



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN UNA FÁBRICA DE NUEVA CREACIÓN

Autora: Marta Iribarren García
Directora: Begoña Sanz Menchero

Madrid, Julio 2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN UNA FÁBRICA DE
NUEVA CREACIÓN**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2020/2021 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Marta Iribarren García

Fecha: 1... / 7... / 2021

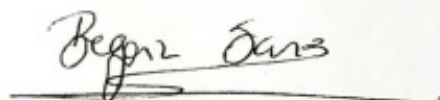


Autorizada la entrega del proyecto

LA DIRECTORA DEL PROYECTO

Fdo.: Begoña Sanz Menchero

Fecha: 1... / 7... / 2021





MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN UNA FÁBRICA DE NUEVA CREACIÓN

Autor: Marta Iribarren García

Director: Begoña Sanz Menchero

Madrid, Julio 2021

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN UNA FÁBRICA DE NUEVA CREACIÓN

Autor: Iribarren García, Marta.

Director: Sanz Menchero, Begoña.

Entidad Colaboradora: Contenur

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se lleva a cabo un análisis en profundidad de los diferentes conceptos del Lean Manufacturing. Además, se estudian las diferentes herramientas con el fin de obtener un completo entendimiento del significado de la filosofía. Por otro lado, se aplica dicha filosofía al proceso de producción de una empresa con el fin de detectar las posibles mejoras y adaptar las herramientas al proceso de la mejor forma posible.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5S, SMED, Gestión visual, Fabricación, Industria, Optimización, Deficiencias, Calidad, Estandarización

1. Introducción

La filosofía Lean Manufacturing aparece en Japón como solución a la reducción de los recursos tras la Segunda Guerra Mundial [1]. A partir de aquí, se comienza a establecer las bases de este nuevo modelo de gestión que tiene como principal objetivo optimizar al máximo los recursos. Para ello, se debe detectar todo aquello que no añade valor al proceso, denominado como desperdicio, y eliminarlo. Es el cliente el que decide que es valor y que no lo es, por que lo es importante conocer las necesidades, las expectativas y las especificaciones de los clientes.

2. Definición del Proyecto

El proyecto busca resolver el problema de implantación de las herramientas Lean Manufacturing en una fábrica de nueva creación situada en Liverpool. La empresa se encarga del diseño, fabricación, distribución y mantenimiento de soluciones sostenibles e innovadoras en el sector de la gestión de residuos. Uno de los objetivos de la empresa es ser reconocida internacionalmente como referente en la actividad, por ello, y como, parte del proyecto de expansión internacional de la entidad, cuenta con cuatro centros de producción, dos en España, uno en Polonia y otro en Brasil.

Con el fin de asegurar una buena implantación de las herramientas [2] y conseguir una estandarización de la red de fábricas de la empresa, primero se analiza las herramientas Lean ya implantadas en las fábricas de Polonia y España. Gracias al análisis de las herramientas se dio a conocer el proceso en su totalidad, así como la identificación de posibles mejoras a implantar y las deficiencias de las herramientas. Las herramientas ya implantadas y, por tanto, objeto de análisis fueron 5S, SMED, fichas de estandarización y la gestión visual.

A continuación, se diseña las herramientas adaptándolas a la fábrica de Liverpool y los diferentes modelos de fabricación. En el diseño también se incluye como parte de las herramientas las mejoras detectadas obteniendo una versión mejorada.

Por ultimo, se lleva a cabo un plan de implantación teniendo en cuenta las diferentes necesidades de las herramientas como las auditorias a realizar y reuniones necesarias para conseguir un buen asentamiento de la filosofía. Como parte de esta etapa del proyecto se comienza con la implantación de aquellas herramientas necesarias previas al arranque de la fábrica que consisten en pintar la distribución de la planta y la instalación de los elementos para llevar a cabo la gestión visual.

También, formará parte del proyecto, la formación del personal pues sin una buena información la eficiencia de las herramientas se ve reducida considerable. Cabe destacar que todo el proyecto está en línea con la filosofía Lean pues, por un lado, la metodología llevada a cabo es el ciclo de Demming, y, por otro, la formación de los operarios consistió en Gemba Walks pues viajaron a las diferentes fábricas como parte del proceso de entrenamiento.

3. Descripción del proceso

El proceso es bajo demanda, es decir la fabricación del producto no comienza hasta que se recibe un pedido del cliente. Una vez se recibe un pedido y se comprueba si existe stock para llevar a cabo el producto, comienza la producción (Figura 1). La producción es en línea a la economía circular pues aquellos productos defectuosos se destruyen y tras la molienda se utilizan como materia prima. Además, el proceso incluye las verificaciones de calidad que aseguran que el producto cumple con las especificaciones. Estas verificaciones tienen lugar antes de la producción, aquellas relativas a los productos de los proveedores, así como durante y después de la producción con los ensayos y la monitorización de parámetros.

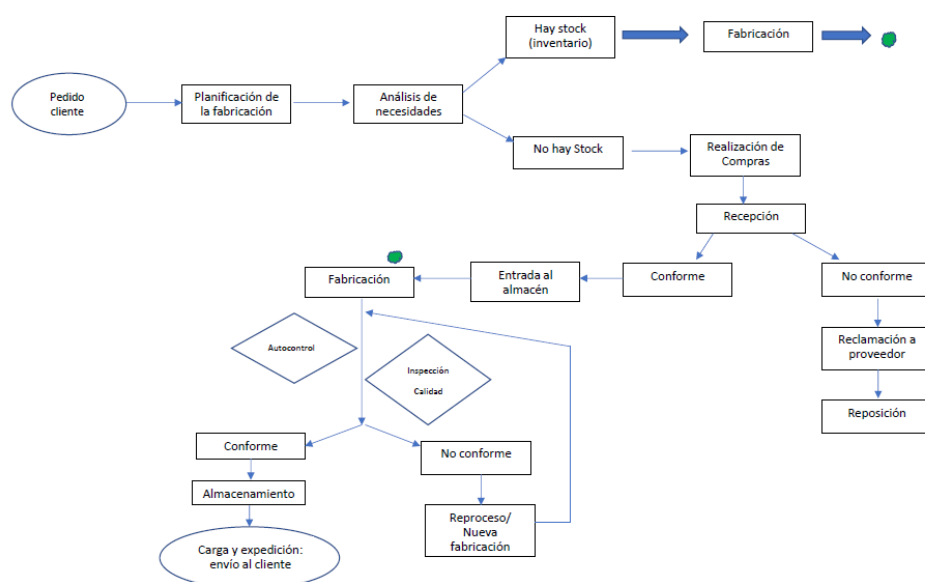


Figura 1: Flujo del proceso de producción

Alguna de las necesidades del proceso son la estandarización, la disminución de los tiempos de preparación y aumentar el orden y limpieza con el fin de disminuir las esperas y posibles averías.

4. Resultados

Tras diseñar la distribución en planta de Liverpool, se analiza la distancia recorrida diaria respecto al resto de las fábricas obteniendo una reducción de un 30% en la distancia ponderada. La diferencia es muy significativa y unas de las razones principales son la instalación de muelles de carga y de un sistema de bombeo para la alimentación del material reciclado.

También, se analiza mediante el estudio de tiempo, la reducción del tiempo de diferentes actividades del proceso:

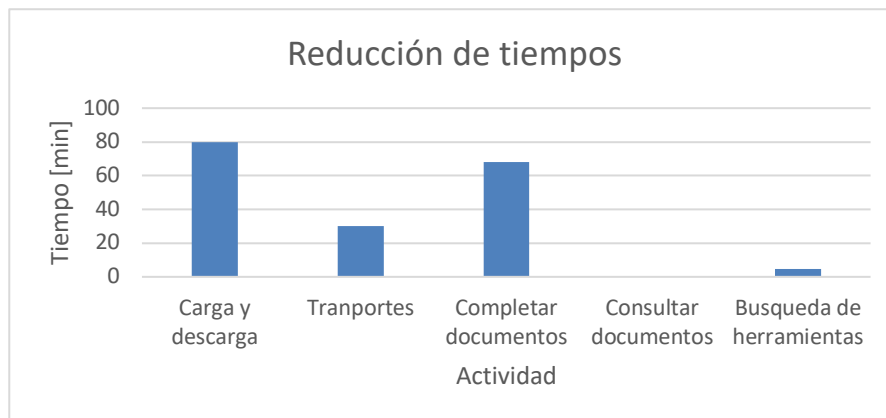


Gráfico 1: Reducción de tiempos

La diferencia total supone 90 minutos diarios que se traduce a 7500 €/año. Además, se observa que son las actividades de carga y descarga, así como el proceso de completar documentos los que sufren un mayor impacto.

Además, al estudiar los diferentes OEE de las tres plantas se puede observar como el punto de partida de la eficacia de la maquinaria de Liverpool es mucho superior a la del resto, resultado que sirve para motivar al personal.

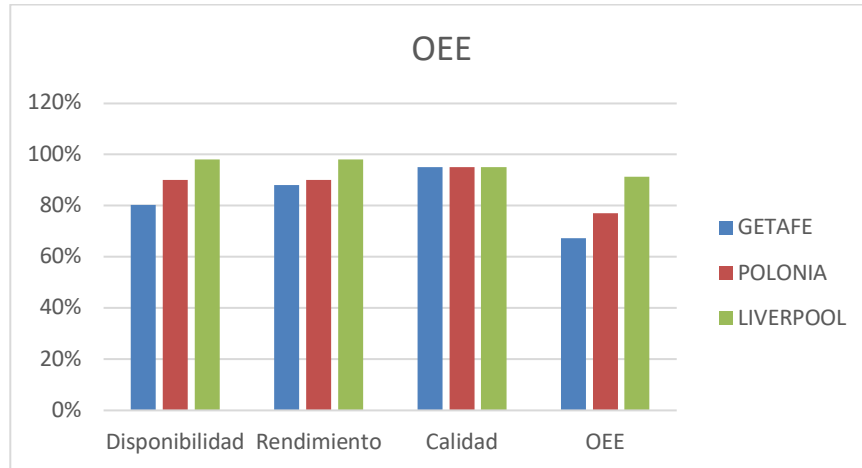


Gráfico 2: Resultado del OEE y ratios de las tres plantas

5. Conclusiones

El proyecto tiene partes muy diferentes entre sí y a lo largo del mismo se obtienen distintos resultados. Todos ellos, sin embargo, concluyen en la importancia de la implicación del personal en la implantación de las herramientas Lean. Es importante que dichas herramientas estén adecuadas tanto al proceso como al personal lo máximo posible. Por ello el diseño y desarrollo de estas herramientas Lean se centra en simplificar los documentos para facilitar los procesos de auditorías y mantener a los trabajadores informados de la situación actual en todo momento mediante la gestión visual.

6. Referencias

- [1] Vilana Arto, J. (2010-2011, Escuela de Organización Industrial) Fundamentos del Lean Manufacturing [fecha de Consulta 3 Mayo 2021]
- [2] Womack, J.P., Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.

IMPLEMENTATION OF LEAN TOOLS IN A NEWLY CREATED FACTORY

Author: Iribarren García, Marta.

Supervisor: Sanz Menchero, Begoña.

Collaborating Entity: Contenur

ABSTRACT

In this project an in-depth analysis of the different concepts of Lean Manufacturing was carried out. The different tools are also analysed to obtain a complete understanding of the meaning of this philosophy. On the other hand, the Lean methodology is applied to the production process of the company in order to detect the possible improvements and adapt the tools in the best possible way.

Keywords: Lean Manufacturing, 5S, SMED, Visual Management, Manufacturing, Industry, Optimization, Deficiencies, Quality, Standardization

1. Introduction

The Lean Manufacturing philosophy appears in Japan as a solution to the reduction of resources after Second World War [1]. From here on, the foundations of this new management model are established, the main objective of which is to optimize resources as much as possible. To achieve this, everything that does not add value to the process, identified as waste, must be detected and eliminated. It is the client who decides what has value and what has not, therefore, it is important to know the what the clients need, as well as their specifications and expectations of the product.

2. Project definition

This project seeks to solve the problem of implementing Lean Manufacturing tools in a newly created factory located in Liverpool. The company is responsible for the design, manufacture, distribution and maintenance of sustainable and innovative solutions in the waste management sector. One of the objectives of the company is to be recognized internationally as a benchmark in its activity, therefore, and as a part of the entity's international expansion project, it has four production plants, two in Spain, one in Poland and another in Brazil.

In order to ensure a good implementation of the tools [2] and achieve a standardization among all the different plants, the Lean tools already implemented in the factories of Poland and Spain are first analysed. Thanks to this analysis, the entire process was exposed, as well as the improvements to be implemented and the deficiencies of the tools. The tools already implement and, therefore, the object of analysis are 5S, SMED, SOPs and visual management. The tools are then designed by adapting them to the Liverpool factory and manufacturing models. In the design of the documentation the improvements detected are included obtaining as a result an improved version.

Finally, an implementation plan is carried out taking into account the different needs of the tools such as the audits to be performed and the necessary meetings to achieve a good

establishment of the philosophy. As part of this stage of the project, the implementation of those necessary tools prior to the start-up of the factory are carried out, some of these consists of painting the layout of the plant and the installation of the necessary elements that compose the visual management.

Also, it will be part of the project, the training of workers because without a good training the efficiency of the tools is considerably reduced. It should be noted that the entire project is in line with the Lean philosophy since, on one hand, the methodology carried out to develop it is based on Demming cycle, and, on the other hand, the training of operators is based on Gemba Walks as they have travelled to the different factories as part of their training process.

3. Model/System description

The process is by demand, that is, the manufacture of the product does not begin until a customer order is received. Once an order is received and after checking the availability of accessories and material, production begins (Figure 1). Production is in line with circular economy since the defective products are destroyed and as result of the grinding process, they are used as raw material. In addition, the process includes the quality verifications that ensure the specifications of the product. These verifications take place before production, those related to suppliers' products, as well as during and after production with the testing and monitoring of the different parameters.

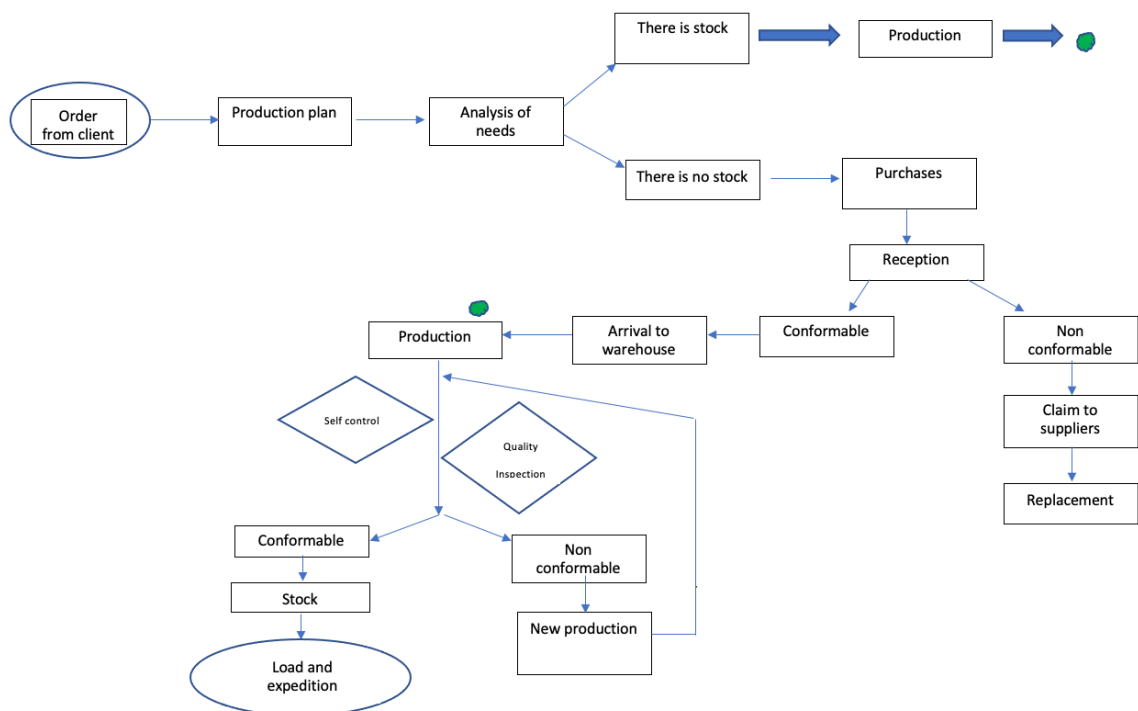


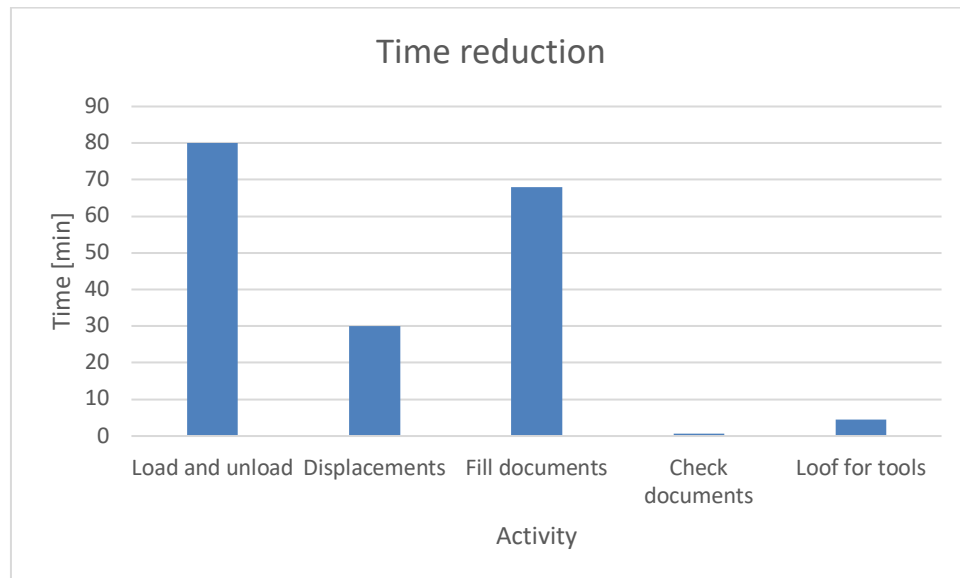
Figure 1: Production process flow

In order to reduce waiting times and possible breakdowns, some of the needs of the process are standardization, reduction of preparation times and increase cleanliness.

4. Results

After designing the distribution of the Liverpool plant, the daily distance travelled is analysed comparing it with the other plants obtaining a reduction of 30% in the weighted distance. The difference is very significant and one of the main reason is due to the installation of loading docks and a pumping system to feed the recycled material.

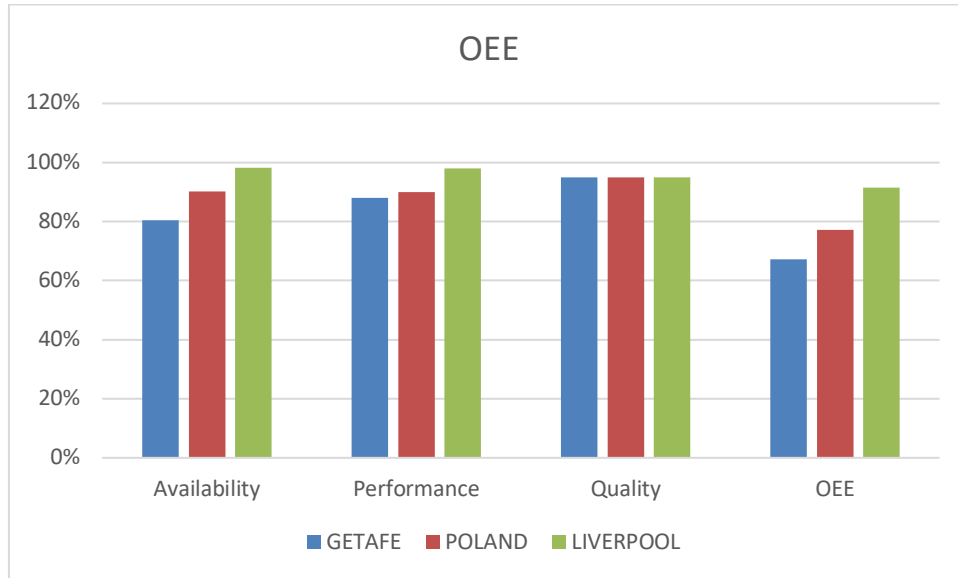
By the study of time, it can be appreciate it a reduction of time on the different activities to be carried out during the process:



Graph 1: Time reduction

The total difference on time is of 90 minutes per day which can be translated to 7500 €/year. In addition, it can be observed that are the loading and unloading activities as well as the process of completing documents the ones that have the greatest impact in this time reduction.

Moreover, when studying the different OEE of the three different plants, it can be concluded how the starting point of the efficiency of the Liverpool machinery is much higher. This starting point can be used to motivate workers to keep it this high and not follow the path of the other two plants:



Graph 2: Result of OEE and ratios of the three plants

5. Conclusions

The project is divided in very different parts and throughout it different results are obtained. All of them, however, conclude on the importance of staff involvement in the implementation of the Lean tools. It is important that these tools are appropriate to both the process and workers as much as possible. For this reason, the design and development of the Lean tools focuses on simplifying documents to facilitate the audit process and keep workers informed of the current situation at all times through visual management.

6. References

- [1] Vilana Arto, J. (2010-2011, Escuela de Organización Industrial) Fundamentos del Lean Manufacturing [fecha de Consulta 3 Mayo 2021]
- [2] Womack, J.P., Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Motivación del proyecto	9
Capítulo 2. Descripción de la Empresa	11
2.1 Introducción a La Empresa	11
2.1.1 Misión	12
2.1.2 Visión	12
2.1.3 Valores	12
2.2 Mapa del Flujo de Valor	15
2.3 Organización de las Fábricas	16
2.3.1 Zona Oficinas	16
2.3.2 Nave Industrial	16
2.4 Descripción del Proceso Productivo	20
2.4.1 Operador	21
2.4.2 Jefe de UAP	22
2.4.3 Técnico de Calidad	22
2.4.4 Técnicos de Mantenimiento	22
2.4.5 Responsable de Montaje y Operarios de Montaje	23
2.4.6 Carretilleros	23
2.4.7 Responsable de Patio	23
2.4.8 Molinero	23
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	25
3.1 Definición Lean	25
3.2 Historia	26
3.2.1 1º Etapa (1776 – 1980)	26
3.2.2 2º Etapa (1980 – 1995)	27
3.2.3 3º Etapa (1995 – Actualidad)	28
3.3 Conceptos Del Lean Manufacturing	29
3.3.1 Especificar el Valor	29
3.3.2 Identificar la Cadena de Valor	29
3.3.3 Buscar el Flujo del Proceso	29

3.3.4 Permitir el Sistema Pull	30
3.3.5 Gestionar hasta la Perfección	30
3.4 Ineficiencias de un proceso	31
3.4.1 Sobreproducción	32
3.4.2 Sobre inventario	33
3.4.3 Productos Defectuosos	33
3.4.4 Transporte de Materiales y Herramientas	34
3.4.5 Procesos Innecesarios	34
3.4.6 Espera	34
3.4.7 Movimientos Innecesarios del Trabajador	34
3.4.8 Talento No Utilizado	35
3.5 Herramientas Lean	35
3.5.1 Distribución en Planta	38
3.5.2 Fichas de Operación Estándar	40
3.5.3 5 S	41
3.5.4 Paneles de Visualización	43
3.5.5 SMED	43
3.6 Metodología de Implementación Lean	45
3.6.1 1º Fase: Diagnóstico y Formación	45
3.6.2 2º Fase: Diseño del Plan Mejora	46
3.6.3 3º Fase: Lanzamiento	47
3.6.4 4º Fase: Estabilización de Mejoras	47
3.6.5 5º Fase: Estandarización	47
3.6.6 6º Fase: Producción en Flujo	48
3.7 Aplicaciones Destacadas del Lean Manufacturing	48
Capítulo 4. Definición del Trabajo	50
4.1 Justificación	50
4.2 Objetivos	51
4.3 Metodología	51
4.4 Planificación	53
Capítulo 5. Desarrollo de Herramientas	54
5.1 Análisis	55

5.1.1 Distribución en Planta	55
5.1.2 Fichas de Operación Estándar (FOE)	61
5.1.3 5 S	64
5.1.4 Paneles de Visualización	83
5.1.5 SMED	92
5.2 Diseño	101
5.2.1 Distribución en Planta	102
5.2.2 Fichas de Operación Estándar (FOE)	109
5.2.3 5 S	112
5.2.4 SMED	120
5.2.5 Paneles de Visualización	122
5.3 Implementación	124
5.3.1 Actividades de Preparación y Formación	127
5.3.2 Actividades de Puesta en Marcha	128
Capítulo 6. Análisis de Resultados	134
6.1.1 Distribución en Planta	134
6.1.2 Estimación del OEE y Reducción de Tiempos	142
6.1.3 Estudio económico	147
Capítulo 7. Conclusiones	151
Capítulo 8. Bibliografía	154
ANEXO I: Alineación Con los ODS	158
ANEXO II: Cálculo del Factor de Cercanía	160

Índice de figuras

Figura 1: Expansión internacional de la empresa [6]	11
Figura 2: Organigrama de la empresa [6].....	14
Figura 3: El templo Lean [24]	36
Figura 4: Ciclo de Deming [34]	52
Figura 5: Distribución de la planta de Getafe	56
Figura 6: Distribución de la planta de Polonia.....	57
Figura 7: Lay-out de la zona de molino de la planta de Getafe	58
Figura 8: Lay-out zona de molino de la planta de Polonia.....	58
Figura 9: Lay-out a pie de máquina	60
Figura 10: Ejemplo de Ficha de Operación Estándar (FOE)	62
Figura 11: Ejemplo de Ficha de Calidad (FQ)	63
Figura 12: Repetición de información en FQ y FOE	64
Figura 13: División zonas 5S en Getafe.....	65
Figura 14: División zonas 5S en Polonia	65
Figura 15: Cuestionario de evaluación de la situación inicial.....	67
Figura 16: Clasificación de elementos por colores según su función	68
Figura 17: Ficha estándar 5S de la zona de estantería de material recuperado en Getafe (Cara A).....	70
Figura 18: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Getafe (Cara B).....	71
Figura 19: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Polonia (Cara A).....	72
Figura 20: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Polonia (Cara B).....	73
Figura 21: Proceso de implantación 5S.....	74
Figura 22: Sistema de evaluación para la zona de almacenamiento de pigmentos en Polonia	81
Figura 23: Ejemplo del post-it utilizado en la mesa roja.....	88

Figura 24: Nuevo documento para el control de incidencias y cálculo de indicadores	91
Figura 25: Ejemplo de Instrucción Operativa relativa al cambio de molde.....	93
Figura 26: Ejemplo del procedimiento de cambio de molde adaptado a SMED	94
Figura 27: Matrices de tiempos de cambio de molde en Polonia.....	96
Figura 28: Matrices de tiempos de cambio de molde en Getafe	98
Figura 29: Hoja de tiempos SMED	98
Figura 30: Ejemplo de ficha de cambio de molde incompleta.....	99
Figura 31: Ejemplo de ficha con pasos como observaciones.....	100
Figura 32: Lay-out de la planta a primer nivel.....	103
Figura 33: Lay-out a pie de máquina estándar	105
Figura 34: Lay-out de la zona de calidad	108
Figura 35: Diseño mejorado de la plantilla relativa a las FOE	110
Figura 36: Diseño mejorado de las fichas de calidad.....	111
Figura 37: Comparativa de diseños de las fichas de calidad.....	112
Figura 38: Ejemplo de ficha estándar 5S de la zona de molino (Cara A).....	114
Figura 39: Ejemplo de ficha estándar 5S de la zona de molino (Cara B)	115
Figura 40: Matriz de tiempos adaptada a la planta de Liverpool	120
Figura 41: Plantilla SMED mejorada	122
Figura 42: Cronograma de implementación.....	126
Figura 43: Ficha de evaluación a rellenar en las auditorías	130
Figura 44: Plantilla de evaluación de las 5S a partir de las auditorías	131
Figura 45: Sistema de bloques de la distribución en planta de Getafe.....	135
Figura 46: Sistema de bloques de la distribución en planta de Polonia	135
Figura 47: Sistema de bloques de la distribución en planta de Liverpool.....	135
Figura 48: Clasificación del OEE según su valor [35].....	144
Figura 49: Datos recopilados de la mesa roja relativos a la producción	161
Figura 50: Datos relativos a la producción.....	163
Figura 51: Datos recopilados de la mesa roja relativos al mantenimiento.....	165
Figura 52: Datos recopilados de la mesa roja relativos a logística	168

Índice de tablas

Tabla 1: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Getafe.....	136
Tabla 2: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Polonia	137
Tabla 3: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Liverpool	137
Tabla 4: Resultado de la distancia ponderada de la planta de Getafe	139
Tabla 5: Resultado de la distancia ponderada de la planta de Polonia.....	140
Tabla 6: Resultados de la distancia ponderada de Liverpool.....	141
Tabla 7: Promedio diario de los datos de producción por meses y promedio total.....	162
Tabla 8: Promedio diario de las horas y veces dedicado al mantenimiento por meses.....	166
Tabla 9: Promedio del número de camiones diarios de pedidos y de material	169
Tabla 10:Número de viajes entre las diferentes zonas	171

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ejemplos de gestión visual en Polonia.....	84
Ilustración 2: Ejemplos de gestión visual en Getafe	85
Ilustración 3: Mesa Roja	85
Ilustración 4: Lay-out a pie de las diferentes máquinas	106
Ilustración 5: Ejemplo de paneles a pie de máquina	106
Ilustración 6: Lay-out pintado en el suelo de la zona de calidad	109
Ilustración 7: Desgarrador y molino.....	116
Ilustración 8: Zona del molino	116
Ilustración 9: Organización de eslingas y cáncamos.....	117
Ilustración 10: Organización de tornillos y tuercas dentro de los armarios	118
Ilustración 11: Organización de herramientas.....	118
Ilustración 12: Paneles con ubicaciones para las herramientas.....	119
Ilustración 13: Mesas con ubicaciones para accesorios	119
Ilustración 14: Estanterías fabricadas adaptadas al accesorio a almacenar.....	120
Ilustración 15: Señalización de las zonas de paso y mantenimiento	123
Ilustración 16: Panel con accesorios y nombres.....	124

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se describe el proyecto de implementación de herramientas Lean en el proceso industrial de una fábrica recién creada. El objetivo principal de dicho proyecto es introducir, desde el inicio, la filosofía Lean en la fábrica con el fin de alcanzar al máximo su asentamiento para así, optimizar el proceso de producción. Parte de este proyecto tuvo lugar a lo largo de los últimos seis meses, desde enero hasta julio de 2021, en Liverpool, Reino Unido mientras realizaba las prácticas del Máster en Ingeniería Industrial.

La filosofía Lean se centra en eliminar todos los desperdicios presentes en los procesos asegurando un producto final de mayor calidad mientras responde a las necesidades de los clientes. Un desperdicio es considerado como todo aquello que no añade valor al cliente y, por tanto, al proceso, mientras consumen esfuerzos y recursos, es decir componen parte de las deficiencias que un proceso pueden tener [1]. Estos desperdicios pueden ser de varios tipos siendo algunos muy obvios y claramente identificables, como pueden ser tiempos de espera muy largos; pero algunos no son tan evidentes como es la sobreproducción al buscar que el índice de utilización de los equipos sea lo más alto posible [2].

Dos de las características más sorprendentes de esta filosofía y que, por tanto, pueden que sean las razones del gran impacto del pensamiento Lean, son su sencillez y la infinidad de su implantación pues no tiene fin. A pesar de que la implantación de la filosofía Lean puede resultar bastante compleja debida a que rompe con muchas de las pautas del sistema tradicional de producción y fabricación, muchos de los conceptos que maneja son muy sencillos y están presentes en el día a día de las personas [3]. Además, se podría considerar que la filosofía Lean ha identificado y transformado en herramientas, rutinas y comportamientos obvios que forman parte de la naturaleza de las personas. Por ejemplo, las personas tendemos a elegir la cola del supermercado donde hay menos gente para intentar reducir el tiempo de espera. Otro ejemplo, continuando con el contexto de algo tan cotidiano como ir al supermercado, son los productos que componen nuestra compra ya que se ajustan a nuestras necesidades. Es decir, compramos según lo que prevemos que se va a consumir

en un determinado tiempo, no se compra 50 litros de leche porque están de oferta o porque se quiera ahorrar tener que ir al supermercado a comprar leche la semana que viene [4]. Por otro lado, la implantación de la filosofía Lean se puede considerar infinita pues uno de los principios principales es la mejora continua. La mejora continua supone que el proceso de implantación sea iterativo adaptándose a las necesidades de los procesos consiguiendo la optimización de estos a lo largo del tiempo. Para ello, se precisa de una retroalimentación de la eficiencia de los procesos con el fin de identificar nuevas deficiencias y tratar de eliminarlas.

Otro de los sorprendentes aspectos de la filosofía Lean es el gran número de diferentes aplicaciones que puede abarcar lo que le permite estar presente en múltiples sectores y muy diferentes entre sí [5]. Es por ello por lo que no es como las diferentes formas de producción que han fracasado a lo largo del tiempo, sino que compone una forma de pensar y es esa la razón principal por la cual se le clasifica como filosofía y no con otro término.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La empresa donde se realizaron las prácticas se dedica al diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de productos obtenidos mediante la inyección de plástico en el sector de la gestión de residuos. A pesar de la larga trayectoria de la empresa no ha sido hasta hace unos años que ha decidido implantar alguna de las herramientas Lean, acorde con su cultura, como parte del proceso. El asentamiento de las herramientas Lean en las diferentes fábricas de la empresa ha sido una tarea compleja puesto que los diferentes procesos de producción y fabricación, organización, almacenaje y mantenimiento llevaban siendo los mismos durante mucho tiempo y realizados por, prácticamente, la misma plantilla. Por ello, este proyecto supone una gran oportunidad para poder asentar las herramientas con un mayor éxito y sencillez al ser implementadas desde el arranque de la fábrica. Además, permitirá identificar mejor las diferentes mejoras y prácticas para poder así, extrapolarlas a las diferentes fábricas y establecer un diálogo continuo entre ellas. Por otro lado, a parte de las ventajas que significa la implantación de la filosofía Lean, conseguir este diálogo permitirá a la red de fábricas introducir las mejores prácticas posibles con el fin de conseguir una gestión unitaria

utilizando los mismos indicadores y sistemas de control asegurando, así, una estandarización de los productos de toda la empresa independientemente de la fábrica donde se haya fabricado el producto. Dicho resultado supone un crecimiento de la empresa en todas sus dimensiones.

