor bloqueado, entrega bloqueada, limpieza, verificaciones.</li> <li>• Típicamente se incluyen las paradas de menos de cinco minutos y que no requiere la intervención del personal de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Velocidad Reducida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejemplos: funcionamiento áspero, debajo de la capacidad diseñada ó estándar, desgaste de máquina, Ineficacia del operador</li> <li>• Cualquier cosa que evite que el proceso funcione a su velocidad estándar (Ej. Ritmo ideal de producción)</li> </ul>

Ilustración 41. Elementos que afectan al rendimiento. Fuente: Módulo 1. Aspectos generales de la dirección de la producción

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de Unidades}}{\text{Tiempo de Operación} \times \text{Velocidad Máxima}} = \frac{\text{Velocidad Real}}{\text{Velocidad Máxima}}$$

Ilustraci3n 42. Cálculo del rendimiento. Fuente: M3dulo 1. Aspectos generales de la direcci3n de la producci3n

- **Calidad:** Cociente del número de unidades “buenas” producidas, entre el número de unidades producidas. Es decir, la calidad determina el **% del número de unidades sin fallos producidas respecto al número de unidades producidas.**

<b>Rechazos en el Arranque</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejemplos: rechazos por ajustes, re-trabajos, re-procesado, daños internos del proceso, Caducidad del proceso, montaje incorrecto.</li> <li>• Los rechazos durante el calentamiento, cambios o cualquier otro durante el inicio de producci3n pueden ser debidos a Alistamiento incorrecto, parámetros incorrectos de calentamiento, etc.</li> </ul>
<b>Rechazos de Producci3n</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejemplos: reparaciones, re-trabajos, re-procesado, daños internos del proceso, Caducidad del proceso, montaje incorrecto.</li> </ul>

Ilustraci3n 43. Elementos que afectan a la calidad. Fuente: M3dulo 1. Aspectos generales de la direcci3n de la producci3n

$$\text{Calidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades Conforme}}{\text{N}^\circ \text{ de unidades Conforme} + (\text{Scrap} + \text{Retrabajo})} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades Conforme}}{\text{N}^\circ \text{ total de Unidades}}$$

Ilustraci3n 44. Cálculo de la calidad. Fuente: M3dulo 1. Aspectos generales de la direcci3n de la producci3n

Una vez se han determinado los 3 factores, se multiplican para determinar el OEE, de tal manera que:

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

Otra forma de obtener el OEE es mediante el cociente de la producci3n real entre la producci3n ideal. La producci3n ideal es aquella donde no existe ningún tipo de pérdida, sin paradas, al máximo rendimiento y sin ningún fallo en cada uno de los productos fabricados.

$$\text{OEE (\%)} = \frac{\text{Producci3n real}}{\text{Producci3n ideal}}$$

El valor del OEE está comprendido entre el 0% y el 100%. En función de este valor se puede establecer la competitividad de la empresa en esa sección o proceso.



(San Miguel Induráin, 2021a)

### 3.3 LEAN MANUFACTURING

#### 3.3.1 INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y ORIGEN DEL LEAN MANUFACTURING

El **Lean Manufacturing**, como se ha comentado al inicio del proyecto, se trata de una **filosofía de trabajo** que trata de **optimizar** al máximo el **proceso productivo**. Inicialmente, es indispensable identificar las **operaciones que aportan valor**, para posteriormente tratar de **eliminar o reducir** al máximo los **desperdicios**, aquellos procesos que no aportan valor al producto. Más adelante se detallarán los principales desperdicios definidos por esta metodología. El principal objetivo de la **filosofía Lean**, es fomentar la cultura de **mejora continua** dentro de la organización, basándose en la **comunicación** y el **trabajo en equipo**.

Las primeras técnicas de optimización de la producción surgieron a principios del siglo XX, por parte de **Frederick Taylor**, quién desarrolló el **análisis del trabajo y el estudio de tiempos**, y **Henry Ford**, el ingeniero norteamericano que desarrolló la **producción en masa** en el sector automovilístico.



Sin embargo, no es hasta mediados del siglo XX donde los avances realizados por Taylor y Ford fueron llevados hasta la excelencia por parte de los japoneses, más en concreto por **Sakichi Toyoda** y su hijo **Kiichiro**, fundadores de la **Toyota Motor Company** en **1937**.

El origen de lo que es hoy en día el **Lean Manufacturing**, tuvo lugar en la industria textil de Sakichi Toyoda, quién incorporó a sus telares un **sistema de alarma, capaz de detectar incidencias y problemas de calidad en la producción a tiempo real** mediante la rotura de un hilo. A este sistema lo denominó **Jidoka**. Gracias a esta sutil pero ingeniosa modificación, se redujeron los costes asociados a producciones defectuosas y pérdidas de tiempo de manera significativa. Con el dinero obtenido, debido a la gran venta de estos telares, Sakichi y su hijo Kiichiro crearon la empresa **Toyota Motor Company**.

Los Toyoda, debido a su afán por evitar desperdicios y a la situación sociocultural de recesión tras la II Guerra Mundial, desarrollaron un sistema donde tanto los **equipos, instalaciones y operarios trabajaban de forma coordinada y sincronizada**, con el **objetivo de reducir pérdidas y así costes**. En 1949, el que es considerado el padre del **Lean Manufacturing**, el ingeniero **Taiicho Onho**, el cual formaba parte de la **Toyota Motor Company**, viajó a Estados Unidos con el objetivo de visitar diferentes fábricas, y llegó a la conclusión, que un método para **aumentar la productividad** consistía en la **reducción y eliminación de stocks y desperdicios**.

Mientras el resto de empresas japonesas trabajaban a pérdidas, Toyota no paraba de crecer, lo que llevó al gobierno japonés a la implantación del sistema Toyota en el resto de industrias. Finalmente, el éxito de este modelo japonés no llegó a Occidente hasta los años 90.

La industria de **Toyota** ha sufrido un proceso de **evolución** desde su origen hasta hoy en día, a través de la incorporación de conceptos de trabajo como el **“Just In Time” (JIT)** y **“Total Production Maintenance” (TPM)**.

(Touron, 2016)

### 3.3.2 PRINCIPIOS BÁSICOS

De acuerdo con el libro **“Lean Thinking”**, obra literaria de referencia con respecto a la filosofía Lean, existen **5 principios básicos del Lean Manufacturing**, que son los siguientes:

- **Valor**

El primer principio implica **identificar el valor** que tiene el **producto o servicio** para el cliente, es decir, definir los **aspectos o características** que el **cliente va a estar dispuesto a pagar**. De tal forma, la organización se centrará en los **procedimientos que aportan valor**, para después tratar de **eliminar o reducir** aquellos que son considerados como **desperdicios o mudas**, por los que el cliente no está dispuesto a pagar, reduciendo así el coste de producción al máximo.

A continuación, se definen en detalle los **8 tipos de desperdicios o mudas** que existen en la industria:

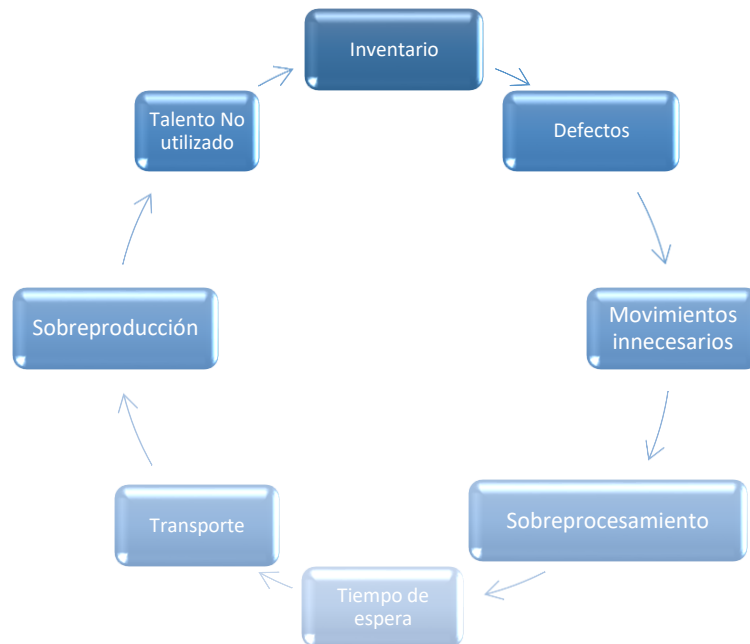


Ilustración 45. 8 desperdicios. Fuente: Elaboración propia

○ **Inventario**

El **inventario** se define como aquel **material o producto** que **ocupa un espacio físico**, y está **esperando a ser terminado**. El almacenamiento, al tratarse de un proceso que no aporta valor al producto se considera un desperdicio que hay que tratar de reducir. A raíz de este tipo de muda, surge la teoría del **mar de stocks**, donde el stock representa el nivel del agua, basando su planteamiento en que el **exceso de stock** de materia prima o producto terminado parado **dificulta la visualización real de los problemas**.

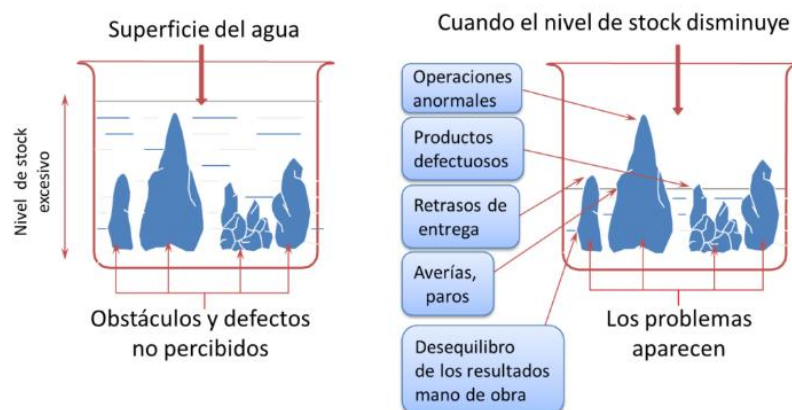
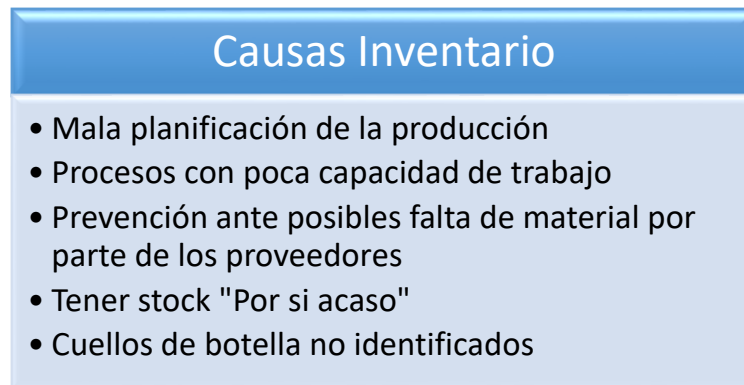


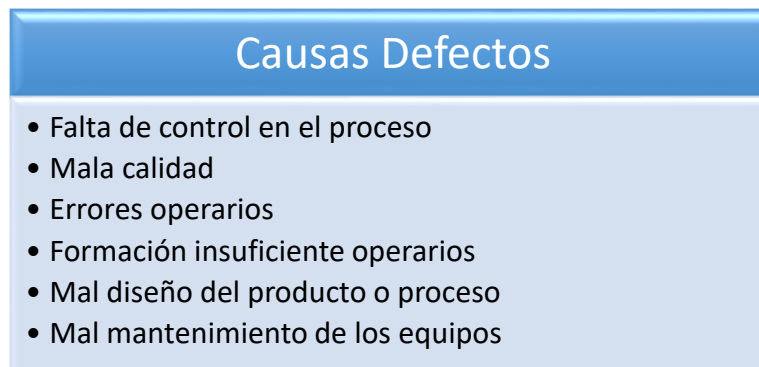
Ilustración 46. Mar de stocks. Fuente: Atlas Consultora



*Ilustración 47. Causas Inventario. Fuente: Elaboración propia*

○ **Defectos**

Cualquier **defecto** que se produzca en el proceso productivo va a conllevar un **retrabajo** o **rechazo**, lo que se traduce en una generación importante de **pérdidas**. Si además este defecto llega al cliente, va a generar insatisfacción por su parte. Es muy importante que la identificación del fallo se haga lo antes posible, ya que contra más tiempo pase, mayores son los costes.



*Ilustración 48. Causas Defectos. Fuente: Elaboración propia*

○ **Movimientos innecesarios**

Este tipo de muda se refiere a los **movimientos innecesarios** que deben de realizar los operarios o máquinas que no añadan valor al producto. Como, por ejemplo, ir al almacén a por una herramienta etc. Este tipo de movimientos producen cansancio en el personal además de disminuir el tiempo efectivo de realizar operaciones que aportan valor al producto.

## Causas Movimientos innecesarios

- Deficiencias Lay-Out
- Ineficiente metodología de trabajo
- Falta de orden, limpieza y organización
- Baja eficiencia de los operarios
- Baja estandarización de las operaciones

*Ilustración 49. Causas Movimientos innecesarios. Fuente: Elaboración propia*

### ○ **Sobreprocesamiento**

El **sobreprocesamiento** implica producir con un **nivel de calidad**, el cual el **cliente no va** a reconocer ni **valorar**. Este tipo de despilfarro conlleva a un aumento importante en los costos del producto, debido a realización de operaciones extra, equipamiento que excede los requerimientos del proceso, materiales de mayor calidad a la demanda etc.

## Causas Sobreprocesamiento

- Lógica "Just In Case"
- Falta de claridad en los requerimientos del cliente
- Mala comunicación
- Supervisiones innecesarias
- Duplicidad de información

*Ilustración 50. Causas Sobreprocesamiento. Fuente: Elaboración propia*

### ○ **Tiempo de espera**

El **tiempo de espera**, es el **tiempo** durante el **proceso productivo** que **no se añade valor**. Incluye esperas de material, información, herramientas, operarios etc. Esto puede desencadenar en los denominados cuellos de botella, donde una fase del proceso productivo es más lenta que el resto, condicionando a todas las operaciones que la siguen.

## Causas Tiempos de espera

- Mal uso de la automatización
- Proceso desequilibrado
- Mala planificación de la producción
- Problemas de calidad en procesos anteriores
- Cambios de herramienta extensos

*Ilustración 51. Causas Tiempos de espera. Fuente: Elaboración propia*

### ○ Transporte

Cualquier **movimiento innecesario** de **personas, materiales, máquinas o información no aporta valor al producto** por lo que es necesario reducirlo al máximo. Cuando se transporta algo desde una ubicación a otra, no hay que pensar únicamente en el movimiento a realizar a la ida, ya que solo se haría la mitad del trabajo, es necesario también planificar que movimientos se han de hacer a la vuelta. El objetivo es realizar los mínimos desplazamientos recorriendo el menor espacio posible, evitando así dañar el producto entre otros factores.

## Causas Transporte

- Mala distribución en planta
- Grandes áreas de almacenamiento
- Mala planificación de la producción
- Grandes lotes
- Producción no uniforme

*Ilustración 52. Causas Transporte. Fuente: Elaboración propia*

### ○ Sobreproducción

La **sobreproducción** es el despilfarro que tiene lugar cuando **se fabrica más** que lo que lo que **demand**a el **cliente**, es decir producir más de lo que es necesario. Como consecuencias, se consume una mayor cantidad de energía, materia prima, mayor tiempo de trabajo de operarios etc. Lo cual se traduce en un aumento considerable de los costes. Los sistemas tipo **“pull”** tratan de evitar este tipo de situaciones.

## Causas Sobreproducción

- Lógica "Just In Case"
- Mala planificación de la producción
- Distribución no equilibrada en el tiempo de la producción
- Falta de comunicación

*Ilustración 53. Causas Sobreproducción. Fuente: Elaboración propia*

### ○ **Talento no utilizado**

El **no aprovechamiento del talento y creatividad** de las personas ocasiona pérdidas en ideas, tiempo, aptitudes, oportunidades para aprender y falta de motivación de los trabajadores.

## Causas Talento no utilizado

- Política y cultura anticuada de la empresa, subestimando a los trabajadores
- Salarios bajos
- Falta de motivación
- Falta de formación

*Ilustración 54. Causas Talento no utilizado. Fuente: Elaboración propia*

### • **Flujo del valor**

El segundo principio se conoce como el **flujo de valor**, consiste en “**mapear la cadena de valor**”, es decir, en identificar todos los aspectos propios de la empresa, operaciones de producción, movimientos de personal y materiales, recepción de materias primas, envío y uso del cliente etc.

Previamente a la eliminación de los desperdicios, es necesarios **identificar el flujo de procesos que aportan valor al producto**. De esta manera, se obtendrá una concepción completa de la empresa, logrando identificar en qué zonas se producen los desperdicios, y poder actuar sobre ellas con mayor criterio.

Para poder llevar a cabo este principio de forma efectiva, existe una herramienta Lean que se estudiará más adelante, la cual se trata del **VSM (Value Stream Mapping)**.

- **Flujo**

El tercer principio determina que el **movimiento** de las **operaciones** que **crean valor al cliente** deben de ser **fluidas** y estar **sincronizadas**, ya que, por el contrario, se producirán paradas, bloqueo de material, retrasos en el proceso de producción, desencadenando en la generación de desperdicios.

El principal **objetivo**, consiste en el **desarrollo de una cadena de valor** la cual este dividida en el mayor número de estaciones posibles, donde las operaciones estén enlazadas y se lleven a cabo paso a paso, evitando el **WIP** (Work In Progress), trabajo en espera a ser terminado.

- **Pull**

El cuarto principio se conoce como **“pull”**, y determina que la **producción** de la empresa debe estar **basada** única y exclusivamente en la **demanda del cliente**, sin fabricar nada previamente, y sin la utilización de ningún tipo de stock. El presente modelo productivo difiere del tipo **“push”**, donde la organización es quien decide que productos y qué cantidad va a producir. Lo cual puede ser peligroso, ya que en ocasiones los costes de fabricación de un día pueden ser mayores a los de venta, generando así pérdidas.

En el sistema tipo **“pull”**, la **información** fluye **desde el consumidor hasta el fabricante**, y en el **“push”** **desde el fabricante hasta el cliente**.

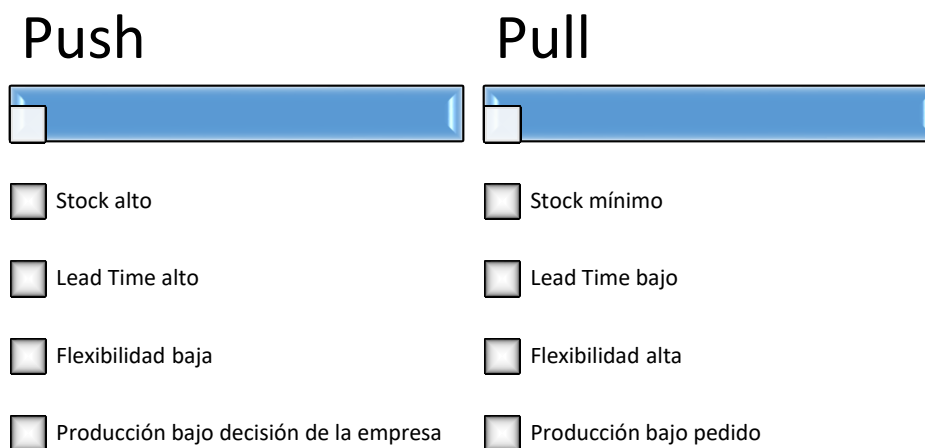


Ilustración 55. Características Push vs Pull. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 56. Flujo información Push vs Pull. Fuente: Elaboración propia

- **Perfección**

El último principio implica que, aunque se hayan realizado mejoras sobre un determinado aspecto o proceso, debe de mantenerse la **búsqueda** de **nuevas mejoras** con la finalidad de alcanzar la **perfección** o excelencia. Es decir, no importa las veces que algo se mejore, siempre se pueden encontrar nuevas técnicas para reducir las pérdidas. Por ello, este principio se basa fundamentalmente en la filosofía de **mejora continua**.

(Antonucci, 2020)

### 3.3.3 EL TEMPLO LEAN

La compañía Toyota definió el “Templo Lean” como un **esquema visual** de la estructura a seguir para la **implantación** de la **metodología de trabajo** del **Lean Manufacturing**, desde los cimientos hasta el tejado, creando un sistema robusto ante cualquier tipo de variante externa o interna del proceso productivo.



Ilustración 57. Templo Lean. Fuente: Elaboración propia



### 3.3.3.1 CIMIENTOS

Inicialmente es fundamental poseer unos **cimientos sólidos**, los cuales aporten la estabilidad necesaria para que el resto de procesos se lleven a cabo de forma eficiente. Los cimientos los conforman la **estandarización de procesos**, la **producción nivelada (Heinjunka)**, el **factor humano** (compromiso, motivación, formación liderazgo...) pensamiento a largo plazo y la **filosofía Toyota**. Además, los cimientos también están compuestos por las diferentes herramientas Lean, donde las más importantes se estudiarán en detalle más adelante.

### 3.3.3.2 PILAR 1: JUST IN TIME

El “**Just In Time**” (JIT), se define como la **metodología de trabajo** donde la **producción se basa exclusivamente en la demanda**, la cual trata de eliminar de forma continua todo aquello que no sea necesario en el proceso productivo, desde las compras hasta la distribución. El “**Just In Time**” consiste en disponer los **elementos únicamente necesarios, en las cantidades justas y en el momento justo**.

Las **bases** del “**Just In Time**” son las siguientes:

- **Sistema “Pull”**

Como se ha explicado anteriormente, el sistema “**pull**” se basa en que se produzca exclusivamente lo que demanda el cliente.

- **Takt Time**

Se define como el tiempo medio entre el inicio de la producción de un pedido del cliente y el inicio de la producción del siguiente pedido. Es decir, es la **velocidad teórica** a la que se debe **fabricar un producto** de acuerdo a la **demanda del cliente**.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ total\ disponible}{Demanda\ total\ del\ cliente}$$

- **Flujo continuo pieza a pieza**

El flujo continuo pieza a pieza consiste en fabricar las piezas de una en una, haciéndolas pasar por todas las estaciones necesarias **sin ningún tipo de interrupciones**. Se implementa a través de **células de trabajo**, reduciendo así el WIP, tiempos de espera y transporte.

(Anderson, 2019)

### 3.3.3.3 PILAR 2: JIDOKA

El sistema **Jidoka** fue ideado por **Sakichhi Toyoda**, fundador del grupo **Toyota**, el cual buscar **verificar la calidad del propio proceso de producción a través de mecanismos de autocontrol**. Con ello, se consigue detectar defectos en los productos, fallos en proceso, mediante la detección automática y alerta al operario.

Las bases del sistema **Jidoka** son las siguientes:

- **Sistema Andon**

**Sistema de alerta de problemas** en el proceso de **producción**, a través de **señales luminosas y sonoras**.

- **Paradas automáticas**

La utilización de dispositivos como los **sensores** permiten la **detección de un problema en la línea para su parada inmediata**, con el objetivo de encontrar la causa raíz y eliminarla.

- **Poka-Yoke**

**Poka-Yoke** significa «a prueba de errores» y se define como una **metodología de calidad destinada a la eliminación de equivocaciones y prevención de errores**. Tiene como misión **apoyar al trabajador en sus operaciones más habituales**.

Un poka-yoke busca **imposibilitar el error humano y hacer obvio el error** resaltándolo de alguna manera.

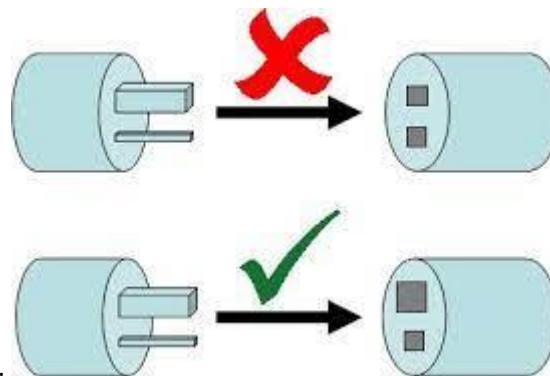


Ilustración 58. Ejemplo Poka-Yoke. Fuente: angelantonioromero.com

- **Separación hombre máquina**

Consiste en la división del trabajo de las actividades realizadas por el operario y por la máquina atendida por este. Definir las tareas que puede realizar el operario mientras la máquina se encuentra parada y que operaciones puede realizar mientras se encuentra en funcionamiento.

(Salazar López, 2019)

### 3.3.3.4 MEJORA CONTINUA

En el **corazón del “Templo Lean”** se encuentra la herramienta más importante del **Lean Manufacturing**, la base y la encargada del funcionamiento de esta filosofía, la **mejora continua**.

El método **Kaizen** o **mejora continua**, se trata de la **filosofía** basada en la **constante eliminación**

de actividades que no aportan valor al producto, con el objetivo de aumentar la productividad de la organización. Para poder llevarlo a cabo, es necesario un **cambio cultural y social en la empresa**, de tal forma que tanto los directivos, y sobre todo los **operarios**, interioricen la necesidad de **identificar y eliminar los elementos que producen pérdidas**.

El **Kaizen** defiende que un proceso de mejora continua, donde se producen **pequeñas mejoras** de forma cotidiana, es **más efectivo** que un solo **cambio radical**. De esta manera, mediante la implicación y participación del personal de trabajo en las pequeñas innovaciones y avances, se consigue el **objetivo final, la eliminación de mudas o desperdicios, la fabricación de productos de calidad y la entrega a cliente a tiempo**.

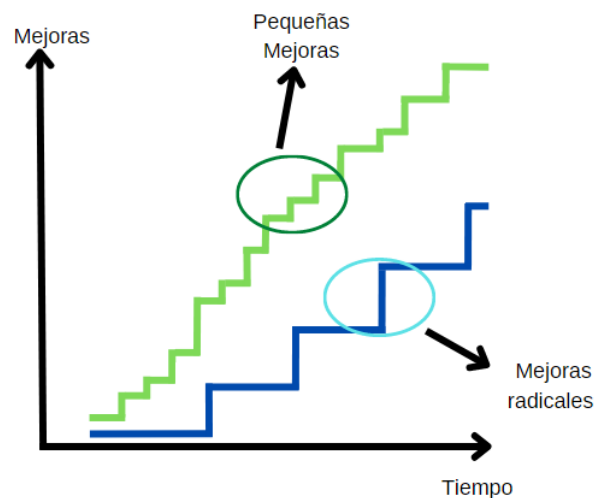


Ilustración 59. Pequeñas mejoras VS Mejoras radicales. Fuente: Elaboración propia

Una de las principales herramientas de mejora continua es el **ciclo Deming o PDCA** (Plan, Do, Check, Act), cuya traducción al castellano es PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) el cual se estudia a continuación.

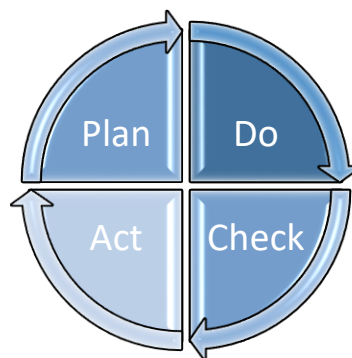


Ilustración 60. Ciclo Deming o PDCA. Fuente: Elaboración propia

- **Planificar**

Inicialmente se describe el estado actual y los **potenciales de mejora del proceso**, **estableciendo los objetivos** a alcanzar tras el proceso de mejora continua. También se definen los parámetros del objetivo a alcanzar.

- **Hacer**

Seguidamente, se produce la **implantación** de las **medidas** para alcanzar el objetivo.

- **Verificar**

Se **comprueban los resultados** obtenidos tras la implantación, y si es necesario se corrigen las medidas previamente implantadas.

- **Actuar**

Evaluación de los resultados obtenidos y comparación con los objetivos a alcanzar. Es necesario documentar cada fase del proceso.

Cada vez que se identifica un nuevo potencial de mejora se vuelve a iniciar el ciclo, llevando a cabo una estandarización del proceso de mejora continua.

### 3.3.3.5 TEJADO

En la parte superior del “**Templo Lean**”, se encuentran los **objetivos** que se quieren conseguir a través de la **filosofía del Lean Manufacturing**. Estos objetivos son:

- **Reducir los costes**
- **Mejorar la calidad**
- **Disminuir el tiempo de entrega**

Cumpliendo estos objetivos se alcanza el requisito fundamental de la filosofía Lean, que es **añadir valor al producto**.

(San Miguel Induráin, 2021b)

### 3.3.4 HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA LEAN

Las **herramientas Lean Manufacturing** son las encargadas de **sustentar los cimientos del “Templo Lean”**. Dentro de una empresa no es necesaria la implantación de todas las herramientas, sino que se debe de utilizar aquellas cuyos propósitos estén directamente relacionados con las necesidades de la empresa.

Se distinguen principalmente 3 tipos de herramientas Lean:

### 3.3.4.1 HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO

Las **herramientas de diagnósticos** son aquellas que sirven para **evaluar** la situación de la **organización**, **detectar las áreas de mejora**, con la **finalidad de resolver los problemas**, tanto a nivel **organizativo** como en el **funcionamiento de los procesos**. Dentro de las herramientas de diagnóstico destaca el **VSM (Value Stream Mapping)**.

- **VSM:**

El **Value Stream Mapping (VSM)**, o **Mapa de Flujo de Valor** se trata de una **herramienta visual** utilizada en la **metodología Lean** para **representar, analizar y optimizar** los **flujos de materiales e información** de una empresa dentro del **proceso de producción**, desde que se diseña hasta que se distribuye al cliente. Cada fase del proceso está representada a través de una **simbología** específica en un **diagrama de flujo**, donde estas quedan registradas en función de si añaden valor o no al producto, facilitando de esta forma la eliminación de desperdicios.

Cabe destacar que, para llevar a cabo esta metodología de forma adecuada, es necesario la realización de **2 mapas de valor**. Por un lado, el actual de la empresa, donde en cada fase del proceso se evalúa su **OEE, tiempos de ciclo, flujo de materiales, flujo de información** etc. Y se calcule así el **Lead-Time**, el tiempo que transcurre el producto en ser fabricado, desde que entra en la empresa en forma de materia prima hasta que sale en dirección al cliente, y se compare el **Tiempo de Ciclo vs el Takt Time**. Posteriormente se realizará el **mapa de valor futuro**, donde se espera una **reducción del Lead-Time y eliminación de desperdicios**. Finalmente se establece un plan para la implantación de las mejoras.