Por un lado, en la dimensión social, pues las herramientas Lean velan por la seguridad de los trabajadores. Al estandarizar los procesos, mantener las instalaciones ordenadas y limpias y el uso los paneles de información, entre otras medidas, se conseguirá hacer de la fábrica un lugar seguro para el trabajador. Uno de los pasos que constituirá la implantación de la filosofía Lean y sus herramientas es la formación de los trabajadores en los conceptos Lean y herramientas, así como en los procesos. Esta formación contribuirá al desarrollo profesional de los trabajadores mientras les proporciona conocimientos sobre como gestionar el cambio y liderazgo. Además, mediante las mejoras en el proceso que supone la implementación de estas herramientas se podrá observar como la calidad del producto aumenta pues las herramientas tienen como objetivo disminuir la cantidad de defectos. Por otro lado, contribuye a la dimensión medio ambiental ya que, gracias a la apertura de la fábrica en Liverpool, primero se reducirá la huella de carbono y luego, dada la importancia de las herramientas Lean en el orden y limpieza, será posible para la fábrica de Liverpool obtener la certificación OCS, programa que se centra en el mantenimiento de grana de plástico fuera de los océanos y mares. Finalmente, y como consecuencia de todo lo anterior, afecta a la dimensión económica ya que se ajusta de una mejor forma a las necesidades de los clientes lo que implica un aumento en los beneficios. Además, al abrir una nueva fábrica en Liverpool, la empresa puede responder al mercado británico y otros cercanos de una forma más eficiente reduciendo costes de transporte y evitando sobrecostos por el reciente Brexit.

Por último, desde sus inicios, la empresa se ha centrado en el buen ejercicio de la actividad con el objetivo de generar el mayor impacto en la sociedad y en el planeta en la medida de lo posible. Por ello, los ODS suponen una guía para la empresa para aportar valor a la sociedad y este proyecto no va a ser de forma diferente.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA

La empresa comienza su actividad en 1984 estableciendo su primera sede en Getafe, Madrid. Durante estos años, debido a la clara apuesta por la innovación y la calidad se ha convertido en una de las empresas referentes en el sector pues son líderes en el mercado ibérico y terceros en Europa [6]. Como parte de sus valores fundamentales se encuentra el crecimiento internacional, por lo que, en los años 90 se decide comenzar con una fábrica en Brasil y otra en Polonia, así como un gran número de filiales. Como parte de este proceso de expansión, se encuentra el nuevo proyecto de arrancar una fábrica en Liverpool.

Hoy, la empresa cuenta con 5 centros de producción (2 en España, uno en Polonia, uno en Brasil y uno en Reino Unido), 4 en Europa y otra en América del Sur; y 14 filiales comerciales, de las cuales 9 están en Europa, 3 en América del Sur y 2 en Asia (Figura 1):

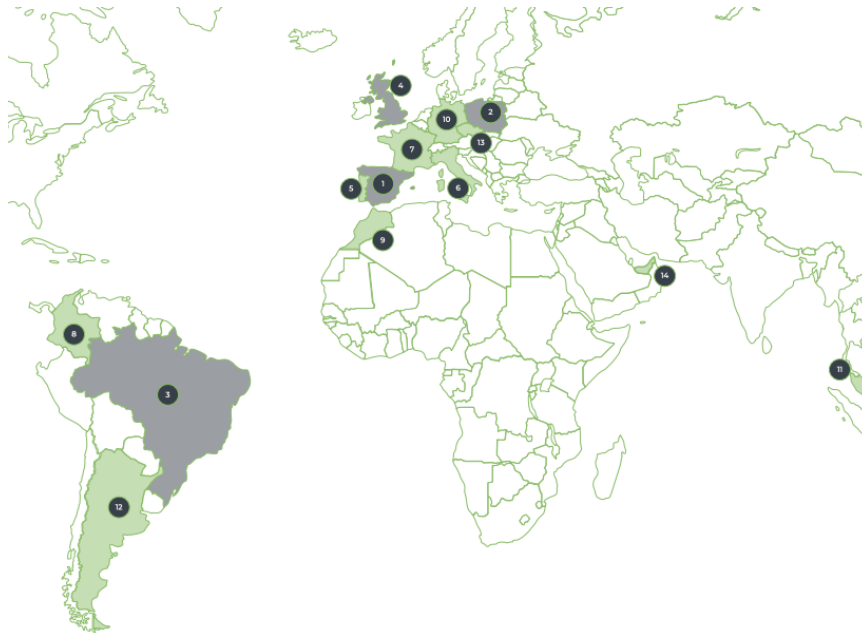


Figura 1: Expansión internacional de la empresa [6]

Gracias al plan de expansión, aún en proceso, pues entre sus objetivos se encuentra aumentar su influencia en más países, su número de clientes alcanza los 3000, los cuales son procedentes de 49 países diferentes.

Por otro lado, la empresa busca la excelencia empresarial, la eficiencia de sus productos y servicios y el desarrollo profesional y personal de los empleados. Se establecen, acorde a estos objetivos, las siguientes líneas de actuación:

- Un comportamiento ético y ejemplar de sus actuaciones.
- El mantenimiento de la confianza de sus clientes.
- La promoción de un entorno de trabajo respetuoso y participativo.
- La integración de los colectivos más desfavorecidos.
- La prevención y reducción de los riesgos laborales en sus instalaciones.
- La reducción del impacto ambiental actuaciones.

Todas ellas acorde a su cultura que ha ido evolucionando hasta alcanzar la misión, visión y valores de hoy en día, pero siempre manteniendo el objetivo de la innovación y calidad.

2.1.1 MISIÓN

La misión de la compañía se puede resumir como en el diseño, fabricación, comercialización y mantenimiento de un producto que mejore la calidad de vida, la sostenibilidad y estética.

2.1.2 VISIÓN

La visión de la entidad es ser una empresa multinacional, líder en los mercados en que opera, referente para sus clientes y motivadora para sus empleados.

2.1.3 VALORES

Esta visión se sustenta en los siguientes seis valores:

- Voluntad de crecimiento: Expandir la organización de forma orgánica e inorgánica
- Fiabilidad: Establecer una línea de actuación clara y homogénea
- Orientación al cliente: Situar al cliente en el centro de las decisiones

- Espíritu de servicio: Ofrecer un buen servicio
- Personas: Fomentar el desarrollo de los profesionales
- Innovación: Desarrollar nuevos enfoques para responder a las necesidades de los clientes

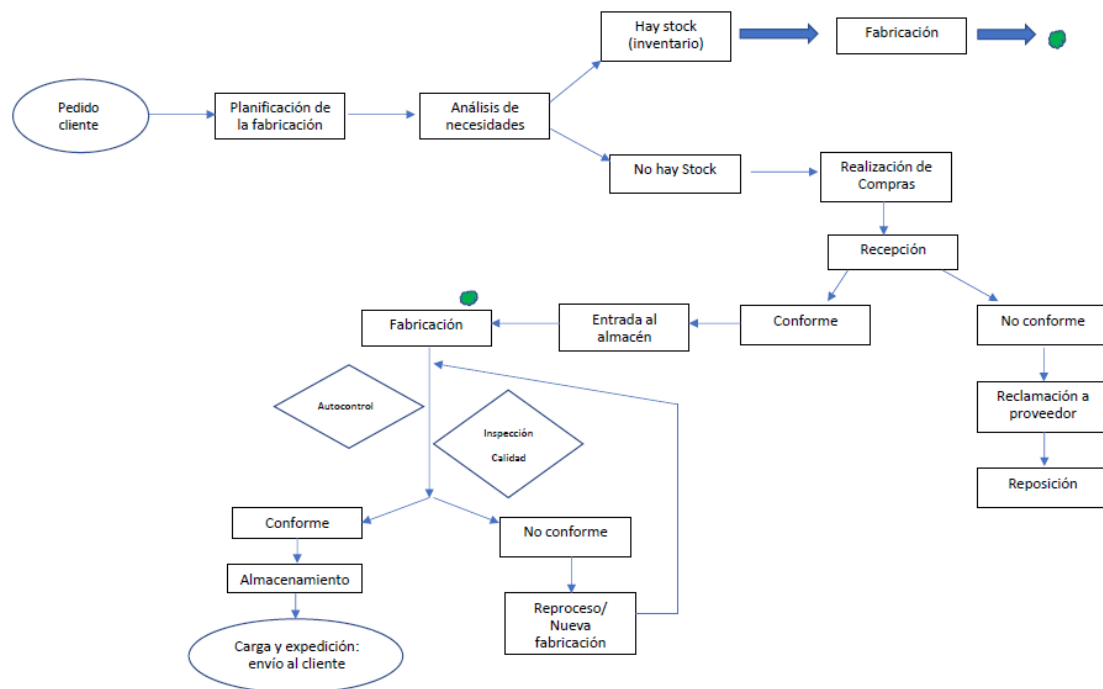
En el ejercicio de la actividad, la empresa ha optado por una organización clara y concisa basada en una estructura funcional vertical (Figura 2). A pesar de esta verticalidad, la comunicación es un aspecto clave de la empresa y desde hace unos años se han tomado medidas como reuniones entre los diferentes departamentos involucrados en la producción diarias o comités de calidad mensuales. Estas medidas suponen una forma de comenzar a desarrollar una estructura más horizontal.



Figura 2: Organigrama de la empresa [6]

2.2 MAPA DEL FLUJO DE VALOR

Como se ha explicado, la empresa tiene como objetivo principal la fabricación, la distribución, instalación, limpieza y mantenimiento del producto. Debido el gran número de servicios que ofrece el mapa del flujo de valor de toda la empresa es bastante complejo, por ello, este documento se centra únicamente en el mapa del flujo de valor relativo al proceso de fabricación (Esquema 1):



Esquema 2: Flujo del proceso de producción

El proceso comienza con el pedido de un cliente y, posterior planificación de la producción que conlleva a un análisis de las necesidades del pedido para estudiar si hay inventario o no. En el caso de haber stock se produce la fabricación del producto; en el caso contrario, se

realizan las compras correspondientes. Si se recibe un producto no conforme se reclama al proveedor y se espera a la recepción de un nuevo producto.

El proceso de fabricación consta de inspecciones de calidad y de autocontrol con el fin de mantener un control del proceso, así como detectar los diferentes defectos que puedan presentarse en el producto determinando si el producto es conforme o no. En el caso de ser conforme el producto se almacena para su posterior expedición. Si, por otro lado, el producto no es conforme es enviado al molino donde se destruye y se obtiene material reciclado para la fabricación de nuevos productos.

Como se indica en el esquema, la fabricación es contra pedido, evitando así costes, tanto de almacenamiento como de generación de obsoletos. Además, gracias a optar por este tipo de gestión de producción se puede ofrecer un alto grado de personalización con lotes individuales con el fin de responder de la mejor forma a las necesidades del cliente. El tipo de proceso se puede considerar por lotes pues por cada lote de producto se obtiene un número de unidades iguales entre sí en unas instalaciones que están organizadas de manera flexible, aunque operativamente existen rutas de procesado más frecuentes que otras.

2.3 ORGANIZACIÓN DE LAS FÁBRICAS

Las diferentes fábricas, a pesar de la diferencia en volumen de producción o superficie disponible, tendrán una distribución similar. La distribución tendrá en cuenta la interacción de las diferentes zonas, así como la tarea a realizar en dicha zona y la superficie necesitada.

2.3.1 ZONA OFICINAS

La zona de oficinas está destinada para el desarrollo de las labores administrativas, de gestión y técnicas organizadas por departamentos.

2.3.2 NAVE INDUSTRIAL

La nave industrial es donde tiene lugar la fabricación del producto y donde se realizan todas las actividades y tareas correspondientes a la producción, desde la recepción del material

hasta el producto terminado. Es aquí donde se encuentran las máquinas de inyección, la zona de montaje, la zona de mantenimiento y el almacén, tanto de materias primas como de accesorios, y el patio donde se almacena el producto terminado y se realizan las expediciones. Además, se cuenta con una zona destinada para el molino.

2.3.2.1 Taller de Calidad

En esta zona se realizan diferentes ensayos para comprobar que se cumple con los parámetros de calidad especificados. Estos ensayos se realizan tanto en el producto terminado como en el producto de los diferentes proveedores, así como en el material virgen y reciclado.

Los ensayos del producto terminado realizados dependen de los modelos fabricados en la planta. Estos ensayos son de carácter mecánico y tienen como finalidad verificar el cumplimiento del producto con la norma EN-840.

Por otro lado, los ensayos al material consistirán en la medición de diferentes parámetros como la fluidez, la humedad o la capacidad calorífica del material. También se dispondrá de probetas para realizar ensayos de flexión y tracción y, así, medir las propiedades mecánicas del material.

2.3.2.2 Montaje

En la zona de montaje se lleva a cabo aquella personalización que por su complejidad no es posible terminar a pie de máquina como pedidos de paquetería y muestras de cliente. Esta zona cuenta con diferentes herramientas, mesas de taladros o equipos de corte. Además, se encuentra cerca de las estanterías destinadas a almacenar los accesorios.

2.3.2.3 Almacenamiento del Material Reciclado

El material reciclado está almacenado en sacas, de aproximadamente 1000 kg, retractiladas a un pallet. Las diferentes sacas se clasifican según su color a lo largo de una estructura de estanterías enumeradas de 2 a 3 niveles. El control del almacenaje se lleva a cabo mediante

un sistema ERP¹ donde se registra la ubicación de cada una de las sacas y espacios disponibles.

2.3.2.4 Almacenamiento de accesorios

El almacenamiento de los accesorios tiene lugar tanto dentro como fuera de la nave según las características del accesorio y si puede ser almacenado en las estanterías del exterior. Se pueden diferenciar dos tipos de accesorios, aquellos que poseen todos los productos y aquellos presentes únicamente en pedidos muy personalizados. Estos últimos, suelen estar almacenados en las estanterías situadas en la zona de montaje.

2.3.2.5 Mantenimiento

En la zona de Mantenimiento se realizan las actividades de reparación de pequeños equipos y maquinaria pequeña, así como el mantenimiento de los moldes y de otros equipos. Esta zona cuenta con un gran número de herramientas de tipo eléctrico y mecánico, así como accesorios (tornillos o tuercas). Además, se pueden encontrar los productos químicos utilizados en el mantenimiento como aceites, lubricantes o aerosoles, entre otros.

2.3.2.6 Almacenamiento del Pigmento

Los pigmentos de los diferentes colores están organizados por bolsas de 25 kg de un mismo color reatrilados a pallets, pudiendo almacenar un máximo de 20 bolsas en un mismo pallet. Al igual que para el material recuperado, la organización será por estanterías enumeradas y su control se realizará mediante un sistema ERP que mostrará en que parcela se encuentra cada uno de los colores o aquellas parcelas vacías. Además, a pie de cada una de las estanterías se ubicarán cubos con pigmento preparado para ser alimentado a la máquina. Dichos cubos se irán rellenando a lo largo del día para que nunca estén vacíos y el proceso de alimentación a la máquina no esté compuesto por tiempos de espera innecesarios.

¹ ERP: Enterprise Resource Planning – Sistema de planificación de los recursos empresariales

2.3.2.7 Posición de Moldes

Los diferentes moldes utilizados en las máquinas inyectoras se almacenan en ubicaciones específicas en el suelo. Estas ubicaciones están situadas a lo largo de la fábrica según la frecuencia de uso, así como la máquina o máquinas donde se emplea dicho molde. Las ubicaciones tendrán un cartel identificativo con el nombre del molde correspondiente.

2.3.2.8 Máquinas de Inyección

La zona de las máquinas de inyección está compuesta por las diferentes máquinas, un brazo robot, termo impresoras y una cinta transportadora, todo ello protegido por una valla para evitar el acceso de las personas mientras estén en funcionamiento las diferentes máquinas. Algunas de las máquinas también incluyen brazos de robot taladro para la realización de perforaciones en el producto. A su vez, en cada zona respectiva a las máquinas se encuentra un espacio destinado para los operarios donde realizarán las tareas necesarias para finalizar con el proceso de fabricación del producto.

2.3.2.9 Molino

La zona del molino es donde se tritura el producto defectuoso con el fin de poder reutilizar y aprovechar el material, es decir, reciclar el material. Aquí podemos encontrar una desgarradora en línea con un molino y un sistema de aspiración que transporta el material ya triturado a sacas para su almacenaje.

2.3.2.10 Patio

El patio está destinado al almacenaje de producto terminado, producto para reciclar y accesorios. Además, se cuenta con los silos para el almacenaje del material virgen, compactadoras de residuos y separador de aceites.

2.3.2.10.1 Zona de Almacenamiento de Producto Terminado

El almacenamiento del producto terminado está organizado por parcelas con las medidas estándar de un camión MEGA donde se situarán las diferentes pilas del producto. La distribución de las parcelas depende de la fábrica y del espacio disponible, pero, por lo

general, están organizadas en línea, una al lado de otra. La distribución del producto a lo largo de las parcelas actualmente es acorde al espacio disponible en las parcelas con el fin de poder almacenar una mayor cantidad de producto utilizando el menor espacio posible.

2.3.2.10.2 Zona de Almacenamiento de Producto a Reciclar

El producto defectuoso en espera a ser molido se almacena en una gran parcela destinada para su efecto situada al lado del molino. La organización de esta parcela será por color para facilitar el proceso de molido.

2.3.2.10.3 Zona de Silos

La zona de silos se localiza en uno de los laterales de la planta. Los silos almacenan el material virgen que se empleará en la fabricación del producto. La descarga se realiza mediante un sistema de transporte accionado por bombas que tiene como destino las diferentes máquinas inyectoras. Por otro lado, la carga de los silos, la realiza la empresa que transporta el material conectando directamente una manguera del camión al silo.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En todo el proceso de producción se pueden diferenciar las diferentes tareas:

- Inyección de producto: la materia prima junto con el pigmento y el material recuperado se inyecta automáticamente a la máquina. Esta mezcla del material se calienta en el husillo y, una vez el molde esté cerrado, comienza la inyección del material. El molde cuenta con un circuito de refrigeración que enfría el producto de forma automática. Una vez la pieza esté fría, el molde se abre y la pieza se extrae automáticamente mediante un brazo robot que, tras la termo impresión, la sitúa en la cinta transportadora donde es recogido por el operario.

- Finalización del producto: El operario se encarga de llevar a cabo aquellas tareas que son necesarias para terminar el producto y asegurarse que cada uno de los productos cumple con las especificaciones de calidad.
- Control de calidad: Existen dos formas complementarias de asegurar que el producto cumple con las especificaciones de calidad. La primera forma es mediante los ensayos correspondientes llevados a cabo en el taller y laboratorio de calidad. La otra forma engloba las tareas de verificación realizadas en todos los puntos del proceso, desde que el producto se extrae de la máquina de inyección hasta que se carga en el camión para ser enviado al cliente. En estas verificaciones se comprueba que el producto no presenta ningún tipo de defecto contemplado en las fichas de calidad, así como asegurar que se cumplen con las especificaciones del cliente.
- Molienda del producto de rechazo: el material rechazado del propio proceso de fabricación es molido para su posterior consumo. Para ello existe una línea de desgarrador y molino, controlada y alimentada por un operador.

Las tareas anteriores estarán realizadas por puestos de trabajo diferentes.

2.4.1 OPERADOR

Los operadores trabajan en la finalización de los pedidos una vez salen de la máquina inyectora por lo que su lugar de trabajo es a pie de máquina. Se encargan de alimentar, atender, accionar y controlar las máquinas de inyección. Una vez se produce la inyección y el robot deposita el producto en la cinta transportadora, el operador recoge el producto y lo termina quitando las posibles rebabas producto del proceso de inyección. Además, debe montar partes del producto como ruedas entre otras, realizar termo impresiones o ensamblar algún accesorio. También se encarga de ajustar los parámetros de la máquina y rellenar el cubo de pigmentos a pie de máquina, así como participar en las tareas de cambio de molde.

2.4.2 JEFE DE UAP

Los jefes de UAP² son los líderes de las máquinas para cada uno de los cuatro turnos. Su trabajo consiste en el encendido y puesta en marcha de las máquinas, así como realizar los cambios de molde, útiles y color. Además, lleva a cabo el control de los pedidos, de la producción de las máquinas y del personal a su cargo. Por ello, pueden intervenir en cualquiera de las máquinas que tienen bajo su supervisión realizando cualquiera de las tareas que implican.

2.4.3 TÉCNICO DE CALIDAD

El puesto de técnico de calidad incluye al inspector de calidad, técnico de calidad, técnico de materiales y responsable de calidad y medio ambiente. Entre sus numerosas tareas destacan las relativas a los ensayos de calidad realizados en las diferentes etapas del proceso productivo:

- Inspecciones de volantes a pie de máquina durante la fabricación.
- Inspecciones finales de producto terminado en el patio de almacenamiento.
- Validación de montajes/muestras.
- Inspecciones de carga aleatorias.

2.4.4 TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento está compuesto por el jefe de mantenimiento que gestiona, organiza y se encarga de asegurar que el mantenimiento de los equipos es realizado. A su cargo se encuentran los trabajadores de mantenimiento que se encargan de realizar el mantenimiento eléctrico y mecánico de los equipos y máquinas, excepto en aquellas que requieran de mantenimiento externo.

² UAP: Unidades Autónomas de Producción

2.4.5 RESPONSABLE DE MONTAJE Y OPERARIOS DE MONTAJE

Los operarios realizan los trabajos de montaje en la zona destinada para ello. Entre sus labores se encuentran la colocación de elementos auxiliares para la terminación del producto, así como la solución de rechazos y errores.

Además, dentro de este grupo se encuentran aquellos operarios que realizan trabajos de montaje de contenedores en las instalaciones del cliente.

2.4.6 CARRETILLEROS

Entre las labores de los carretilleros se encuentra la realización de las tareas relacionadas con el almacenamiento tanto en la nave como en el patio. Además, en ocasiones participan en la carga de camiones manipulando las diferentes cargas. Los carretilleros de fábrica recogen los productos fabricados a pie de máquina y los transportan por la nave hasta el patio utilizando las vías destinadas para las carretillas. Una vez en el patio, el producto se deposita en las parcelas habilitadas. También alimentan las máquinas con las piezas y componentes, así como el pigmento y el material recuperado.

2.4.7 RESPONSABLE DE PATIO

El responsable de patio lleva a cabo el control de entrada y salida de los camiones, revisando los pedidos. Puntualmente, también realiza labores administrativas en las oficinas del patio. Además, lleva a cabo labores de almacenamiento de contenedores y de carga y descarga de camiones.

2.4.8 MOLINERO

El molinero se encarga de recoger con una carretilla elevadora el producto defectuoso de la fábrica o en la zona de almacenamiento del patio habilitada para ello. El material defectuoso es depositado en la tolva del desgarrador para su trituración.

Al mismo tiempo, se encarga del control del almacenaje del material recuperado. Entre sus tareas se encuentra depositar las sacas en el almacenamiento, así como mantener la zona de almacenamiento en buenas condiciones asegurándose que la zona se mantiene limpia.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1 DEFINICIÓN LEAN

Lean es una forma filosófica de trabajo que enfatiza la eliminación de residuos dentro de un proceso, siendo este proceso de cualquier tipo [7]. El núcleo de esta filosofía implica que el gasto de recursos para cualquier objetivo que no sea el de crear valor para el cliente final es un desperdicio y, por tanto, debe eliminarse [8]. Además, la filosofía Lean representa la búsqueda de la mejora continua con el fin de crear una nueva forma de trabajo basada en la comunicación y el trabajo en equipo para, así, realizar los procesos de la forma más flexible, económica y ágil posible.

Lean es considerado una filosofía ya que supone una forma de pensar y esa es la diferencia principal con los sistemas de producción establecidos a lo largo de la historia como pueden ser el taylorismo o el fordismo [9]. Además, Lean tiene la ventaja principal de que es capaz de adaptarse a cualquier sector y a aplicaciones muy diferentes dado que es un modelo de gestión. Es por ello que existen variantes como el Lean Manufacturing aplicado a la industria y producción; el Lean Start-up utilizado en la creación de start-ups, el Lean TI relacionado con la tecnología de información, utilizado con el fin de garantizar la optimización de costes y rentabilidad del valor; Lean Office utilizado en las oficinas; Lean Healthcare aplicado a la gestión de los hospitales, por ejemplo, en el servicio de urgencias; o Lean Construction usado en el ámbito de la construcción [10][11]. Todas estas variantes tienen los mismos pilares y conceptos principales del Lean y se benefician de las diferentes herramientas de la misma forma. Tres de los aspectos fundamentales del Lean se basan en la efectividad, eficiencia e innovación. Efectividad pues busca satisfacer en todo momento las expectativas del cliente; eficiencia porque los recursos utilizados son los necesarios y oportunos, ni uno más ni uno menos; e innovación ya que supone una nueva cultura dentro de una empresa basada en la mejora continua mediante cambios medibles y sostenidos.

En el caso del Lean Manufacturing, también conocido como Lean Production, se centra en el proceso de la fabricación con el fin de optimizar todos los procesos de cualquier tipo de sector a pesar de haber surgido en el sector del automóvil. La optimización de los procesos está centrada en la minimización de los desperdicios mientras se maximiza la producción según las necesidades de los clientes. Este principio se aplica siempre desde la perspectiva del cliente que consume el producto final o el servicio ofrecido.

3.2 HISTORIA

Los sistemas de producción han evolucionado a lo largo de la era moderna como resultado de los cambios en la sociedad y del desarrollo tecnológico. Dado que las necesidades de los mercados han ido cambiando con los años, los sistemas productivos se han ido adaptando a dichas necesidades. Desde mediados del siglo XXVIII, se pueden diferenciar tres épocas acentuadas por las diferentes revoluciones industriales [11] y marcadas por objetivos diferentes [12].

3.2.1 1º ETAPA (1776 – 1980)

Esta primera etapa está definida por la gran importancia dada al coste. A pesar de tener un objetivo común, en esta etapa se desarrollan tres sistemas de producción consecutivamente.

Primero, en el contexto de la Primera Revolución Industrial con el desarrollo de la máquina de vapor (1776) por James Watt y la aparición de la industria textil gracias al telar mecánico, aparecen sistemas de estandarización y especialización. Antes de la revolución industrial la producción se realizaba en talleres artesanales donde se obtenía un producto muy artesanal y personalizado a costa de un gran precio. Los productos eran fabricados de principio a fin por los diferentes grupos artesanales y no existía división de trabajo. La primera revolución industrial supuso el fin de los talleres y el comienzo de la fábrica sustituyéndose las herramientas y útiles de trabajo por máquinas. Gracias a la introducción de las máquinas, se incrementó la capacidad de producción pudiendo así responder a la gran demanda de la época, demanda que los talleres no podían abastecer.

A continuación, entre 1880-1914, tiene lugar la Segunda Revolución Industrial [13] con el desarrollo de las industrias eléctricas, del petróleo y del acero, además de la aparición del automóvil. Debido a la complejidad de los procesos de producción nació la necesidad de un sistema de organización con división de trabajo y especialización. Esta etapa es también conocida como la era de la dirección científica debida a Frederic Taylor, quién le dio gran importancia al análisis de los procesos. Este análisis de los procesos proporcionaría un fundamento científico con el fin de establecer la mejor forma de ejecutar los trabajos y estandarizar el proceso. Además, se desarrollaba un sistema de organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos, así como el cronometraje de las operaciones y un sistema de motivación mediante primas al rendimiento para evitar la improvisación. Esta era también fue marcada por la teoría de colas de Elang o las gráficas de Gantt.

Gracias a este nuevo sistema de organización y la mente visionaria de Ford “Si le hubiera preguntado a la gente qué quería, me hubiesen dicho que caballos más rápidos”. Ford estableció la cadena de montaje maximizando la eficiencia de la mano de obra, máquinas y herramientas con una división sistemática del trabajo. Gracias a las cadenas de montaje se conseguía una mayor rapidez, reducción de costes y una mayor eficiencia en los procesos productivos apareciendo así la producción en masa, donde los protagonistas son las máquinas y no el operario como a mediados del siglo XXVIII. También se desarrollan modelos de organización para gestionar los inventarios o planificar las necesidades de material, así como el muestreo estadístico.

3.2.2 2º ETAPA (1980 – 1995)

A finales de 1960 se presentan una serie de factores sociales y económicos que modifican las características de la demanda suponiendo el fin de la producción en masa y las industrias fordistas entran en una profunda crisis [14]. El sistema fordista era únicamente válido para la fabricación de un gran volumen de un mismo producto mientras que las nuevas exigencias del consumo buscaban un producto más diversificado. Además, este nuevo modelo de mercado buscaba una mejor calidad y nuevos productos que respondían a nuevas necesidades.

Tras la Segunda Guerra Mundial, Japón se encontraba en un contexto de crisis de postguerra y tanto la economía e industria se enfrentaban a grandes dificultades acentuadas por la falta de recursos [15]. La producción en masa no era posible, por lo que se desarrollaron nuevos modelos de producción en los que se maximizase el uso de los recursos y la eficiencia. Como respuesta aparece la producción flexible en la Corporación Toyota Motor Company de la mano de Sikichi Toyoda, el fundador, su hijo Kiichiro y el ingeniero Taiichi Ohno alcanzando una alta calidad con bajos costes, flexibilidad y tiempos de entrega cortos. Se comenzó aplicando los conceptos de calidad Jidoka desarrollados previamente en 1926 por Toyoda al diseñar un dispositivo que detectaba problemas en el proceso textil advirtiéndolo a los trabajadores y parando las máquinas automáticamente. A continuación, debido a la necesidad de maximizar los recursos, apareció el concepto de desperdicio el cual estaba relacionado con el empleo excesivo de recursos y el exceso de producción y de existencias [16].

Este nuevo proceso de fabricación no alcanza su auge hasta 1973 con la crisis del petróleo, que es cuando el resto de empresas japonesas adoptan este nuevo sistema de producción. Pero no es hasta los años 90 que se produce la expansión en el occidente y es denominado Lean Manufacturing por Ross, Womack y Jones.

3.2.3 3º ETAPA (1995 – ACTUALIDAD)

Tras la era centrada en la calidad y debido a la firma de los acuerdos del GATT³ y la creación de la Organización Mundial del Comercio surgen la liberación de los mercados y la globalización comenzando así la era de la personalización. Esta etapa es característica por la necesidad de la producción a demanda y justo a tiempo de un producto que cumpla con estándares de calidad a nivel internacional. Además, aparece el comercio electrónico debido a Internet y posible gracias a la globalización.

³ GATT: General Agreement on Tariffs and Trade – Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio

3.3 CONCEPTOS DEL LEAN MANUFACTURING

Según el libro *La Máquina que Cambio el Mundo*, escrito por Womack y Jones [4], libro que sirve de referente en la filosofía Lean, existen cinco principios en el Lean Manufacturing. Estos principios deben aplicarse de forma adecuada, así como actuar conjuntamente para obtener los beneficios de la filosofía Lean [5].

3.3.1 ESPECIFICAR EL VALOR

La definición del valor para el cliente final se considera el principio fundamental [17][18]. El producto debe responder a las necesidades y especificaciones del cliente final, por ello, es el cliente el que especifica y el fabricante debe producir según estas especificaciones. Para responder a dichas necesidades y especificaciones, el fabricante debe entender perfectamente qué es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, es decir lo que tiene realmente valor para él. Una vez identificado el valor para el cliente, el fabricante debe eliminar todo tipo de actividad que no añada valor en todas las etapas del proceso.

3.3.2 IDENTIFICAR LA CADENA DE VALOR

Una vez se identifica el valor del cliente, se debe establecer la cadena de valor, conocido como Value Stream Map [19], con el fin de identificar todos los pasos involucrados en el proceso abarcando todas las acciones desde la recepción de materia prima hasta que el cliente recibe el producto. Por lo tanto, el mapa del flujo de valor proporciona un esquema visual donde se contemplan todas las diferentes etapas del proceso y los elementos o recursos que son necesarios. Además, señala la interacción de las diferentes etapas y departamentos. Gracias a este mapa de valor se pueden identificar los desperdicios en cada una de las etapas y de forma conjunta en todo el proceso.

3.3.3 BUSCAR EL FLUJO DEL PROCESO

Para que Lean Manufacturing esté correctamente aplicado, la producción y el flujo de recursos deben fluir de la mejor forma posible. Es decir, que el proceso no tenga interrupciones en cada una de las acciones que forman el proceso [20]. Para ello, es preciso

que el proceso tenga capacidad suficiente para cumplir los ritmos de trabajo y que no existan cuellos de botella. Además, el flujo de recursos y el proceso en sí deben estar estructurados de tal forma que se adapte al flujo de valor, es decir, todas las etapas deben estar coordinadas creando un flujo continuo sin paradas ni esperas. Para ello, es necesario eliminar la organización de manera jerárquica o con departamentos independientes y analizar el proceso de forma conjunta.

3.3.4 PERMITIR EL SISTEMA PULL

El sistema pull hace referencia a que sea el cliente el que “tire” de la producción, es decir que sea el cliente quién establezca los parámetros de producción. De esta forma, el cliente obtiene lo que desea, en el tiempo que desea, de la forma que desea y en la cantidad que desea [19]. El sistema pull se basa en la filosofía justo a tiempo (Just-in-time) y tiene la ventaja de evitar producir innecesariamente o con tiempos de entrega fuera de lo que el cliente necesita. Además, los procesos productivos de flujo continuo funcionan de manera armónica y versátil adaptándose a cualquier cambio en cuanto a tiempo, especificaciones o cantidades.

3.3.5 GESTIONAR HASTA LA PERFECCIÓN

La perfección es inalcanzable, pero mediante la mejora continua es posible acercarse a ella. La mejora continua se puede entender como un proceso iterativo o vicioso que no tiene fin y que supone la identificación continua de oportunidades para crear más valor, o lo que es lo mismo, identificar todos los desperdicios y eliminarlos. La infinidad de este proceso de análisis se debe a que naturalmente surgirán aspectos que no se habían tenido en cuenta desde el principio o a cambios en las necesidades de los clientes. Estas irregularidades conllevan a pequeñas modificaciones en los procesos y, por tanto, a la aparición de nuevos desperdicios.

3.4 INEFICIENCIAS DE UN PROCESO

El Sr. Toyota definió tres conceptos como las ineficiencias de un proceso enfocadas a identificar y eliminar todo aquello que no añade valor. La identificación de estas tres ineficiencias tiene como objetivo la mejora del proceso desde puntos de vista diferentes pero complementarios. Eliminar estas ineficiencias en el proceso supondrá cambios organizacionales en las tareas y procesos desarrollando y fabricando productos de calidad con una mayor agilidad y eficiencia respondiendo a los requerimientos, expectativas y necesidades de los clientes [19].