La metodología para la realización del VSM es la siguiente:

1. **Creación del equipo de trabajo y definición del proceso a analizar**
2. **Recogida de datos**
3. **Realización del mapa actual**
4. **Realización del mapa futuro**
5. **Implantación de acciones de mejora**

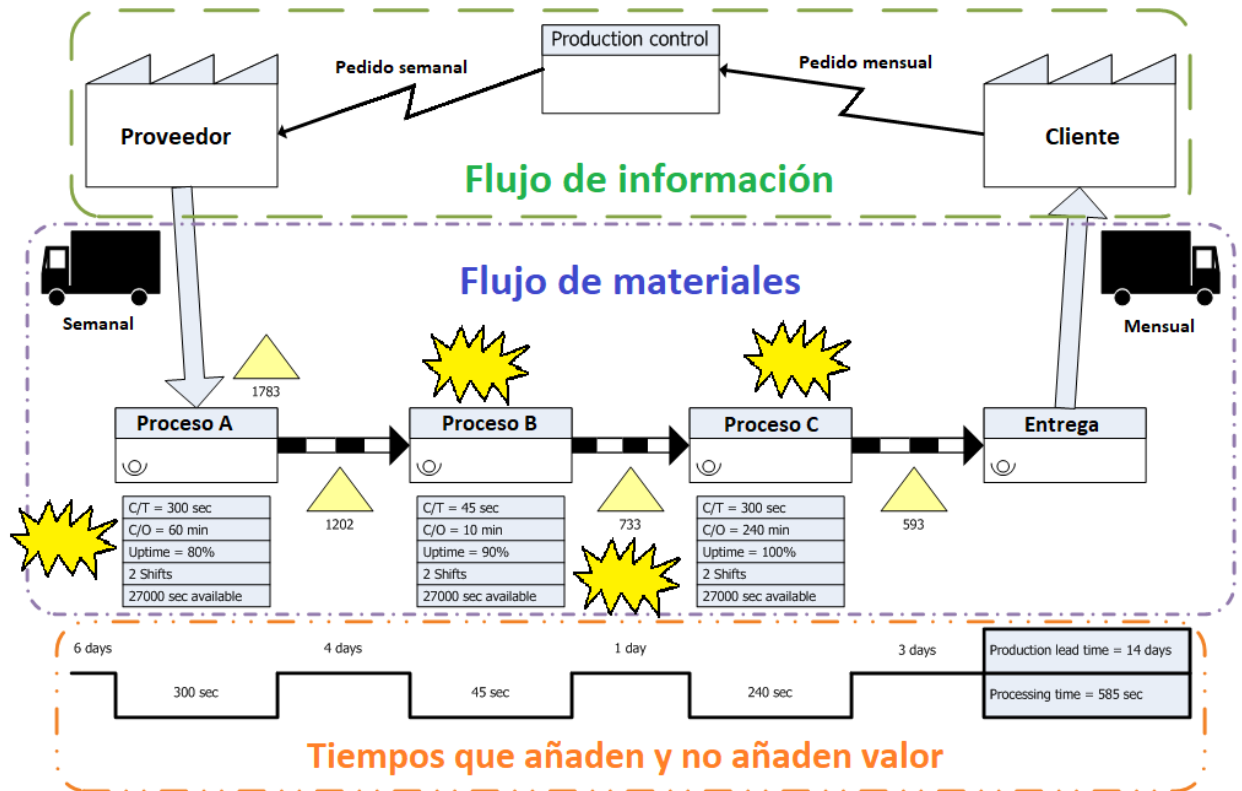


Ilustración 61. Ejemplo VSM. Fuente: leanmanufacturing10.com

(San Miguel Induráin, 2021b)

### 3.3.4.2 HERRAMIENTAS OPERATIVAS

En el presente subapartado se estudiarán las herramientas operativas Lean más importantes.

- **5S**

Esta herramienta se basa en la **aplicación del orden y la limpieza en el puesto de trabajo**. Recibe este nombre por la primera letra de los 5 pasos a seguir en japonés.

Se trata de una herramienta **fácil de implantar**, y la cual no requiere de ninguna inversión económica, es por ello que suele ser la primera herramienta Lean implantada en las empresas.

1. **Seiri – Organización**

Consiste de la **identificación de los elementos necesarios e innecesarios del puesto de trabajo, con el objetivo de deshacerse de los últimos**, los cuales se suelen identificar mediante tarjetas rojas. Tras la identificación de los elementos innecesarios se realiza su evaluación, donde se decide si deshacerse de ellos o transferirlos a otra zona de mayor utilidad.

## 2. Seiton – Orden

Una vez se han identificado los **elementos necesarios**, al aplicar **Seiton** se establece el **modo en el que deben identificarse y ubicarse**, de tal forma que sea rápido y fácil encontrarlos, reconocerlos, utilizarlos y reponerlos. La proximidad de estos elementos está directamente relacionada con su frecuencia de uso, a **mayor frecuencia más cercano debe de encontrarse del trabajador**. Se determinará también la cantidad mínima de los elementos, evitando así las paradas de los equipos.

## 3. Seisou – Limpieza

Una vez se han identificado los elementos necesarios, y se han organizado de acuerdo a las necesidades del puesto de trabajo, el siguiente paso a implantar es **Seisou**, el cual implica la **limpieza del puesto de trabajo**. El presente principio tiene como **objetivo** incluir la **limpieza** en un **trabajo rutinario** de tal manera que el **operario sea el responsable de la limpieza de su puesto de trabajo**.

## 4. Seiketsu – Estandarización

Es el paso donde se define la **sistemática de aplicación de los pasos anteriores**, de tal manera que todas las **operaciones** sean **estandarizadas**. En el caso de que no se estandaricen, los logros obtenidos previamente desaparecerían rápidamente. A la hora de llevar a cabo esta estandarización, se recomienda que en el mapa de las 5S se recoja su periodicidad.

## 5. Shitsuke – Disciplina

Una vez se haya implantado las primeras 3S, es necesario asegurar el correcto desarrollo de estas. El principal **objetivo** es convertir en **hábito en el trabajador los estándares desarrollados en Seiketsu**, para ello la **disciplina** es un factor fundamental.

(San Miguel Induráin, 2021b)

- **SMED**

El **SMED (Single Minute Exchange of Die)** o «cambio de matriz en menos de 10 minutos» se trata de una **herramienta Lean** cuyo principal **propósito** es la **reducción del tiempo de cambio del “set up”**, tiempo que transcurre desde la última pieza buena del lote anterior y la primera buena del siguiente. Además, también **incrementa** la **fiabilidad** del **proceso de cambio**, desencadenando en una **reducción** de **defectos y averías**.

Previamente a la descripción de la metodología de la presente herramienta, es necesario conocer una serie de términos, como son las **tareas externas e internas**. Las **tareas internas** son aquellas que se realizan durante el tiempo de **cambio de producto**, y es necesario realizar con la **máquina parada**. Las **tareas externas** son aquellas que se pueden realizar con la **máquina en marcha**.

Los pasos a seguir para el desarrollo eficiente del **SMED** son los siguientes:

- **Paso 1: Análisis detallado**

Como su nombre indica consiste en realizar un **estudio exhaustivo del equipo y del proceso de cambio** a analizar. Para ello, es recomendable la creación de un equipo de trabajo, la división del proceso de cambio en el mayor número de operaciones posibles, poseer un histórico de los tiempos de cambio de la máquina que se está analizando etc. En esta fase del proceso, hay que tener en cuenta la variabilidad de los tiempos de cambio ya sea por tiempos muertos innecesarios, operarios más o menos eficientes etc.



Ilustración 62. Paso 1 SMED. Fuente: Elaboración propia

- **Paso 2: Separación de tareas**

Consiste en la **separación de tareas externas e internas del "set up"**, además de eliminar las tareas innecesarias que se realicen durante el proceso de cambio.

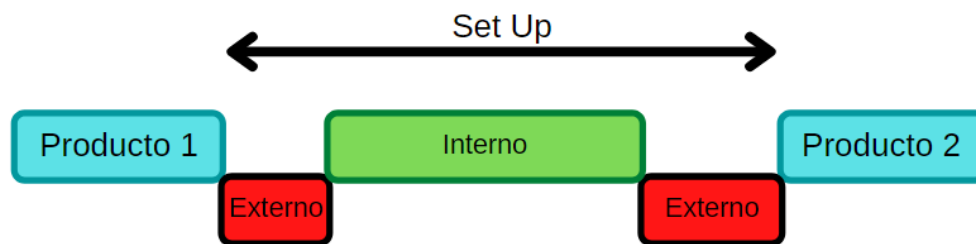


Ilustración 63. Paso 2 SMED. Fuente: Elaboración propia

- **Paso 3: Transformación de las tareas internas a externas**

En esta fase del proceso, se realiza un análisis más detallado de las tareas, con el **objetivo** de llevar a cabo las **tareas externas fuera del "set up"**, durante el proceso de fabricación del



producto anterior o el siguiente. Un ejemplo puede ser el aprovisionamiento de material, el cual no está disponible en el momento que el equipo se detiene.

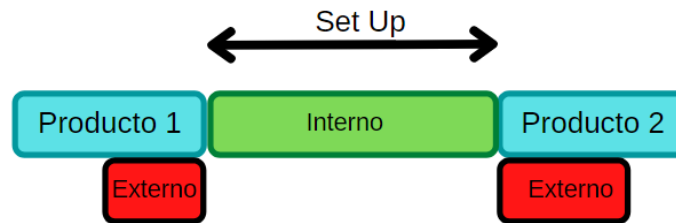


Ilustración 64. Paso 3 SMED. Fuente: Elaboración propia

- **Paso 4: Reducción de tareas internas**

Una vez se han sacado las tareas externas del tiempo de cambio, se lleva a cabo un **proceso de optimización** adicional del mismo, tratando de **reducir** al máximo las **tareas** que realizan mientras la **máquina está parada**.

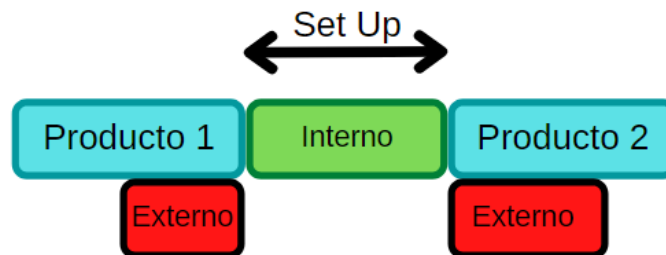


Ilustración 65. Paso 4 SMED. Fuente: Elaboración propia

- **Paso 5: Seguimiento**

Tras la realización del **SMED** es indispensable realizar un **seguimiento** sobre el proceso de cambio, con el **objetivo** de **observar los resultados** obtenidos tras las modificaciones realizadas, y ver su variación en función de nuevos cambios en el proceso.

Los principales beneficios obtenidos con la herramienta SMED son los siguientes:

- **Reducir el tiempo y coste del “set up”**
- **Reducir el tamaño de los inventarios**
- **Posibilidad de trabajar con lotes más pequeños**
- **Aumento del OEE y la productividad**

(Pensa, 2021)

- **TPM**

El **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** se trata de una **herramienta Lean** de **mantenimiento** la cual se encuentra **orientada a la eliminación de averías en los quipos** a través

de la **participación** de los **trabajadores de la empresa**. Esta metodología se encuentra directamente relacionada con la **mejora continua** y el **buen estado de los equipos**, donde se persigue las **0 averías, 0 defectos, 0 despilfarros y 0 accidentes**.

A través de esta herramienta, los operarios y el resto del personal de la empresa son conscientes de que el mantenimiento y el buen estado tanto de los quipos como de las instalaciones es **responsabilidad de todos**, y no únicamente del departamento de mantenimiento.

El **TPM** está constituido fundamentalmente por **5 pilares**, los cuales se estudian a continuación:

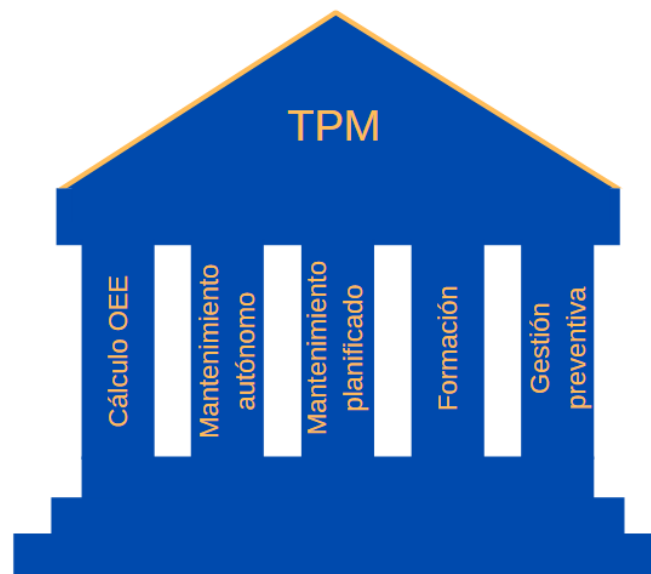


Ilustración 66. Pilares TPM. Fuente: Elaboración propia

- **Pilar 1: Estudio del OEE**

Para poder comprobar la evolución en la organización a partir de la implantación del TPM, es necesario **analizar la situación de partida**. Para ello se llevará a cabo el **estudio del OEE**, Eficiencia Global de Equipo, de las diferentes secciones donde se aplique.

- **Pilar 2: Mantenimiento autónomo**

El segundo pilar determina que los **operarios** del departamento de producción a parte de fabricar productos, deben **tomar conciencia del mantenimiento de los equipos** que utilizan, evitando la producción de fallos y averías, medir el deterioro y tratar de restaurarlo.

Para llevar a cabo esta función, se establece una metodología clara de trabajo:

1. **Limpieza inicial**
2. **Eliminación de fuentes de contaminación**
3. **Estandarización de limpieza e inspección**

4. Inspección general del equipo
5. Inspección práctica del proceso

- **Pilar 3: Mantenimiento planificado**

Constituido por el conjunto de **actividades programadas** para conseguir el propósito inicial del TPM, 0 averías, 0 defectos, 0 despilfarros y 0 accidentes. Para ello es necesarios diseñar un **plan de mantenimiento, ajustar el coste de mantenimiento al cada equipo, y priorizar el mantenimiento preventivo** frente al correctivo.

- **Pilar 4: Formación**

Para que los operarios pueden llevar a cabo el **mantenimiento autónomo** de los equipos con la que trabajan, es necesario que tengan tanto un **conocimiento** adecuado de las **máquinas** con las que operan, además de un **nivel técnico** elevado. Para ello es imprescindible que los trabajadores reciban una **formación adecuada** por parte de la organización.

- **Pilar 5: Gestión preventiva**

El último pilar persigue la **anticipación a la aparición de fallos** que puedan producirse en los equipos, gracias a la información externa (proveedores) e interna de los procedimientos que se estén analizando.

**La principal finalidad del TPM es maximizar el OEE, eliminando las pérdidas y optimizando el rendimiento de los equipos.**

(San Miguel Induráin, 2021b)

- **KANBAN**

**KANBAN** se trata de una herramienta desarrollada por el ingeniero japonés Taiichi Onho, la cual se sirve de **ayudas visuales para la gestión de actividades y proyectos**. Esta metodología está centrada en la **mejora continua**, donde las **tareas se desplazan por un tablero con columnas que representan las etapas de trabajo**, donde los más sencillos tienen 3 columnas, trabajo por hacer, trabajo en desarrollo y finalmente trabajo terminado.



Ilustración 67. Ejemplo tablero KANBAN. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.3 HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO

Finalmente se estudiarán las 2 principales herramientas de seguimiento, las cuales son:

- **Gestión Visual**

La **gestión visual** es la **herramienta Lean Manufacturing** que tiene como **objetivo plasmar la situación del proceso productivo** mediante la **comunicación de información** a través de **medios atractivos a la vista y sencillos de entender**. La clave reside en comunicar la **información de forma llamativa, visible y fácil de entender**. Este tipo de comunicación es imprescindible para evitar fallos en el proceso productivo, los cuales pueden desencadenar en retrabajos o desperdicios.

Esta herramienta es útil para la comunicación de los objetivos mensuales de la empresa, señales de advertencia, peligro o precaución, indicaciones para la limpieza organización, consejos relacionados con la seguridad y prevención de accidentes etc.

- **KPI's**

Se tratan de **indicadores clave de rendimiento** que se utilizan para **evaluar en tiempo real el éxito** de las **acciones o procesos** que están en marcha. El **propósito** es realizar un **seguimiento** para comprobar si se está alcanzando la **consecución de objetivos**, o es necesario tomar acciones adicionales.

Este tipo de indicadores tienen que ser **SMART**, donde la traducción de cada una de las siglas en inglés es:

- **E**specíficos
- **M**edibles
- **A**lcanzables
- **R**ealista
- **A** Tiempo

(San Miguel Induráin, 2021b)

## 3.4 INTRODUCCIÓN AL AMFE

El **AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)** es una metodología aplicada para el diseño de nuevos productos, servicios o procesos productivos en la industria, así como el seguimiento y mejora continua de los mismos. El **objetivo** de este documento es la **búsqueda** de posibles **fallos y errores** que puedan aparecer en cualquier fase del proceso, obteniendo así la **capacidad de anticipación** previamente a que ocurra el fallo. Posteriormente, los **modos de fallo** encontrados son **clasificados** según su **relevancia** y es necesario **definir la toma de acciones**

para eliminar o minimizar el impacto de aquellos considerados más relevantes. Este documento está destinado fundamentalmente para el **cliente**, para que este se asegure que el **proceso de fabricación o diseño de un producto es efectivo y fiable**.

Para una correcta realización del AMFE, es necesario la formación de **grupos de trabajo multidisciplinares**, personal de diferentes departamentos, operarios etc. Además, es un documento el cual no es fijo, varía en función de las operaciones que se llevan a cabo en la empresa, por lo que es **flexible**.

A continuación, se define la estructura y el contenido del AMFE, en función del **Manual FMEA**, definido por **AIAG** (Automotive Industry Action Group) y por **VDA** (Verband Der Automobilindustrie).

**Parte 1: Análisis del Sistema**

1. **Planificación y Preparación:** Describir que productos / procesos deben incluirse o excluirse para su revisión dentro del AMFE.
2. **Análisis de la Estructura:** Identifica y desglosa el sistema de fabricación, elementos del proceso, pasos del proceso y elementos de trabajo en el proceso.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA		
Orden	Paso	Análisis 4M

*Ilustración 68. Análisis estructura AMFE. Fuente: Elaboración propia*

- **Orden:** Se refiere que parte del proceso productivo se está analizando. Se puede definir con una letra o símbolo el cual identifica la sección a analizar.
- **Paso:** Determina que operación o fase del proceso productivo se va analizar. Por ejemplo, granallado, prensado, mecanizado etc.
- **Análisis 4M:** Categorías principales de causas potenciales que puedan afectar al proceso.

**Categorías 4M**

- Máquina
- Mano de obra
- Material
- Medio ambiente

**Categorías adicionales**

- Metodología
- Medición

3. **Análisis de la Función:** Asegura que las funciones / requisitos previstos del producto / proceso se asignan adecuadamente.

ANALISIS FUNCIONAL-REQUISITOS				Caract Esp
Función	Requisito / Característica	Legal - Norma	Valor	

Ilustración 69. Análisis Funcional AMFE. Fuente: Elaboración propia

- **Función:** Describe de forma sencilla lo que el paso pretende hacer, puede haber más de una función para cada paso de proceso. Ejemplo, realizar un taladro.
- **Requisito / Característica:** Rasgo distintivo de un producto. Por ejemplo, un diámetro o un acabado superficial.
- **Legal – Norma:** Determinar que normas específicas se deben cumplir.
- **Valor:** Especifica el elemento donde se encuentran las directrices a seguir o a cumplir. Ejemplo, ficha técnica, plan de control, instrucciones técnicas etc.
- **Características especiales:** En función de si la operación a realizar precisa de requisitos especiales. Por ejemplo, en el caso de ICER, en el AMFE de granallado y encolado, debe incluirse el símbolo de factor crítico de seguridad en el presente apartado.

**Parte 2: Análisis de Fallo y Mitigación del Riesgo**

4. **Análisis de Fallo:** Identificar la causas, modos y efectos de los fallos y muestra sus relaciones para permitir la evaluación de riesgos.

ANALISIS DE FALLOS			
Tipo de fallo potencial	Efecto o consecuencia	Severidad	Causa

Ilustración 70. Análisis de Fallos AMFE. Fuente: Elaboración propia

- **Tipo de fallo potencial:** Problema que puede surgir durante el proceso y que afecte al producto.
- **Efecto o consecuencia:** Efectos que conlleva el surgimiento del problema, bien sea para procesos posteriores, producto, cliente etc.
- **Causa:** Determina el origen de por qué se ha producido el fallo.

5. **Análisis de Riesgo:** Estima el riesgo mediante la evaluación de la Severidad / Ocurrencia / Detección, con el fin de priorizar la necesidad de acciones. Establece también que controles se realizan.

ANÁLISIS DE RIESGOS				
Controles preventivos actuales	Ocurrencia	Controles de detección actuales	Detección	AP

Ilustración 71. Análisis de Riesgos AMFE. Fuente: Elaboración propia

- **Controles preventivos:** Controles que se llevan a cabo para que no se produzca el fallo.
- **Controles de detección actuales:** Determina los controles vigentes en el proceso productivo para que la empresa detecte el fallo.
- **Severidad (S):** Número de calificación asociado a la gravedad del fallo.
- **Ocurrencia (O):** Describe la ocurrencia de la causa de fallo, tomando en cuenta los controles de prevención actuales.
- **Detección (D):** Calificación relacionada con la capacidad de detección de la empresa ante la ocurrencia de fallos.
- **Prioridad de acción (AP):** Una vez que el equipo ha completado la identificación de los modos de fallo, efectos, causas y controles, incluyendo las calificaciones de severidad, ocurrencia y detección, se debe decidir la priorización de esfuerzos para reducir los riesgos.

Tanto los niveles de severidad, ocurrencia, detección y prioridad de acción están tabulados, según el Manual FMEA, redactado por AIAG (Automotive Industry Action Group) y por VDA (Verband Der Automobilindustrie).

**Para determinar la prioridad de acción, se tiene primero en cuenta la severidad después la ocurrencia y por último a la detección. Se otorgan 3 niveles de prioridad:**

- **Alta (H)**
- **Media (M)**
- **Baja (L)**

6. **Optimización:** Determinar acciones para mitigar el riesgo y evaluar la efectividad de esas acciones. El resultado final es un proceso que minimiza el riesgo de producir y entregar a cliente productos que no cumplen requisitos y expectativas.

OPTIMIZACION - ACCIONES										
Acción preventiva y de detección	Responsable	Fecha prevista	Status	Fecha real	Eficacia	Evidencia	Severidad	Ocurrencia	Detección	AP

Ilustración 72. Optimización-Acciones AMFE. Fuente: Elaboración propia

- **Acción preventiva y de detección:** Acciones que se van a llevar a cabo para minimizar el riesgo del fallo.
- **Responsable:** Persona o departamento encargado de poner la acción en marcha.
- **Fecha prevista: Inicio previsto** de la puesta en marcha de la acción
- **Status:** Determina en qué estado se encuentra la acción de mejora.
- **Fecha real: Inicio real** de la puesta en marcha de la acción.
- **Eficacia:** Determina si el nuevo proceso es eficaz o no.
- **Evidencia: Documentación aportada, para verificar que la mejora es eficaz.**

Tras la implantación de la nueva medida, se volverá a evaluar los riesgos, determinando si los niveles de ocurrencia y detección han disminuido. El de severidad no puede disminuir, ya que la gravedad de que ocurra el fallo es siempre la misma.

**Parte 3: Comunicación del Riesgo**

7. **Documentación de los Resultados:** Resumir y comunicar los resultados de la actividad realizada en el AMFE.

(DE. Calidad ICER Brakes, 2022)

**4. SITUACIÓN INICIAL. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

En el presente apartado se realizará un análisis de la **situación actual** de la empresa, definiendo los **objetivos principales** que persigue actualmente, además del **análisis de los problemas** que se generan habitualmente. Todo ello quedará materializado en una matriz **DAFO**.

En la actualidad, la empresa **ICER Brakes S.A.** se encuentra en un proceso de expansión, donde la producción se ha acrecentado de forma notable en los últimos años. Se encuentra dentro del mercado del **“Aftermarket”**, es decir en el mercado de repuestos de pastillas de freno, además de la producción de juegos de pastillas para otros clientes marquisitas, como pueden ser BREMBO o VALEO, reconocidas empresas del sector automovilístico.



Sin embargo, con el objetivo de incrementar su reconocimiento dentro del sector y ampliar su mercado, actualmente, ICER Brakes S.A., quiere obtener la certificación **IATF 16949**, la cual se trata de una **norma internacional** para sistemas de **gestión de calidad en la automoción para fabricantes de primer equipo (OEM)**. Esta norma se centra principalmente en el desarrollo de un proceso orientado a un sistema de gestión de calidad, que proporcione una **mejora continua, prevenga los defectos y reduzca ineficiencias** en la cadena de suministro. Para ello es necesario el cumplimiento de una serie de requisitos muy estrictos. Entre ellos destaca la elaboración del **AMFE**, Análisis Modal de Fallos y Efectos, de cada una de las secciones del proceso productivo. El presente proyecto, realizará el AMFE de acuerdo a la nueva **norma del manual FMEA** de la sección a estudiar como una de las propuestas de mejora.

**ICER Brakes S.A.** se **diferencia** de sus competidores por la **gran variedad de referencias** de pastillas de freno que fabrica. Sin embargo, esta variedad inmensa de referencias puede llevar consigo efectos negativos, como, por ejemplo, **pérdidas de tiempo asociadas a cambios de referencia**, lo que conlleva a una productividad menor. Es por ello que el principal objetivo del proyecto es llevar a cabo un proceso de mejoras, reduciendo las pérdidas y aumentando la productividad. A continuación, se adjunta **la matriz DAFO** de ICER Brakes, la cual, al ser un documento confidencial, ha sido realizada por el autor de la presente memoria, basándose en su experiencia en la empresa y el análisis de la misma.



Ilustración 73. Matriz DAFO. Fuente: Elaboración propia

Como se ha comentado a lo largo del proyecto, inicialmente se llevará a cabo la **identificación de los problemas** para poder decidir sobre que sección productiva actuar, y realizar más tarde **propuestas de mejora**. La **herramienta de diagnóstico** que ha sido utilizada

inicialmente es **VSM (Value Stream Mapping)**, donde se ha analizado el **flujo de información y materiales** a lo largo del proceso productivo. Con el objetivo de simplificarlo y facilitar su diseño se ha optado por no incluir inicialmente el OEE de cada fase del proceso productivo, y posteriormente, una vez se **haya decidido sobre que secciones analizar y estudiar**, basándose en los problemas actuales de la empresa, criticidad del proceso, tiempos de ciclo y cuellos de botella, se determinará el **OEE de las fases del proceso productivo elegidas** con exactitud.

Previamente al diseño del VSM, se obtiene el valor de **Takt Time** medio de la empresa en una jornada laboral de 24 horas. Considerando que la demanda diaria actual de pastillas de freno ronda las **80.000 unidades** el cálculo es el siguiente.

$$\text{Takt Time} = \frac{24 \times 3600}{80000} = 1,08 \text{ s/pastilla}$$

Es imprescindible trabajar con una **producción** más o menos **ajustada**, de tal manera, que **ningún tiempo de ciclo de ninguna sección sea superior al valor del Takt Time**.

Tras el diseño del **VSM actual** de la empresa, el cual se encuentra en el **ANEXO 1**, se puede observar que el **Lead Time actual de ICER Brakes**, se encuentra en torno a **46,4 días**, donde el **tiempo** que se le **añade valor al producto** es de **8,71 horas**, obteniendo un porcentaje de **valor añadido del 0,78%**.

Por un lado, es destacable el **bajo porcentaje de valor añadido**, el cual se debe principalmente al **exceso de tiempo que pasa el producto en stock**, bien sea en **almacenes intermedios** del proceso productivo o **almacenes de materia prima o producto terminado**.

Por otra parte, se observan diferentes **problemas** tanto en la **zona de prensas**, como en la **zona de mecanizado**. Actualmente, aunque el tiempo de ciclo de la sección de prensas sea menor que el Takt Time, las **células de fabricación** de prensas Flexmatic E-16 y E-17 llevan generando **problemas de productividad** los últimos meses, por lo que **se considera necesario tenerlas en cuenta para el análisis**.

Actualmente, la **zona de mecanizado** es el **actual cuello de botella de ICER Brakes S.A.**, debido principalmente a **las multiestaciones de mecanizado ERLMANN 1 y ERLMANN2**, donde el **número de pastillas** que mecanizan **actualmente** se encuentra **muy por debajo de su máximo nivel**. El cuello de botella se puede identificar fácilmente al observar que su **tiempo de ciclo actual es de 1,3 segundos / pastilla**, superior a los **1,08 segundos pastilla del Takt Time**. Este cuello de botella es el **principal motivo del exceso de tiempo** que pasan las pastillas en el **almacén intermedio** desde la salida de hornos hasta la entrada de mecanizado. Por los motivos anteriores, **se considera imprescindible el estudio de las máquinas ERLMANN 1 y ERLMANN 2**.

Finalmente, aunque su tiempo de ciclo sea actualmente el mejor de la fábrica, se considera oportuno llevar a cabo el **análisis de una máquina de la sección de mezclas**, ya que al tratarse de una de las **fases iniciales de la producción**, **marca el ritmo de producción** de la empresa, y se trata de una **fase crítica** donde se fabrica el elemento más importante de las pastillas de freno, el material de fricción, el cual es diseño propio de la empresa. La máquina de mezclado a analizar es el **mezclador húmedo, LÖDIGE 300 B-16**, ya que es el mezclador que **mayor número de problemas genera actualmente en ICER Brakes S.A.**

En conclusión, **se analizarán** el mezclador húmedo **LÖDIGE 300**, las multiestaciones de rectificado **ERLMANN 1 y 2**, y las células de fabricación de prensas **E-16 y E-17**.

#### 4.1 ANÁLISIS DEL OEE DE CADA SECCIÓN

Para la determinación del **OEE** se aplicarán los conocimientos teóricos estudiados anteriormente. Además, ha sido necesario un procedimiento previo de **recopilación de información**. Este procedimiento ha sido de ocho semanas laborales, desde el **lunes 7 de marzo hasta el viernes 29 de abril, donde hubo 37 días laborables**. Estando operativa la empresa **5 días a la semana**, de lunes a viernes, excepto días festivos, durante **3 turnos al día, 8h cada turno**, siendo un total de 1440 minutos al día, y **7200 minutos cada semana**. Donde se ha dispuesto un **total de 53.280 minutos de trabajo** a lo largo de las 8 semanas analizadas.