La primera ineficiencia está relacionada con la irregularidad, o variabilidad no prevista provocando el desequilibrio del proceso y es conocido como Mura. Sus causas pueden ser varias ya que se puede dar debido a variaciones en la demanda, diferencias en los tiempos de ciclos, cambios en los materiales, la falta de estandarización de los procesos, la habilidad de los diferentes operarios o condiciones de la maquinaria, entre otros. Dada esta variabilidad, los productos dejan de ser uniformes afectando a la fiabilidad de la planificación y a la necesidad de capacidad. Además, está muy relacionado con los cuellos de botella ya que son los primeros en sufrir esta variabilidad al estar normalmente funcionando con el máximo valor del factor de utilización [20]. La variabilidad de un proceso es imposible de eliminar pues las necesidades del cliente, así como la demanda, nunca son constantes por lo que es importante, primero, determinar el tipo de variabilidad y si perjudica al cliente. En el caso de que la variabilidad sea natural, se considera que el proceso está bajo control y, por lo tanto, dicha variabilidad es tolerable. Por el contrario, si la variabilidad no es natural y se sitúa fuera de los puntos de control, se deben buscar formas de disminuirla para controlar el proceso. Algunas de las formas de control de un proceso fuera de control son mediante una producción nivelada (Heijunka) y justo a tiempo. Para ello, es necesario darle mucha importancia a la calidad identificando fallos, defectos y no conformidades desde un enfoque preventivo.

La segunda ineficiencia, Muri, hace referencia al exceso o sobrecarga de los procesos y las personas disminuyendo la productividad al causar agotamiento, pues la carga de trabajo es

superior a la capacidad. Consecuentemente, cuando la demanda excede a la capacidad de producción también se considera Muri. La causa principal es una mala planificación y provoca deterioros de la maquinaria así como cuellos de botella y tiempos muertos. Son muchas las herramientas que se pueden aplicar para hacer el proceso adecuado a las capacidades, tanto del personal como de las máquinas. Algunas de ellas son el diseño de un lay-out ergonómico, la estandarización de los procesos o el uso de técnicas como SMED⁴ para reducir los tiempos de preparación o de cambio de molde. Además, se debe desarrollar una planificación de requerimientos de materiales (MRP⁵) adecuada para los procesos, así como mantener el nivel productivo (TPM⁶).

La última ineficiencia son los desperdicios o Muda, es decir, toda actividad que no añade valor desde el punto de vista del cliente y que, al mismo tiempo, consumen recursos. La eliminación de los desperdicios constituye uno de los pilares del Lean Manufacturing, además, mediante su eliminación se mejora la rentabilidad y la satisfacción del cliente aumenta. Se puede considerar que existen 8 desperdicios diferentes [17][21].

3.4.1 SOBREPDUCCIÓN

Sobrepducir es producir más de la necesario, más rápido y antes de que se necesite y puede considerarse como el mayor desperdicio. Como consecuencia, surgen inventarios acumulados requiriendo de un espacio de almacenamiento excesivo y una administración de los inventarios compleja. Además, la acumulación excesiva de inventarios tiende a ocultar problemas en los productos y crear obsolescencia de los materiales, así como, un ambiente inseguro de trabajo. Por otro lado, conlleva a emplear equipos de capacidad y mano de obra mayor a la necesaria.

A pesar de que la sobreproducción está muy relacionada con los cambios del mercado y una mala planificación de la producción, existen otras causas como puede ser la optimización de

⁴ SMED: Single-Minute Exchange of Die

⁵ MRP: Manufacturing Resource Planning – Planificación de los requerimientos de material

⁶ TPM: Total Productive Maintenance – Mantenimiento productivo total

las máquinas de forma individual, la automatización de operaciones innecesariamente, procesos con capacidad baja o cambios y reajustes muy lentos. Por lo tanto, una forma de combatirlo es reduciendo los tiempos de preparación, sincronizando cantidades y tiempos, mientras se produce sólo lo necesario. Además, para obtener una estandarización de los procesos es importante alcanzar una producción lo más nivelada posible.

3.4.2 SOBRE INVENTARIO

El sobre inventario es todo aquello, ya sea material o producto terminado o en proceso, que se almacena en cantidades superiores a las necesarios para satisfacer la demanda del cliente. El almacenamiento excesivo de recursos conlleva a la necesidad de grandes superficies de almacenamiento, así como a la creación de obsolescencia suponiendo un impacto negativo a las empresas pues requieren de gran cantidad de recursos para su gestión.

Algunas de las causas del sobre inventario son los procesos inadecuados que no satisfacen los requerimientos y especificaciones de los clientes, cuya velocidad o capacidad no es la adecuada y una mala administración o proveedores ineficientes. Una de las formas de evitar este desperdicio es mediante un cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción basado en un sistema justo a tiempo, la nivelación de la producción y en la monitorización de tareas inmediatas

3.4.3 PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Los defectos en los productos deben prevenirse durante el proceso ya que consumen recursos sin añadir valor al proceso y que, además, requerirá de nuevos recursos para que el producto sea válido. Es decir, se puede considerar que, en vez de añadir valor al proceso, lo restan.

Los productos defectuosos suelen ser causa de muchas razones como procesos ineficientes, falta de mantenimiento de los equipos, altos niveles de inventario, maquinaria inadecuada, la no estandarización de los procesos pero, sobre todo, una falta de control de los defectos la cual se consigue mediante un fuerte cultura de calidad en la empresa capaz de detectar los errores lo antes posible en el proceso

3.4.4 TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Este desperdicio es el traslado de materiales y herramientas, e incluso información, innecesariamente consumiendo mientras recursos, tanto de personal como de equipos. El transporte innecesario se suele provocar por una mala organización en los programas de producción, una distribución inadecuada o inventarios excesivos. Con el fin de evitar este desperdicio se debe organizar de la mejor forma posible la cadena de suministro.

3.4.5 PROCESOS INNECESARIOS

Los procesos innecesarios se encuentran en aquellos procesos que son inadecuados y no están optimizados pues requieren de tareas innecesarias y pasos redundantes. Las causas principales son la falta de integración de la nueva tecnología con el proceso, demasiada documentación que no se precisa o la falta de esta. Para evitar este defecto es importante revisar y analizar el proceso frecuentemente para detectar mejoras y así, conseguir que el proceso sea lo más óptimo posible.

3.4.6 ESPERA

La espera es el tiempo muerto de las personas o equipos. Normalmente, es causa de un desequilibrio de las operaciones dado por una producción fuera de control o una mala programación de ésta, así como tiempos de preparación muy elevados. También se pueden considerar como causas un personal sin la formación necesaria o demasiado especializado, equipos innecesarios o una distribución inadecuada de la planta. Algunas formas de reducir los tiempos de esperas a lo largo del proceso son mediante la nivelación de la producción, una distribución en planta ergonómica, o el adiestramiento de los operarios para conseguir una mejor coordinación entre ellos.

3.4.7 MOVIMIENTOS INNECESARIOS DEL TRABAJADOR

Los movimientos innecesarios de las personas es todo movimiento innecesario que realiza cada una de las personas que forman la empresa ya sea un desplazamiento o un movimiento. Las razones principales son una mala distribución de la planta, una mala organización del

área de trabajo y la falta de la ergonomía en los procesos. Este desperdicio se encuentra muy relacionado con el orden y la limpieza pues incluye los movimientos que una persona realiza al buscar herramientas, documentos, accesorios, el material adecuado, etc.

3.4.8 TALENTO NO UTILIZADO

Este desperdicio no fue contemplado originalmente, pero el uso adecuado del talento de las personas es tan importante como el de los recursos dentro los procesos. A diferencia del resto de los desperdicios, es de carácter intelectual y hace referencia a no utilizar el talento, habilidades y capacidades de los trabajadores provocando la desmotivación del trabajador, lo cual, afecta a su desempeño. Además, el personal siente que no se lo tienen en cuenta y tienen inseguridad en proponer ideas nuevas que pueden suponer un gran cambio en el proceso, mejorándolo considerablemente. Con el fin de aprovechar al máximo el talento es importante una buena formación y un liderazgo adecuado, así como, tener en cuenta todas las opiniones de todos los trabajadores sin hacer distinción de rango. Normalmente, en las fábricas, la figura del operador es olvidada en la toma de decisiones sobre el proceso cuando en realidad es la persona que mejor lo conoce pues se encarga de llevarlo a cabo a diario.

3.5 HERRAMIENTAS LEAN

Las herramientas Lean se pueden considerar como aquellas técnicas necesarias para materializar en la práctica los principios de Lean Manufacturing [20]. Estas herramientas tienen como principal objetivo reducir los desperdicios descritos, es decir, eliminar aquellas tareas que no añaden valor al proceso y así conseguir un flujo lo más continuo posible y justo a tiempo con el fin de ofrecer al cliente un producto que satisfaga sus necesidades en el momento preciso y cantidad adecuada.

Existen un gran número de técnicas diferentes que pueden implementarse independientemente o de forma conjunta para eliminar varios desperdicios a la vez. Debido a la gran variedad de herramientas es importante establecer una estrategia de mejora continua, estableciendo la situación actual y los objetivos a alcanzar con el fin de identificar

los despilfarros a reducir y la herramienta a emplear para ello. De esta forma, la monitorización de la herramienta y como ésta afecta al proceso es perfectamente entendible.

Estas herramientas se pueden clasificar de múltiples formas y según diferentes parámetros como, por ejemplo, el grado de compromiso necesario para su aplicación o la ineficiencia o despilfarro sobre el que la herramienta actúa. Una forma de representar las técnicas Lean clasificándolas según el momento de aplicación y la mejora que ofrece es el templo Lean (Figura 3):



Figura 3: El templo Lean [24]

Como se puede observar, el templo Lean tiene forma de casa e indica la metodología a seguir para comenzar a “construir” una cultura basada en el Lean Manufacturing diferenciado las siguientes partes [24]:

- En la base se encuentran las herramientas relativas a la estandarización como el 5s o las fichas de operación estándar y la gestión visual que ayudan a alcanzar una gestión sencilla y visual del proceso de producción. En esta línea, también se encuentra Heijunka haciendo referencia a la nivelación de la producción, crucial para conseguir una producción justo a tiempo. Por último, se encuentra Kaizen que está dirigida a los empleados y significa “cambio a mejor” basándose en las pequeñas mejoras llevadas a cabo para eliminar los desperdicios y establecer la filosofía Lean [25]. Para ello, es necesario aplicar el ciclo de Demming de forma continuada en todas las distintas etapas del proceso de implementación.
- El interior del templo, la parte esencial de la estructura, se encuentra la mejora continua. Esta mejora es únicamente posible gracias a las personas y los equipos que trabajan conjuntamente y de forma continua para reducir los diferentes desperdicios e ineficiencias con el fin de optimizar el proceso.
- El tejado está construido sobre dos pilares fundamentales: la producción justo a tiempo y la calidad Jidoka. La producción justo a tiempo se refiere a fabricar únicamente lo necesario en el momento necesario y para ello, son necesarias herramientas de gestión del proceso como los mapas del flujo, SMED dedicada a la reducción de los cambios o Kanban fundamental para establecer el sistema pull. Por otro lado, la calidad Jidoka está compuesta por aquellas técnicas dedicadas a identificar las anomalías y deficiencias en el proceso. También incluye las medidas destinadas a la reducción de fallos mediante soluciones sencillas y visuales como Poka-Yoke (sistemas anti-error) o Andon respectivamente.
- Por último, en el tejado se encuentran los objetivos finales a conseguir mediante la aplicación de las técnicas y procedimientos anteriores. Estos objetivos están basados en conseguir un producto de la máxima calidad y mínimo coste y tiempo de producción.

Las herramientas implementadas en la empresa y, por tanto, las tratadas en este documento son principalmente las relativas a los cimientos del templo. Son aquellas centradas en la estandarización y la gestión visual, éstas son la distribución en planta, las 5s, las fichas de estandarización de procesos y la gestión visual mediante paneles de información. Recientemente, también se ha decidido implementar la herramienta SMED.

3.5.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución de la planta es la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación. No es considerada como una de las herramientas Lean pero tiene un papel esencial en dicha filosofía pues con una distribución adecuada para el proceso se pueden eliminar un gran número de despilfarros añadiendo valor al proceso y haciendo éste mucho más eficiente. Por tanto, obtener una distribución de planta eficiente supone para la empresa una ventaja competitiva [25]. El proceso de ordenación de los medios productivos de manera adecuada no es problema trivial ya que existe un gran número de factores que afectan al proceso y son muchos los objetivos que se intentan alcanzar con el mejor diseño de la planta. Una forma de simplificar el problema es dividir el proceso en dos etapas. Primero, diseñar la distribución de unidades agregadas que participan en el proceso para después establecer la distribución interna de estas unidades.

Los objetivos que persigue una buena distribución de la planta son [26]:

- Unidad: La distribución debe favorecer al flujo continuo de material, es decir, a pesar de existir diferentes unidades en la planta, éstas deben complementarse de la forma adecuada.
- Circulación mínima: Se debe minimizar el número de movimientos innecesarios del personal y de transportes. De esta forma se reducen los tiempos de espera y se eliminan tareas que no añadían valor, lo que favorece a no crear defectos en los materiales o productos.

- Seguridad: La distribución de la planta debe velar por la seguridad de todos los trabajadores como del material.
- Flexibilidad: La distribución de planta debe ser adecuada tanto para la situación actual como para situaciones de cambio al aumentar o disminuir el volumen de producción o modificar los diseños de los productos o maquinaria.

Los objetivos que se persiguen son de carácter muy diferente entre ellos, lo que hace que sea imposible alcanzar todos ellos al mismo tiempo [27]. La mejor distribución será, por lo tanto, aquella que presenta una combinación equilibrada de dichos objetivos.

Por otro lado, los diferentes factores a tener en cuenta son:

- Materiales: Los métodos de producción, así como la manipulación y el almacenamiento vienen determinados por las características físicas y químicas del material, así como por el tamaño, la forma, el volumen o el peso.
- Maquinaria: El tipo de maquinaria, su tamaño, el peso o la cantidad son variables necesarias a tener en cuenta. Además, también se debe contemplar el número de operarios que se requieren o los riesgos existentes.
- Mano de obra: El número de trabajadores, sus cualidades, su flexibilidad y especialización, y el trabajo a realizar en cada momento es esencial para la distribución de la planta. Es importante asegurarse que los trabajadores no están ante riesgos evitables y que se aseguran las mejores condiciones de trabajo.
- Movimiento: El número de movimientos debe ser mínimo pues así el trabajador dispone de más tiempo para emplear en actividades con valor al proceso.

- Esperas: El flujo de material debe ser lo más fluido posible evitando que tanto el personal o los equipos tengan que dedicar tiempo muerto a esperar por un determinado recurso.
- Servicios auxiliares: Los servicios auxiliares son aquellos que permiten y facilitan la actividad. Existen tres tipos, aquellos relativos al personal como son las vías de acceso o los elementos de seguridad (primeros auxilios o extintores), los relativos al material como la calidad o los relativos a la maquinaria como el mantenimiento.
- Edificio: El edificio es la disposición espacial disponible y sus características limitan muchas veces la distribución de la planta.
- Cambios: La distribución en planta debe ser capaz de adaptarse a posibles cambios realizados en la planta dentro de unos límites razonables.

3.5.2 FICHAS DE OPERACIÓN ESTÁNDAR

Mediante la estandarización de los procesos y el desarrollo de la documentación correspondiente se permite entender mejor los procesos y los diferentes elementos necesarios pudiendo identificar posibles puntos de mejoras en el proceso mientras se eliminan tareas innecesarias [17][20]. La estandarización es el punto de partida del proceso Lean y afecta a todos los procesos llevados a cabo en la empresa. Los estándares deben ir de la mano de la mejora continua, es decir se debe establecer un estándar, identificar puntos de mejora, y, a continuación, actualizar el estándar. Por tanto, es preciso establecer un sistema de revisión de los diferentes estándares.

Para garantizar el cumplimiento de los estándares es importante realizar documentos sencillos de usar con descripciones simples y claras del método.

3.5.3 5S

La herramienta 5S es la aplicación de los principios de orden y limpieza en los diferentes puestos de trabajos produciendo resultados tangibles y cuantificables de forma sencilla pues las prácticas llevadas a cabo en su aplicación son conceptos básicos de organización. Con la implantación de esta herramienta se busca eliminar el aspecto sucio y desordenado de la planta, eliminar todo elemento innecesario o en mal estado del proceso, optimizar el espacio de la mejor forma y eliminar movimientos innecesarios [28]. También, se reduce el tiempo que los trabajadores emplean en tareas innecesarias como buscar herramientas o información pues cada cosa tiene un lugar específico. El objetivo final es alcanzar áreas de trabajo más seguras, mejorar la calidad, así como el entorno o ambiente del trabajo, mientras se ahorran costes al eliminar diferentes despilfarros. Para ello, es preciso el compromiso de la dirección y de los trabajadores ya que requiere de un esfuerzo inicial de cambio de hábitos.

El nombre de las 5S es un acrónimo que hace referencia a las 5 fases necesarias para alcanzar los objetivos anteriores.

3.5.3.1 1ª Fase: Eliminar (Seiri)

Esta fase está centrada en clasificar y eliminar todo aquello considerado como innecesario del puesto de trabajo. Para ello, se emplea un sistema de colores que clasifica todos los elementos presentes en el área de trabajo identificando los elementos rotos o en mal estado, los elementos que se encuentran fuera de lugar y los elementos innecesarios. Una vez clasificado cada elemento, los elementos innecesarios se eliminarán de la zona de trabajo y se sustituirán aquellos en mal estado con el fin de disminuir las manipulaciones y trasportes y así, reducir al mínimo el tiempo dedicado a la búsqueda de herramientas o recursos.

3.5.3.2 2ª Fase: Ordenar (Seiton)

La segunda fase consiste en definir ubicaciones a los elementos considerados como necesarios facilitando de forma considerable su búsqueda y el retorno a su posición. Es importante limitar las diferentes áreas del puesto diferenciando entre el área donde se lleva a cabo el trabajo, el lugar de almacenamiento y las zonas de paso [29]. También se asigna

un lugar a cada cosa por lo que es preciso determinar una ubicación para las diferentes herramientas, o cualquier elemento del área, según la frecuencia de uso y utilizando criterios de seguridad, calidad y eficacia. En resumen, se busca desarrollar un ambiente de trabajo seguro obteniendo un producto de calidad de forma eficiente minimizando los movimientos.

3.5.3.3 3ª Fase: Limpieza e inspección (Seiso)

La tercera fase tiene como objetivo prevenir defectos mediante su identificación y la búsqueda de soluciones para eliminarlos [29][30]. Para ello, se integran en el puesto de trabajo elementos de limpieza para asegurar el mantenimiento de un entorno limpio. Además, se establece hábitos de limpieza y de mantenimiento con el fin de obtener un área de trabajo que se encuentre siempre en las mejores condiciones para asegurar la eficiencia. A pesar de que a primera vista pueda parecer que únicamente tiene consecuencias en el aspecto del entorno, no es así, pues ayuda a identificar si los equipos se encuentran en buen estado además de facilitar la identificación de los focos de suciedad para eliminarlos. Es decir, esta fase se centra en detectar todo aquello que es necesario para mantener la zona en las mejores condiciones y, lo que es más importante, adoptar los hábitos de limpieza necesarios para el mantenimiento de dichas condiciones.

3.5.3.4 4ª Fase: Estandarizar (Seiketsu)

La cuarta fase tiene como objetivo consolidar las prácticas de limpieza y orden establecidas en las fases anteriores mediante la estandarización [30]. Al estandarizar el proceso, estos hábitos se definen como parte del proceso con el fin de asegurar su cumplimiento. Además, al documentar el proceso, el estándar es conocido y aplicado por más trabajadores, creando hábitos de orden y limpieza. Para ello, es importante asignar la persona encargada de la limpieza, la frecuencia de la limpieza y el proceso de limpieza, es decir, proporcionar todas las herramientas para que se produzca la limpieza. También es importante comprobar que se cumple al mismo tiempo con las fases anteriores evaluando la eficiencia de estas.

3.5.3.5 5ª Fase: Disciplina (Shitsuke)

Esta fase se centra en formar las prácticas de limpieza y orden en hábitos monitorizando que se cumplen con los métodos estandarizados. Para ello, es importante el diseño de un sistema

de auditorías en el que participen todos los trabajadores ofreciendo diferentes puntos de vista con el fin posibles puntos mejoras [31]. Además, es necesario formar a los operarios para que entiendan la herramienta y, así, sean conscientes de los beneficios que presentan las diferentes prácticas de limpieza y orden mientras se les hace participes de todas las formas posibles en el proceso de implementación con la finalidad de mantener las prácticas.

3.5.4 PANELES DE VISUALIZACIÓN

Los paneles de visualización tienen como función informar a todos los trabajadores, de forma sencilla y clara, de la situación actual del proceso productivo con énfasis en los desperdicios y deficiencias del proceso con la finalidad de identificar posibilidades de mejora en las diferentes fases del todo el proceso [17]. De esta forma todo el personal de las diferentes áreas implicadas en el proceso conoce los indicadores empleados y como, mediante el esfuerzo, se pueden alcanzar los valores establecidos como meta. Es por ello, que la gestión visual se puede considerar como una forma de motivar a todo el personal al tener la responsabilidad de que se alcancen los objetivos.

La implantación de la gestión visual supone un cambio de cultura importante pues requiere de un gran compromiso de los empleados ya que se necesitan reuniones frecuentes de los diferentes departamentos involucrados para la obtención de los datos. Por otro lado, se debe elaborar la documentación visual adecuada para mostrar la situación actual y futura de forma clara mediante el sistema de indicadores. Es muy importante utilizar la información obtenida y analizarla en detalle para detectar las posibles mejoras mientras se involucra al personal encargado de la producción.

3.5.5 SMED

La herramienta SMED (Single-Minute Exchange of Dies) tiene como objetivo principal reducir los tiempos de preparación de las máquinas con el fin de reducir las esperas.

Su aplicación es fácil pues la metodología es clara y los resultados se pueden alcanzar rápidamente, pero es necesario un gran compromiso por parte de los trabajadores implicados. En el caso de lograr aplicarla correctamente se pueden alcanzar beneficios muy importantes

pues al convertir los procesos de preparación en operaciones sencillas y rápidas se reduce el tamaño de los lotes y, por tanto, los inventarios. Además, también conlleva a una importante disminución de los defectos pues la posibilidad de producir errores en las tareas necesarias en la preparación disminuye considerablemente [11].

Antes de implementar la herramienta SMED es preciso analizar el proceso de preparación con el fin de identificar las posibles causas que originan que los tiempos sean elevados. Es decir, realmente entender el proceso de preparación y analizar si el procedimiento es el adecuado o si los equipos o herramientas son las necesarias [19]. Una vez conocido el proceso se deben aplicar las siguientes fases para asegurar el correcto asentamiento de la herramienta:

- Fase 1: Identificación de tareas internas y externas. Las tareas internas son aquellas actividades que solo se pueden llevar a cabo una vez la máquina esté parada mientras que las tareas externas se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento. En esta fase se busca separar la preparación interna y externa, para así, convertir el mayor número de tareas internas en externas. Para ello, es importante la estandarización del proceso, el orden y la limpieza y un correcto mantenimiento de los equipos o herramientas utilizados.
- Fase 2: Mejorar las tareas internas reduciendo el tiempo total. Se debe buscar el mejor procedimiento para llevar a cabo las operaciones correspondientes a la preparación interna.
- Fase 3: Mejorar los equipos empleados con el fin de reducir el tiempo de las tareas internas. Esta fase consiste en identificar elementos respectivos a la maquinaria utilizada o a las instalaciones que hacen la preparación tan compleja. Tras la identificación se debe intentar ofrecer mejoras en los equipos mediante la instalación de accesorios que hagan la preparación más sencilla.

- Fase 4: Preparación Cero. El objetivo ideal es que el tiempo dedicado a la preparación sea nulo por lo que se debe buscar tecnologías que hagan el proceso mucho más sencillo.

3.6 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN LEAN

Dado que la filosofía Lean no es exclusiva de un sector específico, el método de aplicación no es estándar pues existen muchos tipos de fábricas y los desperdicios presentes en cada una de ellas son diferentes, al igual que las necesidades del producto. Es por ello, que la implantación de las diferentes herramientas se debe realizar secuencialmente y adaptando las herramientas a la realidad de cada caso con el fin de equilibrar los esfuerzos y recursos presentes [19].

De todas formas, en la aplicación se deben llevar a cabo diferentes consideraciones para así, asegurar el asentamiento de la filosofía y la mejora continua. Por ejemplo, es necesario establecer objetivos a corto plazo y fáciles de alcanzar en un período corto de tiempo. También es muy importante darle importancia al espíritu de mejora continua y factor humano con la finalidad de motivar al personal involucrado y asegurar el grado de compromiso requerido para la correcta implantación de la metodología Lean. A pesar de no existir un método de aplicación único podemos observar que estas pautas se pueden aplicar independientemente de las características de la fábrica o sector de aplicación. Es por ello, que se pueden definir diferentes fases o etapas [2].

3.6.1 1º FASE: DIAGNÓSTICO Y FORMACIÓN

Antes de nada, es crucial realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso con el fin de entender las diferentes etapas, los recursos necesitados y el valor del proceso, así como identificar los despilfarros y poder determinar los puntos de mejora. Es importante establecer el proceso desde todas las dimensiones de la organización, es decir, se debe considerar la estrategia de la compañía, el diseño del producto, la logística, las operaciones implicadas y la contabilidad y las finanzas. Para ello, es necesario desarrollar un plan de formación interno para las personas involucradas en el proceso de implantación. El objetivo de esta formación

es familiarizar al trabajador con los conceptos y aspectos clave de la filosofía Lean. Además, esta formación servirá como base aportando a los trabajadores las pautas y conceptos necesarios para identificar y analizar el proceso y el flujo [10].

En esta fase también tiene lugar la recogida de datos necesarios para el análisis. Este análisis deberá tener en cuenta toda la cadena de suministro, por lo que no es únicamente objeto de análisis los productos y los procesos, sino que también se debe considerar variables externas como la demanda. Gracias al análisis se determinará el tipo de sistema de producción más adecuado según el volumen de producción y el grado de personalización del producto.

Al terminar el análisis se debe diseñar un mapa que contemple el flujo de valor contemplado, es decir, el actual, a partir de todos los datos e información recogida. A partir de este mapa, que muestra la situación actual, se podrá identificar las diferentes ineficiencias del proceso para, así, diseñar la situación a la que se aspira mediante un mapa del flujo futuro. Es decir, es imprescindible conocer las características del punto de partida para poder alcanzar una situación de mejora pues conocer la situación actual nos permite entender cuáles son las diferentes variables presentes en el proceso y su implicación en el proceso. Además, al conocer el punto de partida se podrá diseñar una estrategia de implantación adecuada al proceso.

3.6.2 2º FASE: DISEÑO DEL PLAN MEJORA

La siguiente etapa consiste en establecer un plan de mejora, es decir, planificar la implantación a partir del diagnóstico. El plan de mejora debe ajustarse a la realidad observada y establecer objetivos a corto, medio y largo plazo con metas posibles y claramente definidas. Además, el plan de mejora debe ser lo más detallado posible describiendo en todas sus etapas las metas que se persiguen y el tiempo disponible y esperado para alcanzarlas a la vez que se describe las personas involucradas especificando las tareas que deberán llevar a cabo. Para ello, es importante definir un sistema de indicadores que monitoricen el proceso de implementación mientras muestran la evolución.

Por otro lado, se deben organizar los diferentes equipos a la vez que se desarrolla un plan de integración mediante tecnologías ERP con el fin de determinar los sistemas de información del proceso.

Por último, en esta etapa se debe seleccionar un “área piloto” que es el área por donde se inicia la implantación con el objetivo de minimizar los riesgos y que permite identificar el mejor método de implantación. El área piloto debe reunir las características necesarias que aseguren el éxito pues servirá de modelo de buenas prácticas para el resto de las diferentes zonas.

3.6.3 3º FASE: LANZAMIENTO

Esta fase consiste en la implantación de las herramientas extrapolando lo aprendido en el área piloto al resto de la fábrica. Al inicio es importante crear cambios radicales e impactantes que motiven al personal a adoptar las nuevas prácticas.

Esta fase se ubica en los cimientos del templo Lean, es decir, se aplican herramientas relacionadas con la estandarización, el orden y la limpieza y se busca alcanzar el mayor grado de adaptación a la nueva cultura. Con el fin de hacer posible la “construcción” del templo es importante establecer un sistema de sugerencias desde el principio.

3.6.4 4º FASE: ESTABILIZACIÓN DE MEJORAS

Una vez implementado las herramientas se debe estabilizar el proceso productivo para así incrementar el nivel de confianza mientras se reducen desperdicios en aquellas tareas de mantenimiento o de calidad. Para ello, es importante intentar reducir los lotes al máximo y conseguir una producción lo más nivelada posible y capaz de adaptarse a cambios en la demanda y que reduzca los inventarios.

3.6.5 5º FASE: ESTANDARIZACIÓN

Esta fase representa un peldaño más en el proceso de implantación situándonos en los pilares del templo Lean. Una vez se han llevado a cabo las etapas anteriores se deben estandarizar las nuevas prácticas con los objetivos de optimizar los procesos mediante el diseño de

métodos de trabajo con ritmos de producción, mano de obra y equipos adecuados que se adapten a los cambios en la demanda. Es decir, consiste en estandarizar los métodos desarrollados en la etapa anterior, encargados de asegurar una producción justo a tiempo, mientras se lleva a cabo la formación de los trabajadores en las nuevas técnicas.

3.6.6 6ª FASE: PRODUCCIÓN EN FLUJO

La última fase es la necesaria para asentar la producción justo a tiempo y poder alcanzar el tejado del templo donde se encuentran los objetivos o metas de calidad, tiempo de producción y coste. En esta fase se busca desarrollar las mejores prácticas, basadas siempre en la mejora continua, que garanticen la estabilidad y la flexibilidad de los métodos de las etapas previas. Los objetivos principales de estas prácticas son reducir al mínimo los inventarios, garantizar la entrega del producto a tiempo y en un tiempo reducido mientras se mejora el sistema de gestión y de control.

Es importante tener en cuenta que esta fase no es la final de la implantación, es decir, que aquí no es donde se termina con la implantación de las herramientas, sino que representa la etapa final del primer ciclo que asegura la mejora continua. En este momento, se debe volver a la primera etapa y volver a empezar una y otra vez, acercándose la fábrica a la perfección un poco más en cada ciclo.

Por último, destacar que para obtener el éxito en el cambio cultural que supone la introducción de la filosofía Lean en todo el proceso se debe establecer un propósito claro con un plan de acción adecuado y ejecutarlo mediante un liderazgo efectivo que garantice el compromiso y la motivación de todos los trabajadores.

3.7 APLICACIONES DESTACADAS DEL LEAN MANUFACTURING

Son muchas las empresas que han llevado a cabo las fases anteriores en la implementación de las diferentes herramientas con el objetivo de poder alcanzar la producción más perfecta minimizando los desperdicios y buscando las prácticas más adecuadas que aseguran una producción nivelada y justo a tiempo. Lean Manufacturing se encuentra implementado en

numerosos sectores y en múltiples empresas muy diferentes entre ellas [32]. Algunas de ellas se encuentran en el sector de la fabricación de maquinaria, como Caterpillar o John Deere; otras se sitúan en la fabricación de productos tan simples y comunes como pañuelos de papel como Kleenex; y, otras en el sector textil como es el caso de Nike [33].

Todas estas empresas son americanas, pero cabe destacar que el concepto de Lean Manufacturing no es nuevo en la industria española y ha sido aplicado a diferentes sectores a pesar de ser el más destacado sea el del automóvil. Una empresa española destacada en la introducción con éxito de la filosofía Lean es Gallina Blanca, empresa que pertenece al sector alimenticio. Tras la implantación de las herramientas y el asentamiento de la filosofía se redujeron los costes de producción mientras se producían incrementos del más del 10% en el OEE⁷ y se mejoraba drásticamente en la flexibilidad debido a la reducción de los cambios [19].

⁷ OEE: Overall Equipment Effectiveness – Efectividad total de los equipos

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Lean Manufacturing ha supuesto un gran impacto en el sector industrial y cada vez son más las empresas que han introducido esta filosofía como parte de su cultura empresarial y la empresa donde estoy realizando las prácticas no es una excepción. Como se ha explicado anteriormente, desde sus inicios, dicha empresa tiene como objetivo proporcionar soluciones innovadoras y de calidad a sus clientes. Además, busca un ejercicio de su actividad lo más sostenible posible respetando el medio ambiente mediante iniciativas como la reducción del consumo de recursos introduciendo en su proceso de fabricación material reciclado implementando así las bases de una economía circular.

La filosofía Lean responde y ofrece las soluciones necesarias a las necesidades de la empresa y está, claramente, en línea con su cultura y objetivos. Por ello, se ha comenzado la implantación de herramientas en las plantas de Getafe, Polonia y Brasil. Esta implantación no ha sido tarea fácil pues tras años de ejercicio se ha establecido una cultura muy definida donde las prácticas aplicadas en las actividades correspondientes a la organización, gestión y fabricación a lo largo del proceso llevan siendo las mismas durante mucho tiempo.

Con la apertura de planta de Liverpool, se busca establecer las bases de la filosofía Lean desde el arranque con el objetivo de poder implementar las herramientas con éxito y así, optimizar el proceso. Por otro, gracias a la estandarización y al diálogo entre las fábricas se busca poder implementar las mejores prácticas, tanto como en el proceso como en la gestión de la fábrica, en todas ellas al mismo tiempo consiguiendo hacerlo de forma más rápida y sencilla y obteniendo un producto estándar sin distinción de la fábrica donde haya sido producido. Es por ello que, la fábrica de Liverpool supone una gran oportunidad para implementar las herramientas Lean eliminando las carencias presentes en la implantación de las herramientas explicadas en el resto de las fábricas pues la plantilla de trabajadores es

nueva y existe margen de maniobra para establecer un proceso en el que Lean Manufacturing represente la base o cimientos.

4.2 OBJETIVOS

El objetivo principal que busca alcanzar este proyecto es la implantación y asentamiento de la filosofía Lean desde el arranque de la fábrica de Liverpool para así conseguir optimizar el proceso y poder establecer y extrapolar las mejores prácticas que respondan a las necesidades y especificaciones de los clientes. En la persecución de dicha meta se deben ir cumpliendo una serie de objetivos consecutivamente:

- Identificación de las herramientas implementadas en las diferentes fábricas.
- Identificación de las diferencias entre las plantas ya establecidas y la planta de Liverpool y aspectos que afectan a la implantación de las herramientas Lean.
- Implantación de las herramientas existentes.
- Identificación e implantación (o avance) de puntos de mejora.
- Motivación e involucración del personal en la implantación.
- Asentamiento de un sistema de auditorías internas y asegurar el seguimiento de las buenas prácticas en el futuro.
- Vías para compartir e implantar las mejores prácticas disponible en las tres plantas simultáneamente.

4.3 METODOLOGÍA

Para la implantación de las herramientas el primer mes de las prácticas tendrán lugar en Getafe donde recibiré formación sobre los diferentes procesos y la cultura de la empresa. Además, durante esta temporada, podré identificar las diferentes herramientas ya implementadas y su funcionamiento, así como asistir a las auditorías de seguimiento.

Una vez en Liverpool y a partir de los resultados del análisis, tendrá lugar la elaboración de la documentación para la implantación y el diseño del lay-out antes de la puesta en marcha con el fin de poder comenzar la producción utilizando las herramientas Lean.

A continuación, se desarrollará un plan de implementación detallando las metas a conseguir determinando el tiempo y las personas involucradas. Además, se utilizarán las conclusiones del análisis con el fin de evitar posibles errores del pasado.

Por último, una vez comience la producción, el seguimiento de la implantación tendrá lugar mediante un sistema de auditorías, así como la realización de los cambios pertinentes para conseguir una mejora continua utilizando el Ciclo de Deming (Figura 4).



Figura 4: Ciclo de Deming [34]

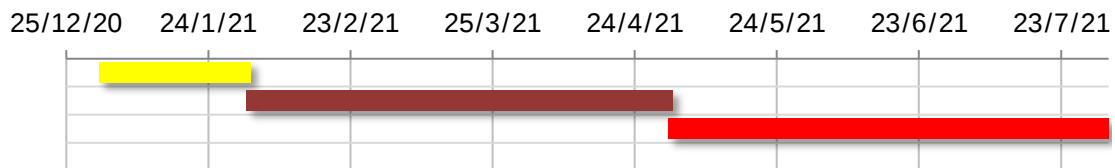
El ciclo de Deming es un proceso iterativo que forma parte de las herramientas del Lean Manufacturing. Primero, durante la fase de Planear se identifican los problemas y se establecen los objetivos definiendo los métodos para alcanzar dichos objetivos. Después, comienza la fase Hacer que consiste en implantar las acciones. A continuación, la fase Verificar donde se estudian los logros alcanzados. Por último, tiene lugar la fase Actuar

donde se estudian los resultados y se toman acciones correctivas o preventivas para asegurar la mejora continua. Después de esta última fase se vuelve a empezar el ciclo [34].

4.4 PLANIFICACIÓN

El cronograma aproximado a seguir será el siguiente:

- Enero-Febrero: Formación en la fábrica de Getafe.
- Febrero-Abril: Elaboración de la documentación adaptada a la fábrica de Liverpool mediante el análisis de las herramientas ya implantadas en Getafe.
- Mayo-Julio: Implantación de las herramientas.



TAREA	COMIENZO	FIN
Identificación de Herramientas	1/1/21	1/2/21
Elaboración de Herramientas	1/2/21	1/5/21
Implantación de Herramientas	1/5/21	1/8/21

Gráfico 1: Cronograma del proyecto

Capítulo 5. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS

Con el fin de implantar las herramientas Lean, previamente explicadas, en la fábrica de Liverpool, primero, se analizó las herramientas utilizadas en las fábricas de Getafe y Polonia determinando las carencias y las posibles mejoras con el fin de poder adaptarlas lo máximo al proceso.

La fábrica de Getafe se puede considerar como la sede del conjunto de fábricas y es, por ello, por lo que se toma como punto de referencia ya que es la que más años de actividad tiene. Por otro lado, la formación tuvo lugar en dicha fábrica y es donde pude observar todo el proceso en primera persona, así como asistir a diferentes auditorías analizando el método de implantación de las herramientas. Además, dado que las herramientas en Getafe están implementadas en español a efectos prácticos fue mucho más fácil de entenderlas para su análisis.

A su vez, Polonia también es objeto de análisis pues, por motivos tanto de superficie como de volumen de producción, es la planta que más se parece a la de Liverpool. También, dado que la fábrica de Polonia es más reciente se puede considerar que se han implementado nuevas prácticas lo cual provoca diferencias en las herramientas Lean. Algunas de las nuevas y mejores prácticas de Polonia no se han desarrollado e introducido en Getafe lo que indica, una vez más, la necesidad de un diálogo continuo entre las plantas.

A partir de las conclusiones obtenidas en el análisis, se desarrolló los diferentes documentos relativos a las herramientas intentando adoptar las mejores prácticas para así conseguir una implementación exitosa de las herramientas en Liverpool desde el momento de la puesta en marcha. Es decir, el análisis sirvió como punto de partida para detectar posibles mejoras que hagan que las herramientas y la documentación correspondiente a éstas sean lo más adecuadas al proceso posible con el fin de garantizar su uso por todo el personal y poder conseguir el máximo asentamiento posible estableciendo los mejores hábitos de trabajo.

Finalmente, una vez diseñada la documentación de las herramientas, se elaboró un plan de implantación en el que se le dio gran importancia a la formación de todo el personal involucrado.

5.1 ANÁLISIS

A pesar de que el análisis de las herramientas se puede realizar teniendo en cuenta numerosos factores y fases de las herramientas correspondientes, el análisis realizado se centró, en particular, en el diseño de las herramientas y el proceso de implementación de éstas.

Respecto al diseño de las herramientas, se analizó si los formatos y plantillas son de uso sencillo y adaptadas al proceso. Es importante que la información contemplada tenga un nivel de detalle adecuado pues si es muy farragosa su uso y manejo es más complicado y, por lo tanto, más difícil de crear el hábito de uso. Por otro lado, si la información es muy general, no añade nada nuevo al usuario y, no se crean nuevos hábitos.

El proceso de implementación de las herramientas es tan importante como el diseño en sí. Mediante una implantación basada en etapas diferenciadas, con una organización clara y sencilla se asegura la mejora continua. A pesar de que las primeras fases suponen un gran compromiso y tiempo del personal y, pueda parecer que consumen tiempo valioso de producción, éstas son clave para que con el paso del tiempo las prácticas que optimizan el proceso se conviertan en costumbres y hábitos llevándolos a cabo sin gran esfuerzo y de forma automática.

5.1.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta se puede analizar a dos niveles. Primero la distribución en las diferentes áreas que constituyen el proceso y, después, la distribución dentro de cada área. Ambas distribuciones buscan la ergonomía con el fin de proporcionar las mejores características físicas y psicológicas a los diferentes trabajadores. Al mismo tiempo, se intenta asegurar un flujo continuo del material con el fin de minimizar los tiempos de espera y movimientos innecesarios. De todas formas, debido a las condiciones del proceso, así

como los requerimientos y especificaciones que debe cumplir el producto, existen tiempos de espera principalmente creados por la necesidad de enfriamiento de las piezas provenientes de las diferentes máquinas de inyección.

El lay-out de las dos plantas de estudio son muy similares entre sí y disponen de las mismas áreas. La distribución en planta de la planta de Getafe es la siguiente (Figura 5):

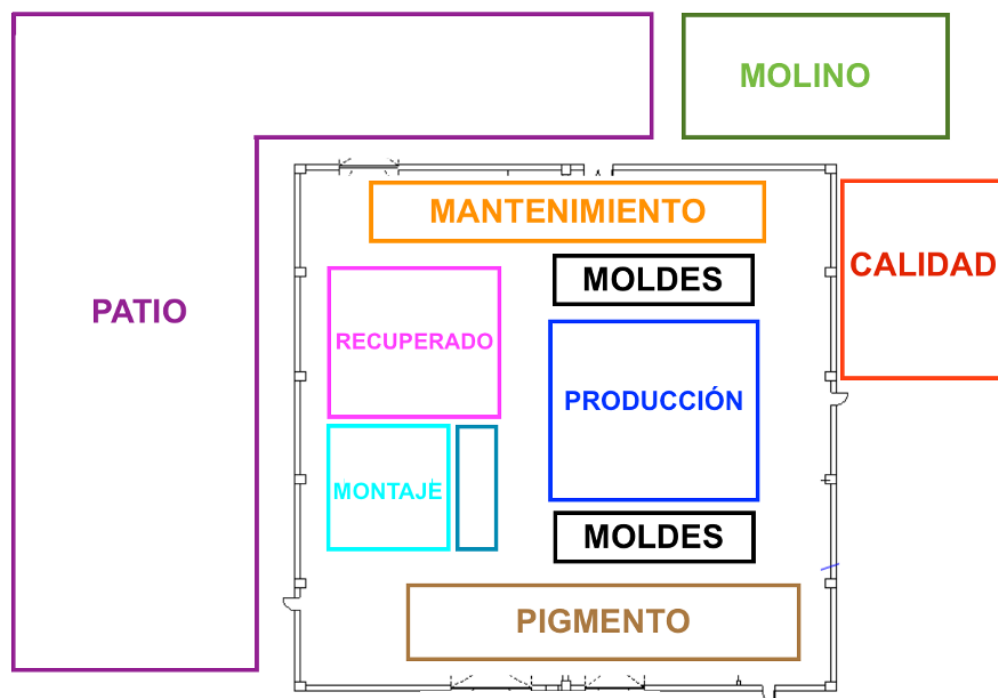


Figura 5: Distribución de la planta de Getafe

Por otro lado, el de Polonia es (Figura 6):

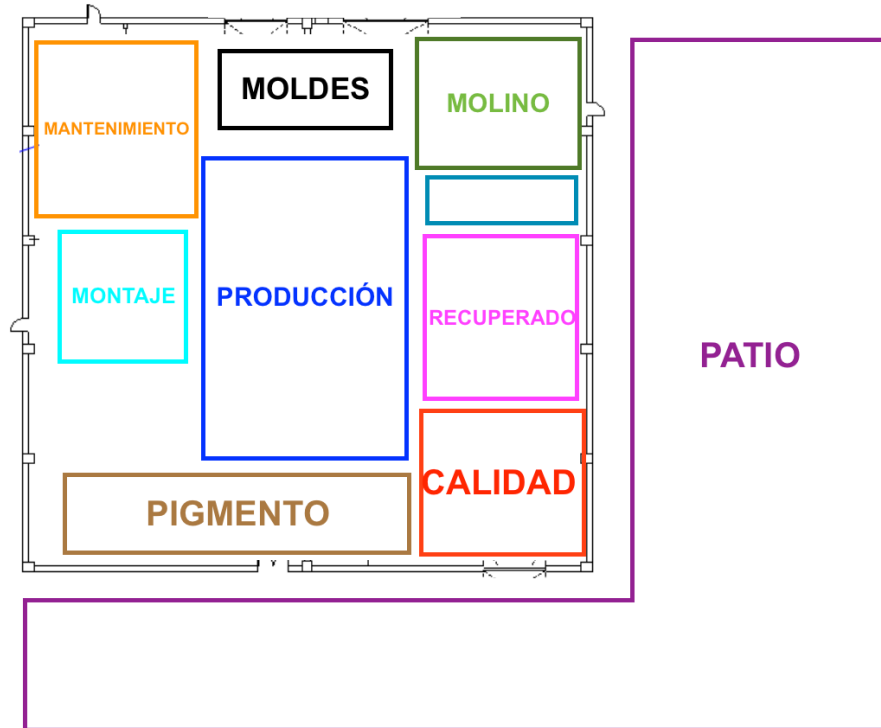


Figura 6: Distribución de la planta de Polonia

A su vez, se pueden observar dos tipos de distribuciones dentro de cada área, aquellas consideradas estándar y que no cambian a lo largo del tiempo y las correspondientes a pie de máquina que cambian según el pedido y el modelo a fabricar.

Como parte del proceso de estandarización del proceso se comenzó a elaborar en formato digital planos sencillos con el fin de establecer las diferentes distribuciones dentro de las áreas. A pesar de los grandes esfuerzos empleados, pues se crearon muchos de estos, todavía faltan por definir, tanto en Polonia como en Getafe, algunas zonas importantes como la zona de mantenimiento, calidad y patio y zonas más simples como aquellos cuartos donde se encuentran los equipos como los transformadores, los equipos de refrigeración o los compresores. Un ejemplo de estos planos puede ser (Figura 7) (Figura 8):

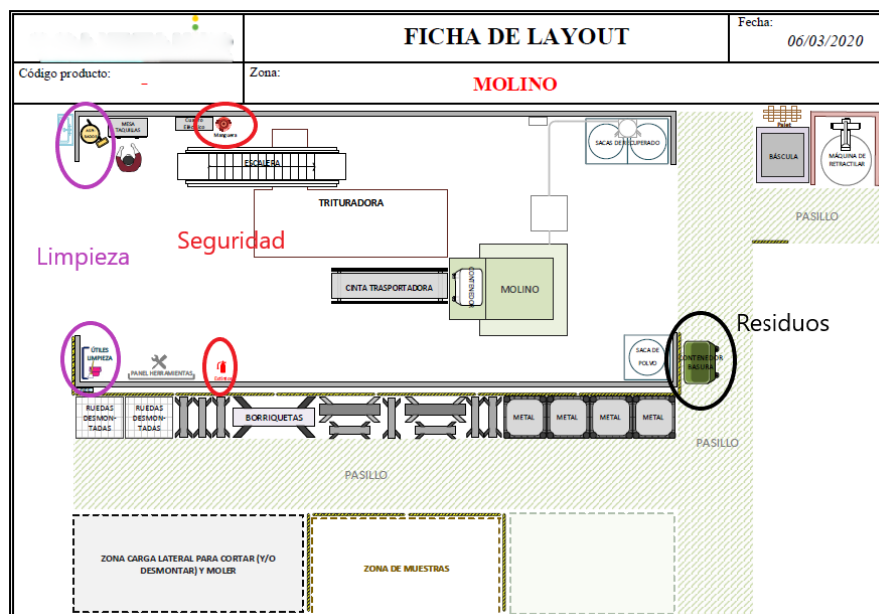


Figura 7: Lay-out de la zona de molino de la planta de Getafe

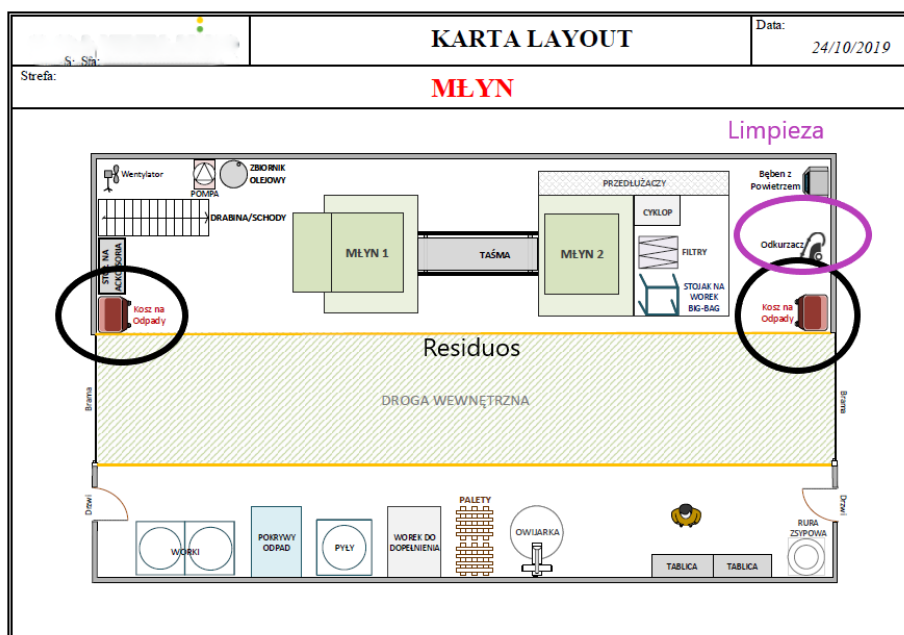


Figura 8: Lay-out zona de molino de la planta de Polonia

En las figuras anteriores se puede apreciar como la distribución está definida de forma clara y amigable para el usuario, incluyendo todos los equipos que intervienen en el proceso, así como donde se sitúan las áreas destinadas para la gestión de residuos, los elementos de limpieza o elementos de seguridad como pueden ser los extintores o EPIS necesarios.

Por otro lado, a pie de máquina dado que las distribuciones cambian según el modelo a fabricar, se puede observar que los planos correspondientes se centran más en especificar los elementos necesarios para el modelo y no se identifican las áreas destinadas a la gestión de residuos o las áreas donde encontrar los productos de limpieza (Figura 9).

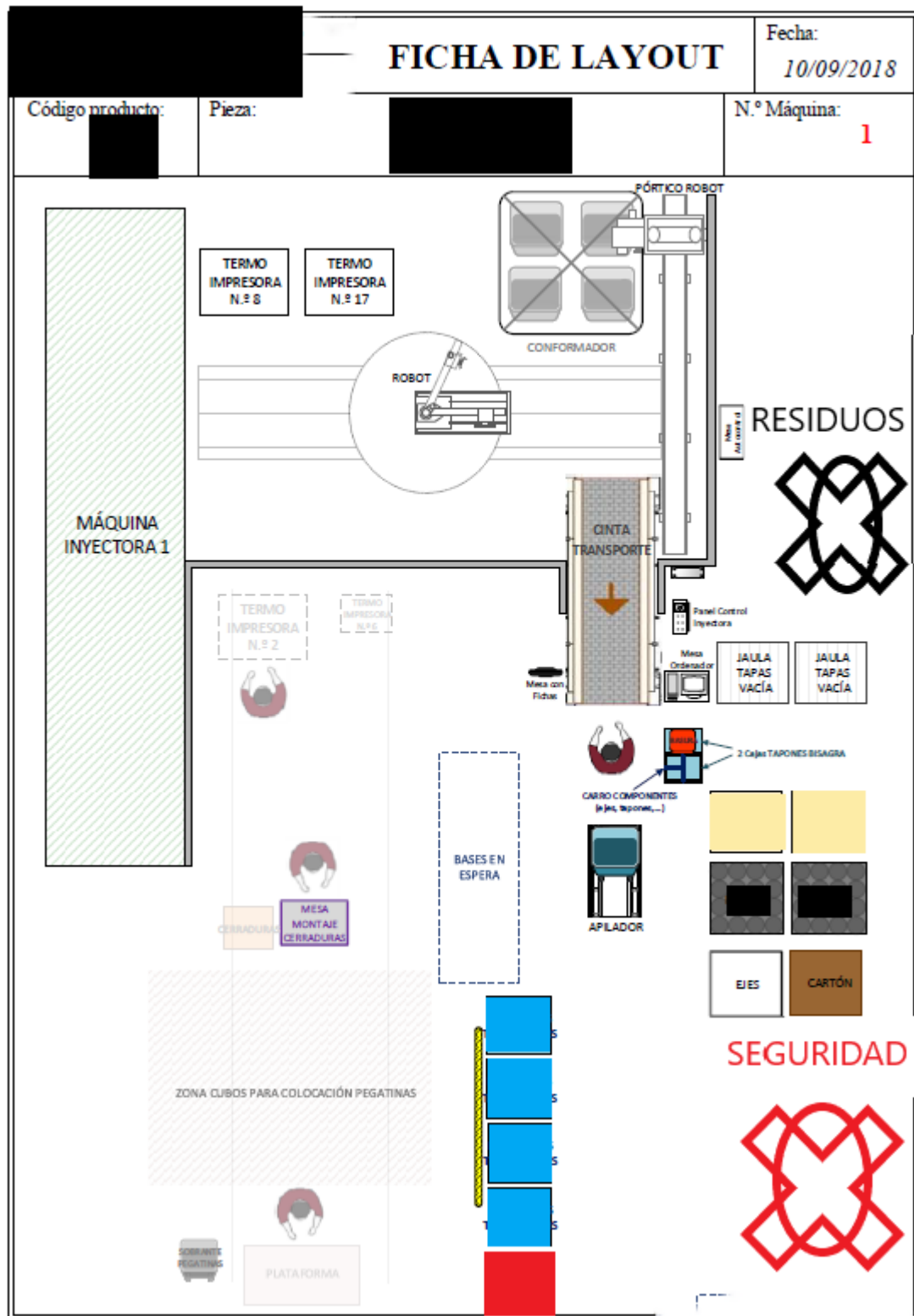


Figura 9: Lay-out a pie de máquina

Dado que el nivel de producción, así como el nivel de personalización del producto, es diferente en las plantas el número de lay-outs a pie de máquina cambia según la fábrica. En el caso de Getafe, existen 24 distribuciones diferentes para las seis máquinas inyectoras siendo el número de modelos diferentes 19. Mientras tanto, en Polonia el número de modelos a fabricar son 7 y, para ello, se cuenta con 10 distribuciones diferentes distribuidos entre las cuatro máquinas.

Como se puede observar existe un gran número de lay-outs diferentes siendo en ambos casos incluso mayor al número de modelos diferentes. En una situación idílica, la distribución en cada una de las áreas sería la misma para cualquier modelo pues de esta forma se reducen los tiempos de preparación y las esperas. Además, estandarizar la distribución a pie de máquina conlleva a una mayor estandarización de todo el proceso sin tener que hacer distinciones entre los diferentes modelos a fabricar.

5.1.2 FICHAS DE OPERACIÓN ESTÁNDAR (FOE)

Las fichas de operación estándar tienen como principal objetivo establecer los mejores métodos de trabajo y utilizarlos para formar con ellos a los operarios asegurando su aplicación y facilitando la detección de posibles mejoras. A pesar de que la empresa ya disponía de documentación estándar de algunos procesos como pueden ser los relativos al montaje de complementos o aquellos relacionados con los riesgos laborales, estos no eran suficientes. Además, por otro lado, no eran acordes con la filosofía Lean pues eran densos y dificultaban la lectura haciéndolos poco manejables lo que conllevaba a una frecuencia baja de uso.

Con el objetivo principal de estandarización del proceso y garantizar, así, las especificaciones de proceso, se crearon nuevas fichas de operación estándar en línea y en montaje. Estas tienen una estructura clara en la que se especifican las diferentes etapas del proceso indicando el orden y enumerando los diferentes pasos. Además, se incluye información sobre el tiempo que se debe dedicar a cada paso, así como de puntos clave a tener en cuenta donde se describen aquellos pasos más específicos con fotos o alguna indicación a tener en cuenta. También se incluyen los diferentes documentos o herramientas

a utilizar en el proceso (Figura 10). Un problema presente es el no aprovechamiento del espacio haciendo los documentos muy largos.

FOE-ML-05

		FICHA DE OPERACIÓN ESTÁNDAR		Fecha: 26/11/2019
Pieza:				Nivel: F
Código producto:	Proceso: MONTAJE EN LÍNEA			N.º Operarios: 1
				Tiempo Ciclo: 1' 08"

Punto clave +

		Recursos/Herramientas		
130	SI PROCEDE, REALIZAR LA/S TERMOPRESIONES MANUALES Y REPASAR (O LA SERIGRAFIA)	1 OPERARIO Solo pedidos con más de una impresión / numeración. Se no se puedan realizar en las termo-impresoras con robot	Verificación para las 5 primeras piezas de cada pedido Ver ficha de termo-impresión	
	Op. personalización			
140	VERIFICAR TERMO-IMPRESIONES / NUMERACIÓN (ACABADO) Y, EN CASO NECESARIO, REPASAR	Pedidos con termo. Revisar POSICIÓN, ALINEAMIENTO, ASPECTO e IMPRESIÓN: Que todas las zonas queden cubiertas. Que no queden rebabas de cinta o material	Retirar restos de la termo-impresión con espátula o cuchillo. Si procede, en función del color, marcar punteadores con rotulador.	6
	Op. Estándar			
150	SI PROCEDE, REALIZAR TALADROS CERRADURA CORRESPONDIENTES	Solo pedidos con cerradura desmontada o con taladros de cerradura. Comprobar que la versión de cerradura (Manual, Automática, Llave sistema Candado) es la adecuada.	Ver ficha Montaje Cerradura / Llave Candado	12
	Operación			Tiempo

Detalle + Doc. Complementaria

Espacio desaprovechado = Doc Largo

Página 3 de 8

Figura 10: Ejemplo de Ficha de Operación Estándar (FOE)

Por otro lado, otras fichas estándar utilizadas en el proceso son las fichas de calidad, en estas se contemplan datos relacionados con el apilado (1 en Figura 11), los parámetros a controlar (2 en Figura 11) y defectos posibles (3 en Figura 11) en el producto final. La información de las fichas de calidad relacionado el acabado del pedido (4 en Figura 11) no proporcionaba toda la información necesaria y, a veces necesitaban de documentos complementarios.

[illegible]

Figura 11: Ejemplo de Ficha de Calidad (FQ)

Tras analizar ambos estilos de las fichas, se detectaron repetición entre éstas y las fichas de operación estándar pues en ambos documentos se especifican las diferentes verificaciones que se debían llevar a cabo (Figura 12).

FQ				PILAS POR LA PARTE FRONTAL Y ALMACENAR DE ESTA FORMA	
PARÁMETROS A CONTROLAR EN ARRANQUES					
	PESO	MIRAR LA MÁQUINA DE PESAJE CONTINUO			
	ESPEORES	NO APLICA			
	FECHADOR	ACTUALIZAR EL DÍA 1 DE CADA MES			
	CAVITY PLATE	EL QUE INDIQUE EL LANZAMIENTO			
	COLOR	COMPROBAR CADA COLOR CONFORME AL PEDIDO			
	PEDIDO	COMPROBAR AL COMENZAR CADA PEDIDO Y AL COMIENZO DE CADA TURNO QUE SE CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DEL MISMO Y FIRMAR VALIDACIÓN DE LA 1ª PIEZA			
TEMPORALIZACIÓN Y VERIFICACIÓN					

N.º Operativa	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	PUNTO CLAVE	RAZÓN DEL PUNTO CLAVE CROQUIS, REGLAS OPERATIVAS	Tempo (seg)
10	LEER DOCUMENTACIÓN PEDIDO. VERIFICAR ETIQUETAS Y PRODUCTO.	Para cada pedido, comprobar que la versión es adecuada (color, tamaño, etc.) y que los dibujos se corresponden con el pedido.	Ver tipo de pedido	-
20	VERIFICAR LA NOMBRACIÓN	Para cada pedido, verificar que el tamaño se corresponde con el pedido. Verificar la posición.	Ver colores numeración	-
30	VERIFICAR TENDIMIENTO	1. POSICIÓN: En la zona que marca el pedido. 2. ALINEAMIENTO: Ponerlo a la boca y centrado. 3. ASPECTO: Sin rebabas de corte o rasgado. 4. IMPRESIÓN: Sin zonas sin calentar. No existen ni defectos de impresión. Asegurar que la impresión está correcta.	Verificación para los 2 primeros pasos de cada pedido. Ver lista de temas impresos	-
40	VERIFICAR EL FECHADOR	El fechador (marcado CE) se revisa el primer turno del día por que verificamos la posición de cada pedido.		
50	VERIFICAR PEDIDO EN BASTULA Y TESTO DE PUNTO AUTOCONTROL.	Verificar 2 veces por turno (mañana y tarde).	Ver lista de pedidos	
60	VALIDAR LA PRIMERA PIEZA DEL PEDIDO	El primer día de cada pedido. Una vez la pieza está lista.	Completación de la primera pieza	

Figura 12: Repetición de información en FQ y FOE

5.1.3 5 S

La herramienta 5S fue implementada siguiendo las diferentes etapas relativas a cada una de las 5 S de la herramienta. Antes de la implantación se produjo la formación de los jefes de departamento, jefes de equipo y operarios con el fin de conseguir una implantación exitosa. Gracias a esta formación el nivel de compromiso aumentó pues el personal conocía el impacto de la herramienta y se sentía más motivado a proponer posibles mejoras.

Después de la formación se comenzó con la implantación, primero dividiendo la planta en las diferentes zonas diferenciando dos tipos, aquellas involucradas en el proceso y en el flujo de producto (clasificadas con el color verde) y aquellas que no, como pueden ser los cuartos de los equipos o la zona de mantenimiento entre otras, (clasificadas con el color naranja). En el caso de Getafe se obtuvieron 34 zonas (Figura 13) y en el caso de Polonia 27 (Figura 14). Además, para cada zona se asignó a un responsable.

5S AREAS GETAFE			A. LOPEZUAZO
			17/08/2019
			V8
ZONA	DESCRIPCIÓN	RESP.	Fecha real./modif.
1	ZONA ESTANTERÍAS COLOR	P.C.	19/07/2019
2	MÁQUINA 1	J.E.	30/01/2019
3	MÁQUINA 2	J.E.	10/10/2018
4	ZONA ALMACÉN MOLDES M1-2, M3-4 y M5-6	J.E.	26/08/2019
5	ZONA MONTAJES	I.F.	07/05/2019
6	MÁQUINA 3	J.E.	31/07/2019
7	MÁQUINA 4	J.E.	
8	ESTANTERÍA RECICLADO	J.E.	
9	ZONA PERSONALIZACIONES Y HERRAMIENTAS	I.F.	27/08/2019
10	MÁQUINA 5	J.E.	31/07/2019
11	MÁQUINA 6	J.E.	20/08/2019
12	MOLINO - ZONA PLASTAS Y MATERIAL PARA MOLER	J.E.	03/06/2019
13	TRANSFORMADOR 2.000KVA	D.G.	
14	TRANSFORMADOR 2x1.250KVA	D.G.	
15	REFRIGERACIÓN M1-4	D.G.	
16	REFRIGERACIÓN M5-6	D.G.	
17	SALA DE COMPRESORES	D.G.	
18	SALA ALMACÉN MANTENIMIENTO	D.G.	
19	ZONA MANTENIMIENTO	D.G.	
20	ZONA INSTALACIÓN REPOSTAJE GASOL Y CASETA	P.C.	
21	ESTANTERÍAS DE TAPAS	P.C.	
22	ESTANTERÍAS DE RECUPERADO	P.C.	
23	ZONA ALMACÉN AUTOPORTANTE Y ALREDEDOR	P.C.	
24	ZONA DE RESIDUOS Y EMBALAJES VACÍOS	P.C.	
25	EXPEDICIONES	P.C.	
26	CARGA	P.C.	
27	ZONA PARCELAS 1-12	P.C.	
28	ZONA PARCELAS 13-24	P.C.	
29	ZONA PARCELAS 25 - 36	P.C.	
30	ZONA PARCELAS 37 -48	P.C.	
31	ZONA PARCELAS 49 - 55	P.C.	
32	ZONA PARCELAS 56 -60	P.C.	
33	ZONA LABORATORIO CALIDAD	B.S.	04/05/2018
34	ZONA ENSAYOS CALIDAD	B.S.	04/05/2018

Figura 13: División zonas 5S en Getafe

5S AREAS MIELEC			J. DOPART
			16/05/2019
			V4
ZONE	DESCRIPTION	RESPONSIBLE	
1	HEATING ROOM	P. SOPEL	
2	HIGH VOLTAGE ROOM	P. SOPEL	
3	LOW VOLTAGE ROOM	P. SOPEL	
4	TRAFO 1	P. SOPEL	
5	TRAFO 2	P. SOPEL	
6	COMPRESSOR HALL	P. SOPEL	
7	PUMPS HALL	P. SOPEL	
8	WATER COOLING INSTALLATION	P. SOPEL	
9	SILOS	S. KRZYSZTOFIK	
10	QUALITY TEST EQUIPMENTS AREA	P. BURY	
11	STOCK AREA 1 (MILLED MATERIAL)	J. DOPART	
12	STOCK AREA 2 (ACCESSORIES + EXTERNAL RECICLED)	J. DOPART	
13	MILL AND OUTSIDE STOCK AREA (MATERIAL FOR MILL)	P. HYJEK	
14	MAINTENANCE AREA	W. KOLEK	
15	MOLD STOCK AREA	G. CIACHO	
16	ASSEMBLY AREA	P. HYJEK	
17	STOCK AREA (INJECTED STOCK READY FOR ASSY)	E. PIĘKOŚ	
18	MASTER BATCH STOCK SHELVES	J. DOPART	
19	MACHINE 7	J. DOPART	
20	MACHINE 8	J. DOPART	
21	MACHINE 9	J. DOPART	
22	MACHINE 10	J. DOPART	
23	SHIFT LEADER AREA (OFFICE, RED TABLE, WATER...) + REST	W. PERET	
24	EXTERIOR NORTH	J. DOPART	
25	EXTERIOR EAST	J. DOPART	
26	EXTERIOR SOUTH	J. DOPART	
27	EXTERIOR WEST (MAIN ENTRANCE)	J. DOPART	

Figura 14: División zonas 5S en Polonia

Después se eligió el área piloto, en este caso, las zonas elegidas fueron las estanterías de los pigmentos y el molino. A continuación, una vez creados los equipos de trabajo formados por personas de departamentos diferentes, se analizaron las áreas para conocer el estado inicial con un cuestionario (Figura 15). Este cuestionario se dividía en las 5 fases y mediante una serie de preguntas relacionados con el orden y la limpieza [¿Es necesario todo lo que ves en el área (para el trabajo, función, operaciones del área)?; ¿Está cada cosa en su lugar?; ¿Las máquinas están limpias (aceite, agua, etc.)?; ¿Hay un estándar o estado de referencia?; ¿Hay un calendario de reuniones del equipo 5s?)] se proporcionaba información clara sobre los principales problemas del área, así como las formas de solucionarlo.