A continuación, se adjunta como ejemplo el **cálculo del OEE** de cada sección a actuar de la primera semana de análisis, **del 7 de marzo al 11 de marzo**. Durante este periodo de tiempo, la empresa trabajó durante **3 turnos al día, 8h cada turno**, siendo un total de 1440 minutos al día, y **7200 minutos cada semana**.

La **información** necesaria para el análisis de cada sección ha sido **recabada** de los **partes de trabajo** de cada turno de cada máquina, así como los **partes de mantenimiento** asociados a ellas a largo de todo el periodo de análisis.

##### 4.1.1 OEE MEZCLADOR HÚMEDO

Para la determinación del **OEE** es necesario el análisis previo de **3 factores, disponibilidad, rendimiento y calidad**. Para ello se ha recabado la información necesaria para su evaluación.

Se ha evaluado el **OEE** de la **LÖDIGE 300 B-16** desde el **7 al 11 de marzo**. Se sabe que la **capacidad máxima** de trabajo del mezclador es de **288,75 Kg/h**.

A continuación, se adjunta una tabla de la información recabada en los partes de trabajo de cada turno de esa semana, y agrupados en días.

Día	Nº Kg al día LÖDIGE 300 B-16 (Kg)	Tiempo paradas (min)	Nº Kg rechazados (Kg)
07/03/2022	7.260	23	0
08/03/2022	7.920	18	0
09/03/2022	6.270	0	0
10/03/2022	3.300	480	340
11/03/2022	6.930	0	0
<b>Total</b>	<b>31.680</b>	<b>521</b>	<b>340</b>

Tabla 1. Datos LÖDIGE 300 B-16

- **Disponibilidad**

Tiempo planificado de producción = **7200 minutos**

Paradas = **521 minutos** (Todas las paradas durante esa semana estuvieron asociadas a averías)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7200 - 521}{7200} = 0,927$$

- **Rendimiento**

Nº total de Kg mezclados = **31.680 Kg**

Tiempo de Operación = **6679 minutos**

Velocidad máxima de producción = **288,75 Kg/h**

$$\text{Rendimiento} = \frac{31680}{\left(\frac{6689}{60}\right) \times 288,75} = 0,985$$

- **Calidad:**

Nº total de Kg mezclados = **31.680 Kg**

Nº total de Kg rechazados = **340 Kg**

$$\text{Calidad} = \frac{31680 - 340}{31680} = 0,989$$

Una vez determinados los 3 factores, se multiplican y se obtiene el OEE semanal del mezclador húmedo.

$$\text{OEE} = 0,927 \times 0,985 \times 0,989 = 0,904$$

Se calcula el OEE de otro modo, para comprobar de que el resultado es el correcto.

Capacidad de producción ideal semanal =  $288,75 \times 24 \times 5 = 34.650 \text{ Kg/semana}$

$$OEE = \frac{31680 - 340}{34650} = 0,904$$

Por lo que se puede concluir que el **OEE del mezclador húmedo LÖDIGE 300 es del 90,4%**.

#### 4.1.2 OEE ESTACIONES DE MECANIZADO

Se ha evaluado el **OEE de la ERLMANN 1 y la ERLMANN 2** desde el **7 al 11 de marzo**. Se sabe que la capacidad máxima de trabajo de las estaciones de mecanizado es de alrededor de las **0,54 pastillas/segundo**, es decir **alrededor de 2 segundos por pastilla**. Se ha estudiado cada estación por separado.

- **ERLMANN 1**

A continuación, se adjunta una tabla de la información recabada en los partes de trabajo de cada turno de esa semana, y agrupados en días.

Día	Nº pastillas al día (pastillas)	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas (pastillas)
07/03/2022	9.726	295	91
08/03/2022	13.945	698	72
09/03/2022	10.424	865	64
10/03/2022	11.320	850	52
11/03/2022	17.807	644	81
<b>Total</b>	<b>63.222</b>	<b>3.352</b>	<b>360</b>

Tabla 2. Datos ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia

Después de recabar la información necesaria se realiza el cálculo de cada factor y el OEE global.

- **Disponibilidad:**

Tiempo planificado de producción = **7200 minutos**

Paradas = **3.352** (Las paradas se deben a cambio de referencia, averías, descanso de operarios, limpieza etc.)

$$Disponibilidad = \frac{7200 - 3352}{7200} = 0,534$$

- **Rendimiento:**

Nº total de pastillas mecanizadas = **63.222 pastillas**

Tiempo de Operación = **3.848 minutos**

Velocidad máxima de producción = **0,54 pastillas/segundo**

$$\text{Rendimiento} = \frac{63222}{3848 \times 60 \times 0,54} = 0,507$$

- **Calidad:**

Nº total de pastillas mecanizadas = **63.222 pastillas**

Nº total de pastillas rechazadas = **356 pastillas**

$$\text{Calidad} = \frac{63222 - 356}{63222} = 0,994$$

Una vez determinados los 3 factores, se multiplican y se obtiene el OEE semanal de la ERLMANN 1.

$$\text{OEE} = 0,534 \times 0,507 \times 0,994 = 0,269$$

Se calcula el OEE de otro modo, para comprobar de que el resultado es el correcto.

Capacidad de producción ideal semanal =  $0.54 \times 3600 \times 24 \times 5 = 233.280$  pastillas

$$\text{OEE} = \frac{63222 - 356}{233280} = 0,269$$

Por lo que se puede concluir que el **OEE de la ERLMANN 1 es del 26,9%**.

- **ERLMANN 2**

A continuación, se adjunta una tabla de la información recabada en los partes de trabajo de cada turno de esa semana, y agrupados en días.

Día	Nº pastillas al día (pastillas)	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas (pastillas)
07/03/2022	10.482	949	91
08/03/2022	16.818	689	72
09/03/2022	16.031	641	64
10/03/2022	8.537	822	52
11/03/2022	15.525	804	81
<b>Total</b>	<b>67.393</b>	<b>3.905</b>	<b>360</b>

Tabla 3. Datos ERLMANN 2. Fuente: Elaboración propia

Después de recabar la información necesaria se realiza el cálculo de cada factor y el OEE global.

- **Disponibilidad:**

Tiempo planificado de producción = **7200 minutos**

Paradas = **3.905** (Las paradas se deben a cambio de referencia, averías, descanso de operarios, limpieza etc.)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7200 - 3905}{7200} = 0,457$$

- **Rendimiento:**

Nº total de pastillas mecanizadas = **67.393 pastillas**

Tiempo de Operación = **3.295 minutos**

Velocidad máxima de producción = **0,54 pastillas/segundo**

$$\text{Rendimiento} = \frac{67393}{(3295 \times 60) \times 0,54} = 0,631$$

- **Calidad:**

Nº total de mecanizadas = **67.393 pastillas**

Nº total de pastillas rechazadas = **360 pastillas**

$$\text{Calidad} = \frac{67393 - 360}{67393} = 0,994$$

Una vez determinados los 3 factores, se multiplican y se obtiene el OEE semanal de la multi-estación de rectificado ERLMANN 2.

$$OEE = 0,457 \times 0,631 \times 0,994 = 0,287$$

Se calcula el OEE de otro modo, para comprobar de que el resultado es el correcto.

Capacidad de producción ideal semanal =  $0.54 \times 3600 \times 24 \times 5 = 233.280$  pastillas

$$OEE = \frac{67393 - 356}{233280} = 0,287$$

Por lo que se puede concluir que el **OEE de la ERLMANN 2 es del 28,7%**.

#### 4.1.3 OEE PRENSAS FLEXMATIC

Se ha evaluado el **OEE de las células de prensado FLEXMATIC E-16 y E-17** desde el **7 al 11 de marzo**.

Se sabe que la capacidad máxima de trabajo de las estaciones es de **1 pastilla cada 7 segundos**, desde que entra hasta que sale prensada de la célula. Se ha estudiado cada estación por separado.

- **E-16**

A continuación, se adjunta una tabla de la información recabada en los partes de trabajo de cada turno de esa semana, y agrupados en días.

Día	Nº pastillas al día (pastillas)	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas (pastillas)
07/03/2022	5.950	340	5
08/03/2022	5.383	250	12
09/03/2022	4.494	398	39
10/03/2022	3.500	585	16
11/03/2022	4.254	687	4
<b>Total</b>	<b>23.581</b>	<b>2.260</b>	<b>76</b>

Tabla 4. Datos E-16. Fuente: Elaboración propia

Después de recabar la información necesaria se realiza el cálculo de cada factor y el OEE global.



- **Disponibilidad**

Tiempo planificado de producción = **7200 minutos**

Paradas = **2.260 minutos**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7200 - 2260}{7200} = 0,686$$

- **Rendimiento**

Nº total de pastillas mecanizadas = **23.581 pastillas**

Tiempo de Operación = **4.940 minutos**

Velocidad máxima de producción = **1 pastilla cada 7 segundos**

$$\text{Rendimiento} = \frac{23581}{(4940 \times 60) \times (1/7)} = 0,556$$

- **Calidad**

Nº total de mecanizadas = 58.854 pastillas

Nº total de pastillas rechazadas = 356 pastillas

$$\text{Calidad} = \frac{23581 - 76}{23581} = 0,996$$

Una vez determinados los 3 factores, se multiplican y se obtiene el OEE semanal de la célula de fabricación E-16.

$$\text{OEE} = 0,686 \times 0,556 \times 0,996 = 0,38$$

Se calcula el OEE de otro modo, para comprobar de que el resultado es el correcto.

Capacidad de producción ideal semanal =  $(1/7) \times 60 \times 7200 = 61.715$  pastillas /semana

$$\text{OEE} = \frac{23581 - 76}{61715} = 0,38$$

Por lo que se puede concluir que el **OEE de la célula FLEXMATIC E-16 es del 38%**.

- **E-17**

A continuación, se adjunta una tabla de la información recabada en los partes de trabajo de cada turno de esa semana, y agrupados en días.

Día	Nº pastillas al día (pastillas)	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas (pastillas)
07/03/2022	6.917	180	0
08/03/2022	7.500	265	9
09/03/2022	6.547	319	24
10/03/2022	4.950	635	13
11/03/2022	4.750	739	6
<b>Total</b>	<b>30.664</b>	<b>2.138</b>	<b>52</b>

Tabla 5. Datos E-17. Fuente: Elaboración propia

Después de recabar la información necesaria se realiza el cálculo de cada factor y el OEE global.

- **Disponibilidad**

Tiempo planificado de producción = **7200 minutos**

Paradas = **2.138 minutos**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7200 - 2138}{7200} = 0,703$$

- **Rendimiento**

Nº total de pastillas mecanizadas = **30.664 pastillas**

Tiempo de Operación = **5.062 minutos**

Velocidad máxima de producción = **1 pastilla cada 7 segundos**

$$\text{Rendimiento} = \frac{30664}{(5062 \times 60) \times (1/7)} = 0,706$$

- **Calidad**

Nº total de pastillas prensadas = 30.664 pastillas

Nº total de pastillas rechazadas = 52 pastillas

$$\text{Calidad} = \frac{30664 - 52}{30664} = 0,998$$

Una vez determinados los 3 factores, se multiplican y se obtiene el OEE semanal del de la célula de fabricación E-17.

$$\text{OEE} = 0,703 \times 0,6706 \times 0,998 = 0,496$$

Se calcula el OEE de otro modo, para comprobar de que el resultado es el correcto.

Capacidad de producción ideal semanal =  $(1/7) \times 60 \times 7200 = 61.715$  pastillas /semana

$$OEE = \frac{30664 - 52}{61715} = 0,496$$

Por lo que se puede concluir que el **OEE de la célula FLEXMATIC E-17 es del 49,6%**.

## 4.2 ELECCIÓN DE LA SECCIÓN A ACTUAR

A continuación, se adjuntan los **datos en tablas de cada máquina analizada** durante las 8 semanas, determinando el número de pastillas fabricadas, rechazadas, minutos de paradas de producción, ratios de disponibilidad, rendimiento y calidad, el OEE de cada semana, y por último el **OEE global** de las 8 semanas analizadas.

- **LODIGE 600 B-16**

	Nº Kg al día LÖDIGE 300 B-16 (Kg)	Tiempo paradas (min)	Nº Kg rechazados (Kg)	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Semana 1	31.680	521	340	92,76	98,56	98,93	90,45
Semana 2	24.750	1.102	0	84,69	84,34	100,00	71,43
Semana 3	31.680	592	0	91,78	99,62	100,00	91,43
Semana 4	29.040	480	0	93,33	89,80	100,00	83,81
Semana 5	28.710	18	0	99,75	83,06	100,00	82,85
Semana 6	18.480	465	0	89,24	99,61	100,00	88,89
Semana 7	22.770	464	0	91,94	89,34	100,00	82,14
Semana 8	32.670	463	0	93,57	100,77	100,00	94,29
<b>TOTAL</b>	<b>219.780</b>	<b>4105</b>	<b>340</b>	<b>92,30</b>	<b>92,87</b>	<b>99,85</b>	<b>85,59</b>

Tabla 6.OEE LÖDIGE 300 B-16. Fuente: Elaboración propia

- **ERLMANN 1**

	Nº Pastillas semanales	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Semana 1	63.222	3.352	360	53,44	50,71	99,43	26,94
Semana 2	69.032	3.578	1.195	50,31	58,82	98,27	29,08
Semana 3	77.056	3.548	528	50,72	65,12	99,31	32,80
Semana 4	0	7.200	0	0,00	0	0	0
Semana 5	25.623	5.571	275	22,63	48,55	98,93	10,87
Semana 6	36.304	2.672	50	38,15	67,99	99,86	25,90
Semana 7	48.395	2.285	163	60,33	42,98	99,66	25,84
Semana 8	60.223	3.263	142	54,68	47,21	99,76	25,75
<b>TOTAL</b>	<b>379.855</b>	<b>31.469</b>	<b>2.713</b>	<b>40,94</b>	<b>53,75</b>	<b>99,29</b>	<b>21,85</b>

Tabla 7. OEE ERLMAN 1. Fuente: Elaboración propia

- **ERLMANN 2**

	Nº Pastillas semanales	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Semana 1	67.393	3.905	360	45,76	63,13	99,47	28,74
Semana 2	63.949	4.105	1.200	42,99	63,77	98,12	26,90
Semana 3	53.241	3.344	524	53,56	42,62	99,02	22,60
Semana 4	79.908	2.754	212	61,75	55,47	99,73	34,16
Semana 5	65.325	3518	275	51,14	54,76	99,58	27,89
Semana 6	36.717	1.994	115	53,84	48,72	99,69	26,15
Semana 7	38.635	3.035	163	47,31	43,76	99,58	20,62
Semana 8	42.629	4710	312	34,58	52,84	99,27	18,14
<b>TOTAL</b>	<b>447.797</b>	<b>27.365</b>	<b>3.161</b>	<b>48,64</b>	<b>53,33</b>	<b>99,29</b>	<b>25,76</b>

Tabla 8. OEE ERLMAN 2. Fuente: Elaboración propia

• E-16

	Nº Pastillas semanales	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Semana 1	23.581	2.260	76	68,61	55,69	99,68	38,09
Semana 2	28.931	2.140	55	70,28	66,71	99,81	46,79
Semana 3	25.683	1.810	53	74,86	55,59	99,79	41,53
Semana 4	33.097	1.250	79	82,64	64,90	99,76	53,50
Semana 5	26.793	1.902	65	73,58	59,00	99,76	43,31
Semana 6	13.517	1.620	123	62,50	58,41	99,09	36,17
Semana 7	26.551	605	44	89,50	60,09	99,83	53,69
Semana 8	38.163	403	104	94,40	65,50	99,73	61,67
<b>TOTAL</b>	<b>216.316</b>	<b>11.990</b>	<b>599</b>	<b>77,50</b>	<b>61,12</b>	<b>99,72</b>	<b>47,24</b>

Tabla 9. OEE E-16. Fuente: Elaboración propia

• E-17

	Nº Pastillas semanales	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Semana 1	30.664	2.138	52	70,31	70,67	99,83	49,60
Semana 2	29.391	1.679	144	76,68	62,11	99,51	47,39
Semana 3	27816	1.565	56	78,26	57,59	99,80	44,98
Semana 4	31.972	1.360	75	81,11	63,87	99,77	51,69
Semana 5	36.253	1.210	99	83,19	70,61	99,73	58,58
Semana 6	17.069	1.110	42	74,31	62,04	99,75	45,99
Semana 7	25.902	625	89	89,15	58,85	99,66	52,29
Semana 8	33.208	780	95	89,17	60,35	99,71	53,66
<b>TOTAL</b>	<b>232.275</b>	<b>10.467</b>	<b>652</b>	<b>80,35</b>	<b>63,30</b>	<b>99,72</b>	<b>50,72</b>

Tabla 10. OEE E-16. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjunta una gráfica donde se comparan el OEE de todas las máquinas analizadas desde el 7 de marzo hasta el 29 de abril.

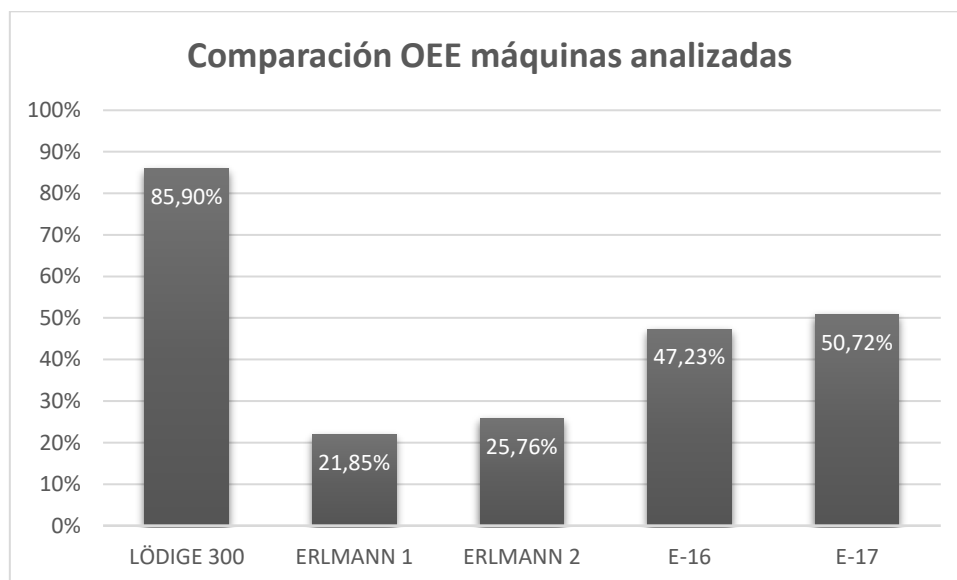


Gráfico 1. OEE máquinas analizadas. Fuente: Elaboración propia

### 4.3 ANÁLISIS DE LA SECCIÓN A ACTUAR

Tras el estudio llevado a cabo de diferentes máquinas del sistema productivo de ICER Brakes S.A., se ha concluido que la sección sobre la que se llevarán a cabo las mejoras será sobre la **sección de mecanizado**, en concreto en las **estaciones ERLMANN 1 y 2**. Ambas estaciones son idénticas, por lo que compartirán el análisis y descripción tanto de su **funcionamiento** y **metodología de trabajo**, así como las futuras mejoras propuestas.

#### 4.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL ERLMANN

“ERLMANN Pad-Grinding-Line” se trata de una **máquina para rectificar y mecanizar el material de fricción de las pastillas de freno de disco**, donde el tamaño y calidad de las pastillas deben de estar dentro de las especificaciones de la máquina, así como el material de la placa soporte que debe de ser de acero. A continuación, se adjunta una imagen en 3D del esquema de la máquina. Para el Lay-Out completo, ver **Anexo 2**, tener en cuenta que las imágenes no están escaladas, se adjunta para tener una noción general de las dimensiones de la máquina.

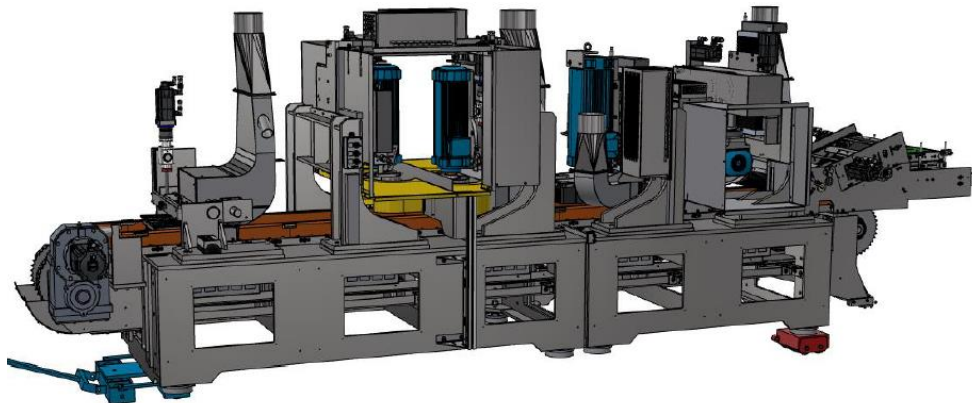


Ilustración 74. Imagen ERLMANN 3D. Fuente: ICER Brakes S.A.

Las **pastillas de freno se sujetan sobre carros flexibles especiales** que alimentan continuamente las diferentes estaciones de la **máquina**, la cual tiene un **diseño modular**. Los carros se dividen en dos partes, el chasis y la unidad de agarre.

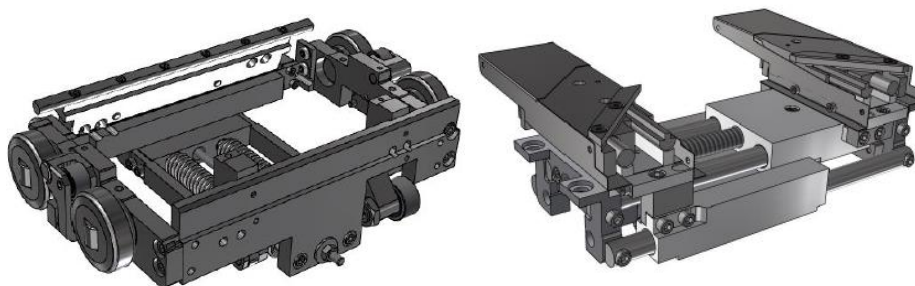
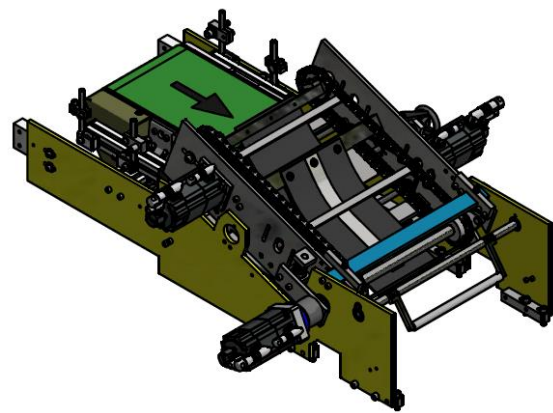


Ilustración 75. Chasis y Unidad de agarre de carro de ERLMANN 3D. Fuente: ICER Brakes S.A

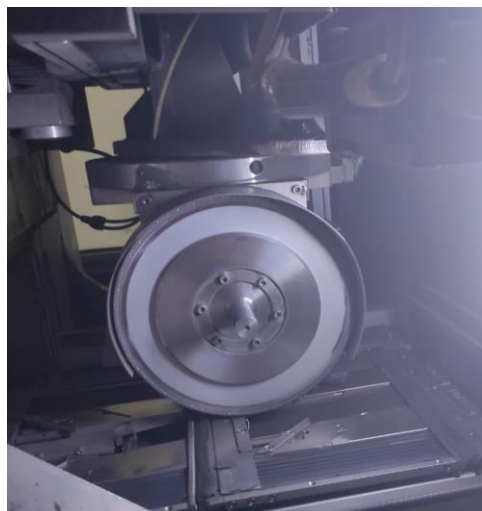
A continuación, se describen todas las **estaciones de la ERLMANN**:

- **Unidad de alimentación:** Está constituida por una **cinta transportadora**, donde la **inclinación** y anchura de la misma **debe adaptarse a las pastillas de freno**. Las **pastillas** se colocan de **forma vertical** y son **alimentadas individualmente** hasta la cinta interna, a una velocidad de **1,5 segundos** para pastillas de hasta **170 mm de longitud** y **2,3 segundos** para pastillas de hasta **250 mm de longitud**, por lo que el **tiempo de ciclo de la máquina dependerá directamente del tamaño de la pastilla**. Las pastillas posteriormente se alinean, y se introducen de forma **síncrona** en el carro donde se sujetan a través de un sistema de carga con barra empujadora.



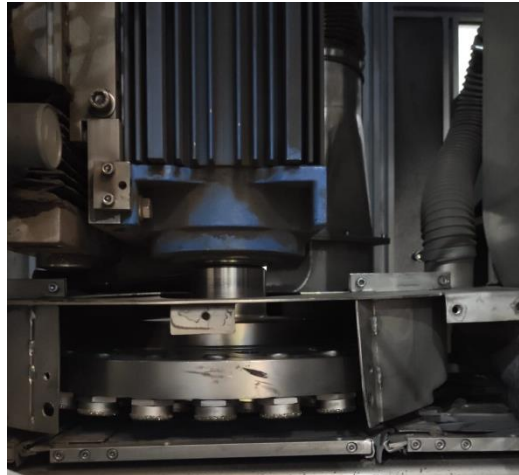
*Ilustración 76. Unidad de alimentación y sistema de carga en carros. Fuente: Elaboración propia*

- **Estación de ranuras rectas/catas o multicatas:** El principal **objetivo** de esta estación consiste en la **realización de catas o multicatas**, si las pastillas de freno lo requieren. Tanto la posición lateral de la muela como la altura de la muela se establece a partir de un servomotor.



*Ilustración 77. Estación de catas. Fuente: Elaboración propia*

- **Estación de rectificado plano:** Las pastillas son rectificadas paralelamente al soporte de la pastilla de acuerdo a su **espesor nominal** especificado en la **ficha técnica**. El rectificado se lleva a cabo a través de una muela con setas de rectificado con un eje vertical de rotación. El desgaste puede ser fino o grueso, en función de las setas, y lo que requiera la pastilla.



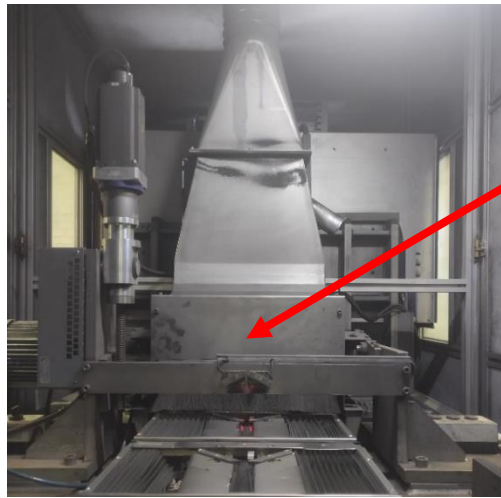
*Ilustración 78. Estación de rectificado plano. Fuente: Elaboración propia*

- **Estación de rectificado de chaflanes:** El principal **objetivo** de la estación es la **realización de chaflanes, pudiendo ser tanto rectos como oblicuos**, los cuales dependerán de las herramientas utilizadas. El accionamiento del rectificado de chaflán se lleva a cabo gracias a un servomotor. Para chaflanes inclinados, con el objetivo de obtener cualquier tipo de inclinación, se utilizan muelas de rectificado a 45º, y a través del servomotor se modifica la orientación de la misma para poder realizar chaflanes a cualquier inclinación, excepto los rectos, donde es necesario una muela específica.



*Ilustración 79. Estación de chaflanes. Fuente: Elaboración propia*

- **Estación de limpieza:** Con un cepillo giratorio se **limpia la superficie del material de fricción de las pastillas** y el **polvo acumulado en los carros** se elimina mediante aire a presión. La altura del cepillo, se ajusta a través de un servomotor.



Cepillo de rodillo  
 en el interior

Ilustración 80. Estación de limpieza. Fuente: Elaboración propia

A la salida de la estación de limpieza, a través de un **sensor se mide el espesor de las pastillas**, donde las que no cumple con las cotas de espesor especificadas en la ficha técnica son extraídas y desechadas, y las que sí cumplen, salen a través de una cinta transportadora, la cual conecta con el resto de la línea, con las secciones de escorchado-limpieza-pintura.



Ilustración 81. Sensor de medida de espesor. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 82. Salida ERLMANN. Fuente: Elaboración propia.



El **enclaustramiento** cerrado **reduce** tanto la **contaminación acústica**, como de **polvo** para el **operador** y el **medio ambiente**. Además, cada estación posee un **sistema de filtros y aspiración** para **evitar que se acumule el polvo de fricción en los carros**, pudiendo llegar a generar problemas en los mismos si existiera ese polvo.

#### 4.3.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO ACTUAL EN ERLMANN

El presente apartado describe la **metodología de trabajo actual** que llevan a cabo los operarios y operarias en las estaciones de mecanizado ERLMANN.

Inicialmente, si la máquina no está encendida, el operario debe de ponerla en marcha de acuerdo a la **metodología descrita en la instrucción de trabajo** correspondiente a las estaciones de mecanizado ERLMANN.

**La máquina debe de estar abastecida continuamente de pastillas de freno**, para ello, el **coordinador o coordinadora de la zona de mecanizado** debe de llevar **desde** la zona de **hornos hasta las estaciones ERLMANN** con una transpaleta eléctrica las bandejas de pastillas que se van a mecanizar.



*Ilustración 83. Puesto de trabajo del operario. Fuente: Elaboración propia*

Una vez el coordinador o coordinadora de mecanizado haya depositado las bandejas de pastillas sobre los elevadores, los cuales los operarios se sirven de ellos para poder coger las bandejas de pastillas con facilidad, comienza el trabajo de producción.

Todas las pastillas van acompañadas de una **hoja de ruta** con su **orden de fabricación** correspondiente, donde se indica cuántas pastillas se van a fabricar y por qué máquinas del sistema productivo pasan. Conforme las pastillas son procesadas en cada una de las secciones, los operarios y operarias indican por qué máquinas han pasado las pastillas. Además, la hoja de ruta contiene un **código de barras**, donde en el presente caso, **el operario u operaria de ERLMANN lee con un escáner**, generando que las **características fundamentales de las pastillas**

se carguen en el sistema operativo de la máquina, y esta, ajuste sus parámetros para poder llevar a cabo las operaciones de rectificado y mecanizado de acuerdo con la ficha técnica de la pastilla.