EVALUACIÓN	
AREA:	
Criterio de puntuación	
0% Situación absolutamente incorrecta	
20% Situación incorrecta	
40% Medio. Estamos cerca del estado deseado	
60% Buena situación. Aceptable pero se puede mejorar.	
80% Muy buena situación.	
100% Excelente	
ORGANIZACIÓN	
¿Es necesario todo lo que ves en el área (para el trabajo, función, operaciones del área)?	
¿Está el material del área en la cantidad necesaria o de acuerdo a la especificación? Lo que hay: ¿Están en la cantidad necesaria?	
¿Se conoce la función de cada cosa en el área?	
¿Hay un flujo de material claro?	
¿Existen reglas para mover, emplazar y retirar material?	
¿Hay un contenedor para material de desecho?	
¿Es el contenedor adecuado al tipo de desecho?	
¿Dificulta el material de desecho las operaciones en la zona?	
RESULTADO	
ORDEN	
¿Hay definido un lugar para cada cosa?	
¿Está cada cosa en su lugar?	
¿Están identificados todos los elementos?	
¿Están los elementos/materiales.... Ubicados en el lugar correcto?	
¿Están identificadas las ubicaciones, zonas o áreas?	
¿Están los materiales, instrumentos, paneles de instrumentos, etc... accesibles? (colocados según frecuencia de uso).	
¿Se han considerado criterios ergonómicos en la definición del layout?	
¿Impide o dificulta la disposición de elementos, herramientas, etc... las operaciones en el área?	
RESULTADO	
LIMPIEZA	
¿Está el área limpia? (Suelo, paredes, ventanas, lámparas, máquinas, herramientas, etc...).	
¿Dedicamos tiempo a limpieza y operaciones de mantenimiento primario?	
Si está sucio: ¿Entendemos la fuente de suciedad?	
¿Hay material/elementos de limpieza a mano y en su lugar? ¿Está roto? ¿En buen estado?	
¿Está definido el material de limpieza?	
¿Hay desperdicio o sobre consumo de recursos? (Fugas de aire, iluminación, fuga de aceite, agua, etc...).	
RESULTADO	
ESTANDARIZACIÓN	
¿Hay un estándar o estado de referencia?	
¿Está actualizado y accesible?	
¿Es el estándar lógico, intuitivo?	
¿Se respeta?	
¿Contempla operaciones de limpieza y mantenimiento primario?	
¿Refleja el estándar el resultado esperado de las operaciones de limpieza y mantenimiento primario?	
¿Incluye el estándar elementos de ergonomía y seguridad?	
¿Incluye el estándar un lay out de los elementos con posibles variantes ó alternativas? ¿Incluye puntos de verificación?	
RESULTADO	
MANTENIMIENTO	
¿Están los operarios formados en el estado de referencia (estándar)? ¿lo conocen?	
¿Seguimos la evolución de las evaluaciones de la zona en reuniones de UAP, jefes equipo, etc...?	
¿Hay un sistema para asegurar que el estándar no degenera con el tiempo? (Revisiones periódicas)	
¿Respetamos la imagen corporativa? (Ropa de trabajo, logos, marcas...).	
¿Tenemos indicadores con la evolución del estado del área en términos de SS?	
¿Entienden los jefes de equipo el indicador? ¿Tienen un objetivo para el indicador?	
RESULTADO	

Figura 15: Cuestionario de evaluación de la situación inicial

Además, gracias a este cuestionario de evaluación inicial, se pudo establecer un punto de partida que permitió determinar la situación deseada y futura.

A continuación, se clasificó los diferentes componentes de las zonas con el siguiente sistema de colores (Figura 16):

- Rosa: Cosas no necesarias que no aportan valor a la zona mientras empeoran la disponibilidad del espacio dificultando la búsqueda de herramientas.
- Azul: Cosas ubicadas en el sitio incorrecto y que no están organizadas de acuerdo con la frecuencia de uso, ergonomía y seguridad
- Marrón: Cosas no identificadas que dificultan las actividades en los diferentes puestos de trabajo
- Naranja: Cosas rotas o en mal estado que deben ser sustituidas para mejorar el entorno

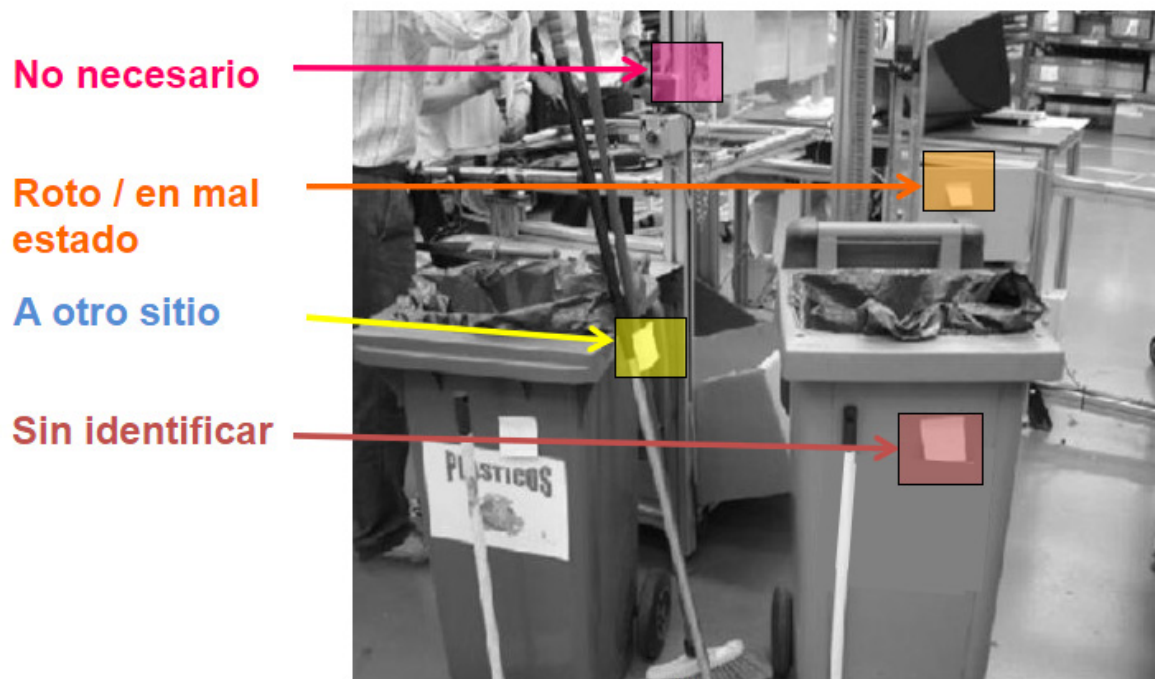


Figura 16: Clasificación de elementos por colores según su función

Tras identificar los elementos necesarios, y eliminar el resto, se determinó las diferentes ubicaciones de los elementos y se llevó a cabo un plan de acciones claro donde se identificó las personas involucradas, así como las herramientas necesarias para condicionar la zona y poder crear el estado de referencia. El estado de referencia se plasmó en fichas estándar (Figura 17) (Figura 19) donde se indica, por un lado, las actividades a llevar a cabo, quien las debe realizar, la duración de la actividad y con la frecuencia que se debe realizar la operación. En esta misma cara se indica también la lista de elementos permitidos en la zona, ni uno más y ni uno menos, así como el lay-out correspondiente. En la otra cara del documento (Figura 18) (Figura 20) se contemplan los puntos de verificación clasificados por operación, orden y limpieza, seguridad y medio ambiente. Los diferentes puntos van acompañados por fotografías de las no conformidades y el estado estándar en el que se deberían encontrar la zona y los diferentes elementos. Además, en la cabecera de estos documentos se encuentra el responsable de la zona, la fecha y el número de versión del documento.

	ESTANDAR 5S	<i>Emisión</i>	29/08/2019
	GETAFE ZONA 8	<i>Revisión</i>	V1
	ESTANTERÍA RECUPERADO	Responsable	A. LOPEZUAZO

ACTIVIDAD	QUIÉN	DURACIÓN	FRECUENCIA	MATERIAL
Barrer material recuperado derramado	Molinero	Indefinida (a lo largo del turno)	Siempre que se caiga	cepillo y pala
Limpiar la zona delantera de las estanterías	Personal limpieza	10min	Diaria	máquina barrer
Limpiar la zona trasera de las estanterías	Personal limpieza	10 min	1 vez a la semana (los martes)	mopa y recogedor
Retirar las sacas de recuperado para consumo	Molinero	3-20 min (según donde esté colocada)	según necesidad	carretilla
Depositar las sacas de recuperado en las estanterías	Molinero	5 min	cuando se genere 1 saca o se retire de la máquina	carretilla
Actualizar la ubicación de las sacas en la tabla	Molinero	5 min	cada vez que se mueva una saca	tablet

LISTA DE ELEMENTOS (Elementos permitidos en el área)
1.- Estructura estantería: para 120 sacas de recuperado
2.- Sacas de recuperado: máximo 120 en estanterías más 40 en el suelo
3.- Armarios eléctricos: en la zona trasera de la estantería: un armario de luces y un armario de conexiones eléctricas
4.- Toma de aire: una toma de aire comprimido detrás de la estantería

LISTA DE ELEMENTOS (El. permitidos en el área)

LAY OUT																				
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
D	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
E	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

LEYENDA	Nº	ESTANTERÍAS	UBICACIÓN
	01-43	Desde la estantería 0 a la 4	Patio
	51-93	Desde la estantería 5 a la 9	Patio
	101-143	Desde la estantería 10 a la 14	Patio
	151-193	Desde la estantería 15 a la 19	Patio
	201-243	Desde la estantería 20 a la 24	Patio
	251-293	Desde la estantería 25 a la 29	Patio hasta 26
	301-343	Desde la estantería 30 a la 34	Fábrica a partir 27
	351-393	Desde la estantería 35 a la 39	Fábrica

Figura 17: Ficha estándar 5S de la zona de estantería de material recuperado en Getafe (Cara A)

ESTÁNDAR 5S		Getafe - Zona B	29/04/2019
ESTANTERÍA RECUPERADO		Fase 1: Limpieza	Fase 2: Organización
OPERACIONES / LIMPIEZA	1	Las estanterías, palets y sacos están en buenas condiciones	  
	2	Todas las sacas están identificadas correctamente con la etiqueta de proveedor o el turno (interior) <u>ETIQUETA IDENTIFICADORA</u>	
	3	Todas las estanterías están numeradas correctamente	
	4	Las tablas de identificación de repuestos están actualizadas y coinciden con las sacas almacenadas	 
	5	NO <u>EXISTEN</u> palets con estanterías ni de color rojo ni de color azul, deben cambiarse por los de color gris	
	6	NO PUEDE HABER UNA SACO DESDE DE UNA UBICACIÓN CON SACO	
	7	NO PUEDE HABER UNA SACO DESDE DE UN ESCAPEL DE GRACA	
	8	NO PUEDE HABER UNA SACO FUERA DE LAS ESTANTERÍAS O DE SU UBICACIÓN	
	9	NO PUEDE HABER PALETS SACOS EN LAS ESTANTERÍAS	
SEGURIDAD	10	NO PUEDE HABER NINGUNA SACO EN LA PARTE TRASERA (ESTÁN DESPESAS)	
	11	Las protecciones de palets de estanterías están en buenas condiciones (no golpeadas)	
	12	Las estanterías están en buenas condiciones	
	13	NO PUEDE HABER NINGUNA SACO EN RETRATOS DE PALET	
	14	EL EXTINTOR <u>NO</u> ESTÁ VERDE Y ACCESIBLE	
	15	EL EXTINTOR <u>NO</u> ESTÁ BASTANTE Y CON TAPADO UN BOMPER	
MEDIO AMBIENTE	16	EL CILINDRO ELÉCTRICO ALIMENTADO ESTÁ CERRADO CON LLAVE Y EN BUEN ESTADO	
	17	NO HAY FUMOS EN EL SUELO	

Figura 18: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Getafe (Cara B)

STANDARD 5S				Wydano: 05/06/2017																						
MIELEC STREFA 18: MAGAZYN PIGMENT				Wersja: V: 1.1.																						
				Prowadzący: J.DOPART																						
Akcje	Kto?	Czas	Częstotliwość	Materiał																						
Zweryfikować ilości magazynowe na paletach z fizycznym stanem pigmentu.	Jakub Dopart	30 min	Koniec miesiąca	Lista JD																						
Czyszczenie pojemników z pigmentem.	Osoba sprzątająca	20 min	Poniedziałek rano	Ścierka																						
Zamieść strefę pod regałami z pigmentem.	Osoba sprzątająca	10 min	Początek zmiany.	Zmiotka																						
Wywieźć drewniane palety do strefy odpadów drewnianych.	Wózkowy produkcyjny	5 min	Jeśli palety przekraczają limit	Wózek widłowy																						
Opróżnić pojemniki na odpady plastik / makulatura.	Wózkowy produkcyjny	10 min	Jeśli pojemnik jest pełny	-																						
Sprzątanie ogólne strefy.	Wózkowy produkcyjny	20 min	Piątek popołudniu	-																						
LISTA RZECZY (Elementy w strefie)			LISTA RZECZY (Elementy w strefie)																							
2 pojemniki na odpady 120 L.																										
Palety drewniane puste.																										
LAY OUT																										
Regal/Miejsce																										
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24			
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24			
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18							C22	C23	C24
4 KOSZKI (180-400)			4 KOSZKI (300-800)			4 KOSZKI (300-400)			4 KOSZKI (265-700-100)			2 KOSZKI (180-310)			PALETY-FOLIA-KARTON			PRZESŁONE OSOBOWE			POWRÓTY ZAPAS / ARCESORIA					
PIGMENT																		POWRÓTY ZAPAS / ARCESORIA								

Figura 19: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Polonia (Cara A)

STANDARD 5S MIELEC STREFA 18: MAGAZYN PIGMENT		Wydano: 28.02.2018 Wersja: V.1.2 Prowadzący: J.DOPART	
WERYFIKACJA (CHECK LIST)			
ZAMÓWIENIA / CZYSTOŚĆ / ZADANIA	1	Brak wielu palet otwartych tego samego koloru.	 
	2	Brak worków porozrywanych, takich które powodują rozsypanie się pigmentu.	
	3	Brak otwartych worków przy kolorach, które mają przypisane miejsce w pojemniku poniżej regału.	
	4	Otwarte palety są składowane poniżej wyznaczonego maksymalnego poziomu.	
	5	Pojemniki z pigmentami są czyste i w dobrym stanie.	
	6	Wymieszane resztki pigmentu wyrzucane są do specjalnie oznaczonego pojemnika "WYMIESZANE DROBINY PIGMENTU".	
8/9	7	Palety na regałach są składowane poprawnie, nie ma ryzyka upadku palety.	 
ŚRODOWISKO	8	W pojemnikach na odpady znajdują się tylko odpady plastikowe i makulatura.	
		W strefie utrzymana jest czystość. Pigment nie jest rozsypany na podłodze.	

Figura 20: Ficha estándar 5S de la zona de estanterías de material recuperado en Polonia (Cara B)

Por último, con el fin de mantener la zona como se indica en el estándar se realizó un sistema de auditorías.

Todo el proceso de implantación y seguimiento es definido como un ciclo infinito en el que se debe almacenar la información relativa al resultado de las auditorías para su análisis, así como revisar la documentación para comprobar que se adapta siempre al proceso. Además, nos debemos asegurar que todas las mejoras se van incluyendo en los documentos (Figura 21). El sistema de auditorías es el que nos ayuda a detectar dichas mejoras pues al identificar las diferentes no conformidades o desviaciones respecto al estándar debemos analizar las causas para, después, actualizar las fichas estándar con los nuevos hábitos que eliminan las no conformidades más habituales.

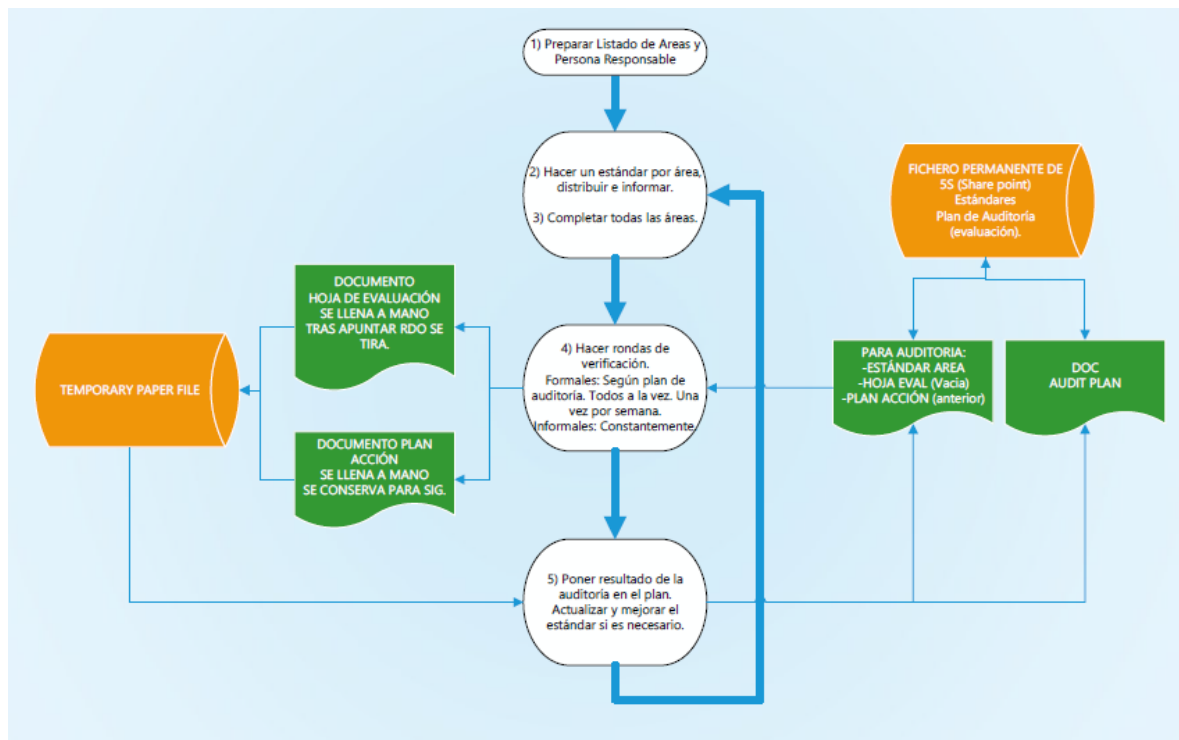


Figura 21: Proceso de implantación 5S

A pesar de que la fase de seguimiento y el sistema de auditorías está definido se puede considerar que es ésta la fase donde la herramienta presenta más problemas pues requiere de

un gran compromiso y disciplina. Es tan así, que es donde se encuentran más diferencias entre el sistema implantado en las fábricas e incluso entre las diferentes zonas.

Con el fin de analizar la implementación de la herramienta se analizaron los resultados obtenidos de las auditorías de los últimos tres años en Polonia y de 2017 al 2020 en Getafe. La primera diferencia detectada entre la fábrica de Polonia y Getafe es la frecuencia de las auditorías, así como el número de áreas estudiadas cada día. En el caso de Polonia se opta por un sistema de evaluación mucho más constante en el que prácticamente todas las semanas se hace una auditoría de una de las zonas. A pesar de la constancia, en todos los años hay un parón de varias semanas en cada uno de los años alcanzando un máximo de 2 meses sin realizar ninguna auditoría (Gráfico 2).

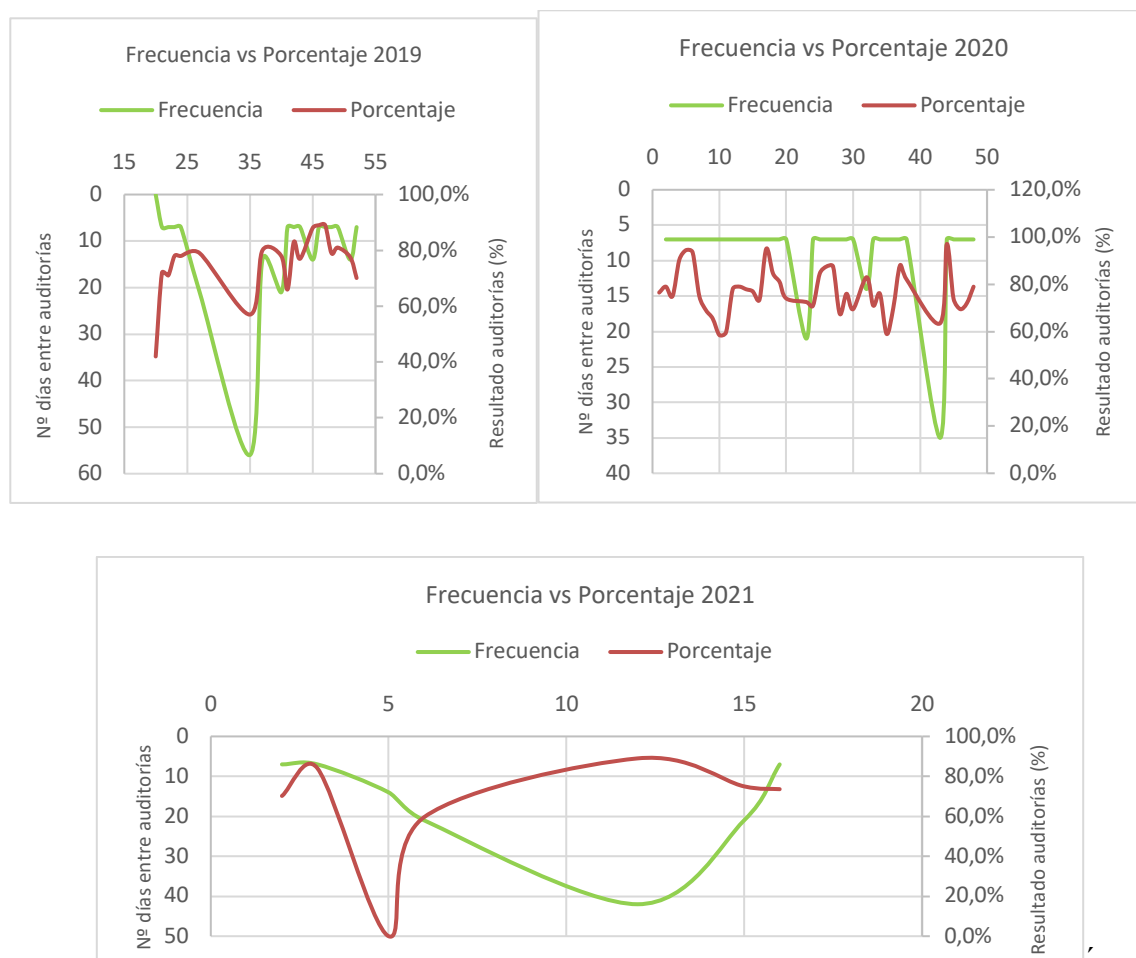


Gráfico 2: Resultado auditorías respecto a la frecuencia en Polonia de 2019-2021

En el caso de Getafe las auditorías se realizaban en intervalos irregulares y más largos pero por cada auditoría se evaluaban varias zonas a la vez (Gráfico 3). Una desventaja de esta metodología es que se alcanzan muchos días sin hacer auditorías pero, por otro lado, el número de zonas evaluadas es mayor, ya que para la misma cantidad de tiempo, casi 3 años, en Getafe se evaluaron 198 zonas mientras que en Polonia 68.

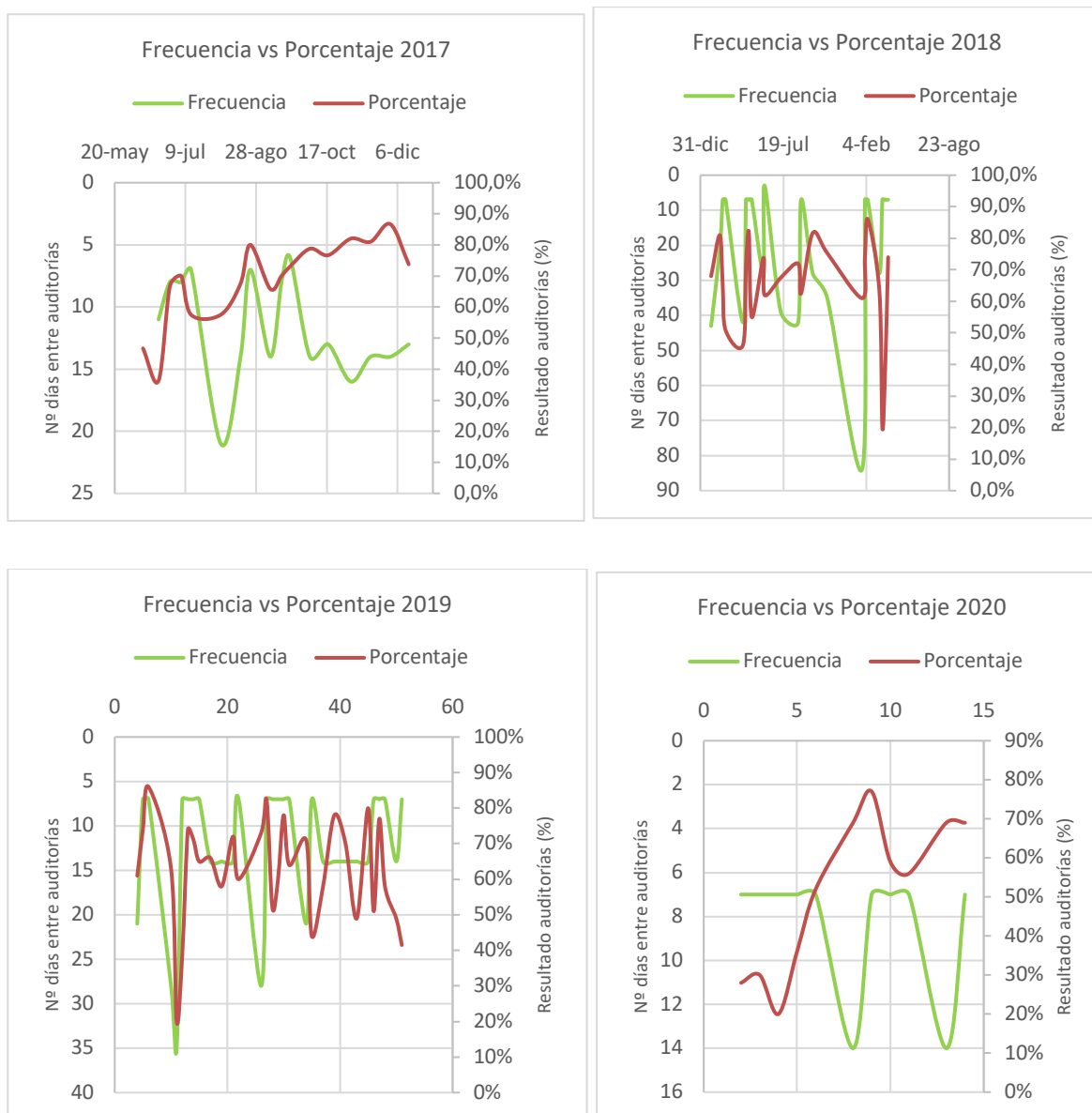


Gráfico 3: Resultado auditorías respecto a la frecuencia en Getafe de 2017-2020

Se puede apreciar una pequeña correlación entre la frecuencia de las auditorías y los resultados ya que ambas gráficas tienen la misma tendencia tanto en Polonia como en Getafe a pesar de las diferencias en los sistemas de evaluación. Por ejemplo, para intervalos de tiempo muy largos sin realizar auditorías los resultados obtenidos tienden a decrecer considerablemente.

Por otro lado, para ambas plantas nos encontramos actualmente en una época en la que no se registran los datos de las auditorías. Mientras que, en Polonia se dejó de registrar los resultados a mediados de abril de este año, en el caso de Getafe, no se registran datos desde mediados de abril del año pasado.

Observando la evolución de los resultados de las auditorías de cada una de las zonas en ambas plantas, Polonia (Gráfico 4) y Getafe (Gráfico 6), así como del número de veces que cada de las zonas fue revisada (Gráfico 5) (Gráfico 7), se puede concluir que los resultados de Polonia son más constantes mientras que los de Getafe varían mucho a lo largo del tiempo. Además, cabe destacar que desde finales de 2019 en Getafe la tendencia de los resultados de todas las zonas es decreciente.

Para simplificar el análisis y obtener gráficas más claras los resultados de las auditorías realizadas en las distintas máquinas de inyección se representaron como una única curva pues las zonas son prácticamente idénticas siendo la única diferencia el pedido que se esté realizando en cada una de ellas.

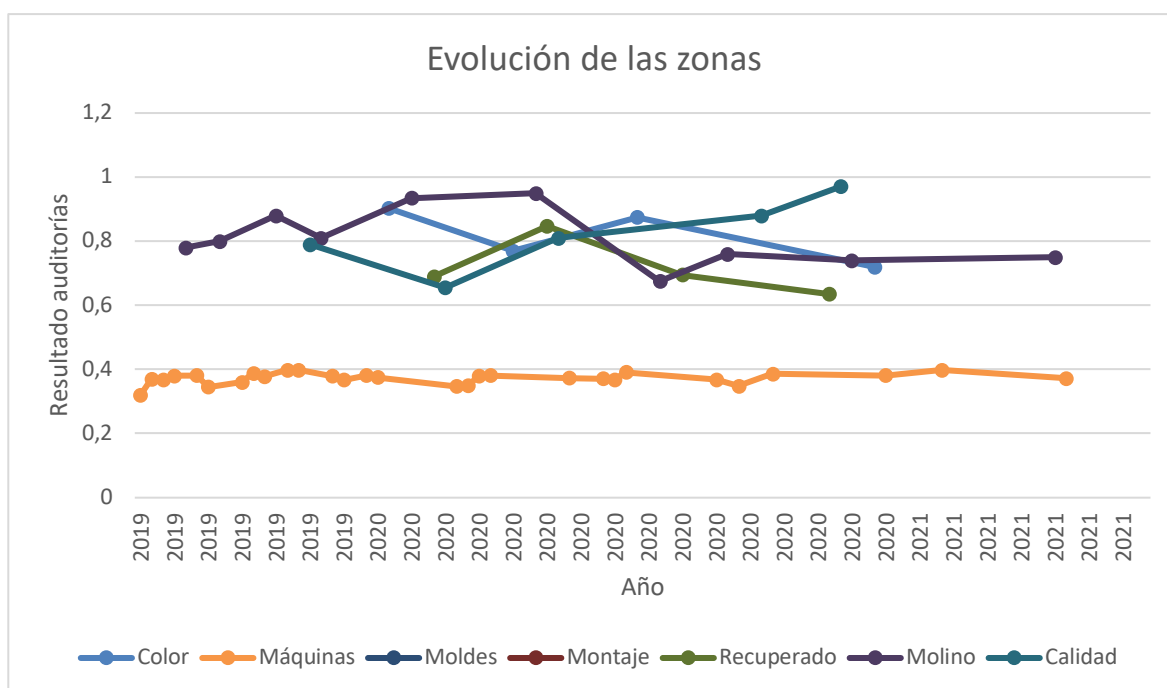


Gráfico 4: Evolución de los resultados de las auditorías en cada una de las zonas en la planta de Polonia

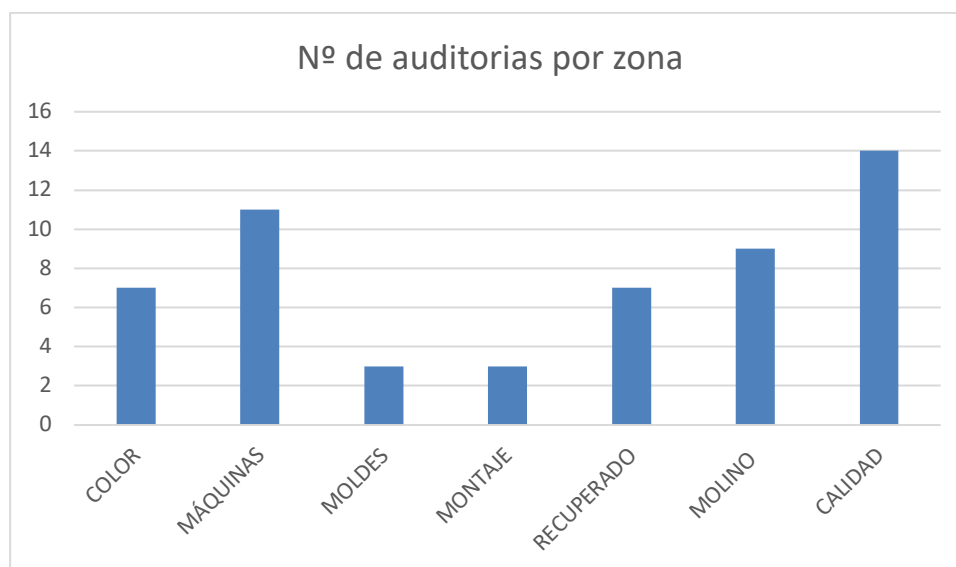


Gráfico 5: Número de auditorías realizadas en cada una de las zonas en la planta de Polonia

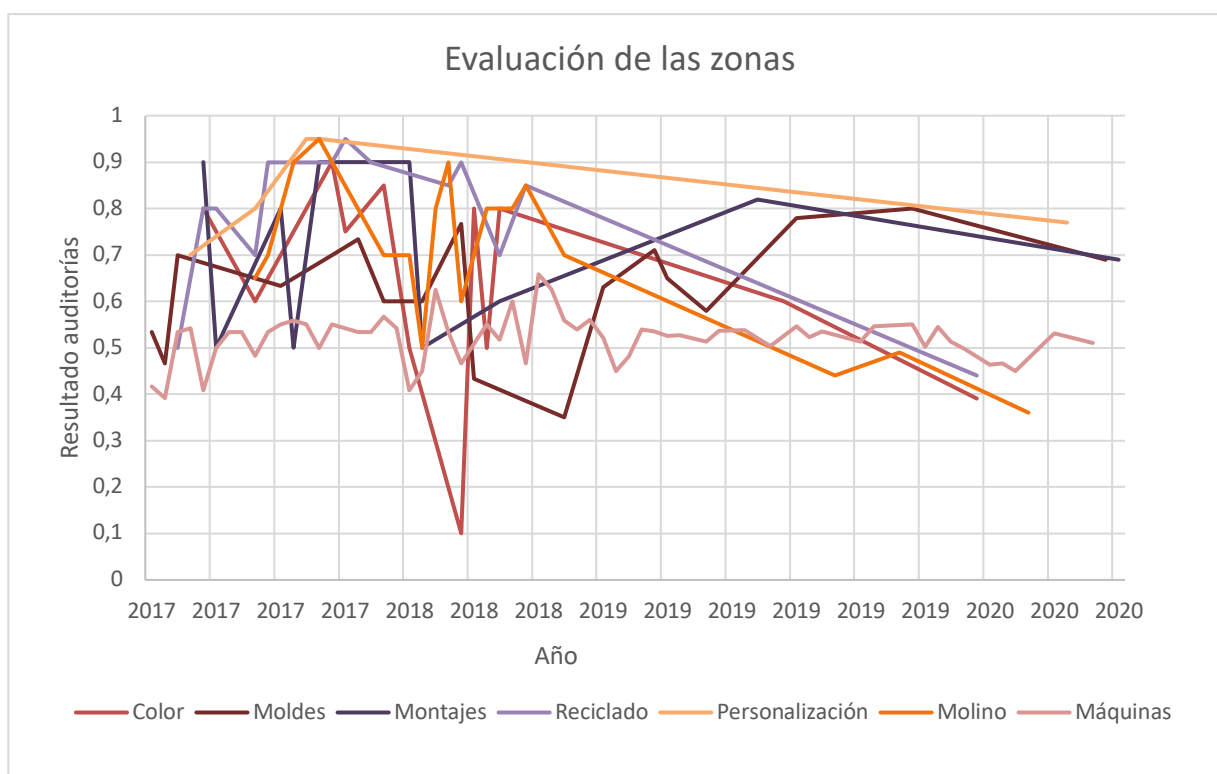


Gráfico 6: Evolución de los resultados de las auditorías en cada una de las zonas en la planta de Getafe

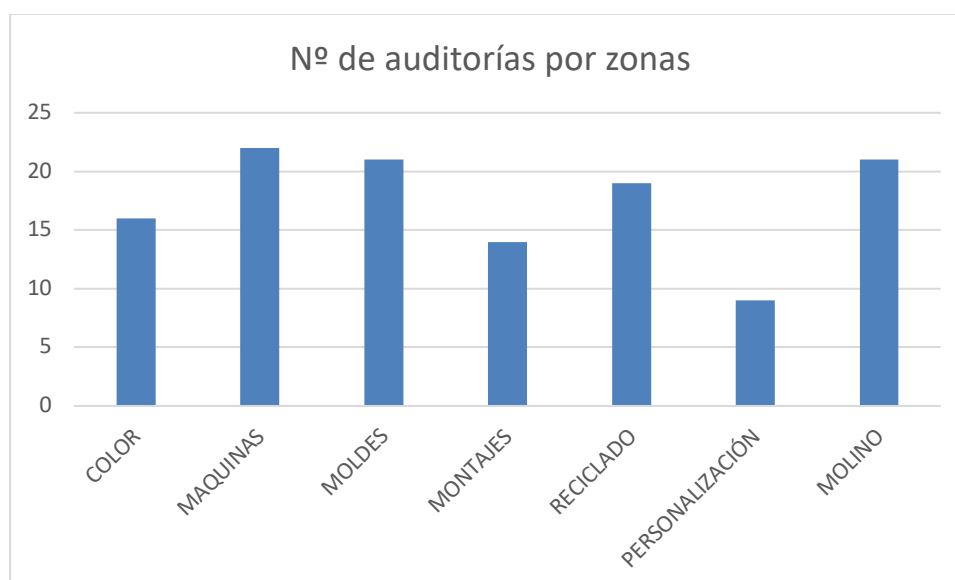


Gráfico 7: Número de auditorías realizadas en cada una de las zonas en la planta de Getafe

Al mismo tiempo, de los gráficos anteriores se puede observar una distribución más equitativa del número de auditorías en cada zona en Getafe que en Polonia, además de poder observar diferentes zonas respecto a las plantas como en Polonia calidad o en Getafe la zona de personalización y herramientas.

A pesar de la diferencia en el número de las auditorías realizadas, se puede concluir que la implantación de la herramienta se ha llevado a cabo de forma más organizada y constante obteniendo mejores resultados y más representativos en Polonia. Además, en Polonia se ha establecido un sistema de evaluación en el que se le asigna una puntuación a cada uno de los puntos de verificación de las fichas estándar (Figura 22), mientras que en Getafe los resultados se obtienen de forma completamente subjetiva, estando los resultados sujetos a la perspectiva de la persona que realiza la auditoría.

STANDARD 5S

**MIELEC STREFA 18: MAGAZYN
PIGMENT**

Wydano:	05/06/2017
Wersja:	V: 1.1.
Procedzący:	J.DOPART

			Evaluation (CHECK LIST)				
			0%	25%	50%	75%	100%
ZAMÓWIENIA / CZYSTOŚĆ / ZADANIA	1	Brak wielu palet otwartych tego samego koloru.					
	2	Brak worków porozcinanych, takich które powodują rozsypywanie się pigmentu.					
	3	Brak otwartych worków przy kolorach, które mają przypisane miejsce w pojemniku poniżej regału.					
	4	Drewniane palety są składowane poniżej wyznaczonego maksymalnego poziomu.					
	5	Pojemniki z pigmentami są czyste i w dobrym stanie.					
	6	Wymieszane resztki pigmentu wyrzucane są do specjalnie oznaczonego pojemnika "WYMIESZANE DROBINY PIGMENTU".					
BHP	7	Palety na regałach są składowane poprawnie, nie ma ryzyka upadku palety.					
ŚRODOWISKO	8	W pojemnikach na odpady znajdują się tylko odpady plastikowe i makulatura.					
		W strefie utrzymana jest czystość. Pigment nie jest rozsypany na podłodze.					

Figura 22: Sistema de evaluación para la zona de almacenamiento de pigmentos en Polonia

Otro problema es la falta de un registro de las no conformidades detectadas como resultado del seguimiento, éstas son directamente comunicadas a las personas interesadas vía email. La ausencia de este archivo hace que sea más difícil detectar las posibles mejoras e ir

actualizando las fichas estándar utilizando el ciclo de PHVA⁸, conocido también como Demming. A pesar de que se han ido actualizando las fichas pues existen diferentes versiones, se puede apreciar que hay no conformidades concurrentes y que el estándar no se adapta completamente al proceso. En ambas plantas la mayoría de las no conformidades están relacionadas con el orden y la limpieza, lo que puede sugerir que no hay demasiados elementos de limpieza y que las personas responsables del proceso de limpieza no tienen como parte de su rutina esta actividad. Por ejemplo, una de las zonas donde más auditorías se realizaron, tanto en Getafe como en Polonia fue en la zona destinada al Molino. Las no conformidades detectadas en diferentes auditorías a lo largo de los tres años de estudio están representadas en el Gráfico 8, donde también se representa el número de veces que una misma no conformidad aparece en auditorías diferentes:

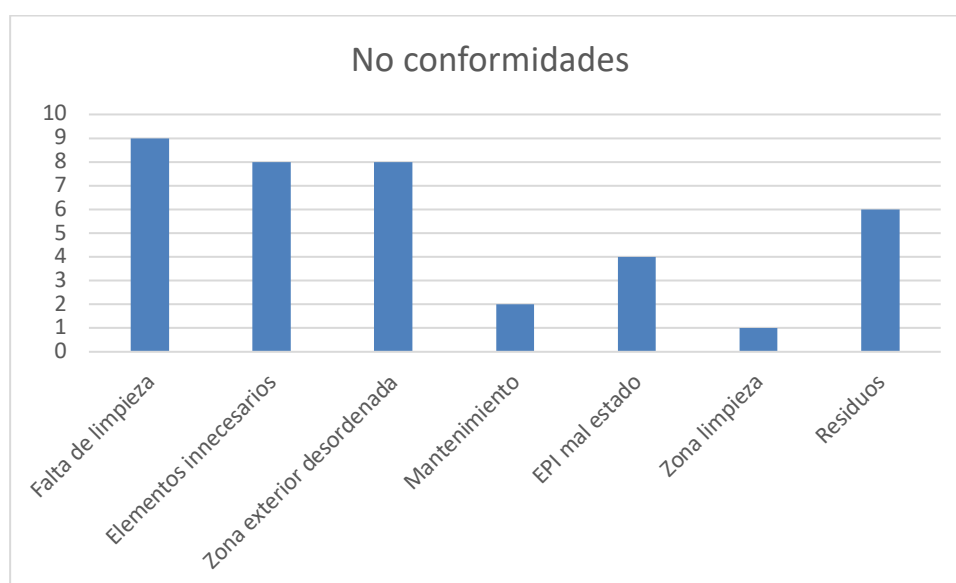


Gráfico 8: Resumen de no conformidades en la zona del molino

El hecho de que ambas plantas presenten no conformidades muy similares indica la importancia de establecer un diálogo entre las plantas con el fin de optimizar el proceso al máximo posible. Esta comunicación significaría una forma de mejorar la implementación de

⁸ PHVA: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar

las herramientas pues se establecerían las mejoras de forma simultánea en las tres plantas, ahorrando tiempo y evitando tareas redundantes e innecesarias.

5.1.4 PANELES DE VISUALIZACIÓN

La gestión visual es muy importante para asegurar el orden y la limpieza por lo que es fundamental para el cumplimiento de las 5s, así como seguir con las distribuciones establecidos que aseguran la estandarización del proceso. Es decir, está presente en todas las herramientas anteriores.

En las diferentes plantas, como parte de la gestión visual, se han pintado la distribución de los diferentes equipos, así como zona de contenedores para los residuos o zona de limpieza. Por otro lado, todas las estanterías están identificadas con un número que gracias a la gestión ERP se conoce que contiene cada ubicación (Ilustración 1) (Ilustración 2):



Ilustración 1: Ejemplos de gestión visual en Polonia



Ilustración 2: Ejemplos de gestión visual en Getafe

Además, se cuenta con una reunión de los responsables de cada uno de los departamentos denominada “mesa roja”. Esta reunión se lleva a cabo en la zona destinada a los líderes que en todas las fábricas se encuentra en frente de la zona de producción (Ilustración 3).



Ilustración 3: Mesa Roja

En esta reunión se comentan y analizan los datos de la producción diaria y se observa si se alcanzan los valores objetivo de los diferentes indicadores relativos al departamento de calidad, producción, seguridad laboral, logística y mantenimiento:

- Calidad: Se analiza el número de reclamaciones diferenciando entre las internas y externas de forma diaria y anual.
- Producción: Se obtiene la cantidad diaria de material transformado y molido y, a partir de estos el porcentaje de material reciclado y producto rechazado. Además, se analizan los tiempos de ciclos.
- Seguridad laboral: Se contempla el número de comunicados de riesgo, observaciones de seguridad, accidentes con baja e incidentes de seguridad de forma semanal.
- Logística: Existen varios indicadores a nivel semanal y diario. Primero, el número de camiones cargados completos diarios y semanales y dentro de estos aquellos con un único o varios destinos y los grupajes. Después, el número de camiones descargados diferenciado entre los camiones de material y de sacas de material reciclado. Por último, el porcentaje de pedidos atrasados y sus motivos clasificándolos en tres categorías atrasos por planificación, atrasos por culpa de un proveedor y atrasos por falta de componentes. En todas las categorías también se contempla el número de incidencias.
- Mantenimiento: Se analizan los tiempos de paro de máquina por causa de una avería de forma directa e indirecta.

Además, mediante esta herramienta, se busca acabar con la separación entre los diferentes departamentos ya que los valores objetivo de los indicadores se buscan conseguir de forma conjunta. Esta herramienta se implementó, primero, con un sistema de pos-it dividido en diferentes secciones con la información relativa al problema detectado (Figura 23):

- **Apertura:** Incluye información más general y se especifica el tipo de problema como externo o interno, el producto y la etapa donde se descubre, así como el departamento.
- **Descripción del problema:** Contempla información relevante del problema, las causas de la no detección previa y las acciones inmediatas y reparadoras.
- **Análisis de causas:** Analiza las causas del problema mediante una lista de comprobaciones como si el estándar es adecuado o el tipo de formación de los operarios.
- **Acciones correctoras:** Se listan las acciones para solucionar el problema indicando el responsable y la fechas previstas y reales de la acción.
- **Acciones preventivas:** Se listan las acciones para prever el problema en un futuro indicando el responsable y las fechas previstas y reales de la acción.
- **Conformidad:** Muestra la conformidad de las acciones por parte de los departamentos.

Nº: GE 17-XXX

POST-IT

1. Apertura	Externo / Interno	Producto	Denominación	Detectado en: Proceso / Actividad / Cliente	Abierto por																																																																																																																															
PILOTO Departamento Fecha Problema recurrente SI ☐ NO ☐ Descripción del problema Causas de la no detección Acciones inmediatas Revisión inmediata SI ☐ NO ☐ Orden de inspección SI ☐ NO ☐ Alerta de calidad SI ☐ NO ☐ Acciones Reparadoras Resp. Fecha Prevista Fecha real 2. Análisis de causas <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Causas</th> <th>SI</th> <th>NO</th> <th>Comentarios</th> <th>Ocupa fila verificada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Estándar claro, preciso y robusto</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Estándar contempla el autocontrol</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Operario formado y habilitado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Operario respeta el estándar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Piezas en buen estado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Medios en puesto y en buen estado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Puesto bien acondicionado y ordenado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>El estándar garantiza el resultado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Otra</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Otra</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 3. Acciones correctoras <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Acciones</th> <th>Resp.</th> <th>Fecha Prevista</th> <th>Fecha real</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 4. Acciones preventivas <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Acciones</th> <th>Resp.</th> <th>Fecha Prevista</th> <th>Fecha real</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 5. Conformidad Acciones <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Conformidad Acciones Implantadas</th> </tr> <tr> <th>Calidad</th> <th>Producción</th> <th>Mantenimiento</th> <th>Logística</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Causas	SI	NO	Comentarios	Ocupa fila verificada	Estándar claro, preciso y robusto					Estándar contempla el autocontrol					Operario formado y habilitado					Operario respeta el estándar					Piezas en buen estado					Medios en puesto y en buen estado					Puesto bien acondicionado y ordenado					El estándar garantiza el resultado					Otra					Otra					Acciones	Resp.	Fecha Prevista	Fecha real																					Acciones	Resp.	Fecha Prevista	Fecha real																					Conformidad Acciones Implantadas				Calidad	Producción	Mantenimiento	Logística																
Causas	SI	NO	Comentarios	Ocupa fila verificada																																																																																																																																
Estándar claro, preciso y robusto																																																																																																																																				
Estándar contempla el autocontrol																																																																																																																																				
Operario formado y habilitado																																																																																																																																				
Operario respeta el estándar																																																																																																																																				
Piezas en buen estado																																																																																																																																				
Medios en puesto y en buen estado																																																																																																																																				
Puesto bien acondicionado y ordenado																																																																																																																																				
El estándar garantiza el resultado																																																																																																																																				
Otra																																																																																																																																				
Otra																																																																																																																																				
Acciones	Resp.	Fecha Prevista	Fecha real																																																																																																																																	
Acciones	Resp.	Fecha Prevista	Fecha real																																																																																																																																	
Conformidad Acciones Implantadas																																																																																																																																				
Calidad	Producción	Mantenimiento	Logística																																																																																																																																	

Equipo de trabajo

Nombre

Departamento

Fecha de Cierre

Firma Responsable

Documentación

HAUTE

DIAGRAMA DE PROCESO

PLAN DE CONTROL

PLANTILLA DE CALIDAD

INSTRUCCIÓN OPERATIVA

OTROS

Figura 23: Ejemplo del post-it utilizado en la mesa roja

Observando el número de post-it creados y estudiando aquellos clasificados como cerrados se puede concluir que la eficacia del sistema era de un 73% en 2017 siendo los departamentos de logística y mantenimiento con un mayor porcentaje de problemas solucionados pero siendo el departamento de calidad aquel con el mayor número de post-its cerrados (Gráfico 9):

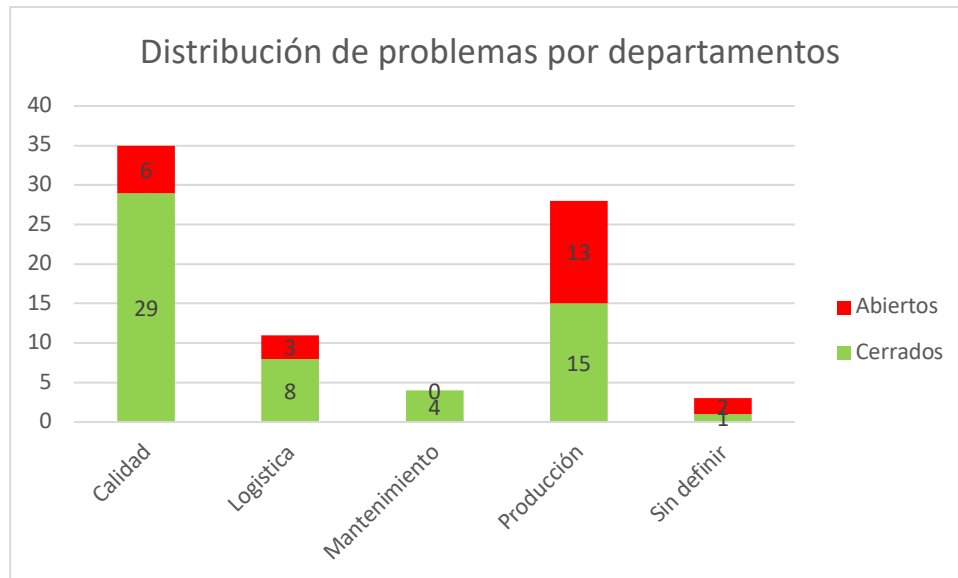


Gráfico 9: Distribución de los problemas por departamentos

Si estudiamos la evolución del número de post-it a lo largo del 2017 se obtiene una tendencia ascendente, lo que indica que se crean problemas más rápido de lo que se solucionan (Gráfico 10), es decir, que en realidad el sistema no funciona tan bien como se puede concluir al observar la cantidad de problemas clasificados como “cerrados”. Si observamos el tiempo que se tarda en cerrar un post-it se obtiene un promedio de casi 100 días, es decir, más de 3 meses. A pesar de que existe una gran variabilidad en los valores pues el máximo de tiempo es más de 600 días y el mínimo 1 día, el promedio es muy alto.



Gráfico 10: Evolución de post-it creados respecto al tiempo

Por otro lado, analizando el formato del sistema de post-it y el tipo de no conformidades así como de sus causas se pudo concluir que los post-it no eran adecuados al proceso pues la mayoría de las no conformidades eran de fácil resolución y las causas claramente identificables. Además, el documento era denso y difícil de completar y no mostraba los resultados de los indicadores.

Con el fin de obtener un sistema de control de los indicadores que aseguren una buena gestión visual, el sistema de análisis se mejoró. Esta mejora consiste principalmente en la elaboración de un nuevo documento donde se contemple directamente los indicadores clasificándolos por departamentos (Figura 24). Gracias a este nuevo formato utilizado en la reunión, el tiempo de resolución de problemas mejoró considerablemente. Además, a pesar de que los parámetros estudiados eran los mismos, el tiempo dedicado a las reuniones diarias se redujeron a intervalos de 15-20 minutos mientras se obtenían resultados mucho más claros.

ACTA DE REUNIÓN DE MESA ROJA

F-04.06
15/02/18
Rev 0

CENTRO DE TRABAJO:

Fecha:

Revisión realizada por:

CALIDAD			
RECHAZOS INTERNOS:			
RECLAMACIONES DE CALIDAD:			
PRODUCCIÓN:			
TONEELADAS FABRICADAS:		Comentarios:	
RECHAZO:		MOLINO:	
Toneles:			
RECUPERADO:			
Sacos:			
MOLIDO:			
MANTENIMIENTO			
LOGÍSTICA			
CAMIONES CARGADOS:			
Completos:		Varios Destinos	
Grupos:			
Incidencias:			
DATOS SEMANALES:			
Camiones cargados:			
Completos:		Varios Destinos	
Grupos:			
Incidencias:			
Camiones descargados:			
Materiales:		Sacos reciclados:	
Pedidos atrasados:			
Fabrica:		Compras:	
Otros:			
SEGURIDAD			
OBSERVACIONES PREVENTIVAS			
Actos seguros:		Actos inseguros:	
Condiciones seguras:		Condiciones inseguras:	
ACCIDENTES:			
Con baja:		Sin baja:	
COMUNICACIONES DE RIESGO:			
PROPUESTAS DE MEJORA:			
NO CONFORMIDADES/SUGERENCIAS DE MEJORA:			
OCS			
INCIDENTES:			
SITUACIONES DE EMERGENCIA:			
COMENTARIOS:			

Figura 24: Nuevo documento para el control de incidencias y cálculo de indicadores

5.1.5 SMED

La etapa del proceso que supone una gran ineficiencia en la fabricación es el cambio de molde de las máquinas inyectoras. Como todo proceso de preparación, genera esperas, lo que se traduce en un desperdicio, tanto por parte de las personas como por parte de las máquinas. En este caso el proceso de preparación incluye el transporte y colocación de moldes muy pesados que dificultan mucho el manejo creando tiempos de espera muy largos que pueden variar según el molde y la máquina a utilizar.

La primera medida es minimizar la distancia necesaria a recorrer situado las ubicaciones de los moldes acorde a la frecuencia y máquina de uso. Después se introdujo la herramienta SMED con el fin de minimizar lo máximo posible el tiempo de preparación.

Para ello, gracias a las instrucciones operativas (Figura 25) correspondientes se pudo analizar los diferentes pasos que involucraban el cambio de molde detectando aquellas tareas externas que se podían realizar mientras la máquina estaba en funcionamiento.

INSTRUCCIÓN OPERATIVA				Nº	IO-01
Denominación:			Conforme Jefe de Fabricación:	Revisión Nº	2
CAMBIO DE MOLDE EN MÁQUINA SINGLE				Fecha:	05-05-17
			Proceso:	INYECCION	
Nº	Descripción detallada de la operación	Punto Clave	Razón del Punto Clave, Dibujo Explicativo, Reglas Operativas		
1	RETRADA DEL MOLDE				
2	Retirar el husillo				
3	Purgar el husillo	Se coloca una vagoneta y con la puerta cerrada, se va purgando desde la			
4	Descomprimir	Con el boton de descompresion			
5	Engrasar y cerrar el molde	Desde el puesto de mando se enclava y se paran las bombas (máquina			
6	Colocar la brida de transporte en el molde	Con máquina parada.			
7	Desconectar las mangueras de agua. Cerrar las válvulas y montar tapones				
8	Desconectar los neoyes (Staubli), eléctrico y calefacción (en la página matriz)				
9	Desenclavar los enerpac de la parte fija.				
10	Arrancar la máquina, posicionarla en preparación, desenclavar y abrir la máquina.	Cuanto los enerpac marquen fuera. Apertura de máquina hasta que el plato del molde se separe del plato fijo (en la página de embriar moldes).			
11	Parar bombas (para máquina).				
12	Retirar el vallado y robot.	Retirar vallado segun procedimiento.			
13	TRANSPORTE DEL CARRO (PUENTE GRÚA)	MAQUINAS 2-4-6			
14	Colocar las eslingas.				
15	Acceder a la parte superior del molde.	Mediante escalera de mano llevando arnés de seguridad y anclado a la línea de vida. Vigilar apoyo de la escalera.			
16	Enganchar las eslingas y descender.				
17	Trasladar carro hasta ubicación.	Manejo de puente grúa solo por personal formado y cualificado.	Vigilar altura del molde (no mayor 50cm del suelo). Vigilar presencia de personas / elementos en trayectoria de carga y puente grúa. Llevar mando de puente grúa con correa.		
18	TRANSPORTE DEL CARRO (CON RAILES)	MAQUINAS 1-3-5			
19	Colocar las vías en el foso del robot para el paso del carro.				
20	Enchufar carro a red eléctrica.	La red se encuentra en paralelo a la máquina.			
21	Colocar el carro a la altura del molde y colocar los puentes del carro a la máquina y enganchar los tirantes de extracción al molde (barras amarillas).				
22	Una vez sujeto el molde, se vuelve a arrancar la máquina y desde la página de embriaje de moldes sacar los enerpac de la parte móvil.				
23	Una vez fuera, se abre la máquina hasta que el plato móvil de la máquina se separe del molde.				
24	Parar las bombas.				
25	Tirar del molde hacia afuera / el molde queda sobre el carro.	Habiendo cambiado antes el selector de movimiento del carro al movimiento de las guías. Molde enganchado con anterioridad a las guías.			
26	COLOCACIÓN DEL NUEVO MOLDE:				
27	Enganchar las guías y soltar las eslingas.	Después de transporte del molde (con carro o puente grúa)			

Figura 25: Ejemplo de Instrucción Operativa relativa al cambio de molde

A continuación, se elaboraron nuevas instrucciones de trabajo donde se diferenciaban claramente entre las tareas internas y externas, así como el número de operarios y las tareas a realizar por cada uno de ellos (Figura 26).

PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE MOLDE		Fecha: 05/06/2019
Cambio: _____		N.º Operarios: 2

Tareas externas		OPERARIO 1		 MÁQUINA FUNCIONANDO
N.º Operación				
10		PREPARAR LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS: LLAVE DEL STÁUBLI, LLAVE DE 19, ETCÉTERA.		
20		PREPARAR LOS EQUIPOS DE SEGURIDAD (EPIS) NECESARIOS PARA AMBOS TRABAJADORES: GUANTES, CASCO Y ARNES.		
30		DESPEJAR Y LIMPIAR LA ZONA DE TRABAJO: POR EJEMPLO, DESPEJAR SI SE PUEDE LA ZONA DE CARRILES DEL PORTA-CARROS: TERMOMEDIDORA, MESAS, ÚTILES, ETC.		
40		CARGAR, PREPARADO EL PUENTE-GRÚA CON EL GANCHO CORRESPONDIENTE: ESLINGA CORTA, ANCAMOS DE 35MM, GRILLETES, ETC.		
		REVISAR DEL ESTADO DE LA ESLINGA A UTILIZAR		
Tareas internas		OPERARIO 1	OPERARIO 2	
60		PARAR MÁQUINA.		
70		RECORDER ZONA DE TRABAJO	ENGRASAR EL MOLDE.	
80		DESNECESARIO, PURGAR EL HUSILLO Y DEJAR LA ZONA LIMPIA DE PLASTAS.	VACIAR EL AGUA DEL MOLDE. MEDIANTE LA APERTURA DE LAS TOMAS DE AIRE COMPRIMIDO	
90		ARRANCAR EL MOLDE.	ACERCAR EL CARRO PORTA-MOLDES POR LAS VÍAS HASTA LA POSICIÓN DE EXTRACCIÓN DEL MOLDE.	
100		COLOCAR BRIDA DE UNIÓN, PARA EVITAR LA APERTURA.		
110		DESCONECTAR Y RETIRAR MANGUERAS DE AGUA.		
120		DESCONECTAR CONEXIÓN HIDRAULICA.		
130		DESCONECTAR PROGRAMA DE NOYOS.	COLOCAR PUESTOS DE RODADURA.	
140		RETROCEDER LOS ENERPAC DE LA PARTE FIJA Y ABRIR LIGERAMENTE LA MÁQUINA.		
150		RETROCEDER ENERPAC DE LA PARTE MÓVIL.		
160		EXTRAER MOLDE DE MÁQUINA.	POSICINAR EL PUENTE GRÚA (CON LOS GANCHOS CORRESPONDIENTES) ENCIMA DEL CARRO PORTA-MOLDES.	
170		ENGANCHAR LOS TRANTES DEL CARRO AL MOLDE POR LAS PIEZAS DE TIRO Y TIRAR DEL MOLDE PARA EXTRAERLO AL CARRO.		
180		MOVER MOLDE (SALIENTE).		
190		ENGANCHAR EL MOLDE SALIENTE AL PUENTE GRÚA MEDIANTE LAS ESLINGAS Y GRILLETES CORRESPONDIENTES Y DESPLAZARLO HASTA SU POSICIÓN EN EL ALMACÉN DE MOLDES.		
200		MOVER MOLDE (ENTRANTE).		
210		ENGANCHAR EL MOLDE ENTRANTE EN EL ALMACÉN DE MOLDES AL PUENTE GRÚA Y DESPLAZARLO HASTA EL CARRO.		

Página 1 de 2

Figura 26: Ejemplo del procedimiento de cambio de molde adaptado a SMED

Además, se crearon matrices con tiempos estándar de los cambios entre los diferentes modelos de moldes con el fin de establecer tiempos de referencia que sirvan para monitorizar los cambios en los tiempos. El criterio usado en Polonia y Getafe es distinto. Mientras que en Polonia las matrices se obtienen según la máquina donde se realice el cambio de molde, en Getafe se decide obtener matrices diferentes según UAP. Además, en Getafe a partir de las diferentes matrices de UAP, se obtiene una matriz de referencia estándar donde se indica el tiempo mínimo de las cuatro UAPs diferentes para cada uno de los cambios.

Esta diferencia de análisis puede llevar a conclusiones erróneas pues las diferentes correlaciones entre los UAP y máquinas puede ser muy diferente debido a la eficacia de los jefes de UAP de Polonia y Getafe. Son muchos los factores que influyen en el cambio de molde como las máquinas donde realizar el cambio y la distancia a recorrer por el molde, la habilidad de los operarios o la complejidad del molde. En el caso de las matrices obtenidas en Polonia es más fácil analizar los tiempos empleados en el cambio pues como se puede

observar (en naranja en la Figura 27) cada una de las máquinas realiza cambios muy específicos. A partir de estos tiempos se puede analizar el tiempo de UAP y obtener resultados más fiables y analizar si existe mucha diferencia entre las diferentes UAPs.

M-7 M-8 T-78	Contenedor 1100 F TP	Contenedor 1100 F TC	Contenedor 1100 H TP	Contenedor 1100 H TC	Tapa plana 1000/1100 TP	Tapa curva 1100 TC	Tapa curva recortada 1100 TC	Cubo 80 H	Cubo 120 H	Cubo 180 H	Cubo 240 H	Cubo 120 F
Contenedor 1100 F TP			8:00									
Contenedor 1100 F TC	11:30											
Contenedor 1100 H TP				6:00	8:20	8:40		7:30				
Contenedor 1100 H TC					6:20	6:50						
Tapa plana 1000/1100 TP	8:00		9:30									7:00
Tapa curva 1100 TC		12:00	4:30	9:50			16:00					
Tapa curva recortada 1100 TC				9:30								
Cubo 80 H												
Cubo 120 H												
Cubo 180 H												
Cubo 240 H								6:00				
Cubo 120 F			7:00		8:10							

M-9	Tapa plana 1000/1100 TP	Tapa curva 1100 TC	Tapa curva recortada 1100 TC	Cubo 80 H	Cubo 120 H	Cubo 180 H	Cubo 240 H	Cubo 120 F
Tapa plana 1000/1100 TP					5:30			
Tapa curva 1100 TC	8:30				12:00			
Tapa curva recortada 1100 TC								
Cubo 80 H					7:20			
Cubo 120 H							8:40	
Cubo 180 H							6:00	
Cubo 240 H					4:10			
Cubo 120 F								

GETAFE		UAP 1		UAP 2		UAP 3		UAP 4		UAP 5		UAP 6		UAP 7		UAP 8		UAP 9		UAP 10		UAP 11		UAP 12		UAP 13		UAP 14		UAP 15		UAP 16		UAP 17		UAP 18		UAP 19		UAP 20		UAP 21		UAP 22		UAP 23		UAP 24		UAP 25		UAP 26		UAP 27		UAP 28		UAP 29		UAP 30		UAP 31		UAP 32		UAP 33		UAP 34		UAP 35		UAP 36		UAP 37		UAP 38		UAP 39		UAP 40		UAP 41		UAP 42		UAP 43		UAP 44		UAP 45		UAP 46		UAP 47		UAP 48		UAP 49		UAP 50		UAP 51		UAP 52		UAP 53		UAP 54		UAP 55		UAP 56		UAP 57		UAP 58		UAP 59		UAP 60		UAP 61		UAP 62		UAP 63		UAP 64		UAP 65		UAP 66		UAP 67		UAP 68		UAP 69		UAP 70		UAP 71		UAP 72		UAP 73		UAP 74		UAP 75		UAP 76		UAP 77		UAP 78		UAP 79		UAP 80		UAP 81		UAP 82		UAP 83		UAP 84		UAP 85		UAP 86		UAP 87		UAP 88		UAP 89		UAP 90		UAP 91		UAP 92		UAP 93		UAP 94		UAP 95		UAP 96		UAP 97		UAP 98		UAP 99		UAP 100		UAP 101		UAP 102		UAP 103		UAP 104		UAP 105		UAP 106		UAP 107		UAP 108		UAP 109		UAP 110		UAP 111		UAP 112		UAP 113		UAP 114		UAP 115		UAP 116		UAP 117		UAP 118		UAP 119		UAP 120		UAP 121		UAP 122		UAP 123		UAP 124		UAP 125		UAP 126		UAP 127		UAP 128		UAP 129		UAP 130		UAP 131		UAP 132		UAP 133		UAP 134		UAP 135		UAP 136		UAP 137		UAP 138		UAP 139		UAP 140		UAP 141		UAP 142		UAP 143		UAP 144		UAP 145		UAP 146		UAP 147		UAP 148		UAP 149		UAP 150		UAP 151		UAP 152		UAP 153		UAP 154		UAP 155		UAP 156		UAP 157		UAP 158		UAP 159		UAP 160		UAP 161		UAP 162		UAP 163		UAP 164		UAP 165		UAP 166		UAP 167		UAP 168		UAP 169		UAP 170		UAP 171		UAP 172		UAP 173		UAP 174		UAP 175		UAP 176		UAP 177		UAP 178		UAP 179		UAP 180		UAP 181		UAP 182		UAP 183		UAP 184		UAP 185		UAP 186		UAP 187		UAP 188		UAP 189		UAP 190		UAP 191		UAP 192		UAP 193		UAP 194		UAP 195		UAP 196		UAP 197		UAP 198		UAP 199		UAP 200		UAP 201		UAP 202		UAP 203		UAP 204		UAP 205		UAP 206		UAP 207		UAP 208		UAP 209		UAP 210		UAP 211		UAP 212		UAP 213		UAP 214		UAP 215		UAP 216		UAP 217		UAP 218		UAP 219		UAP 220		UAP 221		UAP 222		UAP 223		UAP 224		UAP 225		UAP 226		UAP 227		UAP 228		UAP 229		UAP 230		UAP 231		UAP 232		UAP 233		UAP 234		UAP 235		UAP 236		UAP 237		UAP 238		UAP 239		UAP 240		UAP 241		UAP 242		UAP 243		UAP 244		UAP 245		UAP 246		UAP 247		UAP 248		UAP 249		UAP 250		UAP 251		UAP 252		UAP 253		UAP 254		UAP 255		UAP 256		UAP 257		UAP 258		UAP 259		UAP 260		UAP 261		UAP 262		UAP 263		UAP 264		UAP 265		UAP 266		UAP 267		UAP 268		UAP 269		UAP 270		UAP 271		UAP 272		UAP 273		UAP 274		UAP 275		UAP 276		UAP 277		UAP 278		UAP 279		UAP 280		UAP 281		UAP 282		UAP 283		UAP 284		UAP 285		UAP 286		UAP 287		UAP 288		UAP 289		UAP 290		UAP 291		UAP 292		UAP 293		UAP 294		UAP 295		UAP 296		UAP 297		UAP 298		UAP 299		UAP 300		UAP 301		UAP 302		UAP 303		UAP 304		UAP 305		UAP 306		UAP 307		UAP 308		UAP 309		UAP 310		UAP 311		UAP 312		UAP 313		UAP 314		UAP 315		UAP 316		UAP 317		UAP 318		UAP 319		UAP 320		UAP 321		UAP 322		UAP 323		UAP 324		UAP 325		UAP 326		UAP 327		UAP 328		UAP 329		UAP 330		UAP 331		UAP 332		UAP 333		UAP 334		UAP 335		UAP 336		UAP 337		UAP 338		UAP 339		UAP 340		UAP 341		UAP 342		UAP 343		UAP 344		UAP 345		UAP 346		UAP 347		UAP 348		UAP 349		UAP 350		UAP 351		UAP 352		UAP 353		UAP 354		UAP 355		UAP 356		UAP 357		UAP 358		UAP 359		UAP 360		UAP 361		UAP 362		UAP 363		UAP 364		UAP 365		UAP 366		UAP 367		UAP 368		UAP 369		UAP 370		UAP 371		UAP 372		UAP 373		UAP 374		UAP 375		UAP 376		UAP 377		UAP 378		UAP 379		UAP 380		UAP 381		UAP 382		UAP 383		UAP 384		UAP 385		UAP 386		UAP 387		UAP 388		UAP 389		UAP 390		UAP 391		UAP 392		UAP 393		UAP 394		UAP 395		UAP 396		UAP 397		UAP 398		UAP 399		UAP 400		UAP 401		UAP 402		UAP 403		UAP 404		UAP 405		UAP 406		UAP 407		UAP 408		UAP 409		UAP 410		UAP 411		UAP 412		UAP 413		UAP 414		UAP 415		UAP 416		UAP 417		UAP 418		UAP 419		UAP 420	
--------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	--------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--