Cada vez que se cargue una orden nueva en la estación, el operario u operaria previamente **comprueba** en una unidad de agarre de un **carro externo** que la **pastilla es apta para ser mecanizada** en la estación ERLMANN, ya que, **en función de su geometría, tamaño, presencia de tetones u orejetas no se puede mecanizar de forma óptima**. Una vez se ha verificado que la pastilla se puede mecanizar en la estación, el operario lanza una pastilla para que la mecanice, y posteriormente **comprueba** con un **pie de rey** las cotas del **espesor, chaflanes y paralelismo**, para asegurarse de que los parámetros de la máquina son los correctos. En el caso de que alguna de las cotas se encuentre fuera del rango de tolerancias, el operario u operaria modifica los parámetros correspondientes de ERLMANN en la pantalla en la que trabaja, y vuelve a lanzar otra pastilla para mecanizar y comprobar sus parámetros. **El proceso se repite hasta que se consiguen las cotas deseadas en la pastilla**. A continuación, se adjunta imagen de la pantalla táctil de trabajo del operario en la multiestación ERLMANN:

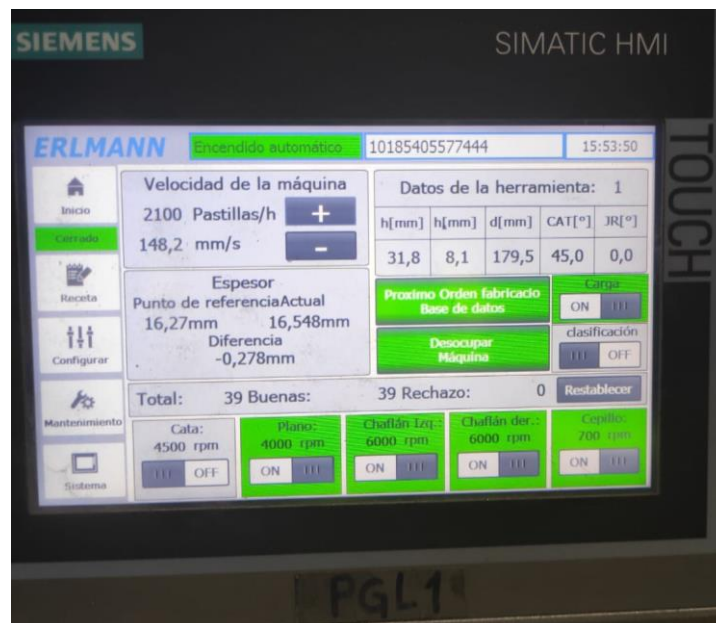


Ilustración 84. Display ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Tras **obtener los parámetros de la pastilla** de acuerdo a su **ficha técnica**, se lleva a cabo el **lanzamiento de 40 pastillas de la primera referencia de cada turno**, para **comprobar** que los **40 carros de ERLMANN** se encuentran en **buen estado, y son aptos para mecanizar esa referencia**. Esto no debería de llevarse a cabo de forma ideal, sin embargo, debido a la compleja

mecánica de ERLMANN y que **cualquier mínima desviación en los carros producen fallos sobre el mecanizado de las pastillas**, actualmente es necesario. Una vez se introducen las 40 pastillas (marcadas con rotulador indeleble para saber a qué carro corresponde cada una) y **son mecanizadas**, el **operario** debe de llamar a un **inspector de calidad** para **comprobar los parámetros de las pastillas**. El inspector de calidad mide con un pie de rey las cotas de los chaflanes, así como la medición del espesor en 4 puntos para comprobar el paralelismo de la pastilla. Si las cotas de espesor de los 4 puntos difieren más de 0,2 mm entre ellas se anula el carro por error de paralelismo. Con respecto a los chaflanes, se anulan cuando difieren en 1,5 mm la longitud del chaflán con respecto a la ficha técnica. Finalmente, los carros se pueden anular tanto por problemas mecánicos de los mismos, o también por desviaciones del espesor de la pastilla respecto al nominal, en el presente caso con una diferencia mayor que 0,2 mm.

**Tras verificar y comprobar qué carros han mecanizado de forma correcta las pastillas de esa referencia, siempre habiendo anulado menos de 20 carros, la producción se inicia, de lo contrario, si se anulan más de 20 se cambia de referencia y se vuelve a repetir todo el proceso.** El operario a través del elevador, saca las bandejas de pastillas, e introduce las pastillas de freno de forma manual en el alimentador de ERLMANN. En ese momento las pastillas entran de forma individual al sistema de carga de ERLMANN, donde cada pastilla se ajusta y sujeta por un carro de los no anulados. La pastilla es procesada por cada una de las estaciones requeridas, lo cual dependerá de la información cargada en la máquina a través de la lectura del código de barras de la hoja de ruta.

Al mismo tiempo que el alimentador se vacía, el operario debe de preparar la siguiente bandeja de pastillas para introducir en el sistema de alimentación de ERLMANN.

**Cada vez que se produce un fallo en ERLMANN, esta debe de vaciarse por completo de pastillas**, donde el operario u operaria debe recogerlas a la salida, además de las que se encuentran en la parte del sistema de alimentación del interior de ERLMANN de forma manual. El proceso anterior requiere de **por lo menos 2 minutos cada vez que se produzca un error**. En el apartado siguiente se describen y detallan los errores más frecuentes que tienen lugar en la máquina.

**A lo largo del turno, el operario de la ERLMANN rellena un parte de producción**, donde se especifica la **fecha, turno, horario, máquina, nº y nombre de operario, el jefe de equipo** (persona encargada de la zona de esa zona de producción) de ese turno, las **operaciones realizadas** por el operario, **incidencias en la máquina, cambios de referencia y la producción de pastillas de freno para cada orden de fabricación, y la total del turno**. En todas ellas se define el intervalo de tiempo que dura cada operación. Además, en el parte de producción se lleva un

**registro de las pastillas desechadas** por los diferentes fallos de **calidad**, así como una **medición en 4 puntos de cada 3 pastillas por cada orden de fabricación**. En el **ANEXO 3** se encuentra un ejemplo de un parte de producción rellenado a lo largo del turno.

La **limpieza** del puesto de trabajo, actualmente se realiza durante el turno **cuando el operario considera oportuno**, bien al principio, a mitad de turno, o al final del mismo.

El **operario dispone 25 minutos** en total para el **tiempo de descanso**, debido a que 15 son para el almuerzo y 10 para asearse antes por el problema del formaldehído. Además, **los operarios y operarias deben de abandonar** el puesto de trabajo **10 minutos antes** por cuestiones legislativas debido al **formaldehído**.

#### **4.3.3 SITUACIÓN ACTUAL ERLMANN**

Una vez definido tanto el funcionamiento de la rectificadora multiestación ERLMANN y la metodología de trabajo que se sigue actualmente, a continuación, se describe su **situación actual**, donde se proporciona **información** más detallada acerca de las **pérdidas en disponibilidad y rendimiento** que se han analizado en el apartado 4.1.2 “OEE ESTACIONES DE MECANIZADO” , los **problemas más comunes** que surgen en el día a día, **ineficiencias** de la máquina ERLMANN, así como las **mejoras para obtener información que se están llevando a cabo actualmente**.

El OEE obtenido de cada multiestación de rectificado **ERLMANN 1 y 2**, ha sido del **21,85% y 25,76%** respectivamente, por lo que se ha decidido **centrar el proyecto en la máquina ERLMANN 1**, debido a su OEE menor. **Aunque al tratarse exactamente de la misma multiestación**, y que comparten por igual los tipos de fallos, **las mejoras propuestas para ERLMANN 1, también servirán para ERLMANN 2**.

Actualmente, la empresa para poder **visualizar de forma más clara y sencilla la producción y las pérdidas** que se producen en las máquinas, ha desarrollado el programa “**OEE\_ERLMANN**” el cual está **ligado a un documento Excel**, y donde al introducir los datos de los partes de producción en el programa, el documento Excel proporciona directamente una serie de información de vital importancia para la empresa, como la **evolución del OEE** de cada día de la semana, los diferentes **tipos de parada registrados**, la **evolución semanal del rechazo** de pastillas en función del **tipo de fallo** etc. Gracias a esta información, la empresa puede **tomar decisiones** concretas para tratar de solucionar los numerosos problemas que están teniendo lugar actualmente en las multiestaciones de rectificado ERLMANN.

Previamente a adjuntar imágenes tanto del programa de registro de los partes de producción como del Excel asociado, se definirán los **tipos de pérdidas de tiempo** más comunes,

así como los diferentes **motivos de calidad** por los cuales las **pastillas pueden ser rechazadas** en ERLMANN.

- **Paradas**

- [A] **Limpieza:** Limpieza de cada una de las estaciones de ERLMANN como del puesto de trabajo del operario.
- [B] **Medición 40 Pastillas:** Comprobación del buen funcionamiento de los carros.
- [C] **Cambio muela chaflán:** Cambio de muela de chaflán de 45º a 90º o viceversa.
- [D] **Cambio disco cata:** Cambio de disco de cata a multicata o viceversa.
- [E] **Cambio de referencia**
- [F] **Protección interruptor descarga:** La pastilla entra mal al carro debido a que su espesor es demasiado grande.
- [G] **Actuador ajuste lateral:** Mal ajuste de la pastilla en la cinta del cargador.
- [H] **Actuador ajuste altura:** La muela de rectificado genera algún error al posicionarse.
- [I] **Diferencia pastillas:** El número de pastillas que entran es superior al que sale, ya que alguna pastilla se queda en el interior de ERLMANN.
- [J] **Correa de descarga:** Acumulación de pastillas desechadas en el suelo, generando riesgo de que golpeen con los carros.
- [K] **Protección interruptor descarga:** Riesgo de deterioro del cargador al no soltarse la pastilla del carro al final de ERLMANN.
- [L] **Cambio de muelas:** Cambio de muelas de rectificado, generalmente por desgaste o deterioro.
- [M] **Parada de Calidad:** Los inspectores de calidad deciden parar la máquina por fallos en la calidad de las pastillas.
- [N] **Descanso:** Descanso de 25 minutos de los trabajadores por turno.
- [O] **Falta de personal**
- [P] **Falta de material:** Falta de abastecimiento de pastillas a ERLMANN por parte del coordinador de mecanizado.
- [Q] **Averías y Otros:** Averías fundamentalmente, o paradas por parte de ingeniería.

- **Fallos de calidad**

- **FML/FMA:** Falta de material en alguno de los laterales de la pastilla de freno, o agujeros traseros del soporte.
- **Grietas:** Grietas en la superficie de la pastilla.
- **Cata:** Cata desplazada o inclinada.

- **Chaflán:** Dimensiones del chaflán no correspondientes con la ficha técnica.
- **Espesor:** Espesor fuera de especificación.
- **Planitud:** Paralelismo fuera de especificación.
- **Prensado NOK:** Mal prensado de la pastilla.

A continuación, se adjuntan imágenes del programa “OEE\_ERLMANN” y algunas imágenes como ejemplo del tipo de información que proporciona el documento Excel.

The screenshot shows the OEE\_ERLMANN software interface. On the left, there's a 'Datos Puesto' section with date selection (jueves, 24 de marzo de 2022), week (12), month (3), and shift (T) information. The 'Cambio de referencia' section has three steps: 1. Seleccionar la línea, 2. Introducir la nueva referencia, and 3. Pulsar en el botón [CAMBIAR]. A 'CAMBIAR' button is visible. On the right, a 'TIEMPO DE ESPERA' table lists actions with their start and end times and durations.

ACCION	HORA INICIO	HORA FIN	MINUTOS
DIFERENCIA PASTILLAS E/S (I)	24/03/2022 17:10	24/03/2022 17:13	3
PROTECCION INTERRUPTOR DESCARGA (K)	24/03/2022 17:15	24/03/2022 17:23	8
ESPESOR MAYOR (F)	24/03/2022 17:47	24/03/2022 17:49	2
CAMBIO REFERENCIA (E)	24/03/2022 17:55	24/03/2022 18:00	5

ESTACION	ORDEN	TIEMPO PRODUCCION	PIEZAS PRODUCIDAS OK	FML/FMA	FUS	GRIETAS	CATA	CHAFLAN	ESPESOR	PLANITUD	PRENSADO NOK	MECANIZADO	OTROS	CAMBIO REFERENCIA (E)	LIMPIEZA (A)	MEDICION 40 P (B)	CAMBIO MUELA CHAFLAN (C)	CAMBIO DISCO CATA (D)	ACTUADOR AJUSTE LATERAL (G)	ESPESOR MAYOR (F)
1	A22003983	45	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
1	A22003983	35	783	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
1	A22003983	42	735	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2
1	A22003983	37	600	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	6	25	23	0	0	0	0
1	A22003983	26	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
1	A22003983	40	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
1	A22003983	28	428	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
1	A22003983	25	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ilustración 85. Programa OEE\_ERLMANN. Fuente: Programa OEE\_ERLMANN

PRODUCCION						
	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK
24/03/2022	N		M		T	
1	4383	13	7142	1	4742	11
TOTAL	4383	13	7142	1	4742	11

Tabla 11. Datos producción 24/03/2022. Fuente: EXCEL ERLMANN

PARADAS						
	N	M	T	TT	C	
24/03/2022	N		M		T	
1	140	152	167			
TOTAL	140	152	167	0	0	
ACTUADOR AJUSTE ALTURA (H)	0	0	0	0	0	
ACTUADOR AJUSTE LATERAL (G)	0	0	0	0	0	
CALIDAD (M)	0	0	0	0	0	
CAMBIO DE MUELAS (L)	0	0	0	0	0	
CAMBIO DISCO CATA (D)	0	0	0	0	0	
CAMBIO MUELA CHAFLAN (C)	0	0	0	0	0	
CAMBIO REFERENCIA (E)	38	39	41	118	19	
CORREA DE DESCARGA (J)	0	0	0	0	0	
DESCANSO (N)	0	0	0	0	3	
DIFERENCIA PASTILLAS E/S (I)	0	0	3	3	1	
ESPESOR MAYOR (F)	16	2	7	25	6	
FALTA MATERIAL (P)	0	0	0	0	0	
FALTA PERSONAL (O)	8	20	7	35	3	
LIMPIEZA (A)	35	38	25	98	3	
MEDICION 40 P (B)	40	47	23	110	3	
OTROS (Q)	0	6	53	59	3	
PROTECCION INTERRUPTOR DESCARGA (K)	3	0	8	11	2	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	

Tabla 12. Datos paradas 24/03/2022. Fuente: EXCEL ERLMANN

RECHAZO DIARIO

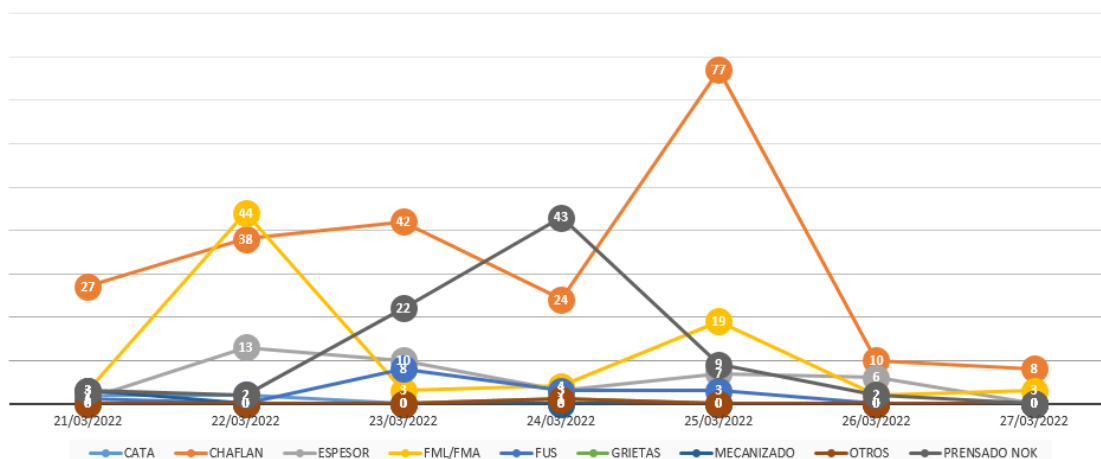


Gráfico 2. Datos rechazo diario desde 21/03/2022 hasta el 27/03/2022 ELMANN 1. Fuente: EXCEL ERLMANN

Tras el estudio llevado a cabo a lo largo de las 8 semanas, y mediante la determinación del OEE, se ha observado que las **pérdidas** más importantes han sido por **disponibilidad 40,94%** y **rendimiento 53,75%**.

Con respecto a las **pérdidas por disponibilidad**, se ha llevado a cabo un registro de los minutos de los diferentes tipos de paradas a lo largo del tiempo, el cual se adjunta a continuación.

PARADAS ERLMANN 1	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	TOTAL TIPO DE PARADA
Nº DE CAMIOS DE REFERENCIA	73	98	96	0	33	39	69	94	502
[E] CAMBIO REFERENCIA (min)	498	663	688	0	271	251	553	757	3681
[A] LIMPIEZA (min)	445	469	479	0	226	225	275	340	2459
[B] MEDICIÓN 40P (min)	402	643	569	0	415	317	279	469	3094
[C] CAMBIO MUELA CHAFLÁN (min)	71	34	10	0	0	16	42	0	173
[D] CAMBIO DISCO CATA (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[F] ESPESOR MAYOR (min)	127	166	245	0	109	165	28	160	1000
[G] ACTUADOR AJUSTE LATERAL (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[H] ACTUADOR AJUSTE ALTURA (min)	119	30	195	0	0	220	45	0	609
[I] DIFERENCIA PASTILLAS (min)	66	34	31	0	23	35	28	66	283
[J] CORREA DE DESCARGA (min)	18	0	0	0	0	3	0	2	23
[K] PROTECCIÓN INTERRUPTOR DESCARGA (min)	18	29	25	0	59	0	29	3	163
[L] CAMBIO DE MUELAS (min)	5	62	0	0	7	0	0	0	74
[M] CALIDAD (min)	0	0	0	0	0	120	15	15	150
[N] DESCANSO (min)	375	375	375	0	375	225	300	375	2400
[O] FALTA DE PERSONAL (min)	60	92	79	0	919	911	453	445	2959
[P] FALTA MATERIAL (min)	501	133	340	0	69	0	8	0	1051
[Q] AVERÍAS Y OTROS (min)	497	698	362	7200	2948	94	110	481	12390
FORMALDEHÍDO (min)	150	150	150	0	150	90	120	150	960
TOTAL PARADAS SEMANALES (min)	3352	3578	3548	7200	5571	2672	2285	3263	

Tabla 13. Paradas ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia

Se observa claramente que las paradas más importantes han sido por **cambio de referencia [E]**, **limpieza [A]**, **medición de 40 pastillas [B]**, **descanso [P]**, **falta de personal [O]** y **[Q] Averías y otros**, los cuales superan todos los 2400 minutos y se ha decidido resaltarlos de color amarillo en la tabla, por lo que habrá que tenerlas en cuenta a la hora de realizar las propuestas

de mejora. En el **ANEXO 4** se encuentran las averías detalladas que han tenido lugar durante las 8 semanas de estudio.

Con respecto a las **pérdidas de rendimiento**, cabe destacar que el **ritmo de trabajo** de ERLMANN cuando se encuentra **operando** es siempre **cercano al máximo**, en torno a un 85-90% sin embargo, **las pérdidas de rendimiento se deben fundamentalmente a la anulación de los carros** (tras la medición de las 40 pastillas) donde se sujetan las pastillas a lo largo de ERLMANN. Los carros se pueden anular por los siguientes motivos durante la medición de las 40 pastillas:

- **Espesor alto o bajo de la pastilla**
- **Mal paralelismo de la pastilla**
- **Chaflán desplazado**
- **Problema mecánico del carro**

En un principio podría pensarse que con un buen mantenimiento de la instalación y de los carros sería suficiente, sin embargo, el **problema de anulación de carros** es mucho más **complejo**, ya **que no depende únicamente del mantenimiento** de los mismos, sino que también **depende de cada referencia a mecanizar**, debido a la **geometría, dimensiones, y la existencia de tetones y orejetas en las pastillas de freno**. Estos parámetros afectan de forma considerable a la anulación de los carros durante la medición de las 40 pastillas, tanto es así que, para dos referencias distintas, un mismo carro puede anularse o no, o se puede anular por diferentes motivos.

	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T																														
	22	27	40	26	23	22	23	23	27	40	27	24	40	40	40	40	28	35	21	24	27	22	27	26	29	25	31	27	21	24																																				
CARRO	19/04/2022	20/04/2022						21/04/2022						22/04/2022						23/04/2022						24/04/2022						25/04/2022						26/04/2022						27/04/2022						28/04/2022						29/04/2022										
1																																																																		

	Alto/Bajo espesor
	Planitud
	Problema mecánico
	Chaflán desplazado

Tabla 14. Registro carros anulados ERLMANN 1. Fuente: Elaboración propia



Actualmente se lleva un registro diario de la anulación de los diferentes carros de cada multiestación ERLMANN a lo largo de cada turno.

Otro problema detectado durante el análisis de las máquinas ERLMANN ha sido el **desorden y desorganización** que les rodea. Actualmente, las estaciones ERLMANN, se encuentran situadas junto al resto de centros de mecanizado de ICER Brakes S.A., y **están diseñadas para operar en continuo**, cada una con su línea correspondiente. Sin embargo, debido a los múltiples problemas que generan, **actualmente no trabajan en continuo con las líneas**, sino que **las pastillas mecanizadas se almacenan en cercos para posteriormente introducir manualmente esas pastillas a las líneas en continuo**.

A continuación, se adjunta imagen del Lay-out de la sección de mecanizado y las líneas de escorchado-limpieza-pintura indicando la localización de las máquinas ERLMANN.

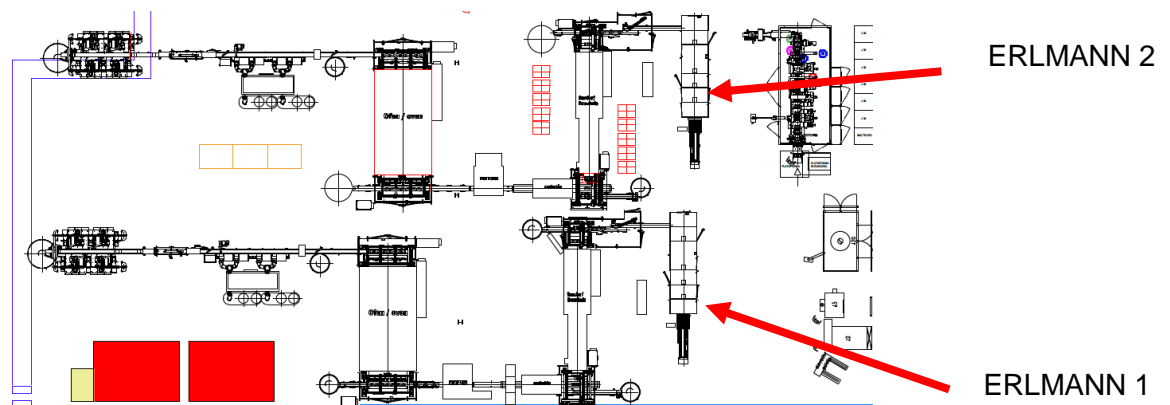


Ilustración 86. Lay-Out Líneas 1 y 2 Fuente: Elaboración propia

Debido a que actualmente la **sección de mecanizado es el cuello de botella de ICER Brakes**, ya que se prensan más pastillas de las que se pueden mecanizar, **fundamentalmente por el problema de las multiestaciones ERLMANN**, existe un **exceso considerable de WIP** en esta zona, como se ha podido comprobar en el VSM actual. Lo que con lleva, a una acumulación de carros de pastilla de freno por toda la sección, generando desorden y desorganización, y dificultando aún más el trabajo del personal de mecanizado.



Ilustración 87. Pastillas acumuladas en la sección de mecanizado Fuente: Elaboración propia

Un aspecto positivo, a parte del registro de datos en el programa OEE\_ERLMANN, y el Excel, es el sistema de **aspiración de polvo de fricción** que poseen todos los centros de mecanizado distribuidos por la fábrica, incluyendo las máquinas ERLMANN. Al mecanizar las pastillas de freno, se desprende material de fricción en forma de polvo, el cual **contamina el ambiente de trabajo tanto interior como exterior a las máquinas ERLMANN**, por lo que, al aspirarlo, **se evita que se deposite sobre los carros** de las pastillas, **reduciendo** así el **riesgo** de que su **funcionamiento no sea óptimo**. Además, este **polvo una vez succionado**, por el sistema de aspiración **es recolectado en el homogeneizador**, el cual **aprovecha el material de fricción desprendido durante el rectificado como futura materia prima para la mezcla de material de fricción**, de tal manera que **es reciclado**, y se **reducen costes**. Un aspecto a tener en cuenta del sistema de aspiración, es que debe realizar una **parada** de entre **10 minutos al turno**. Actualmente se hace cuando el operario se encuentra en su tiempo de descanso.



Ilustración 88. Sistema de aspiración ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

## 5. ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente apartado se realizarán las **propuestas de mejora** para la multiestación de rectificado **ERLMANN 1**. Inicialmente, basándose en la situación actual de ICER Brakes S.A., la obtención de la certificación **IATF 16949**, se realizará el **AMFE** según el **Manual FMEA**, definido por AIAG (Automotive Industry Action Group) y por VDA (Verband Der Automobilindustrie). Además, también se tendrán en cuenta los datos recabados durante el periodo de análisis de las 8 semanas, para realizar **mejoras tanto en la disponibilidad como el rendimiento**, basándose y utilizando los principios y las **herramientas Lean Manufacturing** que se consideren oportunas.

## 5.1 ELABORACIÓN DEL AMFE

A lo largo del proyecto, se ha comentado que el **actual propósito** de ICER Brakes S.A., es la obtención de la **certificación IATF 16949**, con el objetivo de aumentar reconocimiento y ampliar su mercado. Entre uno de los numerosos **requisitos** para poder alcanzarla, **destaca la existencia del AMFE de proceso para cada una de las fases del proceso productivo** que se lleve a cabo en la empresa.

Una de las **mejoras que presenta el proyecto**, es la **revisión y elaboración del AMFE de mecanizado de las multiestación ERLMANN 1**, y su **adecuación al modelo vigente de análisis modal de fallos y efectos establecido en el Manual FMEA**.

Existe una cercana **relación** entre el **AMFE de proceso** con la **mejora continua**, ya que, por ejemplo, cuando se tiene una **reclamación de cliente**, es **necesario revisar este documento**, y tratar de **establecer mejoras** para que **no vuelva a ocurrir** tratar de **anticiparte a posibles futuros fallos en el sistema**. Además, si se quiere **reducir el nivel de defectivo** de la empresa, acción estrechamente relacionada con la mejora continua, es necesario llevar a cabo una **revisión del AMFE** de cada uno de los procesos, y estudiar que procesos generan más rechazo y **establecer acciones de mejora**.

La **revisión y elaboración del presente AMFE de proceso** se ha considerado **trascendente**, por **dos motivos** principalmente. El primer motivo, debido a que **no se había realizado ninguna revisión posterior al AMFE inicial de 2020**, cuando se implantaron las multiestaciones ERLMANN. Además, **muchos de los problemas actuales que se generan e estas máquinas no se tuvieron en cuenta en el AMFE anterior**, por lo que se considera **necesario tomar acciones** para reducir la ocurrencia y detección de los fallos.

El AMFE de proceso de las multiestaciones ERLMANN se encuentra junto a las tablas de valoración de severidad, ocurrencia, detección y prioridad de acción en el **ANEXO 5**, su elaboración ha requerido la formación de un **grupo multidisciplinar**, donde han colaborado personal del **departamento de ingeniería, producción, mantenimiento y calidad**, donde el **responsable de su elaboración ha sido el autor del presente proyecto**. A continuación, se definen sus datos más relevantes.

Se han detectado **34 potenciales modos de fallo**, donde **19** de los modos de fallo tienen una **prioridad de acción baja, (L)**, **9** modos de fallo una **prioridad de acción media (M)**, y los **6** modos de fallo una **prioridad de acción alta (H)**. De los modos de fallo con prioridad de acción media y alta, es destacable que la **mayoría de acciones preventivas y de detección a realizar se repiten simultáneamente**, las cuales son:

- **Aumentar la frecuencia del mantenimiento de los carros. Revisar y estandarizar metodología de mantenimiento de los carros**
- **Listado y validación de las referencias más óptimas para ERLMANN**

Por lo que se considera necesario tenerlas en cuenta a la hora de la elaboración de las propuestas de mejora.

El resto de acciones de mejora pueden ser tomadas en consideración en el capítulo de líneas futuras, como posibles mejoras a adoptar en el futuro.

## 5. 2 HERRAMIENTA 5S

La primera herramienta *Lean Manufacturing* que hay que aplicar es la **herramienta de las 5S**. A continuación, se describe la **metodología de 5S** planteada para **ERLMANN 1**.

- **Seiri (Clasificar)**

Los operarios de la multiestación de rectificado se sirven de un **atril** como apoyo para rellenar los partes de producción y almacenamiento tanto de los objetos personales como de los instrumentos necesarios para llevar a cabo las tareas de producción. Posee dos baldas interiores y un cajón para la documentación escrita. A continuación, se adjunta imagen del atril.



Ilustración 89. Atril ERLMANN Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo esta fase de las 5S, se ha comenzado realizando una **lista de los elementos necesarios** que se deben encontrar en el lugar de trabajo, determinando diferentes características. A continuación, se adjunta la lista.

Nº	Artículo	Cantidad	Utilidad	Frecuencia	Existencia actual
1	Parte de producción	3	Registro	Durante el turno	SI
2	Boli	1	Escribir en papel	Durante el turno	SI
3	Rotulador permanente	1	Escribir en soportes	1 vez al turno	SI
4	Calculadora	1	Sumar total pastillas	1 vez al turno	SI
5	Gancho para bandejas de pastillas	1	Agarrar y acercar las bandejas de pastillas del elevador	Durante el turno	SI
6	Cepillo	1	Limpiar mesa	Durante el turno	SI
7	Escoba	1	Limpiar el suelo	2 veces al turno	SI
8	Recogedor	1	Recoger la basura	2 veces al turno	SI
9	Pie de rey	1	Medir cotas	3 veces para cada referencia	SI
10	Goniómetro	1	Medir ángulo chaflán	3 veces para cada referencia	SI
11	Carro auxiliar ERLMANN	1	Comprobación para poder mecanizar la pastilla	1 vez para cada referencia	SI
12	Caja roja para rechazo	1	Almacenar pastillas NOK	Durante el turno	SI

Tabla 15. Elementos necesarios puesto ERLMANN Fuente: Elaboración propia.