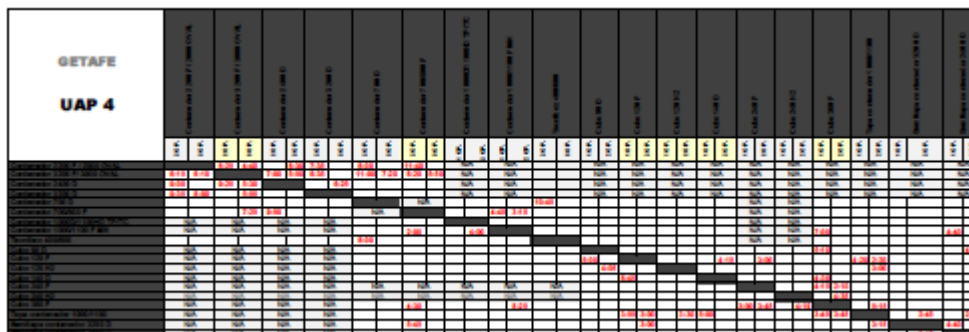


Figura 28: Matrices de tiempos de cambio de molde en Getafe

Con el fin de aplicar la herramienta SMED correctamente y minimizar el tiempo de cambio por cada cambio de molde realizado se debe rellenar un formulario (Figura 29) indicando los diferentes tiempos empleados en cada una de las diferentes actividades. También incluye otro tipo de información, como el cambio de molde, las personas involucradas o el turno:

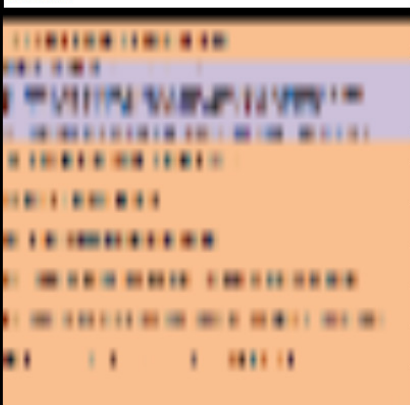
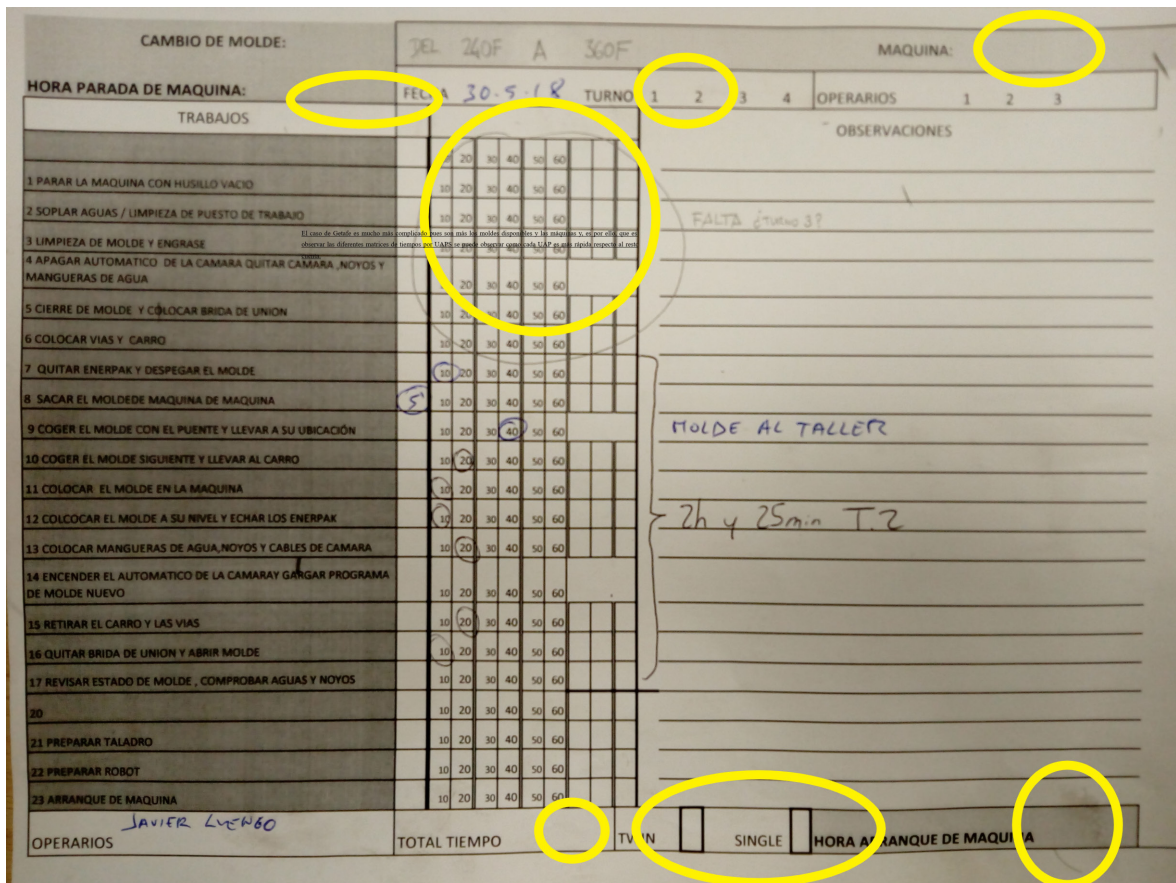
CAMBIO DE MOLDE		DE: _____ A: _____		MÁQUINA: _____			
HORA PARADA DE MÁQUINA:		FECHA: _____		TURNO: 1 2 3 4			
TRABAJOS				OPERARIOS: 1 2 3 4			
		MARCAR CON UN CÍRCULO		OBSERVACIONES			
		Firma: _____					
Nombre trabajadores		SUMA TIEMPO (1 a 8)		TWIN ☐ SINGLE ☐		HORA ARRANQUE DE MÁQUINA	
1.- _____						SMED SI / NO	
2.- _____							

Figura 29: Hoja de tiempos SMED

Tras observar el registro de las fichas, se ha observado que muchas de ellas no son complementadas de forma adecuada dejando información sin plasmar relevante para el cálculo del tiempo estándar (Figura 30) así como necesarias para realizar el seguimiento de la herramienta:



CAMBIO DE MOLDE:		DEL 240F A 360F		MAQUINA:	
HORA PARADA DE MAQUINA:	FECHA	TURNO	1	2	3
TRABAJOS	30-5-18	1			
1 PARAR LA MAQUINA CON HUSILLO VACÍO	10	20	30	40	50
2 SOPLAR AGUAS / LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO	10	20	30	40	50
3 LIMPIEZA DE MOLDE Y ENGRASE	10	20	30	40	50
4 APAGAR AUTOMÁTICO DE LA CAMARA QUITAR CAMARA, NOYOS Y MANGUERAS DE AGUA	10	20	30	40	50
5 CIERRE DE MOLDE Y COLOCAR BRIDA DE UNION	10	20	30	40	50
6 COLOCAR VIAS Y CARRO	10	20	30	40	50
7 QUITAR ENERPAK Y DESPEGAR EL MOLDE	10	20	30	40	50
8 SACAR EL MOLDE DE MAQUINA DE MAQUINA	10	20	30	40	50
9 COGER EL MOLDE CON EL PUENTE Y LLEVAR A SU UBICACIÓN	10	20	30	40	50
10 COGER EL MOLDE SIGUIENTE Y LLEVAR AL CARRO	10	20	30	40	50
11 COLOCAR EL MOLDE EN LA MAQUINA	10	20	30	40	50
12 COLOCAR EL MOLDE A SU NIVEL Y ECHAR LOS ENERPAK	10	20	30	40	50
13 COLOCAR MANGUERAS DE AGUA, NOYOS Y CABLES DE CAMARA	10	20	30	40	50
14 ENCENDER EL AUTOMÁTICO DE LA CAMARA Y GARGAR PROGRAMA DE MOLDE NUEVO	10	20	30	40	50
15 RETIRAR EL CARRO Y LAS VIAS	10	20	30	40	50
16 QUITAR BRIDA DE UNION Y ABRIR MOLDE	10	20	30	40	50
17 REVISAR ESTADO DE MOLDE, COMPROBAR AGUAS Y NOYOS	10	20	30	40	50
20	10	20	30	40	50
21 PREPARAR TALADRO	10	20	30	40	50
22 PREPARAR ROBOT	10	20	30	40	50
23 ARRANQUE DE MAQUINA	10	20	30	40	50
OPERARIOS	JAVIER LUNGO	TOTAL TIEMPO	TV IN	SINGLE	HORA ARRANQUE DE MAQUINA

Figura 30: Ejemplo de ficha de cambio de molde incompleta

Por otro lado, en algunas de ellas, los operarios responsables del cambio escriben a mano los pasos seguidos en el cambio de molde (Figura 31) lo que sugiere que las fichas no son completamente adecuadas al proceso y que, a lo mejor, se requieren de diferentes fichas según el modelo o máquina implicadas en el cambio de molde.

CAMBIO DE MOLDE:		3200F A 800F		MAQUINA: 1 5	
HORA PARADA DE MAQUINA:		FECHA 18/08/2020	TURNO 1	OPERARIOS 1 2 3	
TRABAJOS		10	20	30	40
1 PARAR LA MAQUINA CON HUSILLO VACIO					
2 SOPLAR AGUAS / LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO					
3 LIMPIEZA DE MOLDE Y ENGRASE					
4 APAGAR AUTOMATICO DE LA CAMARA QUITAR CAMARA, NOYOS Y MANGUERAS DE AGUA					
5 CIERRE DE MOLDE Y COLOCAR BRIDA DE UNION					
6 COLOCAR VIAS Y CARRO					
7 QUITAR ENERPAK Y DESPEGAR EL MOLDE					
8 SACAR EL MOLDE DE MAQUINA DE MAQUINA					
9 COGER EL MOLDE CON EL PUENTE Y LLEVAR A SU UBICACIÓN					
10 COGER EL MOLDE SIGUIENTE Y LLEVAR AL CARRO					
11 COLOCAR EL MOLDE EN LA MAQUINA					
12 COLOCAR EL MOLDE A SU NIVEL Y ECHAR LOS ENERPAK					
13 COLOCAR MANGUERAS DE AGUA, NOYOS Y CABLES DE CAMARA					
14 ENCENDER EL AUTOMATICO DE LA CAMARA Y GARGAR PROGRAMA DE MOLDE NUEVO					
15 RETIRAR EL CARRO Y LAS VIAS					
16 QUITAR BRIDA DE UNION Y ABRIR MOLDE					
17 REVISAR ESTADO DE MOLDE, COMPROBAR AGUAS Y NOYOS					
20					
21 PREPARAR TALADRO					
22 PREPARAR ROBOT					
23 ARRANQUE DE MAQUINA					

OBSERVACIONES

PARAR MAQUINA - 1H

QUITAR UNIDAD - 1H

QUITAR MOLDE - 1H

FAILLO ENTRADA ENERPAK - 1H

SACAR MOLDE - 1H

COGER MOLDE - 1H

COGER MOLDE Y PONER EN CARRO - 1H

METER MOLDE 0:50

QUITAR CARRO CONECTAR MOLDE 1:10

COLOCAR TERMOS Y CAMBIAR PINTA 7-4

ARRANQUE DE MAQUINA - 0:50

OPERARIOS JOSE ANTONIO ENLOPEREIRA TOTAL TIEMPO 34:12 TWIN ☒ SINGLE ☐

2-P. PERALES EL MOLDE 0:50

Figura 31: Ejemplo de ficha con pasos como observaciones

Tras analizar los registros de fichas de 2018 a 2020 se observó que estas no conformidades con las fichas ocurren muy a menudo. De las fichas que se analizó, que ascendían a 227, únicamente 114 están perfectamente rellenas, es decir un 50%. También se estudió, el tipo de información que faltaba en cada una de las fichas (Gráfico 11):

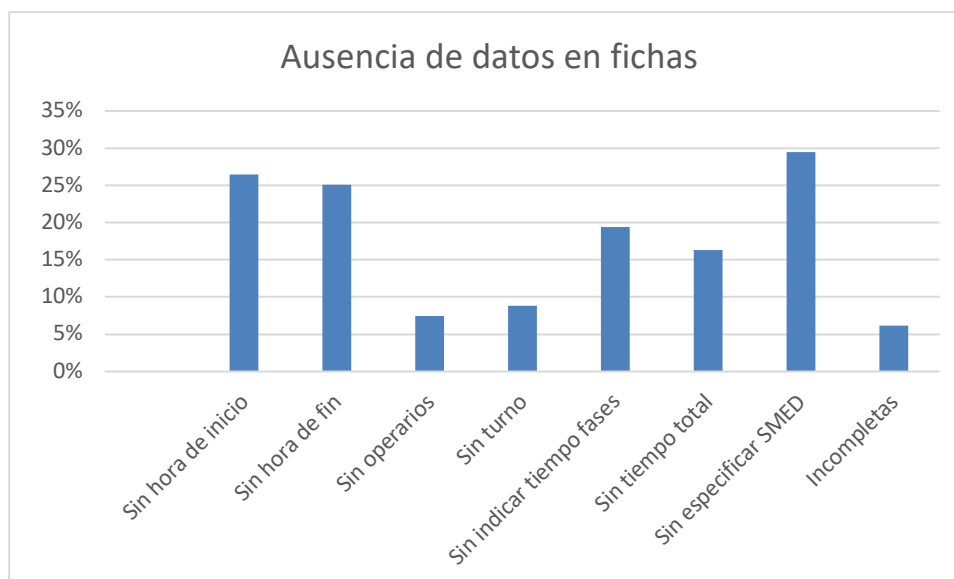


Gráfico 11: Tipo de información ausente en las fichas

Cómo se puede observar la información sin especificar en la mayoría de las fichas son las horas de inicio y fin del cambio de molde siendo más difícil analizar el tiempo real de la parada de la máquina. Además, en muchas de ellas no se especificó si se utilizó el estándar de SMED para minimizar el tiempo de preparación pudiendo ser una de las razones la falta de formación por parte de los operadores y no saber diferenciar el proceso estándar de la herramienta.

5.2 DISEÑO

El diseño y elaboración de la documentación relativa a cada una de las herramientas se realizó a partir de los documentos ya disponibles. A partir del análisis realizado se han detectado nuevas mejoras y mejores prácticas las cuales se implementaron en la nueva documentación. Por lo tanto, el proceso de diseño forma parte de un nuevo ciclo PDHVA.

Uno de los proyectos que se desea implementar en Liverpool es el relacionado a eliminar o, al menos, reducir el volumen de papel utilizado en el proceso. Para ello, todas las fichas a cumplimentar en los procesos, como pueden ser aquellas relativas al autocontrol de las piezas llevados a cabo tres veces al día se hará por ordenador. Para facilitar el proceso para

completar estas fichas y así reducir el tiempo se deben también adaptar los archivos para que sean editables y su uso en un ordenador sea lo más sencillo y rápido posible. Además, este proyecto presenta grandes ventajas, primero medio ambientales, y, después al rellenar la información directamente en hojas de cálculo el análisis de datos se podrá realizar de forma mucho más rápida y sencilla.

5.2.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En el diseño de la distribución en planta, primero se establecieron las diferentes zonas necesarias dentro de la planta y los elementos necesarios en cada una de ellas teniendo en cuenta la posición de las diferentes máquinas de inyección. Cabe destacar que la ubicación de las máquinas de inyección sirve como punto de partida en la distribución de la planta pues el resto de las zonas se distribuirán a partir de ellas.

Además, una diferencia fundamental de la fábrica de Liverpool respecto a la de Polonia y Getafe es la alimentación del producto reciclado. Está no se realizará a pie de máquina, sino que la máquina será alimentada a través de un sistema de transporte accionado mediante bombas. De esta forma la distancia recorrida en los transportes de las sacas de material es reducida asegurando el orden y la limpieza a pie de máquina en todo momento. Además, se reducirán las posibilidades de caída del material acorde con el programa OCS, cuyo objetivo es la eliminación de plástico en los océanos.

Otra diferencia es la instalación de muelles de cargas que facilitarán la carga y descarga enormemente reduciendo los tiempos. Además, se dispone de espacio suficiente para poder almacenar los pedidos urgentes al lado de los muelles de cargas para así reducir también los transportes innecesarios de producto desde pie de máquina al patio y del patio a los muelles situados en frente de las máquinas.

Con el fin de maximizar el espacio disponible y asegurar el mayor nivel de orden y limpieza dentro de la fábrica se decidió utilizar los espacios disponibles entre las columnas para la instalación de las estanterías utilizadas para el almacenamiento de los pigmentos de color y los diferentes accesorios según su frecuencia de uso y la zona de uso.

La documentación desarrollada es la equivalente a la de Getafe y Polonia pero con el fin de estandarizar las diferentes distribuciones en planta se diseñará un lay-out de toda la planta (Figura 32) donde se indiquen las diferentes zonas, es decir, mostrando la distribución de la planta a primer nivel.

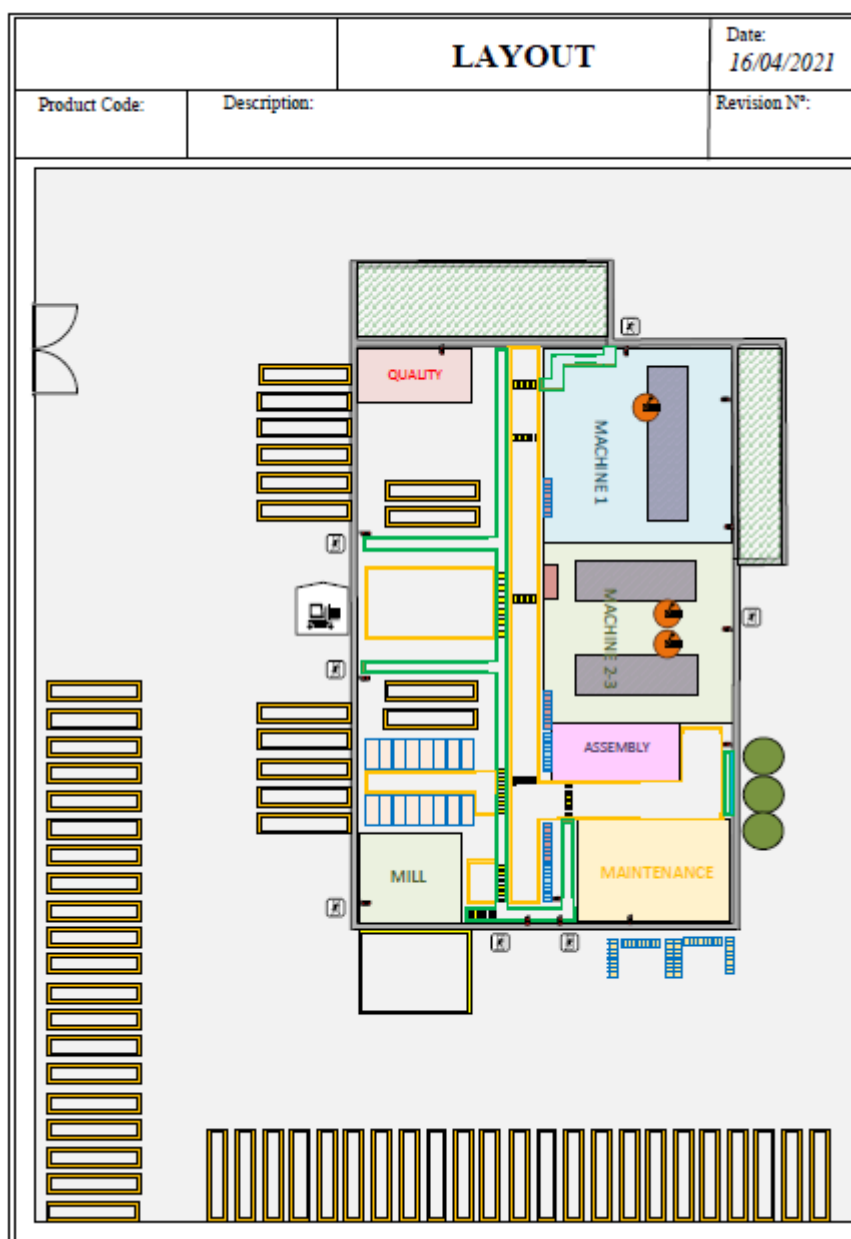


Figura 32: Lay-out de la planta a primer nivel

Por otro lado, dado el gran número de distribuciones distintas a pie de máquina también se desarrolló distribuciones estándar de las máquinas. En estos documentos también irán indicados las zonas de gestión de residuos, puestos de limpieza y equipos de seguridad ignorados en los documentos correspondientes a las máquinas de Polonia y Getafe (Figura 33).

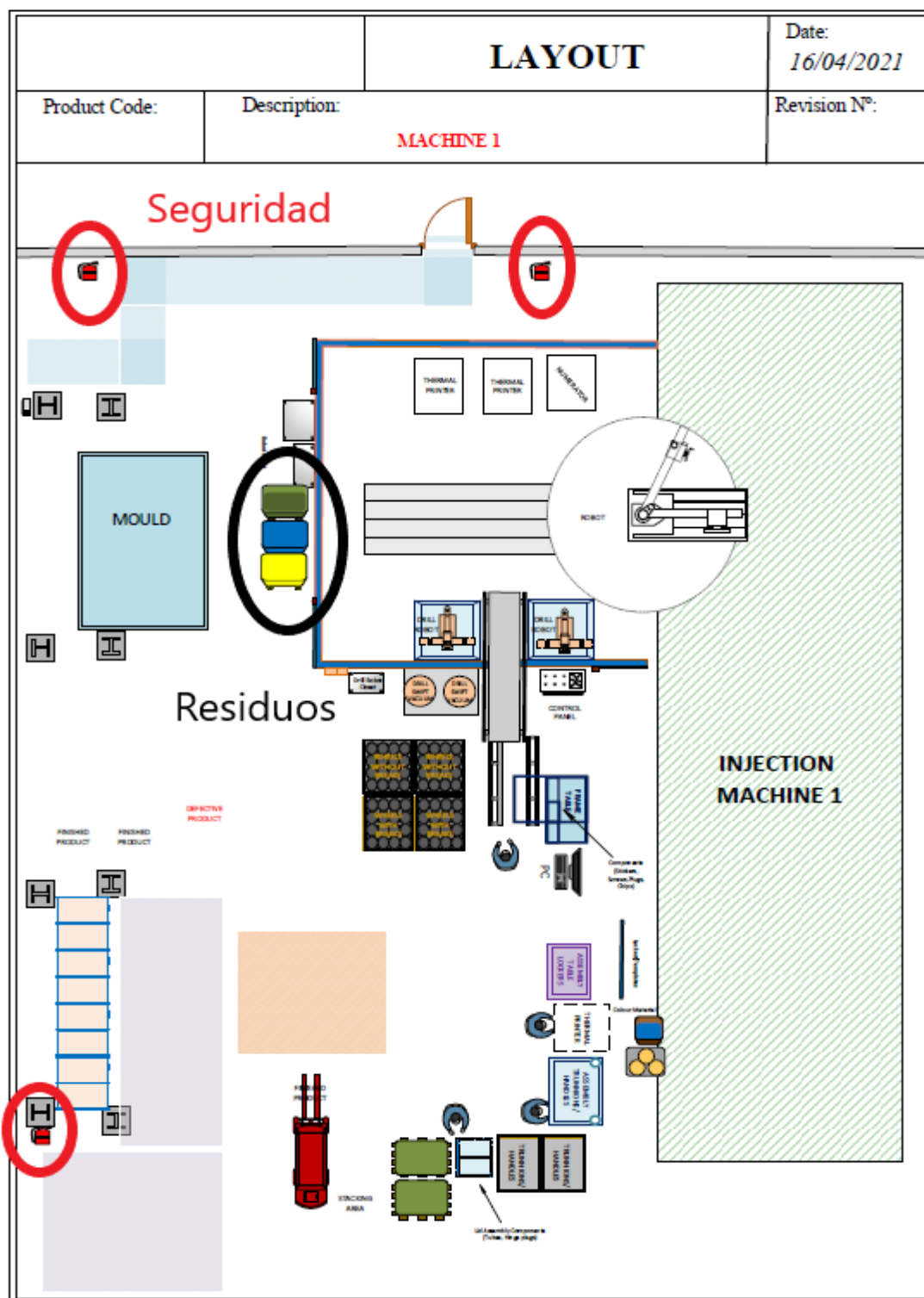


Figura 33: Lay-out a pie de máquina estándar

Además, para mejorar la gestión visual y gracias a esta estandarización de la distribución a pie de máquina se pintó el lay-out correspondiente en cada máquina (Ilustración 4).



Ilustración 4: Lay-out a pie de las diferentes máquinas

Como parte del lay-out se incluyeron paneles donde colocar diferentes plantillas necesarias para la terminación del producto (Ilustración 5) reduciendo los movimientos y el tiempo de preparación pues en Polonia y Getafe estas plantillas se encuentran en la zona de mantenimiento.

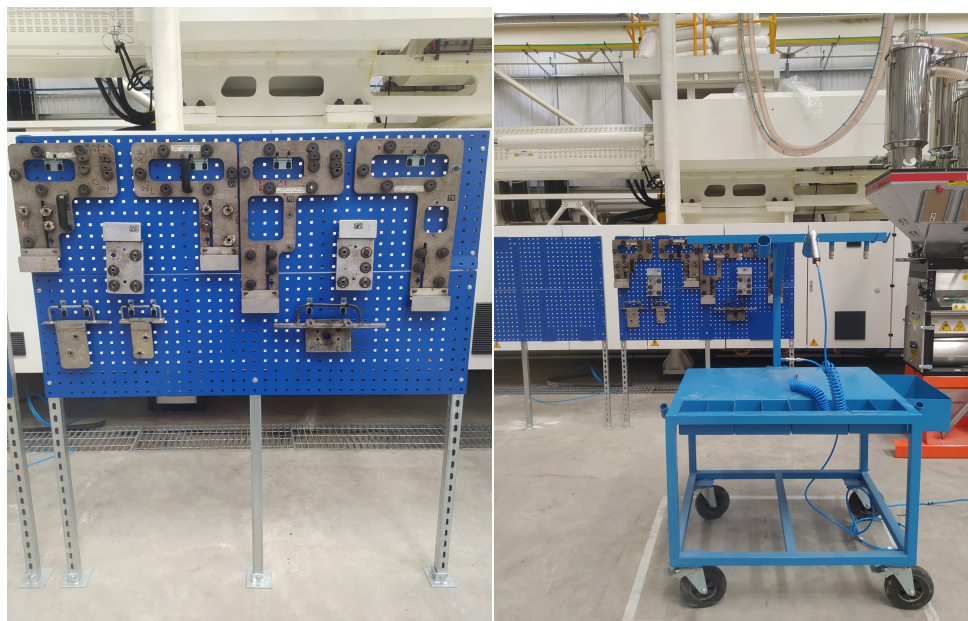


Ilustración 5: Ejemplo de paneles a pie de máquina

Por último, se desarrolló la documentación de todas las zonas importantes del proceso incluyendo las zonas de mantenimiento, patio y calidad, zonas que no se consideraban ni en Getafe ni Polonia. En dichas zonas también se pintó el lay-out en el suelo. Como ejemplo, el resultado de la zona de calidad es (Figura 34) (Ilustración 6):

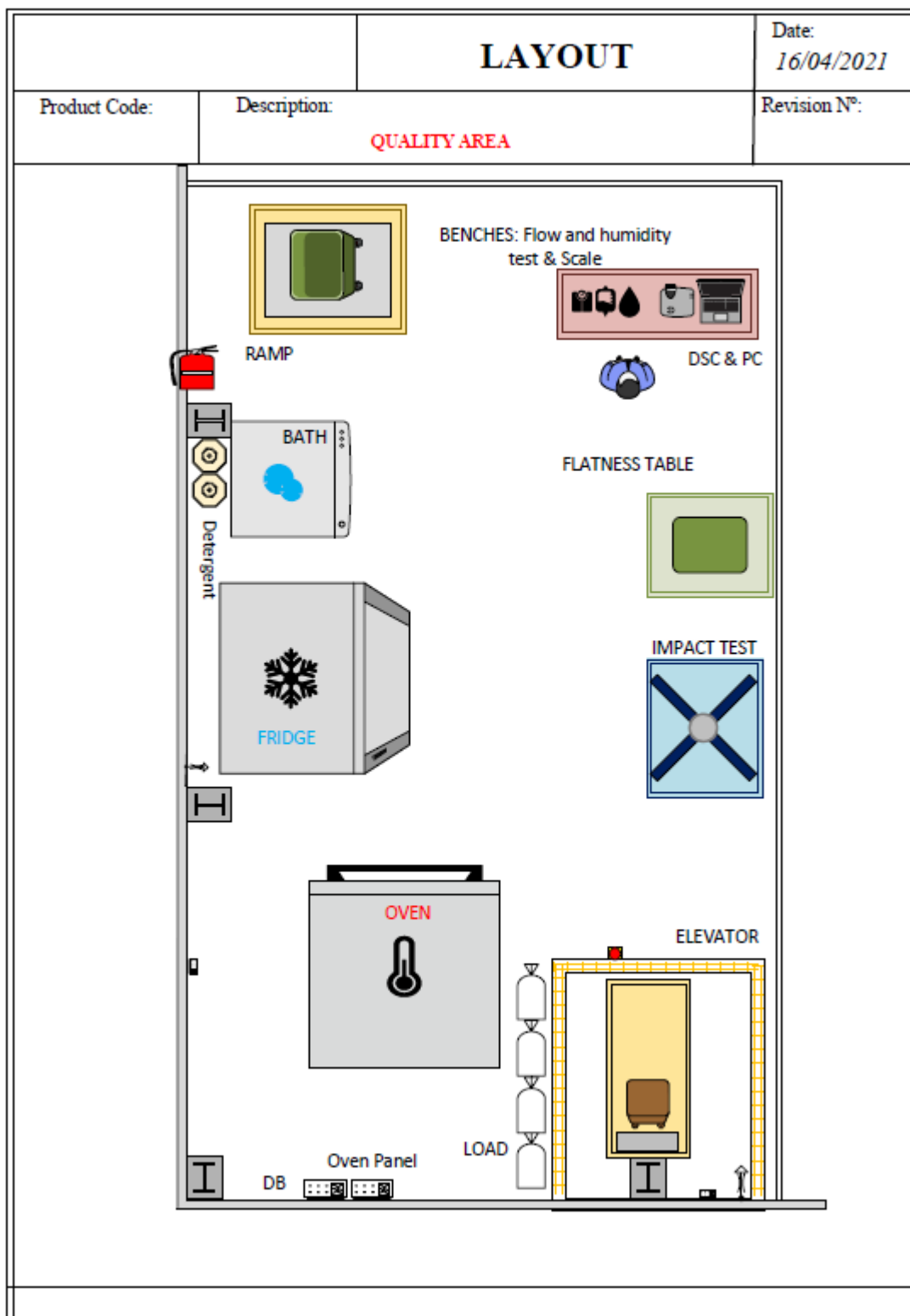


Figura 34: Lay-out de la zona de calidad

Figura 39: Lay-out de la zona de calidad



Ilustración 6: Lay-out pintado en el suelo de la zona de calidad

5.2.2 FICHAS DE OPERACIÓN ESTÁNDAR (FOE)

Como parte de la estandarización del proceso se adaptaron los dos tipos de documentos estándar principales.

El primero fue las fichas de operación estándar (FOE), en inglés, Standard Operation Procedure (SOP) donde se explicaba paso a paso el proceso de finalización del producto en línea. Para ello, primero se estableció un diseño único independientemente del producto que serviría como plantilla para después adaptarlo a los modelos. En el diseño de esta plantilla se le dio gran importancia a la optimización del espacio disponible con el fin de que se pudiese contemplar toda la información necesaria en una hoja A4 por delante y detrás. A continuación, se fue añadiendo la información relativa al proceso resaltando aquellos datos relacionados con las verificaciones o la documentación específica del control de calidad que necesita ser completada. En estas fichas también se contemplan los pasos a seguir en aquellos pedidos más personalizados (Figura 35).