Tras determinar qué elementos se consideran necesarios, se ha llevado a cabo el uso de la **metodología de las tarjetas rojas**, donde se ha identificado en el puesto de trabajo los **elementos que no son considerados necesarios**, bien en el atril del operario o alrededor del puesto de la máquina ERLMANN. Se ha diseñado un modelo de tarjeta roja específica para la sección. A continuación, se adjuntan las imágenes de elementos innecesarios con sus correspondientes tarjetas rojas al lado. En el **ANEXO 6** se encuentran imágenes de las tarjetas rojas por separado, facilitando así su visualización.

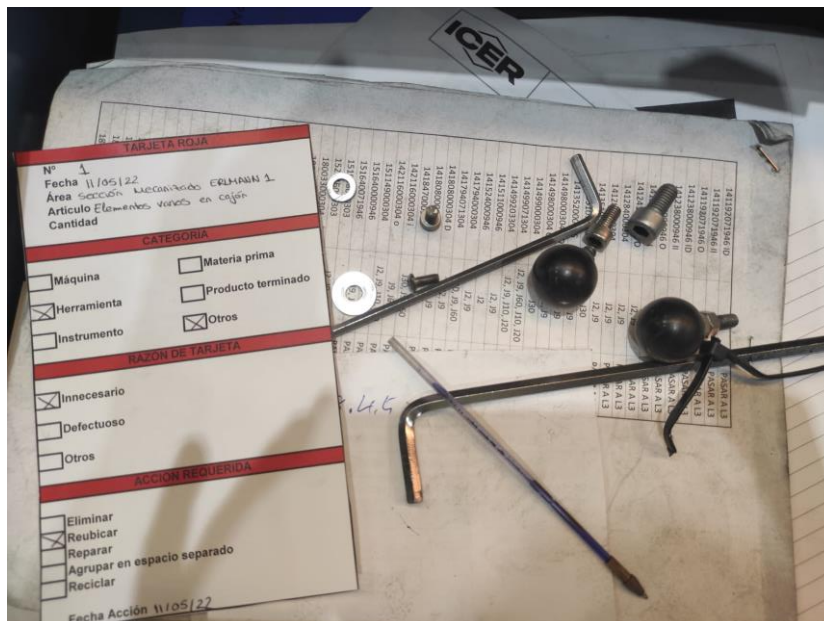


Ilustración 90. Tarjeta roja 1 con elementos varios. Fuente: Elaboración propia.

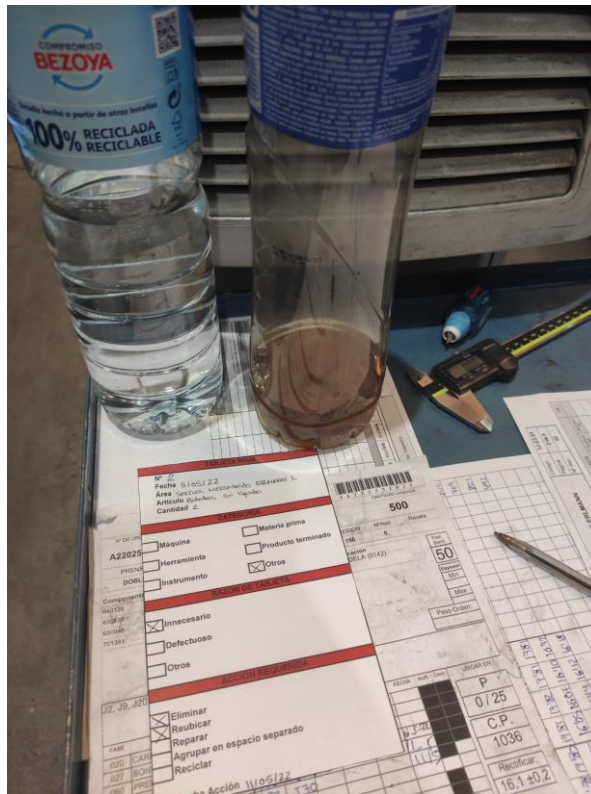


Ilustración 91. arjeta roja 2 con botellas con líquido encima del atril. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 92. Tarjeta roja 3 con martillo y llave Allen e interior del atril. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 93. Tarjeta roja 4 elementos varios en bandeja situada en interior del atril. Fuente: Elaboración propia

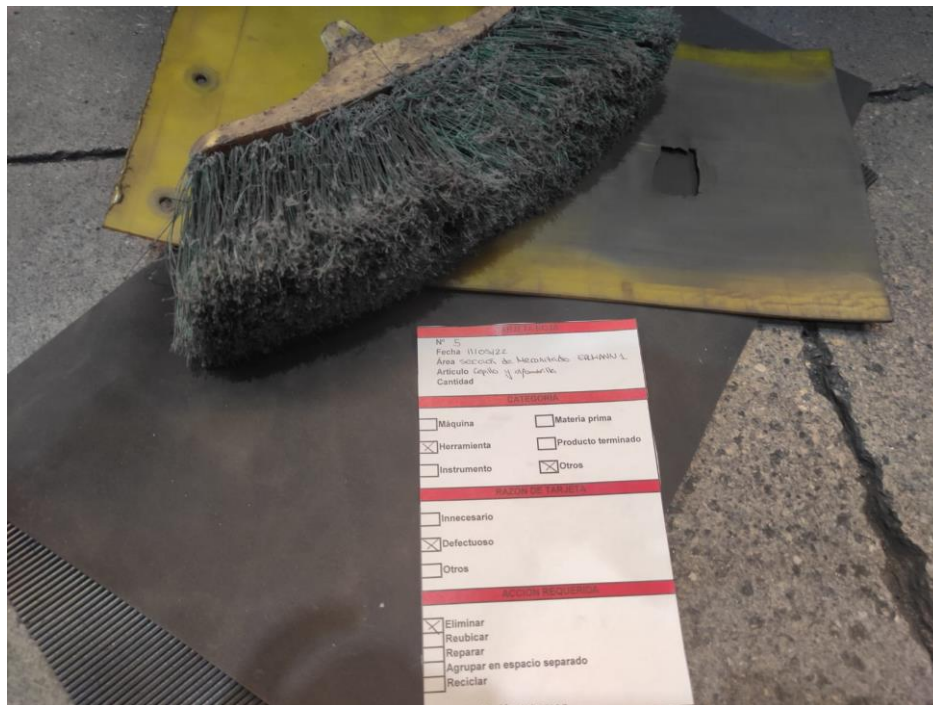


Ilustración 94. Tarjeta roja 5 Cepillo defectuoso y plástico en el interior del atril. Fuente: Elaboración propia

Una vez se han distinguido e identificado los elementos necesarios de los **innecesarios**, es necesario **separar** estos últimos y **decidir qué hacer** con ellos, si reubicarlos, eliminarlos, reciclarlos ...



Ilustración 95. Elementos innecesarios separados. Fuente: Elaboración propia

- **Seiton (Organización)**

Tras haber identificado los elementos necesarios, y separar aquellos que no son de utilidad, es necesario **organizar los útiles del puesto trabajo**. Para ello, la **proximidad al operario con los elementos a utilizar estará directamente relacionada con su frecuencia de uso**, la cual se encuentra en la tabla 15. Además, será necesario una **correcta organización** de todos los **elementos necesarios**, así como la identificación de aquellos elementos que se consideren oportunos.

Se comenzará por la organización de la parte superior del atril, la cual se adjunta una imagen de la situación actual durante el turno de trabajo.

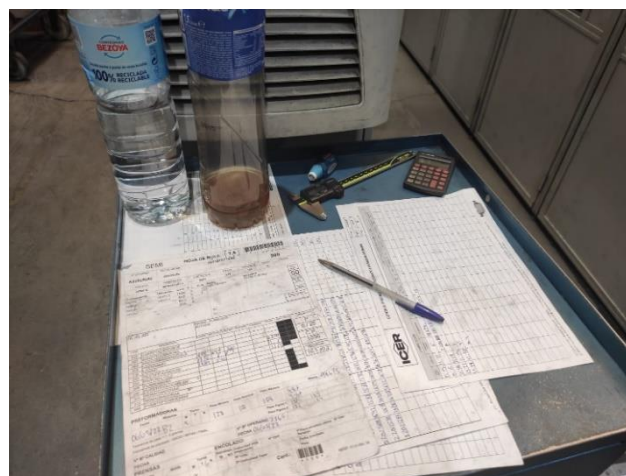


Ilustración 96. Desorden parte superior del atril. Fuente: Elaboración propia



En la imagen anterior se observa como existe un **desorden** generalizado entre todos los elementos utilizados por el operario a lo largo del turno de trabajo, lo que puede ocasionar **pérdidas de tiempo debidos a la búsqueda de los utensilios necesarios**. La organización propuesta es la siguiente.

En la parte **superior del atril**, únicamente deben encontrarse los **partes de trabajo** rellenos por el operario y un **tarro contenedor**, donde se dejen el boli, el rotulador indeleble y tipex. La calculadora es necesaria únicamente al final el turno, para sumar el número de pastillas mecanizadas, por lo que su uso no es muy frecuente, y se guardará en el interior del atril. Se adjunta imagen de la disposición propuesta de la parte superior del atril.



*Ilustración 97. Disposición propuesta de la parte superior del atril. Fuente: Elaboración propia*

En el **interior del atril**, actualmente, también se caracteriza por el desorden, como se puede observar en la siguiente imagen.



*Ilustración 98. Desorden interior atril. Fuente: Elaboración propia*

Con respecto al **cajón de la documentación**, es claro el **desorden** de partes de producción y otro tipo de documentación, por lo que **se propone la existencia de un archivador**, con diferentes carpetas o portafolios, donde almacenar el mismo tipo de documentos en cada uno de ellos por separado, bien sea partes de producción, tipos de paradas en la ERLMANN, lista de referencias validadas etc. De esta manera se acaba de manera sencilla con el desorden de papeles en ese cajón.

Se supone que las baldas están destinadas para el almacenamiento de los enseres personales de los operarios y operarias, bien sea chaquetas, estuches, maletines, botellas de agua etc. Sin embargo, como se observa en la figura 91, es habitual encontrarse con botellas de agua encima del atril, por lo que este tipo de elementos deben de situarse en el interior del atril junto al resto de las pertenencias personales.

Los **instrumentos de medida** que utilizan los operarios durante el turno son el **goniómetro** y el **pie de rey** para la comprobación de diferentes cotas y ángulos de las pastillas de freno. La opción de organización que se baraja consiste en colocar estos elementos en el **lateral dela atril** más próximo al puesto de trabajo del operario. La sujeción de los instrumentos se llevaría a cabo mediante dos salientes dónde se apoyarían cada instrumento. Los salientes serían distintos, en función de las zonas de apoyo y medidas de cada herramienta. Además, para evitar confusiones de dónde colocar cada útil, se colocarían **carteles identificativos** encima de cada uno, "**Pie de rey**" y "**Goniómetro**", así como una silueta externa, que contuviera a los instrumentos una vez colocados. Se adjunta imagen de la posible solución.

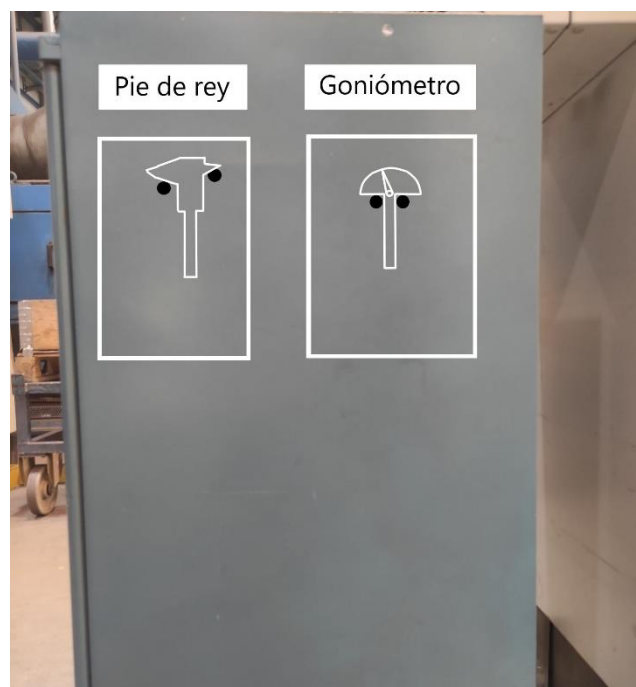


Ilustración 99. Organización pie de rey y goniómetro. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los elementos fuera del atril, como puede ser el **gancho** o el **carro externo** para una primera comprobación aproximada de si la referencia es apta o no para mecanizar en ERLMANN, se deben colocar en el **lateral derecho del puesto del operario**, como en la actualidad, pero se deberían de colocar carteles identificativos como “**Gancho**” o “**Carro auxiliar**” en la posición en la que se guardan.

Finalmente, faltaría la **organización** de los **elementos de limpieza** y la **caja roja de rechazo**. El cepillo debe de colocarse en el lado derecho del puesto de trabajo del operario, para limpiar la mesa de trabajo donde se dejan las pastillas cada vez que esta se ensucia, así como identificarlo con un **cartel de “Cepillo”**. La escoba y el recogedor, los cuales se utilizan para limpiar la suciedad externa que rodea a la máquina, así como el puesto de trabajo del operario, se comparten con otra máquina de mecanizado contigua, y deben de estar perfectamente identificados. La caja roja de rechazo, debe situarse en el suelo, en el lateral derecho de la mesa de trabajo, evitando molestar al operario u operaria.

Aparte de la organización de los instrumentos necesarios para que el operario pueda llevar a cabo las tareas encomendadas, es necesario establecer un **orden** concreto de los **carros de pastillas alrededor de la multiestación de mecanizado**.

Tras la salida de hornos, los carros de pastillas que esperan a ser mecanizadas en esta estación, deben de localizarse en un lateral junto a la máquina, en el presente caso, en el lateral derecho, junto al pasillo donde circulan las transpaletas eléctricas. Se adjunta la disposición propuesta:



Ilustración 100. Organización carros ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Los dos primeros cajones de pastillas, estarán destinados para la introducción de pastillas en la línea 1 en continuo de pintura, y los otros 4 espacios, para las bandejas de pastillas a mecanizar en las máquinas ERLMANN. Todos ellos deben de posicionarse en el interior de las zonas marcadas.

- **Seisou (Limpiar)**

Después de la organización e identificación de los elementos necesarios, es necesario llevar a cabo la tercera “S”, “Seisou”, **realizar la limpieza del puesto de trabajo**. Para ello es necesario **definir** con exactitud qué **tareas de limpieza** son necesarias, y **desarrollar el hábito de limpiar** las instalaciones y utensilios inmediatamente estos se ensucien. Para ello se ha diseñado una **gama de limpieza**, la cual se puede observar en el **ANEXO 7**, específica para la multiestación ERLMANN, donde se define **paso a paso las operaciones a realizar para la limpieza del interior de la máquina**.

Con el objetivo de poder llevar a cabo una limpieza adecuada del puesto de trabajo, se ha desarrollado un **check-list** donde se definen fecha, turno de limpieza, operaciones a realizar, instalaciones a limpiar, preguntas acerca de cómo se ha encontrado el operario la instalación al inicio del turno y si ha habido algún tipo de incidencia relacionada con la limpieza del puesto de trabajo.

<b>Fecha/turno:</b>		
<b>Nº Operario:</b>		
<b>Tareas</b>	<b>Instalación</b>	<b>OK/NOK</b>
Limpieza interior de la máquina con aire a presión	ERLMANN	
Barrer el contorno de la máquina	ERLMANN	
Limpieza mesa de trabajo con cepillo	Mesa de trabajo	
Limpieza atril	Atril	
¿Puesto de trabajo limpio antes de empezar el turno?		
¿Dispone el operario de todos los instrumentos necesarios para trabajar ?		
Incidencias:		

Tabla 16. Check-list limpieza ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Debido al reducido tamaño del check-list de limpieza, **podría incluirse en el parte de trabajo de producción**, o en su defecto, graparlo al parte de producción al final del turno.

- **Seiketsu (estandarizar)**


Una vez se han completado las primeras “3S”, es necesario **estandarizar todos los procesos** llevados a cabo, ya que de lo contrario se perderían todos los beneficios obtenidos hasta el momento. Una de las herramientas utilizadas para la estandarización es la **gestión visual**, la **correcta identificación de cada uno de los elementos**, de tal manera que el **operario sea capaz de distinguir una situación normal de una anormal**, así como la **falta de disponibilidad de una herramienta**.

Con respecto a la **identificación de problemas** que aparecen en la pantalla de ERLMANN, se ha propuesto la utilización de un **cartel en el puesto del operario u operaria donde se definen los problemas más habituales que ocurren en ERLMANN** y aparecen en la pantalla, así como la forma de cómo actuar para solucionarlos. A continuación, se adjunta imagen del cartel.

Errores frecuentes ERLMANN				
IMPORTANTE: Cuando la máquina no nos indique el tipo de error lo comprobaremos en “Mantenimiento” – “Historial de alarmas”.				
<p><b>Espesor de pastilla mayor al tolerado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir puerta de seguridad</li> <li>-Retirar pastillas de cinta bajada</li> <li>-Cerrar puerta de seguridad</li> <li>-Resetear error</li> </ul> <p>Reconocer</p>	<p><b>Posición incorrecta de pastilla en alimentador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir puerta de seguridad superior</li> <li>-Retirar pastillas de cinta bajada</li> <li>-Cerrar puerta de seguridad</li> <li>-Resetear error y pulsar “Reconocer”</li> </ul> <p>Reconocer</p>	<p><b>Cantidad pastillas entrada diferente a cantidad de salida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir puerta de seguridad trasera</li> <li>-Retirar pastillas del suelo</li> <li>-Comprobar guías</li> <li>-Resetear error</li> </ul> <p>Reconocer</p>	<p><b>Correa de descarga del interruptor de posición</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir puerta de seguridad trasera</li> <li>-Retirar pastillas de cinta descarga</li> <li>-Subir resorte cinta de descarga</li> <li>-Resetear error</li> </ul> <p>Reconocer</p>	<p><b>Posición de protección del interruptor de descargar la cinta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Abrir última puerta derecha</li> <li>-Comprobar interruptor inferior</li> <li>-Extraer pastilla mediante palanca</li> <li>-Resetear error</li> </ul> <p>Reconocer</p>
<p><b>Información:</b></p> <p>Es el error más frecuente. Ocurre cuando una pastilla entra mal al carro o su espesor es excesivo (rebaba, etc).</p> <p><b>Solución:</b></p> <p>Extraer la pastilla del carro (si se puede), vaciar la cinta de caída de pastillas y pulsar “Reset” + “Control On” + “Desocupar máquina”.</p> <p>Desocupar máquina</p>	<p><b>Información:</b></p> <p>Ocurre cuando una pastilla ha entrado al revés a la cinta de carga.</p> <p><b>Solución:</b></p> <p>Abrir la puerta corrediza frontal y extraer la pastilla mal colocada junto con la que ya haya caído a la cinta. Pulsar “Reset” + “Reconocer”.</p> <p>Reconocer</p>	<p><b>Información:</b></p> <p>Ocurre cuando entran a la máquina más pastillas de las que salen, sea por un atasco o porque se caen al suelo.</p> <p><b>Solución:</b></p> <p>Abrir la puerta trasera, recoger las pastillas que se hayan caído y pulsar “Reset” + “Control On” + “Desocupar máquina”</p> <p>Desocupar máquina</p>	<p><b>Información:</b></p> <p>Ocurre cuando debido a un atasco de pastillas se oprime el resorte que posee la cinta de descarga.</p> <p><b>Solución:</b></p> <p>Abrir la puerta trasera, recoger las pastillas que provoquen el atasco, subir el resorte y pulsar “Reset” + “Control On” + “Desocupar máquina”</p> <p>Desocupar máquina</p>	<p><b>Información:</b></p> <p>Algún elemento o pastilla no descargada por la máquina acciona el interruptor de seguridad bajo la máquina en la última puerta derecha.</p> <p><b>Solución:</b></p> <p>Abrir la puerta trasera, extraer pastilla haciendo palanca, enderezar la chapa del interruptor y pulsar “Reset” + “Control On” + “Desocupar máquina”</p> <p>Desocupar máquina</p>

Ilustración 101. Errores frecuentes ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

También es destacable la existencia una **pantalla** donde se puede observar las órdenes de fabricación que se han llevado acabo, así como el número y un dibujo de la referencia a mecanizar, y una **cámara en la parte final de la multiestación** que permite comprobar al operario que los carros se están desplazando con normalidad, así como que los carros de la multiestación ERLMANN se abren correctamente para expulsar las pastillas. A continuación, se adjunta imagen de la pantalla visible.



ORDEN	REFERENCIA	ACCESORIO	CANTIDAD.ORDEN	CANTIDAD TRABAJADA
A22018201	10137402461303		800	366

REFERENCIA VALIDADA

LINEA	ORDEN	SUBSEMI	SEMI	ACCESORIO	CANT
1A	A22012421	10216406503444	182164000444	610638	800
1A	A22018040	10220305244444	182203000444 II	610600	200
1A	A22019745	10069704751369	180697230369	652452	800
1A	A22016492	10193905117369	181939230369 ID	652384	200
1A	A22018846	10210803854303	182108071304 O	651392	800
1A	A22016493	10193905117369	181939230369 II	652384	200

Ilustración 102. Pantalla visible ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la **disponibilidad de las herramientas**, como se ha comentado anteriormente en la fase “Seiton”, se ha propuesto la **identificación con carteles** de cada uno de los elementos de trabajo, con el objetivo de su correcto uso, así como la verificación de la disponibilidad de estos, ya que de encontrarse el cartel y no la herramienta, el operario sería capaz de darse cuenta que falta un instrumento determinado.

- **Shitsuke (Disciplina)**

Finalmente, para poder desarrollar de forma efectiva la herramienta de las 5S es necesario implementar la última pero más importante de las fases, convertir los procesos estandarizados en seiketsu en un **hábito del trabajador**. Esto se consigue fundamentalmente a través de la **disciplina**. Para ello se ha diseñado un modelo de plantilla para realizar la **auditoría de las 5S** en la sección o máquina a analizar de forma semanal, donde se evalúan cada una de las 5S, estableciendo unos objetivos individuales, y analizando la evolución de los resultados obtenidos.

<b>AUDITORIA 5S - ERLMANN</b>		<b>ICER</b>	Auditor: Coordinadora de accs: Turno: Mañana Día:
Sistema de puntuación			<i>Objetivo</i> <i>Real</i>
0	Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado	1ª s	12
1	Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 40%	2ª s	12
2	Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 40% y menor del 90%	3ª s	12
3	Excelente - El grado de cumplimiento es mayor del 90%	4ª s	12
		5ª s	12
		<b>Total</b>	<b>60</b>

<b>1ª s - Clasificación</b> Separar y eliminar innecesarios	1	¿Solo hay equipos, herramientas y útiles necesarios ?	0	1	2	3
	2	¿Solo hay carros con referencias de pastillas que se pueden emcanizar en ERLMANN ?				
	3	¿Hay objetos personales fuera de su sitio ?				
	4	¿Hay equipos, herramientas u objetos de otras líneas ?				
	<b>Total</b>					
<b>2ª s - Orden</b> Situar e identificar necesarios	1	¿Están los objetos, equipos, materiales, etc en sus lugares marcados ?	0	1	2	3
	2	¿Están los residuos separados correctamente y ubicados en los contenedores adecuados?				
	3	¿Pasillos, puesto de trabajo e instalaciones señalizadas?				
	4	¿Se guardan / colocan los objetos directamente despues de su uso?				
	<b>Total</b>					
<b>3ª s - Limpieza</b> Suprimir la suciedad	1	¿Equipos, herramientas, máquinas y suelos estan libres de suciedad, grasas, aceites ?	0	1	2	3
	2	¿Lineas del suelo, letreros, paneles, etc estan limpios y no dañados ?				
	3	¿Facilidad de acceso a materiales de limpieza ?				
	4	¿Existe una gama de limpieza ? ¿ Se cumple ? ¿Se lleva a cabo el registro de limpieza?				
	<b>Total</b>					
<b>4ª s - Estandarización</b> Señalizar	1	¿Están todas las ubicaciones y materiales visibles y claramente marcadas e identificadas ?	0	1	2	3
	2	¿Todas las cantidades y límites estan marcados y visibles ? ¿Se respetan ?				
	3	¿La información necesaria para la línea es conocida y esta continuamente visible ?				
	4	¿Hay comunicación entre los trabajadores y el responsable para realizar mejoras más visuales ?				
	<b>Total</b>					
<b>5ª s - Disciplina</b> Sostener y respetar	1	¿Se respeta la nueva normativa recibida en la formación a los trabajadores ?	0	1	2	3
	2	¿Existe algun recurso no disponible, deteriorado o sin actualización ?				
	3	¿Se mantiene el plan de limpieza diariamente ?				
	4	¿Se realizó la auditoría anterior ?				
	<b>Total</b>					
Evaluación realizada por: Firma						Evaluación validada por: Firma

Tabla 17. Auditoría 5S ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

<b>ICER</b>	<b>Evolución Auditorias 5S</b>									
<b>Planificación auditorias 5s</b>										
Fecha	AUDITORIA CADA SEMANA									
Auditor	AUDITOR DEL LA L1-A									
<b>Resultados obtenidos</b>										
1ª S										
2ª S										
3ª S										
4ª S										
5ª S										
<b>Total</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 18. Evolución auditoría 5S ERLMANN. Fuente: Elaboración propia.

La implementación de la herramienta 5S desarrollada previamente **mejorará el estado y organización del puesto de trabajo** y alrededor de la **multiestación ERLMANN**. Además, se prevé que **mejore la disponibilidad de la máquina** respecto a las pérdidas asociadas a cambios de referencia, **reduciendo aproximadamente un 5% el tiempo de cambio de referencia**, ya que no se producirán pérdidas asociadas a búsqueda de material, y finalmente una **reducción del tiempo de limpieza total**, con una media de **18 minutos gastados por turno** en la limpieza del puesto de trabajo.

### 5.3 PROYECTOS KAIZEN

Con el **objetivo de reducir las pérdidas en disponibilidad y rendimiento** que se han observado durante el análisis de ERLMANN a lo largo del periodo de 8 semanas, y teniendo en cuenta las acciones de mejora a realizar que se han obtenido mediante la realización del AMFE, se proponen **2 proyectos Kaizen de mejora**. Como se ha comentado a lo largo del proyecto, el método **Kaizen o mejora continua** se basa en la **constante eliminación de actividades que no aportan valor al producto**, con el **objetivo de aumentar la productividad** del proceso.

#### 5.3.1 MEJORA DISPONIBILIDAD

Durante el análisis realizado del 7 de marzo al 29 de abril, se ha observado que una de las principales razones de la **baja productividad** de la estación ERLMANN ha sido la **disponibilidad** de la misma. De los **53.280 minutos disponibles**, **30.529 minutos la máquina se encontraba parada**, lo que se traduce a una **disponibilidad del 40,94%**, valor que hay que tratar de incrementar.

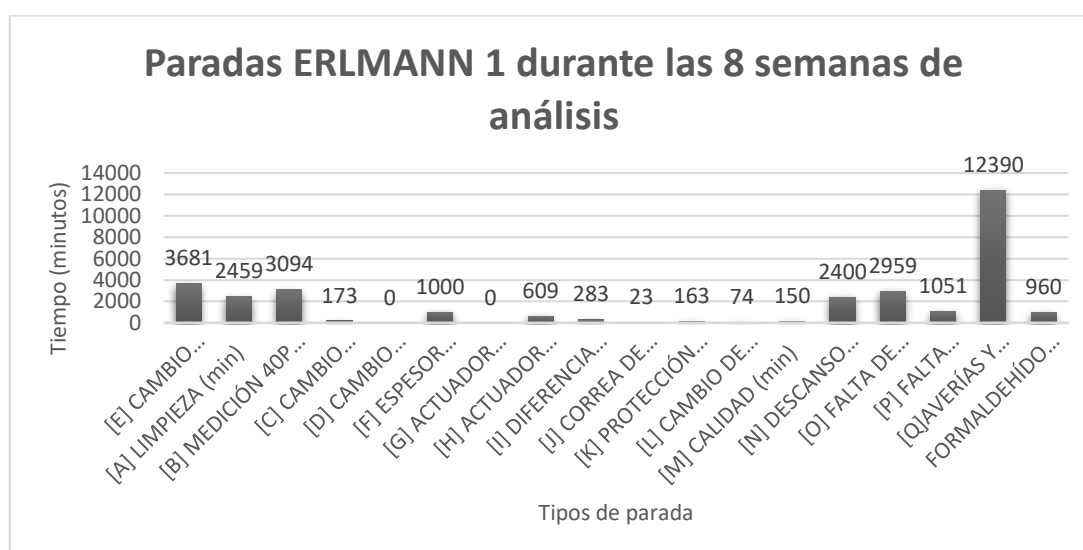


Gráfico 3. Paradas ERLMANN 1 durante las 8 semanas de análisis. Fuente: Elaboración propia



Al analizar las pérdidas de tiempo por separado, se observan 6 tipos de paradas las cuales sobrepasan todas ellas los 2.000 minutos de parada.

A continuación, se analizan las **paradas más importantes** por separado, **proponiendo mejoras** para la reducción de las mismas:

- **Cambio de referencia: 3.681 minutos** son atribuidos a este tipo de pérdida, donde se realizaron **502 cambios de referencia**. En un principio, cada **cambio de referencia** debe de realizarse en un tiempo inferior a **5 minutos**, el cual, **la media** en el presente caso lo sobrepasa con un tiempo de **7 minutos y 20 segundos** aproximadamente. Además, se considera excesivamente elevado el número de cambios de referencia a lo largo de todo el tiempo de análisis.

Con respecto al **cambio de referencia**, la metodología de trabajo, la cual se ha descrito en el apartado 4.3.2, se basa en **leer con un escáner el código de barras presente en la hoja de ruta, y mecanizar la primera pastilla para comprobar que sus cotas críticas** se encuentran dentro del rango de tolerancias admitido. En el caso de que los **parámetros** de espesor, paralelismo o chaflanes de la pastilla se encontraran **fuera de especificación, el operario debe cambiar los parámetros de la máquina a su libre elección**, volviendo a repetir el proceso hasta obtener las cotas deseadas en la pastilla. Desde el presente proyecto, lo que se propone, consiste principalmente en la **restricción a los operarios de los cambios de parámetros de ERLMANN a su libre elección**. Inicialmente, se deben de **seleccionar qué parámetros pueden ser o no modificados por los operarios**, capando aquellos que no lo sean, y una vez elegidos aquellos que puedan ser modificados por el personal de producción, se debe de **realizar un listado** de las referencias que se mecanicen habitualmente en la multiestación de rectificado, estableciendo un **rango de tolerancias de los valores que pueden ser modificados en ERLMANN**, los valores de los cuales estarán directamente relacionados a la referencia que se mecanice.

Con respecto al número de cambio de referencias, de los 32 días que la máquina estuvo operativa, ya que del 28 de marzo al 1 de abril estuvo completamente parada por averías, se realizaron **502 cambios de referencia**, con una **media** de casi **16 cambios de referencia por día**, el cual se considerada un valor elevado. Con el objetivo de reducir este número de cambios de referencia, **se considera necesario mecanizar exclusivamente en ERLMANN aquellas pastillas de freno con menor rotación en la empresa**. Tras llevar a cabo el estudio de las referencias fabricadas en ICER Brakes, se ha observado que en el último año se fabricó un total de **13.174589 pastillas de 3.462**

**referencias** en total. A continuación, se adjunta la gráfica que relaciona el número de pastillas fabricadas con el número de referencias utilizadas para la fabricación de dichas pastillas.

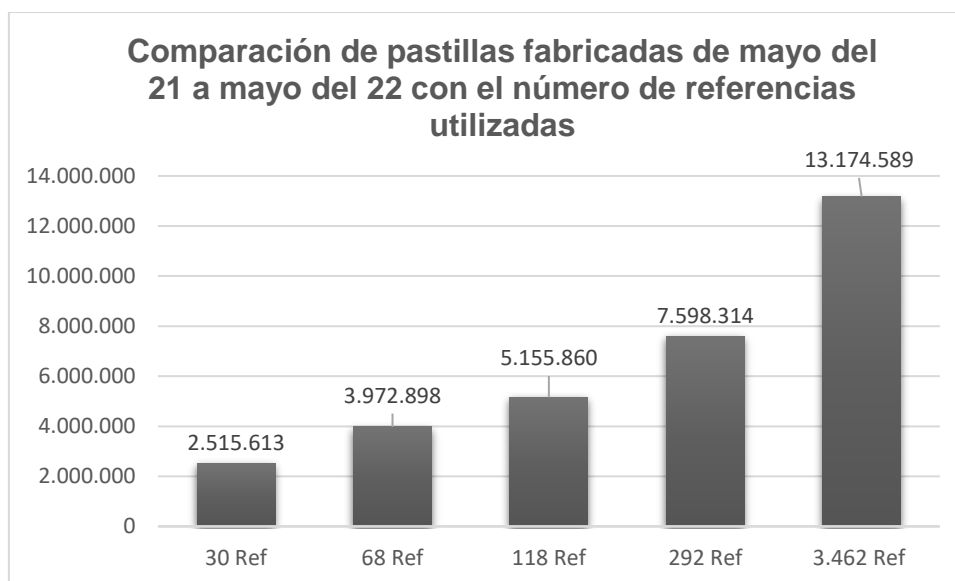


Gráfico 4. Comparación de pastillas fabricadas de mayo del 21 a mayo del 22 con el número de referencias utilizadas. Fuente: Elaboración propia

Se observa que **2.515.613 pastillas**, las cuales representan el **19,09% del total de pastillas fabricadas**, pertenecían únicamente a **30 referencias distintas**, un **0,87% del total** de las referencias fabricadas en el último año. De la misma manera, entorno a la mitad de las pastillas, **7.598.314 pastillas** se correspondían a **292 referencias**, un **8,43% del total**. Por lo tanto, es necesario mecanizar en la multiestación ERLMANN aquellas referencias que se produzcan un mayor número de pastillas al año, generando así menores pérdidas por cambio de referencia. En el presente caso se comenzaría centrando en las 30 referencias que mayor número de pastillas fabrican hasta las 292 referencias que corresponde aproximadamente a la mitad de la producción anual.

Además, se considera que las pastillas se deben de mecanizar en **lotes de producción máximos**, donde en el presente caso se trata de **800 pastillas**. Como mecanizar lotes de producción máximos siempre puede ser complejo, debido a la planificación de producción basada en la demanda del cliente, se establecería un **número mínimo de 400 pastillas a mecanizar por lote de producción siempre en la multiestación ERLMANN**.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se plantea una **reducción de cambios de referencias de 502 a 320**, en 37 días laborables, el tiempo que ha durado el análisis. Eso supone una media de **9 cambios de referencia al día**, una **reducción próxima a 56%**,

donde se propone mecanizar las referencias de menor rotación, y una reducción del tiempo de cambio de referencia de 7 minutos y 20 segundos a 7 minutos, gracias a la aplicación de la herramienta 5S. La herramienta implementada anteriormente permite tener más ordenado y limpio el puesto de trabajo, reduciendo las pérdidas asociadas a búsqueda de elementos, como ocurre actualmente con el pie de rey y el goniómetro. Por lo que se estima, unas **pérdidas de cambio de referencia de 2240 minutos** durante 37 días laborables, inferior a los 3681 minutos actuales.

- **Limpieza: 2.459 minutos** se destinaron a la limpieza durante el periodo de análisis. La metodología de limpieza de la máquina se ha descrito en el apartado anterior de 5S, a través de la **gama de limpieza**. El tiempo de limpieza, de acuerdo con la metodología descrita, debe de ser entre 15 y 20 minutos al final de turno, unos **18 minutos de media**, por lo que debe de ocupar un máximo de 300 minutos en una semana de 5 días de trabajo como máximo. Este valor es sobrepasado en 4 de las 7 semanas en las que la multiestación estaba operativa. Por lo que gracias a la aplicación de la herramienta 5S, definiendo y estandarizando las operaciones a través de la gama de limpieza se obtendría una **pérdida por limpieza en torno a 1998 minutos**, 461 minutos inferior a la actual.
- **Medición de las 40 pastillas:** Para comprobar qué carros de ERLMANN se encontraban operativos para mecanizar piezas de acuerdo a los parámetros de su ficha técnica se utilizaron **3.094 minutos**. Esta pérdida de disponibilidad, se encuentra **directamente relacionada** con las **pérdidas de rendimiento** de ERLMANN. La **propuesta de mejora** consiste en la **validación de las referencias más óptimas a mecanizar** en el centro de rectificado, **aquellas referencias donde se anulen un menor número de carros en la medición de las 40 pastillas, ya que los carros que se anulan son aquellos que producen pastillas defectuosas**. El proceso de validación se definirá con mayor detalle en el apartado 5.3.2 de mejora de rendimiento.

Conforme se vayan validando las referencias en ERLMANN, no será necesario realizar de nuevo la medición de las 40 pastillas, por lo que su tiempo de pérdida **disminuirá de forma progresiva**. Se plantea intentar **validar** inicialmente aquellas **referencias** que se fabriquen un **mayor número de pastillas**. De esta forma, al planificar el mecanizado una **menor cantidad de referencias** en ERLMANN, se prevé que **disminuya hasta en un 10%-15%** en las próximas 8 semanas (37 días laborables), obteniendo unas **pérdidas por medición de las 40 pastillas en torno a 2700 minutos**.

- **Descanso:** En ICER Brakes S.A., el periodo de descanso en una jornada laboral de 8 horas es de **25 minutos**, 10 minutos para asearse por el tema del formaldehído, y 15 para el almuerzo, el cual coincide con el tiempo de descanso durante el periodo de análisis, de **2.400 minutos**. Sin embargo, al tratarse el **actual cuello de botella** de la empresa, una posible solución para **evitar que la máquina se encuentre parada durante el tiempo de descanso del operario**, consistiría en la **polivalencia** de los empleados, es decir, la **formación de al menos de 3 operarios de cada uno de los 3 turnos diarios de otras zonas de producción de la empresa que no sean cuellos de botella**, con el objetivo de que los **operarios adicionales** formados para trabajar en ERLAMNN **sustituyan** a los **operarios se encuentran en su tiempo de descanso**, y ninguna de las máquinas se encuentre parada por el motivo de descanso del operario. Teniendo en cuenta que el **sistema de aspiración para durante el descanso de los operarios por temas de funcionamiento**, habría que **trasladar ese tiempo de parada a los 10 últimos minutos de cada turno**, donde debido a la **legislación** vigente del **formaldehído** el operario debe de abandonar su puesto de trabajo 10 minutos antes de que el turno termine para asearse, es en ese **periodo de tiempo** cuando **se propone realizar la parada del sistema de aspiración** del polvo de material de fricción. De esta forma se espera una **reducción del 100% de las pérdidas asociadas al descanso**.
- **Falta de personal:** Durante las primeras semanas de análisis, las pérdidas asociadas a falta de personal fueron escasas, ya que normalmente, este tipo de pérdidas se producen cuando el operario necesita ir al baño, o cuando es demandado por un motivo específico, sin embargo, a partir del 4 de abril el número de minutos se incrementó de forma notable, llegando alcanzar un total de **2.259 minutos** durante las 8 semanas. La inmensa mayoría de minutos asociados a falta de personal, se trata de problemas personales durante todo el turno de trabajo, como baja o enfermedad, de los trabajadores de ERLMANN. A partir del 4 de abril, al menos un turno a la semana la **máquina** estaba **parada por falta de asistencia del operario al puesto de trabajo**. Esta situación puede solucionarse con la misma medida adoptada para el problema de las paradas de descanso, a través de la **formación de operarios de otras zonas del proceso productivo**. Como se ha comentado en el apartado anterior, **formando a al menos 3 operarios adicionales de zonas de producción en la empresa que no sean cuellos de botella para cada turno**, se **evitaría que la máquina ERLMANN se encuentre parada en caso de que el operario no pueda acudir a su puesto de trabajo ese día**, de tal forma que se reducirían las pérdidas asociadas a falta de personal de manera significativa. Se

estima que los **minutos asociados por falta de personal cuando el operario no acude al puesto de trabajo se reduzca en un 100%**, dejando un **margen de 200 minutos** en 37 días laborables por si el operario falta de manera puntual unos pocos minutos.

- **Falta de material:** Aunque en el caso de ERLAMNN 1 no sobrepase los 2.000 minutos, **1.051 minutos** en el presente caso, la pérdida por falta de material se puede reducir de forma sencilla estableciendo una metodología de organización clara en la sección de mecanizado. Existe un coordinador para la sección de mecanizado, el cual es el encargado de suministrar el material a cada puesto de mecanizado trasportando en una transpaleta eléctrica las bandejas de pastillas salidas del horno a cada estación de mecanizado. Estableciendo una **metodología de trabajo clara, estandarizando las operaciones**, la existencia de un **listado de referencias más óptimas para mecanizar en ERLMANN** y **priorizando la multiestación de rectificado con respecto al resto de rectificadoras**, ya que se trata del actual cuello de botella de la empresa, **se podría reducir al completo la pérdida por falta de material**. Sin embargo, reducir al completo esta pérdida, podría suponer aumentarlo en exceso en otras estaciones de mecanizado, por lo que se deja un margen de **100 minutos de pérdida**.
- **Averías:** Por último, **el tipo de parada más significativa en ERLMANN** durante el tiempo de estudio, ha sido por el tema de averías, **12.390 minutos**. Se ha llevado a cabo la **clasificación** de paradas por **averías** a lo largo de todo el periodo de tiempo, la cual se adjunta en el **ANEXO 4**. La **avería más importante** tuvo lugar la semana del 28 de marzo al 1 de abril, debido a la **rotura de un husillo**, que imposibilitó el trabajo en la multiestación de rectificado a lo largo de toda la semana, lo que se traduce en **7.200 minutos de parada**. Entre las **paradas más importantes** por número de repeticiones, y tiempo acumulado, destacan todo tipo de **averías mecánicas, averías eléctricas, parada por ajuste de parámetros debido a averías**, y finalmente **averías por superar el límite de par en el sistema de carga**.

Con el objetivo de tratar de evitar la aparición de averías, y solucionarlas lo más rápido posible una vez estas tienen lugar, se propone establecer un **plan de mantenimiento correctivo** específico para la ERLMANN, donde se defina al **personal de mantenimiento cómo actuar en el caso de avería**, tratando de **estandarizar las operaciones**, y finalmente un **plan de mantenimiento preventivo semanal igualmente específico para esa máquina**, evitando así el surgimiento de averías.

Para ello, será necesario **reforzar la plantilla de mantenimiento**, donde inicialmente, al menos un **trabajador del personal de mantenimiento debe de dedicar**

**sus 40 horas semanales de trabajo específicamente para las máquinas ERLMANN 1 y ERLMANN 2 hasta que el número de averías en estas se vea reducido de forma significativa.** Posteriormente, gracias a la estandarización de las operaciones, y al mantenimiento preventivo realizado, no haría falta que dedicara su jornada laboral completa en el mantenimiento de las ERLMANN, pudiendo realizar tareas de mantenimiento en otras máquinas de mecanizado o secciones de la empresa.

Gracias a las mejoras descritas anteriormente, destacando los **planes de mantenimiento correctivo y preventivo específicos para ERLMANN**, se prevé que el tiempo asociado a pérdidas por averías será de **4000 minutos** aproximadamente. Cabe destacar, que, gracias a los planes de mantenimiento, **se evitaría averías tan largas como la rotura del husillo** que duró una semana entera **7200 minutos**. Al descontar estos minutos de los 12.390 totales, quedarían **5190 minutos restantes**, los cuales gracias a los planes de **mantenimiento preventivo y correctivo se esperan reducir entorno a un 20%**, porcentaje próximo a la reducción de paradas de máquinas en la empresa ICER Brakes cuando se han desarrollado planes de mantenimiento específicos para ellas.

### 5.3.2 MEJORA RENDIMIENTO

Finalmente, la otra razón principal de la **baja productividad** de la máquina **ERLMANN** durante el periodo de análisis ha sido debido **al bajo rendimiento** de la multiestación de rectificado, del **53,75%**.

En el caso de ERLMANN se puede diferenciar **dos tipos de motivos** por los cuales el **rendimiento** de la máquina **puede disminuir**. Por un lado, se distingue la **velocidad de trabajo de la máquina**, es decir la **velocidad de avance de las pastillas** sujetas en los carros, y, por otro lado, **el número de carros operativos** para poder sujetar y mecanizar el material de fricción de las pastillas de freno de acuerdo a los parámetros de la ficha técnica, donde el **número máximo de carros** para la cual ERLMANN está diseñada es de **40 carros**.

En el presente caso, durante el análisis de la máquina durante el periodo de 37 días laborables a lo largo de 8 semanas, se ha observado que la **velocidad de la máquina cuando está operando muy próximo al máximo**, donde la capacidad máxima de trabajo se alcanza a **2400 pastillas/hora, siendo la media de 2100 pastillas/hora**. El parámetro de velocidad máquina, o lo que es lo mismo, pastillas/hora puede ser **modificado por los operarios**, ya que la velocidad de trabajo tiene que ser de **2400 pastillas/hora** para las pastillas más **pequeñas** y **1600 pastillas/hora** para las más **grandes**.

Sin embargo, como se ha ido comentando a lo largo del proyecto, la **disponibilidad de cada uno de los carros**, es un factor muy cambiante, la cual **depende** principalmente del **tipo de referencia** a mecanizar, ya que depende en gran medida de su **geometría, cotas críticas, existencia de tetones, etc.** Y además depende también del **estado de los carros**, es decir si existe algún tipo de **avería** por la cual los carros se encuentran defectuosos. Estos **dos factores**, son los **principales motivos** por los que se ha producido la **anulación de un gran número de carros** a lo largo de todos los turnos de trabajo, generando un rendimiento de ERLMANN cercano a la mitad. La media de carros a lo largo del periodo de tiempo de estudio ha sido de aproximadamente **25 carros disponibles de media** cada turno que la máquina se encontraba operativa, es decir una **media de 15 carros anulados por turno**. Esta información ha sido posible recabarla gracias al registro de anulación de carros de cada turno del día, aquel que aparece en forma de ejemplo en la **tabla 14**.

Una vez definido en detalle el problema del bajo rendimiento de ERLMANN, se lleva a cabo las **propuestas de mejora**. Se distinguen **dos posibles mejoras**, por un lado, llevar a cabo la **validación** y un **listado de las referencias más óptimas para mecanizar en ERLMANN**, aquellas que suponen **menos problemas para la anulación de carros**. Y, por otro lado, establecer un **plan de mantenimiento correctivo y preventivo específico para los carros**.

- **Listado y validación de referencias para ERLMANN**

Actualmente en ICER Brakes S.A., se ha comenzado a realizar la **validación de referencias para ERLMANN**. Esta validación consiste en **ajustar los parámetros de ERLMANN para mecanizar el material de fricción de la pastilla de freno de acuerdo a las especificaciones de su ficha técnica**. Sin embargo, el **presente proyecto** quiere ir más allá, y establecer una **metodología para buscar relaciones entre las referencias que son más óptimas para ser mecanizadas de forma efectiva en ERLMANN, comenzando por aquellas referencias que más se fabrican actualmente en ICER**, como se hace referencia en el **gráfico 4**. Esta metodología consiste en lo siguiente.

Inicialmente, siempre que **una referencia que no haya sido validada anteriormente**, se **lanzará una pastilla en la máquina ERLMANN para mecanizarla**, comprobando que cumple con los **parámetros de su ficha técnica**, y en su defecto, se reajustaran los parámetros de ERLMANN hasta obtener las cotas correspondientes de la ficha técnica dentro del rango de tolerancias. Se llevará el **registro del valor de los parámetros de la máquina ERLMANN** con los que se ha mecanizado la pastilla de acuerdo a su ficha técnica.

Una vez se obtenga la pastilla con las cotas de espesor, paralelismo y chaflanes deseadas se realizará siempre la prueba de **medición de las 40 pastillas para aquellas referencias que**

están sin validar, donde el inspector de calidad, junto al operario u operaria medirán de forma manual las cotas críticas de las pastillas de freno en el mecanizado, **anulando los carros que no hayan mecanizado las pastillas de acuerdo a las cotas de chaflanes, paralelismo y espesor**, apuntando y registrando el motivo de la anulación. Además, deberán de incluir en el parte de producción el número de pastillas rechazadas, con sus respectivos motivos, y las pastillas que pueden ser re trabajadas.

La **propuesta** del proyecto **consiste** en la **construcción de una base de datos de referencias para mecanizar en la multiestación ERLMANN**. En esta base de datos se recogerán diferentes **parámetros teóricos de las pastillas de freno**, los cuales se definen a continuación:

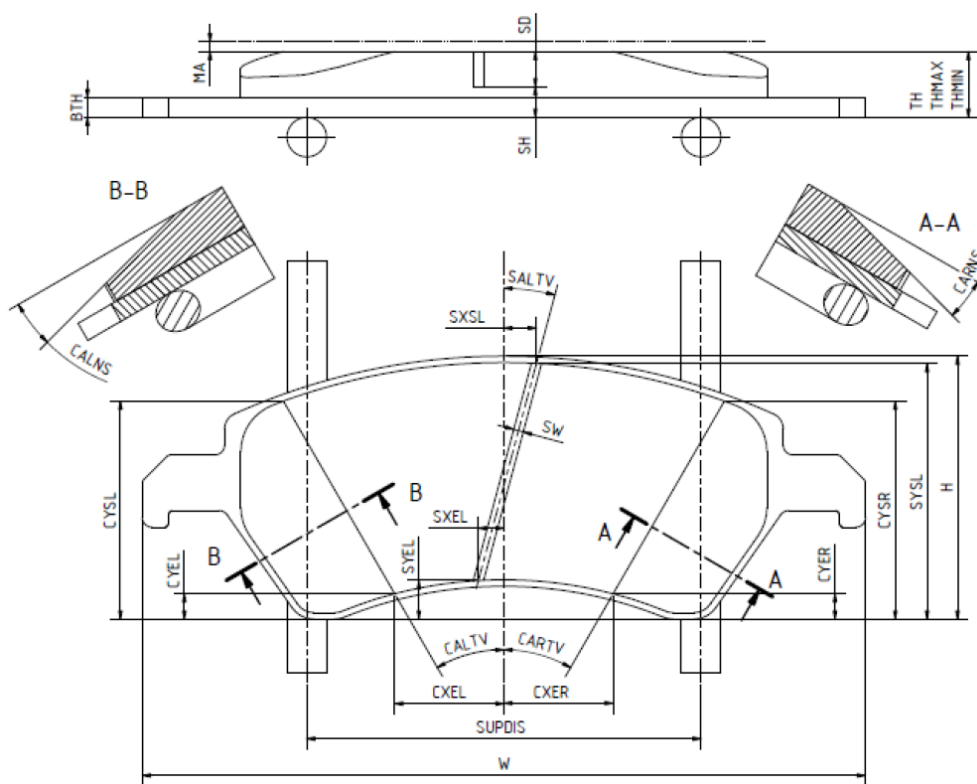


Ilustración 103. Cotas características pastillas de freno para ERLMANN. Fuente: Elaboración propia



Teniendo en cuentas las cotas anteriores se ha desarrollado la siguiente tabla:

Cotas generales soporte	Nomenclatura	Valor
Ancho	W	mm
Alto	H	mm
Espesor	TH	mm
Max. Espesor	THMAX	mm
Min. Espesor	THMIN	mm
Espesor soporte	VTH	mm
Inclinación cinta de alimentación	CI	°
Distancia barras de soporte del sistema de carga	SUPDIS	mm
Cotas chaflán derecho	Nomenclatura	Valor
Ángulo chaflán derecho vista superior	CARTV	°
Coordenada Y chaflán punto final lado derecho	CYSR	mm
Coordenada X chaflán punto final lado derecho	CXER	mm
Coordenada Y chaflán punto final lado derecho	CYER	mm
Ángulo de Chaflán derecho sección normal	CARNS	°
Chaflán tipo Jota radio lado derecho	JRR	mm
Chaflán tipo Jota altura de hombros lado derecho	JHR	mm
Cotas ranura/cata	Nomenclatura	Valor
Ángulo de ranura lado izquierdo vista superior	SALTV	°
Coordenada X punto de inicio ranura izquierda	SXSL	mm
Coordenada Y punto de inicio ranura izquierda	SYSL	mm
Coordenada X punto final ranura derecha	SXEL	mm
Coordenada X punto final ranura izquierda	SYEL	mm
Profundidad ranura	SD	mm
Altura ranura	SH	mm
Ancho ranura	SW	mm
Distancia entre dos ranuras	DISS	mm
Cotas chaflán izquierdo	Nomenclatura	Valor
Ángulo chaflán izquierdo vista superior	CALTV	°
Coordenada Y chaflán punto final lado izquierdo	CYSL	mm
Coordenada X chaflán punto final lado izquierdo	CXEL	mm
Coordenada Y chaflán punto final lado izquierdo	CYEL	mm
Ángulo de Chaflán izquierdo sección normal	CALNS	°
Chaflán tipo Jota radio lado izquierdo	JRL	mm
Chaflán tipo Jota altura de hombros lado izquierdo	JHL	mm

Tabla 19. Datos geométricos validación referencias ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Aparte de los datos geométricos anteriores, también se consideran otros adicionales que se adjunta a continuación.

Descripción	Valor
Desplazamiento unidad de carga	mm
Existencia de tetones	SI/NO
Distancia entre tetones	mm
Coordenada X tetón punto inicial lado izquierdo	mm
Coordenada Y tetón punto inicial lado izquierdo	mm
Coordenada X tetón punto final lado derecho	mm
Existencia de orejetas	SI/NO
Soporte simétrico	SI/NO
Área soporte	mm <sup>2</sup>
Peso soporte	Kg
Área de material de fricción a mecanizar	mm <sup>2</sup>
Calidad material de fricción	

Tabla 20. Datos adicionales validación referencias ERLMANN. Fuente: Elaboración propia

Siempre que se mecanice una nueva referencia en la máquina ERLMANN, se llevará acabo el **registro de los anteriores datos teóricos**, y se **indicarán el número de carros anulados durante la medición de las 40 pastillas**. En aquellas referencias, donde uno **máximo de 12 carros sean anulados**, es decir trabajar con 28 carros, y tras el mecanizado, se **midan las cotas que se consideren críticas del 50% de las pastillas, verificando que se encuentran dentro de las especificaciones de su ficha técnica, se llevará a cabo de forma efectiva la validación de esa referencia**, en caso contrario no.

Gracias al presente registro, **conforme se vayan mecanizando nuevas referencias por la multiestación ERLMANN, se podrán establecer relaciones entre los diferentes parámetros de las referencias que se validen y las que no. Pudiendo identificar** cuáles son los **parámetros críticos que influye en la anulación de los carros de la máquina ERLMANN**. Además, conforme el listado de referencias validadas vaya aumentando, **no será necesario la medición de las 40 pastillas** para todas ellas, **reduciendo el tiempo total de medición de las 40 pastillas** de forma significativa.

Conforme la lista de referencias validadas aumente, **para aquellas referencias que comparte valores geométricos similares, se puede definir el rango de tolerancias de los parámetros que modifican los operarios en ERLMANN**. De esta manera, por ejemplo, para aquellas referencias que no tenga tetones y orejetas, y la anchura del soporte esté comprendida entre 100 y 110 mm, determinados parámetros como el SUPDIS, la distancia de barras del soporte del sistema de carga, el operario disponga de un valor nominal y un rango de tolerancias para modificarlo, situación que actualmente no tiene lugar.

- **Plan de mantenimiento carros ERLMANN**

Al igual que el plan de mantenimiento propuesto para la multiestación de rectificado ERLMANN, se considera necesario diseñar tanto un plan de **mantenimiento correctivo y preventivo específicos para los carros**.

Con respecto al **mantenimiento correctivo**, la persona contratada para el mantenimiento de la multiestación ERLMANN 1, también llevaría a cabo el mantenimiento y reparación de los carros, de tal manera que hubiera **una persona dedicando íntegramente su jornada laboral al mantenimiento de la máquina ERLMANN 1 y de sus respectivos carros**. El proceso de reparación es complejo y costoso, de alrededor de 1 hora y media o 2 horas por carro, por lo que como mucho podría realizar el mantenimiento correctivo de 4 carros diarios, en caso de que no hubiera averías en la multiestación. Gracias al registro de cada turno de los carros anulados, se puede observar que carros se anulan más, y el motivo de anulación. Por ejemplo, aunque el carro no tenga ninguna avería mecánica a simple vista, pero ha tenido problemas de paralelismo con las últimas 7 referencias a mecanizar, es un indicador que existe algún tipo de desajuste sobre el carro, y es necesario repararlo.

Actualmente la empresa ICER Brakes S.A., subcontrata a otras empresas para realizar tanto mantenimiento correctivo, como preventivo. En el presente caso, sería interesante la **contratación de mantenimiento preventivo el fin de semana**, en torno a **24 horas** en total, para la revisión individual de los carros, y realizar el mantenimiento preventivo correspondiente. Tanto para el mantenimiento correctivo como el preventivo, será necesaria una **formación previa al personal de mantenimiento**, donde se enseñen las operaciones a realizar para llevar a cabo tanto el mantenimiento de la unidad de agarre del carro como del chasis.

Gracias al **listado de las referencias más óptimas para ser mecanizadas en ERLMANN**, y a los **planes de mantenimiento preventivo y correctivo específicos para los carros**, se estima que el número de carros medio operativos por turno puede aumentar entorno a un 20%, es decir **32 carros**. Teniendo en cuenta una velocidad de máquina media de 2100 pastillas/hora, igual a la situación analizada, se calcula un rendimiento del **68%** aproximadamente.

## 6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tras el planteamiento de las **propuestas de mejora** para la multi-estación **ERLMANN 1**, las cuales **son aplicables también para ERLMANN 2**, es necesario **evaluar** cómo se espera que repercutan en su actividad, con el **propósito de aumentar el OEE** de la misma. Inicialmente se llevará a cabo una **evaluación del OEE que se espera tras implementar las mejoras**, para posteriormente evaluar **como repercutiría económicamente** para ICER Brakes S.A.

A continuación, se adjunta la **tabla** y **gráfica** de los valores de las **paradas registrados a lo largo de las 8 semanas de análisis** junto a los valores esperados de las paradas tras el proceso de implantación de mejoras durante un periodo de igual al del de estudio, 37 días laborables.

TIPOS DE PARADAS ERLMANN 1	PARADAS DURANTE LAS 8 SEMANAS DE ANÁLISIS	PARADAS ESPERADAS TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LAS MEJORAS EN 8 SEMANAS
Nº DE CAMIOS DE REFERENCIA	502	320
[E] CAMBIO REFERENCIA (min)	3681	1998
[A] LIMPIEZA (min)	2459	2240
[B] MEDICIÓN 40P (min)	3094	2700
[C] CAMBIO MUELA CHAFLÁN (min)	173	150
[D] CAMBIO DISCO CATA (min)	0	15
[F] ESPESOR MAYOR (min)	1000	800
[G] ACTUADOR AJUSTE LATERAL (min)	0	0
[H] ACTUADOR AJUSTE ALTURA (min)	609	600
[I] DIFERENCIA PASTILLAS (min)	283	250
[J] CORREA DE DESCARGA (min)	23	20
[K] PROTECCIÓN INTERRUPTOR DESCARGA (min)	163	160
[L] CAMBIO DE MUELAS (min)	74	100
[M] CALIDAD (min)	150	150
[N] DESCANSO (min)	2400	0
[O] FALTA DE PERSONAL (min)	2959	200
[P] FALTA MATERIAL (min)	1051	100
[Q] AVERÍAS Y OTROS (min)	12390	4000
FORMALDEHÍDO	960	960
<b>TOTAL</b>	<b>31469</b>	<b>14443</b>

Tabla 21. Evolución paradas ERLMANN 1 tras las mejoras. Fuente: Elaboración propia

Se observa claramente una reducción en el número total de pérdidas por disponibilidad. Para facilitar la visualización, de la evolución de las paradas más significativas antes de la mejora con respecto lo que se prevé después, se adjunta la siguiente gráfica.

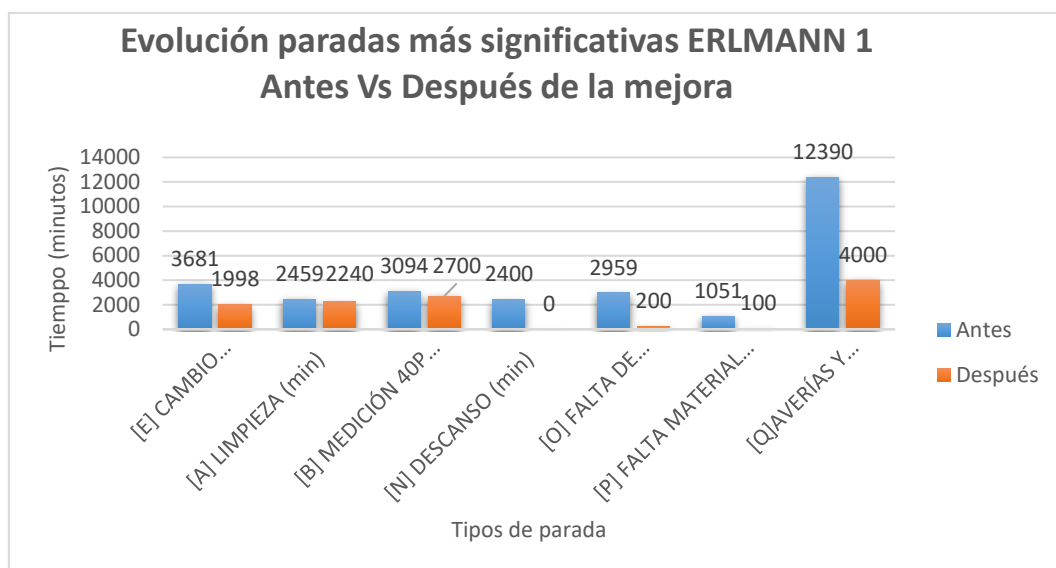


Gráfico 5. Comparación de paradas más significativas ERLMANN 1 tras las mejoras. Fuente: Elaboración propia

Tas la implementación del **proyecto Kaizen de mejora de disponibilidad** se espera una **reducción de las pérdidas hasta un valor de 14.443 minutos**, es decir una **reducción** de hasta un **54,10%** aproximadamente, obteniendo una **disponibilidad** del **74,32%**, muy lejos del 40,94% que se obtuvo durante el periodo de estudio. Como se ha comentado en el proyecto Kaizen de mejora de disponibilidad, en el apartado de avería no **se ha tenido en cuenta que pueda suceder una avería como la rotura del husillo, gracias al mantenimiento preventivo y correctivo que se propone realizar**, que tuvo lugar del 28 de marzo al 1 de abril que tuvo inoperativa la máquina la semana completa, ya que fue un **suceso anómalo**.

Con respecto al **rendimiento** de la multiestación de rectificado, tras el inicio y continuidad del **listado** y la **validación de las referencias de pastillas más óptimas para ERLMANN 1**, y el establecimiento de **planes correctivos y preventivos específicos** tanto para la máquina **ERLMANN 1** como para los **carros**, se espera **aumentar la media de carros operativos por turno desde los 25 carros** de media disponibles durante las 8 semanas de estudio **hasta los 32 carros operativos por turno de media**. Teniendo en cuenta, que la velocidad de avance de los carros será la misma, de 2100 pastillas/hora, el aumento de los carros conllevará a un **incremento del rendimiento desde un 53,75% hasta un del 68%** aproximadamente.

Finalmente, considerando que la calidad de las pastillas mecanizadas por ERLMANN 1 ha sido eficiente durante las 8 semanas, y pronosticando que la **calidad será igualmente similar al 99,29%**, se obtendría un **OEE del 50,18%** durante los dos próximos meses desde el inicio de la implantación de las mejoras propuestas.

A continuación, se adjunta una tabla comparativa de los datos del OEE actuales, los datos esperados tras la implantación de mejoras durante 37 días laborables, y los datos esperados anuales, en 221 días laborables.

Periodo de tiempo	Nº Pastillas mecanizadas	Tiempo paradas (min)	Nº pastillas rechazadas	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
37 días (antes de las mejoras)	379.855	31.469	2.713	40,94	53,75	99,29	21,85
37 días (después de las mejoras)	817.224	14.443	5.802	74,32	68	99,29	50,18
221 días (después de las mejoras)	4.881.257	86.268	34.655	74,32	68	99,29	50,18

Tabla 22. Comparación datos ERLMANN 1 respecto las mejoras y el periodo de tiempo. Fuente: Elaboración propia

Una vez se ha determinado la nueva producción de la estación ERLMANN tras las mejoras, **se estudiará su situación futura en el sistema productivo**, es decir, verificar si la sección de mecanizado sigue siendo el cuello de botella de ICER Brakes S.A. Para ello, como se ha comentado a lo largo del proyecto, que **las mejoras propuestas para la multiestación ERLMANN 1 sirven igualmente para la 2**, por lo que se **realizará la aproximación de que ambas multiestaciones tienen el mismo OEE, el calculado para la 1 tras la implantación de las propuestas, del 50,18%**.

Como se ha observado en el **VSM actual**, el cual se encuentra en el **ANEXO 1**, el **tiempo de ciclo de la sección de mecanizado es de 1,3 segundos/pastilla**, es decir unas **66.461 pastillas al día**. Valor de tiempo de ciclo que hay que reducir por debajo del Takt Time, 1,08 segundos/pastilla, para poder ajustar el ritmo de producción a la demanda.

A continuación, se adjunta una tabla donde se encuentran los **datos de producción** referentes a las **ERLMANN 1 y 2** y la **sección completa de mecanizado durante el periodo de análisis y después de las mejoras**.

	Antes de las mejoras		Después de las mejoras		
	Nº pastillas en 37 días	Nº de pastillas/día	Nº pastillas en 37 días	Nº de pastillas/día	Incremento de pastillas mecanizadas/día
<b>ERLMANN 1</b>	377172	10.194	817224	22.087	11.893
<b>ERLMANN 2</b>	447636	12.098	817224	22.087	9.989
<b>Sección de mecanizado</b>	2.459.057	66.461	3.268.691	<b>88.343</b>	21.882

Tabla 23. Producción de pastillas antes vs después de las mejoras. Fuente: Elaboración propia

Se calcula el nuevo tiempo de ciclo de la sección de mecanizado:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{86400}{88343} = 0,98 \text{ s/pastilla}$$

Por lo que se puede concluir que **tras la implantación de las mejoras en las multiestaciones ERLMANN 1 y 2**, suponiendo que el OEE de ambas es de 50,18%, el **tiempo de ciclo de la sección de mecanizado** se estima que se reduzca hasta **1 s/pastilla** aproximadamente, siendo inferior al Takt Time, ajustando el ritmo de mecanizado a la demanda.

Tras la obtención del nuevo tiempo de ciclo de la sección de mecanizado **tras la implantación de las propuestas de mejora en las máquinas ERLMANN 1 y 2**, se diseña el **VSM futuro**, el cual se encuentra en el **ANEXO 8**. En el VSM futuro, se observa que **la sección de mecanizado deja de ser el cuello botella del sistema productivo de ICER Brakes**, debido a la reducción de su tiempo de ciclo, lo que desencadena una **reducción del periodo de tiempo del almacén intermedio** de pastillas entre hornos y mecanizado. Esto conlleva a una **reducción del Lead Time en 3 días**, obteniendo un **nuevo Lead Time de 43,4 días**, y un **porcentaje de valor añadido del 0,84%**.

Una vez determinada la repercusión de las mejoras en el OEE, se define **cómo influirá este aumento del OEE económicamente en la empresa**. El **análisis económico** que se lleva a cabo, **supone que la empresa es capaz de procesar en todas las fases del proceso productivo y vender en el mercado todas las pastillas de más que se fabricara la multiestación ERLMANN 1 tras la implantación de las mejoras**, en el periodo de un año, 221 días laborables para ICER Brakes S.A.

Teniendo en cuenta que el **coste medio de pastilla terminada** supone **1,99 euros** para ICER Brakes S.A., **incluyendo la materia prima, mano obra, recursos energéticos, instalaciones** etc. Y que el **margen de beneficio** actualmente se encuentra en torno al **18%** aproximadamente se obtiene la siguiente tabla.

	Nº pastillas en 37 días	Nº de pastillas/día	Nº de pastillas anuales (221 días)	Coste fabricación (€/pastilla)	Margen de beneficio por pastilla (%)	Beneficios anuales (€)
<b>ERLMANN 1 antes de las mejoras</b>	377.172	10.194	2.252.874	1,99	18	806.979,47
<b>ERLMANN 1 después de las mejoras</b>	817.224	22.087	4.881.227	1,99	18	1.748.455,51
<b>Diferencia antes vs después de las mejoras</b>	440052	11893	2.628.353	1,99	18	<b>947.476,04</b>

Tabla 24. Datos de producción de mecanizado antes y después de las mejoras. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjunta la tabla con los **costes** estimados para poder implementar las propuestas de mejora, donde se basan en la **contratación de un operario de mantenimiento**

adicional y la subcontratación de un operario de la empresa externa Indumat para que realice el mantenimiento preventivo durante 24 horas el fin de semana, suponiendo 44 fin de semana de trabajo.

	Coste (€/hora)	Coste (€/año)
Trabajador mantenimiento adicional	20,93	37.000
Mantenimiento preventivo Indumat	30	31.680
<b>Coste total</b>		<b>68.680</b>

Tabla 25. Costes. Fuente: Elaboración propia

De tal manera, se puede concluir que tras la implantación de las mejoras en la multiestación ERLMANN 1, se estima producir **2.628.353 pastillas más al año** (221 días laborables), generando **947.476,04 euros de ventas adicionales**, y teniendo en cuenta que los **costes de mejora suponen 68.680 euros al año** se obtendrían en unos **beneficios anuales adicionales de 878.796,04 euros** aproximadamente, **siempre y cuando** el sistema productivo de la empresa fuera capaz de absorber ese incremento de producción, y **se puedan vender todas las pastillas de más fabricadas en el mercado.**

## 7. LÍNEAS FUTURAS

Durante el transcurso del proyecto se han comentado posibles **líneas de mejora** que podrían implantarse en un futuro. El presente capítulo define a continuación las líneas futuras de trabajo para la empresa:

- **Implantación de sistema de visión artificial** para el control total de las cotas en ERLMANN
- **Aplicación de las mejoras** propuestas de la multiestación ERLMANN 1 en ERLMANN 2
- **Aplicación de la herramienta 5S** en el resto de maquinaria de la **sección de mecanizado**, así como en **todas las fases productivas**
- **Implantación de la filosofía Lean Manufacturing** en ICER Brakes, comenzando con la **reducción de stock y almacenes intermedios**
- **Evaluación real de las mejoras tras su implantación**, y **finalización completa del AMFE**



## 8. CONCLUSIONES

El principal **objetivo** del presente proyecto, como se ha comentado desde el inicio del mismo, consistía en la **implantación de procesos de mejora en la empresa ICER Brakes basados en la filosofía Lean Manufacturing y la mejora continua**. Tras la selección de la **multiestación de rectificado ERLMANN 1** como máquina sobre la que optimizar, donde dicha elección se ha realizado gracias al diseño del **VSM actual** de la empresa y el **estudio del OEE** de las secciones a analizar, se han realizado **propuestas de mejora**, destacando la revisión y elaboración **del AMFE actual** de esa máquina, **la aplicación de la herramienta 5S, y los proyectos Kaizen** de mejora continua de la **disponibilidad y rendimiento** de la multiestación de rectificado ERLMANN 1.

Se han planteado unas mejoras, donde se estima un incremento del **OEE desde el 21,85% hasta el 50,18%**, lo cual **soluciona el problema del cuello de botella** actual en el proceso productivo, y se podrían obtener unos **beneficios económicos adicionales de 878.796,04 euros** aproximadamente, si se llegaran a vender todas las pastillas de más fabricadas en ICER Brakes S.A.

Aunque el autor del proyecto conocía y había estudiado los conceptos del *Lean Manufacturing* y la mejora continua, no ha sido hasta el momento del desarrollo y elaboración del proyecto cuando se ha percatado de la importancia de ellos en el día a día de la empresa, y su necesidad de aplicación para el desarrollo y progreso de una empresa en la actualidad. Además, ha pasado de haber aprendido conceptos teóricos como la herramienta 5S a su aplicación real.

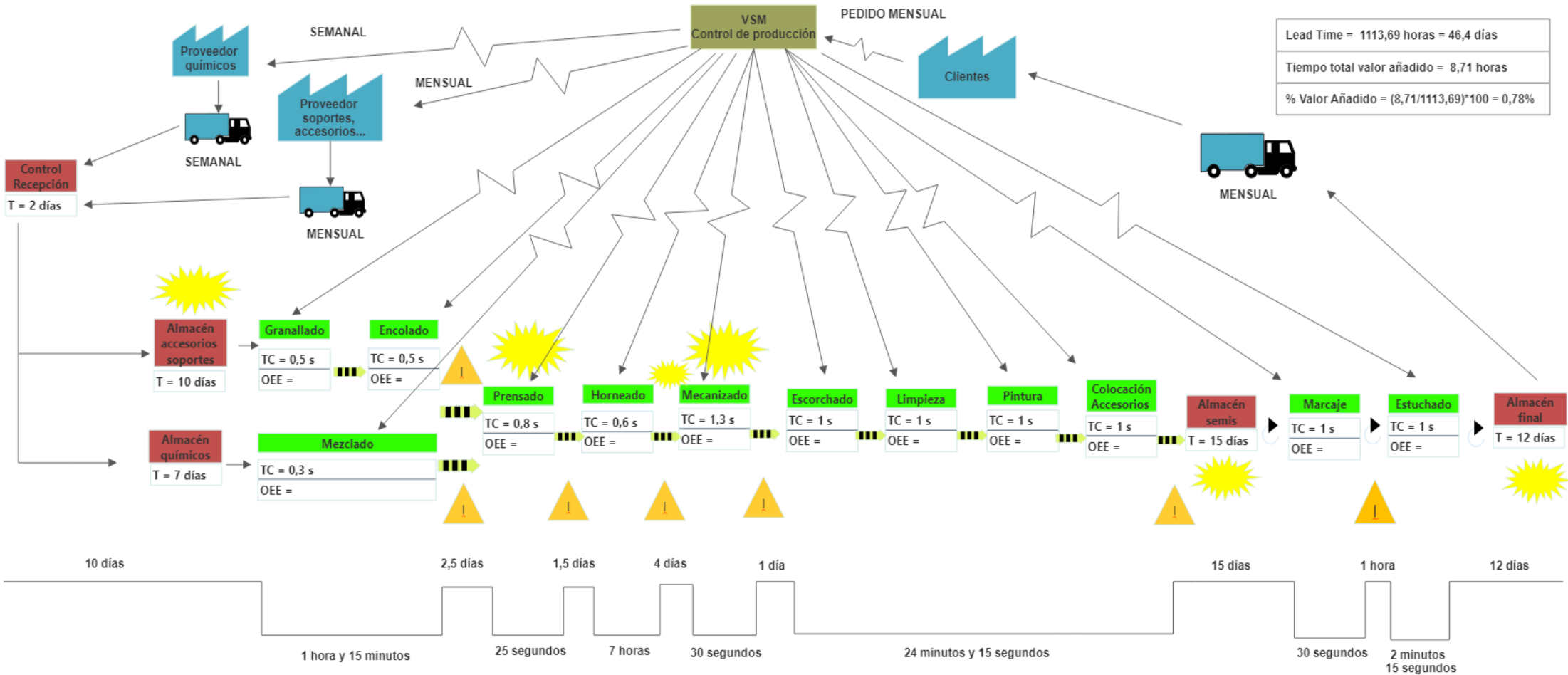
## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, M. (12 de octubre de 2019). What is Just in Time. *LEANVLOG*. Obtenido de <https://www.leanvlog.com/just-in-time/>
- Antonucci, I. (21 de octubre de 2020). Lean Manufacturing: los principios del pensamiento que cambió el mundo. *Atlas Consultora*. Obtenido de <https://www.atlasconsultora.com/lean-manufacturing-y-los-principios-del-pensamiento-que-cambio-el-mundo/>
- Departamento de Calidad de ICER Brakes S.A. (2022). Gestión de AMFES (diseño y proceso).
- Mateos-Aparicio, J. P. (19 de junio de 2020). ¿Sabes de qué están compuestas las pastillas de freno? *Autofácil*. Obtenido de <https://www.autofacil.es/mantenimiento/compuestas-pastillas-freno/176155.html>
- Menna. (2016). ¿Cómo funciona un sistema de frenos? *CómoFunciona*. Obtenido de <http://como-funciona.co/un-sistema-de-frenos/>
- Pensa, G. (12 de marzo de 2021). SMED: una metodología para acortar los set-ups. *Atlas Consultora*. Obtenido de <https://www.atlasconsultora.com/smed/>
- Salazar López, B. (30 de octubre de 2019). Jidoka: Autonomización de los defectos. *Ingeniería Industrial online.com*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/jidoka-autonomizacion-de-los-defectos/>
- San Miguel Induráin, J. (2021a). Módulo. 1 - Aspectos generales de la dirección de producción. En *Organización de la Producción*. Universidad Pública de Navarra.
- San Miguel Induráin, J. (2021b). Módulo. 4 - Lean Manufacturing. En *Organización de la Producción*. Universidad Pública de Navarra.
- Touron, J. (26 de septiembre de 2016). Lean Manufacturing: definición, origen y evolución. *Sistema OEE*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>

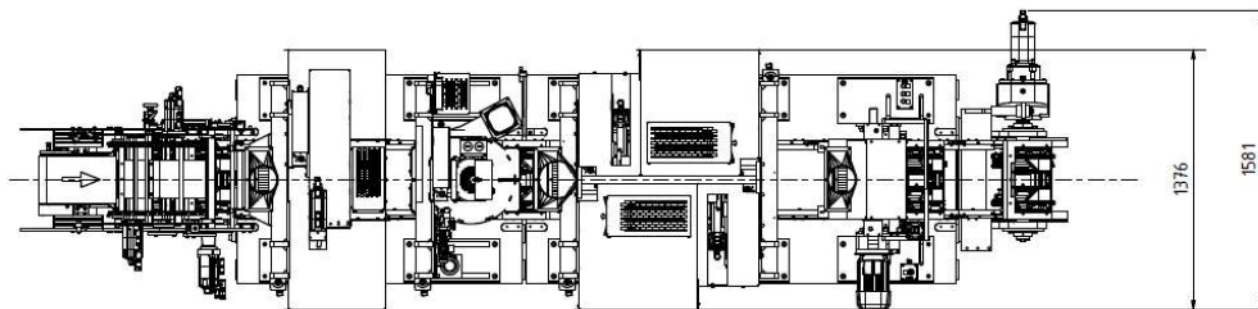
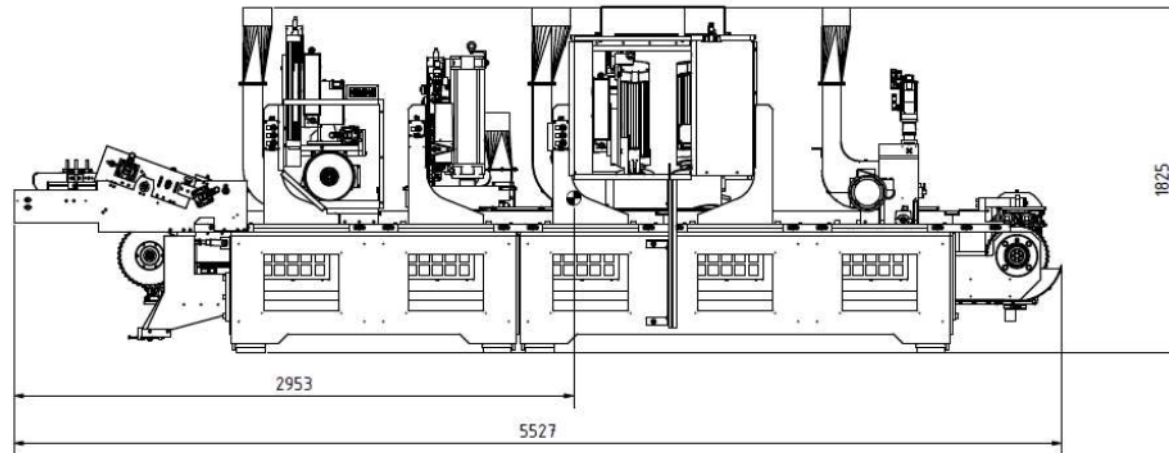
## ANEXOS



ANEXO 1 VSM ACTUAL




## ANEXO 2 LAY-OUT ERLMANN



**Nota:** No está escalado, únicamente se adjunta para visualizar las dimensiones de la multiestación y observar el lay-out completo de la máquina.

ANEXO 3 PARTE DE PRODUCCIÓN ERLMANN

	<b>CONTROL PRODUCCIÓN / RECHAZO / PARADAS ERLMANN</b>	Código: <b>IJ-23.01</b>
	<i>2122 → 7-47 Gran 1 → 3343</i>	Página: <b>1 de 5</b>
	<i>025 retroceso 29</i>	Nº Rev.: <b>02</b>

FECHA	HORARIO	MÁQUINA	Nº OP.	NOMBRE Y APELLIDO	Nº PASTILLAS NOK LIMPIEZA	TURNO	JEFE DE EQUIPO
14/3/22	6:00 14:00	ERLMANN-1	2122	SANDRA ARAGOÑO	5	MAÑANA	ELENA

- 7:26 a 10:53 - op. 2350 CRISTINA  
- 11:23 a 13:50 - op. 2321 AINARA

FABRICACIÓN				MEDIDAS			CANTIDADES RECHAZO / PASTILLAS NOK									OK	
HORA INICIO	HORA FIN	Nº ORDEN / CÓDIGO	Nº REFERENCIA	VELOCIDAD	DISTANCIA ENTRE CHAFLANES	ÁNGULO CHAFLANES	FML / FMA	FUS	GRIETAS	CATA	CHAFLAN	ESPESOR	PLANITUD	PRENSADO NOK	MECANIZADO		
6:00	6:35	A															
6:35	6:43	E															
6:43	7:20	B															
			17 carros amolados														
7:26	8:06	A22007289	182281-D	1600	126'6	0°											612
8:06	8:21	H360134	182281-1	1600	126'1	0°											70
8:21	8:43	H360133	182281-D	1600	126'1	0°											350
8:43	9:09	H360134	182281-1	1600	126'1	0°											315
9:09	9:34	E															
9:34	9:43	L															
9:43	10:53	H357430	181605-0	2400	55'7	20°					2						573
9:43	9:45	F															
9:48	9:50	F															
9:51	9:54	Q1															
9:54	9:56	Q1															
10:05	10:30	N															
10:53	11:02	E															
11:02	11:53	A22007187	182213-1	1600	95'4	25°					10						393

(1) Profundidad entre 1.5 mm y 3 mm (2) Anchura entre 2.5 mm y 4.5 mm \*Comprobación en 1 pastilla al inicio (I), mitad (M) y final (F) de cada orden



CONTROL PRODUCCION / RECHAZO / PARADAS ERLMANN

Código:	IJ-23.01
Página:	2 de 5
Nº Rev.:	02

FABRICACIÓN				MEDIDAS			CANTIDAD RECHAZO / PASTILLAS NOK									OK
HORA INICIO	HORA FIN	Nº ORDEN / CÓDIGO	Nº REFERENCIA	VELOCIDAD	DISTANCIA ENTRE CHAFLANES	ÁNGULO CHAFLANES	FML / FMA	FUS	GRIETAS	CATA	CHAFLAN	ESPESOR	PLANITUD	PRENSADO NOK	MECANIZADO	
11:02	11:23	O														
11:53	11:58	E														
11:58	12:22	A22011812	180957	2400	79'5	20°					3					400
12:22	12:39	A22011811	180957	2400	79'7	20							CONTAMINADA			300
12:39	12:42	E	ORDEN A22012259	2259	ref. 182207				RETIRADA	NO CABE EN LOS CARROS						
12:42	12:48	P														
12:48	12:53	E														
12:53	13:50	A22012167	182266-1	1600												400
													TOTAL - 3.343			

3) Espesor real = Espesor nominal - 0.5 mm / \*\* Comprobación en 1 pastilla al inicio (I), mitad (M) y final (F) de cada orden en 4 puntos (ver dibujo), no pueden ser inferiores a los 0.2 mm (pastillas sin escorchar) o los 0.4 mm (pastillas escorchadas)





	<b>CONTROL PRODUCCION / RECHAZO / PARADAS ERLMANN</b>	Código: <b>IJ-23.01</b>
		Página: <b>3 de 5</b>
		Nº Rev.: <b>02</b>

FABRICACIÓN	RECTIFICADO (3*)												CATA / MULTICATA									OK			
	Pastilla 1				Pastilla 2				Pastilla 3				Anchura entre catas*			Profundidad (1*)			Anchura (2*)				Alineación* (OK / NOK)		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	I	M	F	I	M	F	I	M	F		I	M	F
A22007289	15'80	15'89	15'50	15'87	15'72	15'80	15'73	15'71	15'80	15'70	15'74	15'81													312
H360133	15'80	15'73	15'72	15'79	15'82	15'85	15'82	15'81	15'85	15'78	15'72	15'70													350
H360134	15'80	15'76	15'75	15'72	15'81	15'80	15'73	15'76	15'70	15'46	15'23	15'79													315
H359430	18'20	18'23	18'22	18'21	18'21	18'20	18'24	18'23	18'23	18'21	18'18	18'20													573
A22007187	18'50	18'77	18'24	18'34	18'23	18'29	18'21	18'27	18'24	18'26	18'27	18'34													393
A22011812	19'40	19'39	19'49	19'48	19'51	19'54	19'49	19'50	19'56	19'60	19'52	19'47													400
A22011811	19'40	19'46	19'38	19'42	19'34	19'41	19'43	19'46	19'41	19'39	19'29	19'25													300
A22012267	17'50	17'78	17'98	17'77	17'84	17'82	17'88	17'78	17'81	17'84	17'87	17'87													400
																									TOTAL-3.343

(1) Profundidad entre 1.5 mm y 3 mm (2) Anchura entre 2.5 mm y 4.5 mm \*Comprobación en 1 pastilla al inicio (I), mitad (M) y final (F) de cada orden

	<p><b>CONTROL PRODUCCION / RECHAZO / PARADAS ERLMANN</b></p>	Código:	IJ-23.01
		Página:	5 de 5
		Nº Rev.:	02

N(x)	DETALLAR OTRAS AVERÍAS
Q1	COMPARACIÓN ERRORES ENTRADA / SALIDA

## ANEXO 4 AVERÍAS ERLMANN

SEMANA 1	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
07/03/2022	90	90	AVERÍA MECÁNICA
08/03/2022	90	20	AVERÍA SISTEMA DE CARGA
		70	AJUSTE MUELA DE RECTIFICADO
09/03/2022	172	57	AVERÍA DETECTOR
		115	PARADA INGENIERÍA
10/03/2022	98	23	AVERÍA GUÍAS ALIMENTADOR SOPORTE
		75	AVERÍA CINTA GOMA DE DESCARGA
11/03/2022	47	47	AVERÍA SISTEMA DE CARGA
TOTAL	497	497	
SEMANA 2	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
14/03/2022	450	270	SALTO TÉRMICO (VENTILADORES LLENOS DE POLVO)
		132	AJUSTE PARÁMETROS
		48	AVERÍA CINTA DE CARGA/SALIDA
15/03/2022	96	96	AVERÍA ALIMENTADO CARGA
16/03/2022	56	42	AJUSTE PARÁMETROS ACTUADOR ALTURA CHAFLÁN
		14	CAMBIO DE CARROS 35-40
17/03/2022	68	29	AVERÍA MECÁNICA
		39	AVERÍA MECÁNICA
18/03/2022	28	9	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
		19	AJUSTE PARÁMETROS
TOTAL	698	698	
SEMANA 3	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
21/03/2022	187	59	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
		47	AJUSTE DE PARÁMETROS
		61	AJUSTE PARÁMETROS ACTUADOR ALTURA CHAFLÁN DERECHO
		10	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
		10	AVERÍA ELÉCTRICA
22/03/2022	84	29	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
23/03/2022	8	55	AVERÍA MECÁNICA
		8	AVERÍA ELÉCTRICA
24/03/2022	68	15	AVERÍA ELÉCTRICA
		25	AVERÍA ELÉCTRICA
		28	PARADA INGENIERÍA
25/03/2022	15	15	AJUSTE PARÁMETROS CHAFLÁN IZQUIERDO
TOTAL	362		
SEMANA 4	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
28/03/2022	1440	1440	AVERÍA HUSILLO ROTO
29/03/2022	1440	1440	AVERÍA HUSILLO ROTO
30/03/2022	1440	1440	AVERÍA HUSILLO ROTO
31/03/2022	1440	1440	AVERÍA HUSILLO ROTO
01/04/2022	1440	1440	AVERÍA HUSILLO ROTO
TOTAL	7200	7200	

SEMANA 5	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
04/04/2022	564	445	PARADA POR EXCESO DE CARROS ANULADOS
		6	AVERÍA ELÉCTRICA
		4	AJUSTE PARÁMETROS ACTUADOR ÁNGULO
		97	PARADA INGENIERÍA
		12	CAMBIO DE CARRO
05/04/2022	573	2	COMPROBACIÓN CARROS
		8	AVERÍA ELÉCTRICA
		62	AVERÍA ELÉCTRICA
		200	AVERÍA ELÉCTRICA
		5	AVERÍA ELÉCTRICA
		201	AVERÍA ELÉCTRICA (LA MÁQUINA DISPARA TODA LA LÍNEA 1)
06/04/2022	789	95	AVERÍA MUELA BLOQUEADA (AJUSTE PARÁMETROS)
		445	PARADA POR EXCESO DE CARROS ANULADOS
		154	PARADA INGENIERÍA
		10	AVERÍA ELÉCTRICA
07/04/2022	595	180	AVERÍA ELÉCTRICA
		445	AVERÍA SENSOR ALTURA MUELA (NO SE POSICIONA)
		105	AVERÍA SENSOR ALTURA MUELA (NO SE POSICIONA)
08/04/2022	427	45	ATASCO PASTILLAS ALIMENTACIÓN
		61	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
		30	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
		36	AVERÍA DETECTOR
		300	AVERÍA MUELA RECTIFICADO (NO SE POSICIONA)
TOTAL	2948		
SEMANA 6	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
11/04/2022	94	94	AVERÍA ALIMENTADO CARGA
12/04/2022			
13/04/2022			
TOTAL	94	94	
SEMANA 7	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
19/04/2022	70	45	AJUSTE ÁNGULO CHAFLÁN
		15	CAMBIO DE CARRO
		20	AVERÍA MECÁNICA
20/04/2022	19	19	AVERÍA MECÁNICA
21/04/2022			
22/04/2022	21	21	CAMBIO DE CARRO
TOTAL	110	110	
SEMANA 8	Q TOTAL POR DÍA (min)	AVERÍAS (min)	TIPO DE AVERÍA
25/04/2022	210	210	PARADA INGENIERÍA
26/04/2022			
27/04/2022	256	265	AVERÍA CARROS (AJUSTE DE CARROS)
28/04/2022	15	15	LÍMITE DE PAR SISTEMA DE CARGA
29/04/2022			
TOTAL	481		

IMPLANTACIÓN DE PROCESOS DE MEJORA CONTINUA EN LA EMPRESA ICER BRAKES S.A.

ANEXO 5 AMFE

Dirección de Producción: Polígono Industrial Montes del Cierzo, Tudela, Navarra, Spain

Referencia: 181962-239

Equipo: Luis, Svitlana (calidad), Manuel (Mantenimiento), Arturo (Ingeniería), Edurne (Producción)

Cliente: Mitsubishi

Fecha de inicio: 20/04/2022

AMFEP nº: 2

Responsable: Luis Gil

Modelo: Outlander y Eclipse

Fecha de última revisión: 20/05/2022

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA			ANÁLISIS FUNCIONAL-REQUISITOS				Caract Esp	ANÁLISIS DE FALLOS				ANÁLISIS DE RIESGOS					
Orden	Paso	Análisis 4M	Función	Requisito / Característica	Legal - Norma	Valor		Tipo de fallo potencial	Efecto o consecuencia	Severidad	Causa	Controles preventivos actuales	Ocurrencia	Controles de detección actuales	Detección	AP	Acción preventiva y de detección
J	Salida horno	Mano de obra	Identificar material con hoja de ruta	Hoja de ruta		Identificación y Orden		Operaciones de mecanizado NOK por identificación incorrecta	Rechazo	6	Fallo en la metodología de identificación tras la salida de hornos	N/A	5	Control Visual	2	L	
J	Mecanizado	Mano de obra	Control de la referencia a mecanizar	Ficha técnica		Ref OK		Operaciones de mecanizado NOK	Rechazo	6	Interpretación incorrecta de la ficha técnica	Metodología y formación operarios	3	Control Visual	4	L	
J	Mecanizado	Máquina ERLMANN	Lectura del código de barras de la orden	Ficha técnica		Lectura OK		Operaciones de mecanizado NOK	Rechazo	6	Imprecisión de los parámetros del programa para mecanizar piezas OK	Metodología, formación operarios y valores	6	Control de primera muestra	4	M	Establecer un margen de tolerancias para los parámetros que puedan modificar
								Operaciones de mecanizado NOK	Rechazo/retrabajo	6	Mal estado de los carros	Mto. Preventivo frecuencial de los carros	8	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno	6	H	Aumentar la frecuencia del mantenimiento de los carros. Revisar y estandarizar metodología de mantenimiento de los carros
J	Mecanizado	Estación de catas ERLMANN	Realizar la cata	Ficha técnica		Cotas cata OK		Cata descentrada	Rechazo	4	Pérdida de ceros del disco	Control frecuencial de ceros	4	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Cata descentrada	Rechazo	4	Desajuste carros	Mto. preventivo frecuencial de carros	3	Auditoría de control de primeras muestras inicio del turno	6	L	
								Cata descentrada	Rechazo	4	Paralelismo NOK entre disco y carro	Mto. preventivo frecuencial de carros	1	Auditoría de control de primeras muestras inicio del turno. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Cata descentrada	Rechazo	4	Mal posicionamiento de la pastilla en el carro a la entrada	Validación de referencias	3	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Cata descentrada	Rechazo	4	Disco de rectificado doblado	Cambio del disco por vida útil	3	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Cata torcida	Rechazo	4	Mal posicionamiento de la pastilla en el carro a la entrada	Validación de referencias	8	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	H	Listado y validación de las referencias más óptimas para la ERLMANN
								Cata torcida	Rechazo	4	Disco de rectificado en mal estado	Cambio del disco por vida útil	5	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Cata ancha	Rechazo	4	Disco de rectificado torcido	Ajuste de máquina en el control de primera muestra	3	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	L	
								Muesca salida en cata	Rechazo	4	Disco de rectificado torcido	Ajuste de máquina en el control de primera muestra	4	Control de primera muestra. Control visual frecuencial	6	L	
								Muesca salida en cata	Rechazo	4	Paralelismo NOK entre disco y carro	Ajuste de máquina en el control de primera muestra	4	Control de primera muestra. Control visual frecuencial	6	L	
								Muesca salida en cata	Rechazo	4	Mal posicionamiento de la pastilla en el carro a la entrada	Validación de referencias	4	Control visual frecuencial	6	L	

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA			ANÁLISIS FUNCIONAL-REQUISITOS				Caract Esp	ANÁLISIS DE FALLOS				ANÁLISIS DE RIESGOS					
Orden	Paso	Análisis 4M	Función	Requisito / Característica	Legal - Norma	Valor		Tipo de fallo potencial	Efecto o consecuencia	Severidad	Causa	Controles preventivos actuales	Ocurrencia	Controles de detección actuales	Detección	A P	Acción preventiva y de detección
J	Mecanizado	Estación rectificadora plano ERLMANN	Rectificar la superficie de fricción	Ficha técnica		Cotas espesor OK		Espesor bajo	Rechazo	6	Desajuste carros	Mto. preventivo frecuencial de los carros	8	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno. Control frecuencial dimensional.	5	H	Aumentar la frecuencia del mantenimiento de los carros. Revisar y estandarizar metodología de mantenimiento de los carros
								Espesor bajo	Rechazo	6	Mal estado guías de los carros	No existe	6	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	M	Incluir en el mantenimiento preventivo la revisión del estado de las guías
								Espesor alto	Retrabajo	5	Desajuste de máquina	No existe	3	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	10	L	Establecer plan de mantenimiento para pérdida de 0
								Espesor alto	Retrabajo	5	Desajuste carros	Mto. Preventivo frecuencial de los carros	5	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno	5	L	
								Espesor alto	Retrabajo	5	Desgaste muela de rectificadora	Cambio por vida útil de muela	4	Control visual frecuencial. Pokayoke por sonda de medición 100%.	6	L	
								Paralelismo NOK	Rechazo	6	Desajuste carros	Mto. preventivo frecuencial de los carros	8	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno. Control frecuencial geométrico	5	H	Aumentar la frecuencia del mantenimiento preventivo de los carros
								Paralelismo NOK	Rechazo	6	Desgaste muela de rectificadora	Mto. Preventivo frecuencial	6	Control de primera muestra. Control frecuencial geométrico	6	M	Revisión metodología del mantenimiento preventivo. Realizar estudio desgaste de muelas
								Paralelismo NOK	Rechazo	6	Mal posicionamiento de la pastilla en el carro a la entrada	Validación de referencias	8	Control de primera muestra. Control frecuencial geométrico	6	H	Listado y validación de las referencias más óptimas para la ERLMANN
J	Mecanizado	Estación rectificadora chaflores ERLMANN	Realizar los chaflores	Ficha técnica		Cotas chaflores OK		Chaflores torcidos	Rechazo	4	Mal posicionamiento de la pastilla en el carro a la entrada	Validación de referencias	6	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	M	Listado y validación de las referencias más óptimas para la ERLMANN
								Chaflores desiguales	Rechazo	4	Desajuste carros	Mto. Preventivo de los carros	8	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno. Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional.	5	H	Aumentar la frecuencia del mantenimiento de los carros
								Chaflores desiguales	Rechazo	4	Material desplazado en el prensado	Control inspectores de calidad en fases anteriores	6	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	5	M	Implantación sistema de visión artificial para el control 100% de las cotas
								Ángulo de chaflores fuera de especificación	Rechazo	4	Desajuste de máquina	Mantenimiento preventivo frecuencial máquina	2	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	8	L	Establecer plan de mantenimiento para pérdida de 0
										4	Desgaste muela de rectificadora	Cambio de muelas por vida útil	3	Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional	6	M	Revisión metodología del mantenimiento preventivo. Realizar estudio desgaste de muelas
J	Mecanizado	Sistema de salida ERLMANN	Sacar las pastillas de ERLMANN					Rechazo de pastillas OK	Posibilidad de rechazo de pastillas OK	4	Fallo en el sensor de espesor	Calibración frecuencial	4	Verificación del sistema con pieza NOK	6	L	

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA			ANÁLISIS FUNCIONAL-REQUISITOS				Caract Esp	ANÁLISIS DE FALLOS				ANÁLISIS DE RIESGOS					
Orden	Paso	Análisis 4M	Función	Requisito / Característica	Legal - Norma	Valor		Tipo de fallo potencial	Efecto o consecuencia	Severidad	Causa	Controles preventivos actuales	Ocurrencia	Controles de detección actuales	Detección	AP	Acción preventiva y de detección
										4	Desajuste carros	Mto. Preventivo frecuencial carros	6	Auditorías de calidad durante la comprobación de las 40 pastillas al inicio del turno. Control de primera muestra. Control frecuencial dimensional.	5	M	Aumentar la frecuencia del mantenimiento de los carros
								Falta de alguna fase de mecanizado	Retrabajo	4	Salto de proceso	No existe	4	Control visual frecuencial	8	M	Implantación sistema de visión artificial para el control 100% de las partes mecanizadas
								Pastillas con espesor NOK	Posibilidad de envío a cliente de pastillas fuera de especificación	6	Fallo en el sensor de espesor	Calibración frecuencial	6	Verificación del sistema con pieza NOK	6	M	Implantación sistema de visión artificial para el control 100% de las cotas
										6	Desgaste de la leva encargada de abrir la unidad de agarre	Mto. Preventivo frecuencial	3	Control visual	6	L	
J	Mecanizado	Medio ambiente						Operaciones de mecanizado NOK	Rechazo	6	Desajuste de los carros por acumulación de polvo de material de fricción	Sistema de aspiración	5	Control visual durante el mantenimiento preventivo	5	L	

Criterio de Severidad (S) para Evaluación General del Proceso					
Efectos de Fallas Potenciales calificadas de acuerdo con el criterio abajo indicado.					Vacío hasta ser llenado por el usuario
S	Efecto	Impacto en Planta	Impacto en Planta de Cliente (cuando se conoce)	Impacto en el Usuario Final (cuando se conoce)	Ejemplos de Corporativo o Línea de Producción
10	Alto	La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble	La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble	Afecta la operación segura del vehículo y/u otros vehículos, la salud del conductor o pasajero(s), o usuarios de carreteras o peatones	
9		La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta	La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta	Incumplimiento con regulaciones	
8	Moderadamente Alto	El 100% de la corrida de producción afectada puede desecharse.	Paro de producción por más de un turno completo de producción; posible paro de un envío; reparación o reemplazo en campo requerido (Ensamble o Usuario Final) diferente a algún incumplimiento regulatorio.	<b>Pérdida</b> de alguna función primaria del vehículo, necesaria para el manejo normal durante la vida de servicio esperada	
7		El producto puede tener que clasificarse y desecharse una porción (menos del 100%); desviación del proceso primario; velocidad de línea disminuida o mano de obra agregada	Paro de línea desde 1 hora hasta el turno completo de producción; posible retención de envío; se requiere reparación o reemplazo en campo (Ensamble a Usuario Final) que no sea por incumplimiento normativo	<b>Degradación</b> de la función principal del vehículo necesaria para una conducción normal durante la vida útil esperada.	
6	Moderadamente Bajo	producción tiene que retrabajarse fuera de línea y ser aceptada	Hasta 1 hora de paro de línea	<b>Pérdida</b> de la función secundaria del vehículo.	
5		Es posible que una parte de la corrida de producción tenga que ser retrabajada fuera de línea y aceptada	Menos del 100% del producto afectado; fuerte posibilidad de producto defectuoso adicional; clasificación requerida sin paro de línea	<b>Degradación</b> de la función secundaria del vehículo.	
4		El 100% de la producción puede tener que ser retrabajada en la estación antes de que se procese	El producto defectuoso desencadena un plan de reacción significativo; sin probabilidad de productos defectuosos adicionales; no se requiere clasificación	Apariencia, sonido, vibración, dureza, o percepción táctil muy objetable.	
3	Bajo	Es posible que una parte de la corrida de producción tenga que ser retrabajada en la estación antes de que se procese	El producto defectuoso desencadena un plan de reacción menor; sin probabilidad de productos defectuosos adicionales; no se requiere clasificación	Apariencia, sonido, vibración, dureza, o percepción táctil moderadamente objetable.	
2		Ligero inconveniente para el proceso, operación u operador	El producto defectuoso no desencadena ningún plan de reacción; sin probabilidad de productos defectuosos adicionales; no se requiere clasificación; requiere retroalimentación al proveedor	Apariencia, sonido, vibración, dureza, o percepción táctil ligeramente objetable.	
1	Muy Bajo	Sin efecto discernible	Sin efecto discernible o sin efecto	Efecto no discernible	



<b>Potencial de Ocurrencia (O) para el Proceso</b>				
Causas potenciales de Falla clasificadas de acuerdo con los criterios a continuación. Considere los controles de prevención al determinar la mayor estimación de Ocurrencia. La Ocurrencia es una calificación cualitativa predictiva realizada en el momento de la evaluación y puede no reflejar la Ocurrencia real. El número de calificación de Ocurrencia es una calificación relativa dentro del alcance del FMEA (proceso que se está evaluando). Para los controles de prevención con múltiples calificaciones de Ocurrencia, utilice la calificación que mejor refleje la solidez del control.				Vacío hasta ser llenado por el usuario
<b>O</b>	<b>Predicción de Ocurrencia de las Causas de la Falla</b>	<b>Tipo de Control</b>	<b>Controles de Prevención</b>	<b>Ejemplos Corporativos o Línea del Producto</b>
10	<b>Extremadamente alto</b>	Ninguno	Sin controles de prevención.	
9	<b>Muy alto</b>	Comportamiento	Los controles de prevención tendrán poco efecto en la prevención de la causa de la falla.	
8				
7	<b>Alto</b>	Conductual o Técnico	Los controles de prevención son algo efectivos para prevenir la causa de la falla.	
6				
5				
4	<b>Moderado</b>		Los controles de prevención son efectivos para prevenir la causa de la falla.	
3	<b>Bajo</b>	Mejores Prácticas: Conductual o Técnico	Los controles de prevención son altamente efectivos para prevenir la causa de la falla.	
2	<b>Muy bajo</b>			
1	<b>Extremadamente bajo</b>	Técnico	Los controles de prevención son extremadamente efectivos para evitar que se produzca una falla debido al diseño (por ejemplo, geometría de la pieza) o al proceso (por ejemplo, diseño de accesorios o herramientas). Intención de controles de prevención: el modo de falla no se puede producir físicamente debido a la causa de la falla.	

<b>Potencial de Detección (D) para la Validación del Diseño del Proceso</b>				
Controles de Detección calificados de acuerdo con la Madurez del Método de Detección y a las Oportunidades de Detección				Vacío hasta ser llenado por el usuario
D	Habilidad de Detectar	Madurez del Método de Detección	Oportunidad para Detección	Ejemplos corporativos o de Línea de Producto
10	Muy bajo	No se ha establecido o no se conoce un método de prueba o inspección.	El modo de falla no será o no podrá ser detectado.	
9		No es probable que el método de inspección o prueba detecte el modo de la falla.	El modo de falla no es fácilmente detectado a través de auditorías aleatorias o esporádicas.	
8	Bajo	<b>No se ha</b> demostrado que el método de prueba o inspección sea efectivo y confiable (por ejemplo, la planta tiene poca o ninguna experiencia con el método, los resultados de R&R del medidor son marginales en procesos comparables o esta aplicación, etc.).	Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso de medición manual (atributo o variable) que debe detectar el modo de falla o la causa de la falla.	
7			Detección basada en la máquina (semiautomática con notificación por luz, timbre, etc.) o uso de equipos de inspección, como una máquina de medición de coordenadas que debería detectar el modo de falla o la causa de la falla.	
6	Moderado	<b>Se ha</b> demostrado que el método de prueba o inspección es efectivo y confiable (por ejemplo, la planta tiene experiencia con el método; los resultados del R&R del medidor son aceptables en	Inspección humana (visual, táctil, audible) o uso de medición manual (atributo o variable) que detectará el modo de falla o la causa de la falla (incluidas las verificaciones de muestras del producto)	
5			Detección basada en máquina (automatizada con notificación por luz, zumbador, etc.) o uso de equipo de inspección, como una máquina de	
4	Alta	<b>Se ha</b> demostrado que el sistema es efectivo y confiable (por ejemplo, la planta tiene experiencia con el método en un proceso idéntico o esta aplicación), los resultados de R&R del medidor son aceptables, etc.	Método de detección automatizado basado en la máquina que detectará el modo de falla mas adelante, evitará un procesamiento posterior o el sistema identificará el producto como discrepante y le permitirá avanzar automáticamente en el proceso hasta el área de descarga de rechazo designada. El producto discrepante será controlado por un sistema robusto que evitará la salida del producto del sitio.	
3			El método de detección automatizado basado en la máquina que detectará el modo de falla en la estación, evitará un procesamiento adicional o el sistema identificará el producto como discrepante y le permitirá avanzar automáticamente en el proceso hasta el área de descarga de rechazo designada. El producto discrepante será controlado por un sistema robusto que evitará la salida del producto de la instalación.	
2			Método de detección basado en la máquina que detectará la causa y evitará que se produzca el modo de falla (parte discrepante).	
1	Muy Alta	El modo de falla no se puede producir físicamente tal como se diseñó o procesó, o los métodos de detección siempre han detectado el modo de falla o la causa de la falla.		

Prioridad de Acción (AP) para DFMEA y PFMEA							
La Priorización de Acciones se basa en la combinación de los rangos de Severidad, Ocurrencias y Detección, a fin de priorizar acciones para reducción de riesgos.						Vacío hasta ser llenado por el usuario	
Efecto		Predicción de la Ocurrencia de la Causa de la Falla	O	Habilidad para detectar	D	PRIORIDAD DE ACCION (AP)	Comentarios
Efecto muy alto en el producto o planta	9-10	Muy alta	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	H	
				Muy alto	1	H	
		Alta		Bajo – muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	H	
				Muy alto	1	H	
		Moderada	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	H	
				Muy alto	1	M	
	Baja		Bajo – Muy bajo	7-10	H		
			Moderado	5-6	M		
			Alto	2-4	L		
			Muy alto	1	L		
Muy baja	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
Efecto alto en el producto o planta	7-8	Muy alta	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	H	
				Muy alto	1	H	
		Alta		Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	H	
				Muy alto	1	M	
		Moderada	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-	M	
				Muy alto	1	M	
	Baja		Bajo – Muy bajo	7-10	M		
			Moderado	5-6	M		
			Alto	2-4	L		
			Muy alto	1	L		
Muy baja	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			

Efecto		Predicción de la Ocurrencia de la Causa de la Falla	O	Habilidad para Detectar	D	PRIORIDAD DE ACCIÓN (AP)	Comentarios
Efecto moderado en el producto o planta	4-6	Muy alta	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-	M	
				Muy alto	1	M	
		Alta		Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-	M	
				Muy alto	1	L	
		Moderada	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Baja		Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy baja	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
Efecto bajo en el producto o planta	2-3	Muy alta	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Alta		Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Moderada	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Baja		Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy baja	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
Efecto no discernible	1	Muy bajo – Muy alto	1-10	Muy alto – Muy bajo	1-10	L	

## ANEXO 6 TARJETAS ROJAS

TARJETA ROJA	
Nº 1	
Fecha 11/05/22	
Área Sección Mecanizado ERLMANN 1	
Artículo Elementos varios en cajón	
Cantidad 12	
CATEGORÍA	
<input type="checkbox"/> Máquina	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input checked="" type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input checked="" type="checkbox"/> Instrumento	<input checked="" type="checkbox"/> Otros
RAZÓN DE TARJETA	
<input checked="" type="checkbox"/> Innecesario	
<input type="checkbox"/> Defectuoso	
<input type="checkbox"/> Otros	
ACCIÓN REQUERIDA	
<input checked="" type="checkbox"/> Eliminar	
<input checked="" type="checkbox"/> Reubicar	
<input type="checkbox"/> Reparar	
<input type="checkbox"/> Agrupar en espacio separado	
<input type="checkbox"/> Reciclar	
Fecha Acción 11/05/22	

TARJETA ROJA	
Nº 2	
Fecha 11/05/22	
Área Sección Mecanizado ERLMANN 1	
Artículo Botellas con líquido	
Cantidad 2	
CATEGORÍA	
<input type="checkbox"/> Máquina	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input checked="" type="checkbox"/> Otros
RAZÓN DE TARJETA	
<input checked="" type="checkbox"/> Innecesario	
<input type="checkbox"/> Defectuoso	
<input type="checkbox"/> Otros	
ACCIÓN REQUERIDA	
<input checked="" type="checkbox"/> Eliminar	
<input checked="" type="checkbox"/> Reubicar	
<input type="checkbox"/> Reparar	
<input type="checkbox"/> Agrupar en espacio separado	
<input type="checkbox"/> Reciclar	
Fecha Acción 11/05/22	

TARJETA ROJA	
Nº 3 Fecha 11/05/22 Área sección Mecanizado SELMANN 1 Artículo Martillo y llave ALLEN Cantidad 2	
CATEGORÍA	
<input type="checkbox"/> Máquina	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input checked="" type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input type="checkbox"/> Otros
RAZÓN DE TARJETA	
<input checked="" type="checkbox"/> Innecesario	
<input type="checkbox"/> Defectuoso	
<input type="checkbox"/> Otros	
ACCIÓN REQUERIDA	
<input type="checkbox"/> Eliminar	
<input checked="" type="checkbox"/> Reubicar	
<input type="checkbox"/> Reparar	
<input type="checkbox"/> Agrupar en espacio separado	
<input type="checkbox"/> Reciclar	
Fecha Acción 11/05/22	

### TARJETA ROJA

Nº 4

Fecha 11/05/22

Área Secaón Mecanizado ERLHANN L

Artículo Elementos varios bandeja

Cantidad

### CATEGORÍA

Máquina

Materia prima

Herramienta

Producto terminado

Instrumento

Otros

### RAZÓN DE TARJETA

Innecesario

Defectuoso

Otros

### ACCIÓN REQUERIDA

Eliminar

Reubicar

Reparar

Agrupar en espacio separado

Reciclar

Fecha Acción 11/05/22



### TARJETA ROJA

Nº 5

Fecha 11/05/22

Área sección de Mecanizado ERLMANN 1

Artículo Cepillo y alpombrilla

Cantidad

### CATEGORÍA

Máquina

Materia prima

Herramienta

Producto terminado

Instrumento

Otros

### RAZÓN DE TARJETA

Innecesario

Defectuoso

Otros

### ACCIÓN REQUERIDA

Eliminar

Reubicar

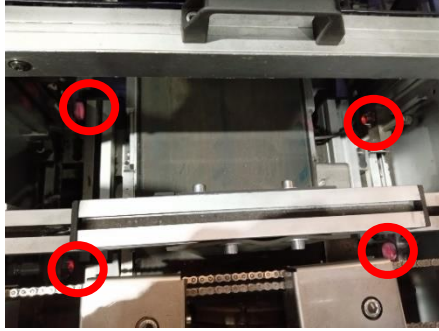

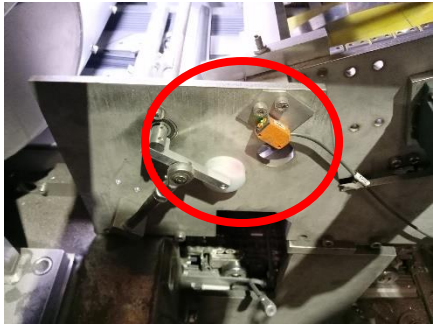
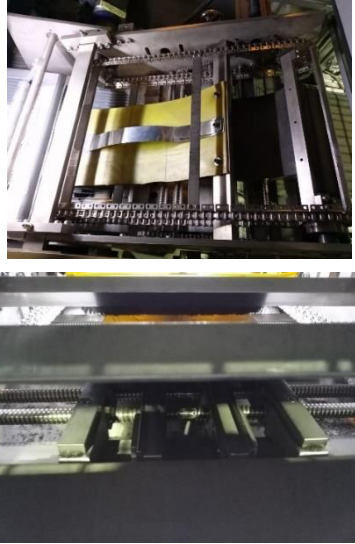
Reparar




Agrupar en espacio separado




Reciclar


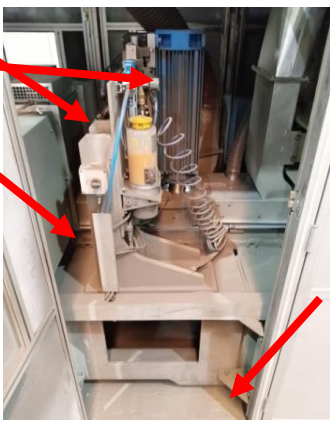
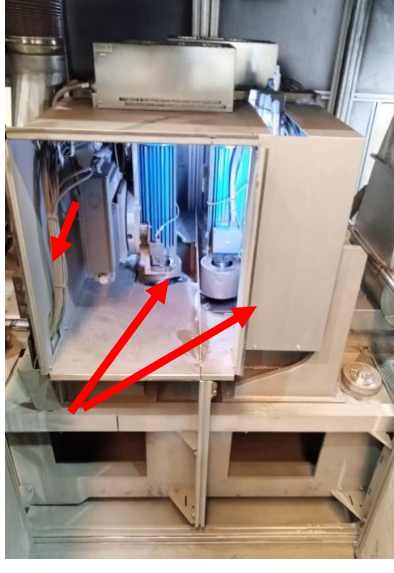
Fecha Acción 11/05/22




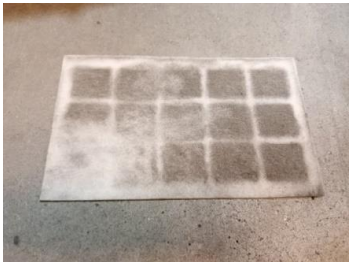
## ANEXO 7 GAMA DE LIMPIEZA ERLMANN

N.º	IMAGEN	QUÉ	QUIÉN	CUÁNDO
1		-Apagar la máquina pulsando "Último ciclo" (Botón verde inferior) -Soplar con la pistola los 2 sensores que se observan en la foto y sus correspondientes espejos.	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
2		-Limpiar las puertas del lado izquierdo una a una, así como la estación correspondiente a cada puerta	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
3		-Limpieza 1ª puerta lado izquierdo -Soplar el sensor de altura, cilindro de nylon y su mecanismo (conjunto rodeado en rojo)	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
4		-Limpieza 1ª puerta lado izquierdo -Soplar el sistema de carga bajo las formas y entre las barras de acero, garantizando que no haya suciedad entre las guías de caída y barras de arrastre.	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno

N.º	IMAGEN	QUÉ	QUIÉN	CÚANDO
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limpieza 1º puerta lado izquierdo</li> <li>-Aspirar el suelo para que quede libre de residuos</li> </ul>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
6		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limpieza 2º puerta lado izquierdo</li> <li>-Soplar la parte superior, haciendo hincapié en sensores y motores, soplando de arriba abajo para o desplazar el polvo, sino que se acumule en el suelo.</li> <li>-Aspirar el suelo para que quede libre de residuos</li> </ul>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
7		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limpieza 3º puerta lado izquierdo</li> <li>-Soplar la parte superior de la bancada desplazando el polvo hacia el suelo.</li> <li>-Aspirar el suelo y a bancada para que queden libres de residuos</li> </ul>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno

N.º	IMAGEN	QUÉ	QUIÉN	CUÁNDO
8		<p>Limpieza 4ª puerta lado izquierdo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Soplar la parte superior de la bancada, haciendo hincapié en los motores de los chaflanes, sensores y en las muelas desplazando el polvo hacia el suelo.</li> <li>-Aspirar el suelo y a bancada para que queden libres de residuos</li> </ul>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
9		<p>-Limpieza 5ª puerta lado izquierdo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Soplar la parte superior de la bancada, haciendo hincapié en los motores de los chaflanes, sensores y en los botones, desplazando el polvo hacia el suelo.</li> <li>-Aspirar el suelo y a bancada para que queden libres de residuos</li> </ul>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
10		<p>-Limpiar las puertas del lado derecho una a una, así como la estación correspondiente a cada puerta</p>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno

<p><b>11</b></p>		<p>-Limpieza 1º y 2º puerta lado derecho                  - Soplar los motores y la bancada desplazando el polvo hacia el suelo, para después aspirarlo.</p>	<p>Operario ERLMANN</p>	<p>Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno</p>
<p><b>12</b></p>		<p>-Limpieza 3º puerta lado derecho                  - Soplar los motores, la bancada, los mandos manuales y el sistema neumático desplazando el polvo hacia el suelo, para después aspirarlo.</p>	<p>Operario ERLMANN</p>	<p>Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno</p>
<p><b>13</b></p>		<p>-Limpieza 4º puerta lado derecho                  - Soplar los motores de chaflanes, la bancada, el cableado eléctrico y la botonera, desplazando el polvo hacia el suelo, para después aspirarlo.</p>	<p>Operario ERLMANN</p>	<p>Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno</p>

14		<p>-Limpieza 5ª puerta lado derecho</p> <p>- Soplar los motores, la bancada, y el mando manual, desplazando el polvo hacia el suelo, para después aspirarlo.</p>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
N.º	IMAGEN	QUÉ	QUIÉN	CÚANDO
15		<p>-Limpieza puerta frontal</p> <p>-Comprobar que no hay pastillas en el suelo y aspirarlo hasta que o quede polvo depositado sobre él. Si hay alguna pastilla, comprobar si es OK o NOK para llevarla al carro de rechazo o con el resto de la misma referencia</p>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
16		<p>-Limpieza filtros</p> <p>-A excepción de la primera puerta de la izquierda y derecha, en la parte inferior de las bancadas hay unas cavidades donde están posicionados unos filtros de polvo que se deben de limpiar una vez al turno.</p>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno
17		<p>-Limpieza filtros</p> <p>-Una vez se extrae la rejilla metálica, se extrae el filtro y se sopla con una pistola de aire hasta que quede completamente limpio.</p>	Operario ERLMANN	Entre 15 y 20 minutos al final de cada turno

ANEXO 8 VSM FUTURO