STANDARD OPERATION PROCEDURE				
Part:	Date:	Level:	Nº Operators:	
Product Code:	Process:	ASSEMBLY IN LINE	Cycle Time:	1' 08"
Nº	OPERATION DESCRIPTION	KEY POINT	OPERATIVE RULES	TIME
VERIFICATION TO BE PERFORMED BEFORE STARTING PRODUCTION - QUALITY SHEET				
1	PLACE STICKER IN BOX LOCATED AT THE CONVEYOR BELT	Move box from the conveyor belt and place sticker at the top left side DO NOT place sticker backwards, upside down or over the edge		5
CRIPS				
2	IF PROCESSION, READ CRIP AND INSERT IT IN ITS LOCATION	+1 OPERATOR (or +1 SELF) Check chip type (SN) TAC with read, SN TAC on read, SN TAC with reader, SN TAC on read		11
3	IF PROCESSION, READ BAR CODE AND PLACE THE STICKER IN THE BOX	+1 OPERATOR (or +1 SELF) Check Bar code in the correct compartment with reader		7
4	ONLY FOR BASE BRID ASSEMBLY AND WHEELS AND FLIP BR	Reading must be performed UPPER CIRCLE Box is flipped during its movement in the ground		14, 15
5	REMOVE BRID	DO NOT leave any one with holes (Risk of cut on client) DO NOT remove parts in motion Remove parts all the way on each side		16
6	VERIFY THERMAL PRINTING/ REMEDIATION AND IF IT IS THE CASE, PRINT	Verify POSITION, ALIGNMENT, POSITION All parts have been covered There are not material on top parts		6
LOCK				
7	IF PROCESSION, DRILL FOR THE CORRESPONDING LOCK MODELS	Only refers with dimensional lock or with details Check the lock version (Manual, Automatic, Hydraulic system) in the software		12
8	ASSEMBLY CORRESPONDENT LOCK	+1 OPERATOR Introduce key to check the correct operation of the lock Check close correctly (open and close 50% of top box) When making, printed lock only paper and a sticker (except top box)		-
PEDAL				
9	IF PROCESSION, DRILL FOR PEDAL ASSEMBLY	+1 OPERATOR (or +1 SELF)		10
BACKUP/ADHESIVE				
10	IF PROCESSION, DRILL FOR BACKUP/ADHESIVE SYSTEM	+ 2 OPERATIONS Introduce air machine (1) in each box and all grates in the top box		-
HANDLES				
11	IF PROCESSION, DRILL AND ASSEMBLY HANDLES	+1 OPERATOR		-
12	ASSEMBLY AND INTERPLASTIC TIES IN THE DRILLS LOCATED IN THE TOP PART	EXCEPT BASES Make sure ties are correctly placed in the corresponding drill holes		6

SOUND INSULATION BUBBLES				
13	IF PROCESSION, ASSEMBLY SOUND INSULATION BUBBLES BETWEEN PLUGS AND HOLE	+1 OPERATOR (or +1 SELF)		-
14	PLACE LID AND INSERT PLUGS WITH PLASTIC HAMMER	Verify lid is not deformed (For lids with same surface, verify freely and lid for the same surface) To assembly correctly, place plug correctly matching the hole of the plug with hole surface There the excess of the lid to the corresponding lid		13
STICKERS				
15	IF PROCESSION, PLACE STICKERS IN THE CORRESPONDING SLOTS	+1 OPERATOR Place lid in the platform (Don't leave in the Box) Place sticker right before the marked point Go over the sticker with a spatula from the inside to the outside for a complete adhesion, so that there are no wrinkles or air bubbles There the excess of the sticker to the corresponding lid		-
16	ONLY FOR BASE BRID LEAVE COOKED	Waiting until before start over base Wait 10-15 seconds 1405, 10/14 wait		6
17	STACK BRID IN THE PNEUMATIC STACKING MACHINE	Respect stacking condition of order Use the corresponding stacking machine		4
WHEELS				
18	IF PROCESSION, PLACE WHEELS INSIDE THE BOX	EXCEPT BASES According to order specifications		5
19	ONCE A STACK IS COMPLETED, REMOVE IT FROM THE STACKING MACHINE AND LEAVE IT IN THE CORRESPONDING LOCATION FOR ITS REMOVAL	Remove the complete stack from the stacking machine according to order Verify the stack DO NOT touch to the order Check Order Decomposition		7, 13
20	WAIT FOR ANOTHER PART - SACK TO 1			-
SELF PRODUCTION SHEET				
SELF PRODUCTION SHEET	FOR every order (or shift change) and deliver to Head of APV	Complete Production Sheet		-
SELF CONTROL SHEET OF SUBJECTED PART	FOR every change of order (or shift change) and deliver to Head of APV	Complete Self Control of the Special Part		-
TOOLS USED				
TOOLS USED	FOR	DOCUMENTATION TO COMPLETE	DOCUMENTATION USED	
LOCK (WITH CASE)	REFLECTIVE TOOLBOX	PRODUCTION SHEET	QUALITY SHEET (QUAL)	
IF APV (HANGER)	EXTRUSION T. SHEET (WEATHERBET)	SELF CONTROL, SUBJECTED PART SHEET	ORDER SHEET	
MASSER	PNEUMATIC SYSTEM		WHEEL ASSEMBLY SHEET	
SPATULA			LOCK ASSEMBLY SHEET	
WHEELS			PEDAL ASSEMBLY SHEET	
REVERSE MACHINE	REFLECTIVE TOOLBOX - EXCEPT WATER		BACKUP/ADHESIVE SHEET	
IF APV (HANGER)			BASES IF ASSEMBLY SHEET	
			LET ASSEMBLY SHEET	
MAINTAIN WORK STATION CLEAN AND TIDY				

Figura 35: Diseño mejorado de la plantilla relativa a las FOE

Por otro lado, también se diseñaron fichas de calidad estándar intentando crear, de la misma forma que para las FOE, una plantilla única para todos los productos. También se buscó introducir información más detallada de forma clara como cotas a cumplir y se resaltó la información más relevante para su fácil identificación (Figura 36) (Figura 37):

[illegible]

Figura 36: Diseño mejorado de las fichas de calidad

[illegible]

La gran importancia dada al diseño de un formato único para cada una de las fichas se debe a reducir el tiempo de lectura pues el usuario sabe dónde encontrar la información independientemente del modelo.

Gracias al proceso de análisis de las diferentes no conformidades de cada una de las zonas detectadas en las diferentes auditorías realizadas a lo largo de los tres años de análisis se han podido identificar diferentes causas. Una vez identificadas las causas se buscó como implementar medidas y como reflejarlas en las diferentes fichas (Figura 38) (Figura 39).

112

presencia de más elementos de los necesarios tanto dentro de la zona de los equipos como en la zona exterior.

Con el fin de evitar la presencia de los elementos innecesarios se pintará el lay-out en el suelo como en el resto de las zonas de la fábrica lo que ayuda a detectar de forma más sencilla aquello innecesario en la zona. Respecto la falta de limpieza, ésta está relacionada tanto con la acumulación excesiva de residuos en los contenedores destinados para ello o la colocación de residuos en el contenedor inadecuado como con la falta de orden y limpieza en la zona de trabajo del molino. Por ello, para mejorar la limpieza, se estableció un proceso más claro de limpieza identificando a un responsable con nombre y apellido, a la vez se incluyó al personal de limpieza en los diferentes procesos de limpieza. Además, se aumentó la frecuencia realizando limpiezas diarias y se incluyó como parte de los puntos de verificación. Por otra lado, en esta zona hay riesgo de caída de granza por lo que la limpieza es de extrema importancia.

STANDARD 5S		Issued:	10/8/20
KNOWSLEY ZONE 9		Version:	VS
MILL		Leader:	

ACTIVITY	WHO	DURATION	FREQUENCY	MATERIAL
Cleaning magnets	Mill Operator	10 min	Daily (at the beginning of the shift)	
Floor cleaning (plastic pellets, burns, dirt, etc.)	Mill Operator + Cleaning Staff	10 min	Daily (at the end of the shift)	
Vacuum sewers	Mill Operator + Cleaning staff	10 min	Every 3 weeks	
Deeper cleaning: cabinet, front of lockers, shrink wrap machine box	Mill Operator + Cleaning Staff	40 min	Mondays at 6:00 am	
Emptying and cleaning dust hose	Mill Operator	20 min	Daily (at the end of the shift)	
Emptying mill dust container	Mill Operator	15 min	Daily	
Change of blades	Maintenance + Mill Operator	4 horas	When they are worn	
Check oil level and fill if it is low	Mill Operator	5-20 min	Daily (at the beginning of the shift)	
Inform for bags removal	Mill Operator	5 min	When they are 3 full cages	
Inform for the withdrawal of the material located outside to be milled	Mill Operator	5 min	When the material (well placed) exceeds the line	

LIST OF ELEMENTS (allowed in the area)	LIST OF ELEMENTS (allowed in the area)
(1) Mill and crusher	(7) Fire Extinguisher: CO2 and Foams
(2) Scale and one pallet	(8) Cable wound equipment: Emergency control and 2 compressed air intakes
(3) Shed with shrink wrap machine	(9) Electrical connection socket (xcl)
(4) Cleaning gear (broom, dustpan, mop, shovel, metal tool on top, vacuum cleaner)	(10) Trolley with heater or fan
(5) Lockers / Face shield / Stickers / Paper (daily report and magnet revision)	(11) Tools panel
(6) Auxiliary elements: unassembled wheels, unassembled ash, stabilizing jacks, scrap metal	(12) Mill operator table

LAYOUT
WORK LAYOUT SHEET

Figura 38: Ejemplo de ficha estándar 5S de la zona de molino (Cara A)

STANDARD 5S		Issued:	15/04/23
KNOWSLEY ZONE 9		Version:	WS
MILL		Leadin:	
VERIFICATION (CHECK LIST)			
ORDER/CLEANESS/OPERATIONS	1	There are all the elements on the list. (No more and no less).	
	2	The rows of containers are stored by colour up and do not overlap the pallets one.	
	3	Clearing (cabinets, floor, frames, etc.).	
	4	Magnets have been left clean (at the beginning of the shift).	
	5	MII is undamaged.	
	6	The shrink wrap machine is in the shed or is being used. The scale is free and there is a pallet behind.	
	7	There is no material to be milled outside the mill boxes.	
	8	Area is cleaned: free of dust and no plastic pellets on the floor	
	9		
	10		
	11		
SECURITY	12	Fire extinguisher: There are 2 (CO2 and Foam)/ It has pressure / stamped / sealed / revision date okay / is signposted / is accessible.	
	13	Electrical connection socket is clean and in good conditions.	
	14	There is PPE available in the area (antibabion whitband and gloves, noise protection earmuffs, security boots).	
	15	Emergency stop buttons work.	
	16		
ENVIRON.	17	There are no oil spills in the mill.	
	18	Disposal unit area is free of contaminating elements.	
	19	Leaving off when cleaning	

Figura 39: Ejemplo de ficha estándar 5S de la zona de molino (Cara B)

El equipo utilizado en esta zona es suficientemente grande (Ilustración 7) para asegurar que el producto defectuoso pueda ser alimentado perfectamente. Además, se instaló una tapa hidráulica para evitar la expulsión de partes del producto debido a la acción del desgarrador. La línea en su conjunto cuenta con un sistema de aspiración para transportar el material molido a las sacas evitando que se derrame el material.



Ilustración 7: Desgarrador y molino

Por otra parte, el tamaño de la zona (Ilustración 8) será lo suficientemente amplia para garantizar el orden y la limpieza. Para ello, también dispone de una puerta habilitada para carretillas para que el transporte del producto defectuoso sea sencillo.



Ilustración 8: Zona del molino

Con el fin de asegurar un mayor orden y limpieza en toda la planta considerando todas las zonas implicadas en el proceso de fabricación, se estableció lugares fijos para las diferentes herramientas. Un ejemplo es la zona de mantenimiento que es la que muestra más diferencias respecto a las otras dos plantas en cuanto al orden. En línea a la gestión visual de la fábrica, se instalaron paneles para la organización de eslingas y cáncamos (Ilustración 9) y se adquirió mobiliario adecuado para asegurar una correcta organización de las herramientas (Ilustración 10) (Ilustración 11):



Ilustración 9: Organización de eslingas y cáncamos



Ilustración 10: Organización de tornillos y tuercas dentro de los armarios

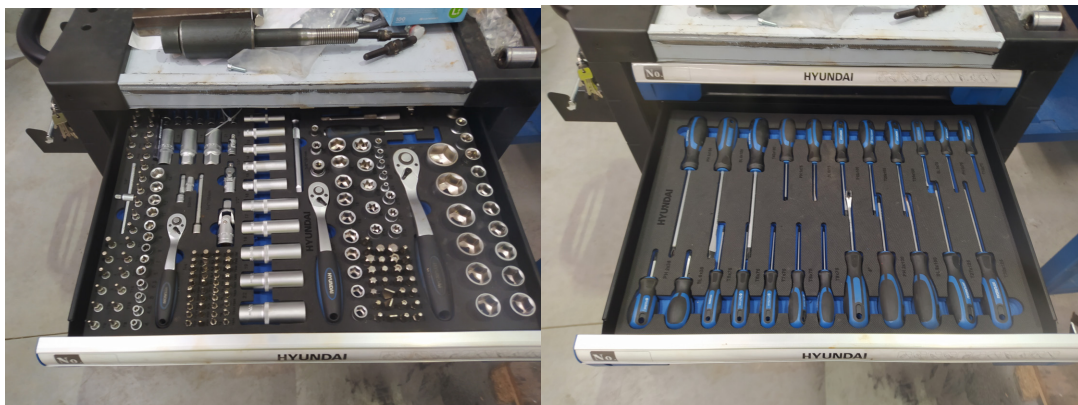


Ilustración 11: Organización de herramientas

Otra zona que presenta un mayor número de diferencias es la zona a pie de máquina. Aquí se instalaron paneles con ubicaciones para las diferentes herramientas a utilizar a pie de máquina (Ilustración 12). También se diseñaron mesas con ubicaciones para colocar los

diferentes accesorios adaptadas a éstos con el fin de asegurar la cantidad necesaria (Ilustración 13).

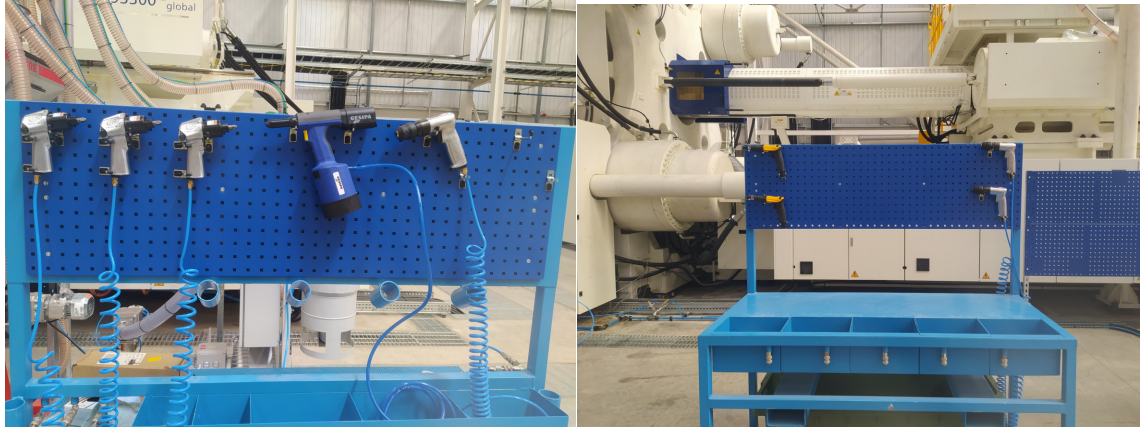


Ilustración 12: Paneles con ubicaciones para las herramientas



Ilustración 13: Mesas con ubicaciones para accesorios

Por último, para asegurar el orden y la limpieza en toda la planta se elaboraron estanterías para la organización de las placas utilizadas en la termo impresión o para almacenar materiales necesarios en la producción (Ilustración 14):



Ilustración 14: Estanterías fabricadas adaptadas al accesorio a almacenar

5.2.4 SMED

Primero, se elaboró la matriz de cambio de molde según el modelo contemplando únicamente los moldes a utilizar en la planta de Liverpool. Dado que la producción es mucho menor, como resultado se obtuvo una matriz mucho más sencilla (Figura 40):

	700/910 D Container		1000/1100 F MN Container		120 H Bin		140 H Bin		240 H2 Bin		1000/1100 Container Ltd	
	2OP.	3OP.	1OP.	2OP.	1OP.	2OP.	1OP.	2OP.	1OP.	2OP.	1OP.	2OP.
700/910 D Container					N/A	N/A	N/A	N/A				
1000/1100 F MN Container	5.00				N/A	N/A	N/A	N/A				
120 H2 Bin	N/A	N/A	N/A						5.30		5.00	
140 H Bin	N/A	N/A	N/A		5.10				4.10		3.00	
240 H2 Bin	N/A	N/A	N/A		4.10							
1000/1100 Container Ltd	N/A	N/A	N/A		5.30				4.30			

Figura 40: Matriz de tiempos adaptada a la planta de Liverpool

Para obtener los tiempos estándar se tuvo de referencia los tiempos de Polonia pues los modelos y los cambios son más parecidos. Estos tiempos servirán de punto de partida de la herramienta y son únicamente ilustrativos, por ello, será de gran importancia la medida de los tiempos en cada uno de los cambios a realizar en Liverpool para así obtener una matriz lo más realista posible.

Además, gracias a la reducción de los modelos de los moldes, el proceso de análisis de correlación de los tiempos respecto a los diferentes factores será más sencillo. Dado las variaciones mostradas en las plantas de Polonia y Getafe respecto al turno y la máquina a realizar el cambio, se analizará el impacto de estos factores en la planta de Liverpool. Este análisis podría servir como base para obtener conclusiones con el fin de reducir el tiempo dedicado al cambio de molde pudiendo aplicar nuevas prácticas en el resto de las plantas donde al disponer de más modelos y máquinas, el problema es más complejo de analizar.

Por otro lado, se ha actualizado la instrucción de trabajo adaptando la ficha el proceso a llevar a cabo en Liverpool. Con el fin de obtener una instrucción de trabajo más detallada se adaptó la instrucción operativa relativa a Getafe plasmando unos pasos más ilustrativos y que coincidiesen más con la realidad pues cómo se pudo observar en el análisis muchos operarios veían la necesidad de escribir los pasos a mano (Figura 31). Además, se incluyó los tiempos estándares de cada uno de los diferentes pasos para, así, poder identificar aquellos pasos en los que el operador se atrasa respecto al tiempo estándar con la finalidad de intentar identificar las carencias del sistema de cambio (Figura 41).



Figura 41: Plantilla SMED mejorada

5.2.5 PANELES DE VISUALIZACIÓN

A lo largo de esta sección se expone la importancia de la gestión visual en todas las herramientas y como es fundamental aplicarla para asegurar la correcta implantación de las herramientas destacando las 5S. Algunas mejoras llevadas a cabo respecto Polonia y Getafe como el lay-out a pie de máquina, paneles con las ubicaciones de las diferentes herramientas o el sistema de organización de los tornillos, o eslingas en la zona de mantenimiento. Gracias a haber pintado el lay-out se establece en todo momento la cantidad de los elementos necesarios, así como del lugar que le corresponde (“Cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa”). Además, ayuda a identificar si falta algún elemento necesario en el proceso de una forma mucho más rápida.

Otras mejoras respecto a las otras dos plantas en cuanto a la gestión visual es la señalización de las zonas (Ilustración 15) o la elaboración de paneles informativos donde se contemplen los diferentes accesorios a utilizar (Ilustración 16).



Ilustración 15: Señalización de las zonas de paso y mantenimiento



Ilustración 16: Panel con accesorios y nombres

5.3 IMPLEMENTACIÓN

La implementación de las herramientas es una de las etapas claves de todo el proceso Lean pues es necesario que ésta se adapte lo máximo posible al proceso para así asegurar su uso. Con el fin de que la implantación sea un éxito se debe que tener en cuenta factores externos a las herramientas como una gestión del cambio adecuada.

Es por ello que el objetivo de implementar las herramientas desde el principio, es decir, desde la puesta en marcha, es una gran oportunidad para alcanzar una implantación exitosa. Como se ha explicado al comienzo de este capítulo, el proceso de desarrollo de las herramientas y su implementación se realizó desde la experiencia en las otras dos plantas y utilizando los conocimientos adquiridos en Lean Manufacturing mientras se utilizaba el

análisis realizado y la documentación relativa a la producción de los últimos años. Es por ello por lo que se puede considerar que las herramientas están mejoradas y adaptadas lo máximo posible al proceso.

A pesar de que la planta de Liverpool no se enfrenta a un cambio tan importante como el de las otras plantas, pues la idea es comenzar la producción con las herramientas ya implantadas, es importante tener en cuenta que los miembros y trabajadores de la nueva planta de Liverpool deben pensar y actuar acorde la filosofía Lean lo que igualmente supone un cambio en su forma de trabajar. Con el objetivo de conseguir una involucración y motivación cada vez mayor por parte de todos los trabajadores, se le dio gran importancia a la formación de los líderes de los diferentes turnos de la nueva planta. Por ello, una vez conocido el proceso de fabricación, la formación se basó en la importancia de las herramientas Lean.

Cabe destacar que el inicio de la producción, a fecha de elaboración de este proyecto, no ha empezado pero la implantación de las herramientas ha comenzado hace unos meses con la formación de los empleados y la preparación de la fábrica para la puesta en marcha. Estos dos aspectos son pasos fundamentales en el proceso de implantación e igual de importantes que cualquier otra etapa pues se puede considerar que se encargan de crear los cimientos del templo Lean, la base para consolidar la filosofía en todo el proceso. Es por ello que la implantación se puede dividir en dos partes, la fase de preparación y formación y la fase de puesta en marcha. Con esta división del proceso de implantación, se pudo elaborar un cronograma contemplando las actividades a realizar en las diferentes etapas. Dado que las herramientas en su totalidad, incluyendo la fase de implantación, se deben adaptar lo máximo posible al proceso este cronograma solo contempla la frecuencia de las actividades hasta diciembre 2021. Hasta esa fecha se espera una evolución en la aplicación de las herramientas y según los resultados obtenidos se diseñará otro plan de implantación (Figura 42).

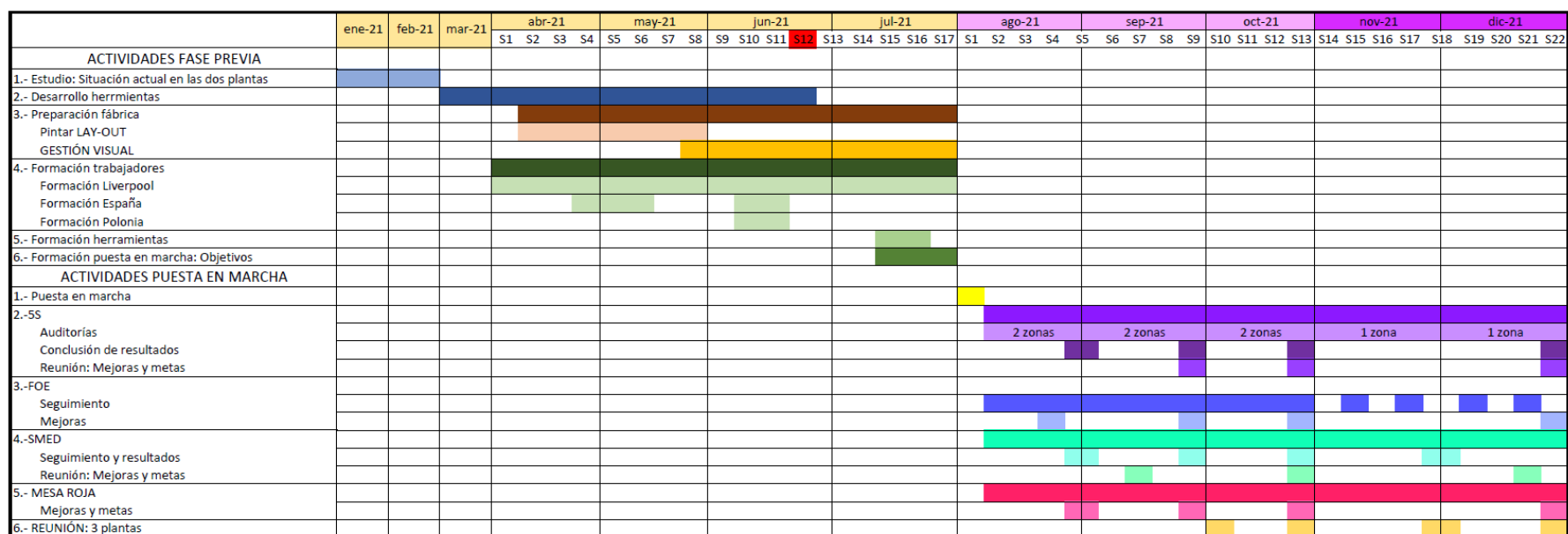


Figura 42: Cronograma de implementación

5.3.1 ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN Y FORMACIÓN

Esta fase comienza con la elección del personal de mantenimiento y los diferentes operarios y líderes de equipo. En este proceso se dio gran importancia a las habilidades, experiencia previa en el ámbito de fabricación y producción, así como a una actitud proactiva. Para aquellos puestos más altos como los jefes de mantenimiento o líderes, eran imprescindible habilidades de liderazgo adecuadas.

Una vez elegido el personal, comenzó su formación con cursos de salud y seguridad centrados en primeros auxilios y en situaciones de emergencia. También se llevaron a cabo cursos necesarios para el manejo de maquinaria de carga como son las carretillas, el puente grúa, apiladores automáticos o plataformas elevadoras utilizados en la fábrica.

Después de la formación inicial y primera toma de contacto con la empresa y la planta en cuestión, algunos de los líderes de equipo viajaron a la planta de Getafe durante tres semanas y posteriormente a la planta de Polonia durante otras dos semanas. Estos dos viajes les sirvieron para poder conocer el proceso en su totalidad, las funciones propias de su posición y la forma de realizarlas. A su vez, esta gran oportunidad de visitar las otras dos plantas, formó parte de la filosofía Lean pues una de las herramientas son los Gemba Walks que consiste en paseos por la fábrica con el fin de entender los posibles problemas y poder encontrar soluciones pues es en la fábrica donde sucede todo.

Mientras se llevaba a cabo esta formación, el equipo de mantenimiento se encargó de la preparación de la fábrica para la puesta en marcha. A parte de la instalación de los diferentes equipos y realización de las pruebas de los mismos, se pintó el lay-out de la planta y se comenzaron a instalar los paneles de gestión visual ya comentados. Actualmente, se está trabajando en la instalación de pizarras a pie de máquina con el fin de incluir información del pedido y parámetros de fabricación. También servirá como herramienta de motivación para los trabajadores pues también se contemplará el tiempo de ciclo estándar comparándolo con el tiempo de ciclo real indicando si se encuentra por encima o debajo. Además, la

diferencia de tiempos respecto al estándar servirá para poder identificar mejores prácticas o las causas de una mala ejecución de las actividades que forman el proceso.

Además, una vez estén instaladas las estanterías del material recuperado, accesorios, tapas y pigmentos de color, se colocará cartelería complementaria al sistema ERP para facilitar el proceso de búsqueda del producto necesitado. Otro tipo de cartelería a implementar consistirá en la relativa al orden y limpieza indicando, por ejemplo, el tipo de residuo a colocar en cada uno de los depósitos.

En paralelo a la instalación de paneles visuales y antes de la puesta en marcha, los operadores recibirán una última formación centrada en los tipos de objetivos a alcanzar, los indicadores utilizados en la fábrica y las herramientas de Lean Manufacturing. También tendrá lugar en este período de tiempo la formación en inyección para la utilización de los diferentes equipos que participan en la fabricación del producto.

5.3.2 ACTIVIDADES DE PUESTA EN MARCHA

La puesta en marcha está planeada para principios de agosto. A pesar de que Lean es a largo a plazo pues en su filosofía lleva implícito la mejora continua, los objetivos se deben fijar a corto plazo con el fin de solucionar problemas concretos y motivar al personal con pequeñas victorias y convenciendo de que la metodología funciona. Además, esta es una forma de poder asegurar la continuidad de las prácticas en un futuro.

Los primeros tres meses servirán para establecer una situación actual y los primeros objetivos y metas a alcanzar. Tras una semana de producción, se comenzará con el seguimiento de las herramientas y de las diferentes prácticas que incluyen el proceso. El proceso de seguimiento (5S, FOEs, SMED) será parecido entre las diferentes herramientas pues todas ellas contarán con reuniones, donde los diferentes departamentos se juntan para establecer nuevas metas y comentar los diferentes descubrimientos. A su vez, se ha decidido establecer dos etapas de implementación con distintas frecuencias de inspección, la primera, que transcurre durante los tres primeros meses (agosto, septiembre y octubre) y donde las

reuniones son más frecuentes que en la segunda, que transcurre durante los dos siguientes meses (noviembre y diciembre).

5.3.2.1 5S

Así como en Getafe y Polonia, se llevarán a cabo auditorías de las diferentes zonas para asegurar el orden y la limpieza. Tras observar y analizar la implantación de la herramienta se pudo concluir que uno de los principales problemas era el sistema de evaluación de las diferentes áreas. En Getafe, las auditorías eran inconsistentes (frecuencia y método de valoración) y, en Polonia, no se plasmaba del todo el cumplimiento con cada una de las S y se analizaban diferentes aspectos en cada una de las áreas, es decir, la evaluación era diferente en cada una de las áreas, así como las variables estudiadas. A pesar de ello, se puede considerar que el sistema de evolución de los resultados de las auditorías era más adecuado el de Polonia pues plasmaba de mejor forma los resultados.

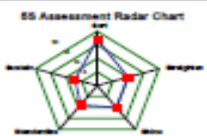
También, se llegó a la conclusión que a pesar de que en Getafe se habían evaluado más zonas el sistema no era constante y los días de las auditorías, así como las zonas, eran elegidos aleatoriamente haciendo más difícil establecer una rutina. Por otro lado, en Polonia, el sistema era mucho más continuo realizando una auditoría por semana de una zona elegida.

De todas formas, los resultados en ambas fábricas eran bastante subjetivos, por lo que se ha diseñado un sistema de evaluación mucho más fácil de utilizar que calcule de forma automática el resultado y por lo tanto aporte objetividad al mismo. La primera parte (Figura 43) consiste en una ficha dividida en las 5 S diferentes donde se plantea preguntas relativas a cada una de las verificaciones a realizar. A partir de las respuestas se obtienen un resultado del 1 a 20 por cada S y se representan en un gráfico de araña donde se puede observar el resultado de cada parte de la herramienta. En estas fichas se deberá también incluir el nombre de la persona que realiza la auditoría, así como el día y la zona. A pesar de la importancia de la estandarización del proceso, con el fin de facilitar las auditorías e identificar fácilmente las no conformidades, y evitar ambigüedades, se elaboró una ficha de evaluación para cada una de las zonas donde cada una de las preguntas correspondiese con los puntos de verificación de la zona correspondiente.

Area:		Auditor:		Day:					
1st s Sort & Separate and eliminate unwanted	1	Are any of the elements on the list missing?	0	1	2	3	4	5	6
	2	Are there any additional elements?							
	3	Is there a specific container for each type of waste?							
	4	Are the container, stack, and machinery states carefully identified?							
			Total		0				
2nd s Store and identify waste	1	Are materials and tools accessible and organized according to use or frequency?	0	1	2	3	4	5	6
	2	Is the electric power machine stored when it is not being used?							
	3	Are containers stored in line and organized by colour?							
	4	Is material to be milled out of the mill box?							
	5	Are waste materials, defective parts, TVE and security devices in good condition?							
	6	Is TVE condition checked and gloves, safety protection equipment, security training being used and in good condition?							
		Total		0					
3rd s Shine and clean	1	Are floors, walls, ceilings, lockers and surfaces free of dirt, rubbish, oil or sticky residue?	0	1	2	3	4	5	6
	2	Is the dust hole emptied and cleaned? Is the dust container emptied?							
	3	Are magnets clean?							
	4	Are tables in good condition?							
	5	Are labels, signs and floor markings in good condition?							
	6	Are sources of dirt and grime identified?							
		Total		0					
4th s Standardize	1	Is the standard adequate?	0	1	2	3	4	5	6
	2	Does the standard include clearing frequencies and responsibilities?							
	3	Is the overall environment clean (benches, certified, clean)?							
	4	Is the layout clearly defined and most safe ready?							
	5	Do employees follow the standard?							
			Total		0				
5th s Maintain and repair	1	Are spares stored in the standard positions?	0	1	2	3	4	5	6
	2	Are indicators (one mill) clearly identified and understood?							
	3	Is the 5S audit indicator respected?							
	4	Are the findings discussed with the different people involved in the team?							
			Total		0				

Evaluation started by:

Evaluation checked by:



OBSERVATIONS

Figura 43: Ficha de evaluación a rellenar en las auditorías

La segunda parte corresponde a la evolución de los resultados de las auditorías. Esta parte del documento representará los datos de forma general y dividida en las 5 S de las auditorías realizadas. También incluirá el plan de auditorías mediante las fechas y auditor planeados con el fin de poder compararlo con la situación real y poder observar el seguimiento del plan de auditorías (Figura 44):

5S Audit Evaluation

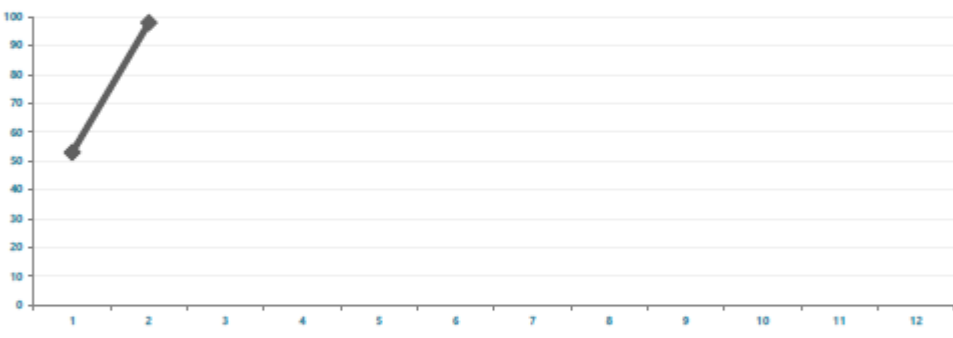
5S Audit planification

Planned date	1-ene.-21	1-feb.-21	1-mar.-21	1-abr.-21	1-may.-21	1-jun.-21	1-jul.-21	1-ago.-21	1-sep.-21	1-oct.-21	1-nov.-21	1-dic.-21
Real Date												
Planned auditor												
Real auditor												

Results

1st S: Sort	17	18										
2nd S: Straighten	10	20										
3rd S: Shine	10	20										
4th S: Standardize	8,8	20										
5th S: Sustain	7,2	20										
Total	53	98										

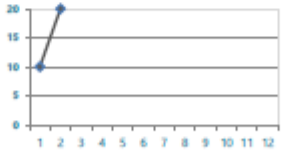
5s Audit Evolution



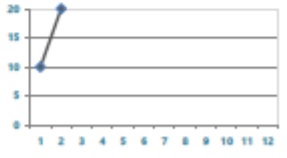
Results 1st S



Results 2nd S



Results 3rd S



Results 4th S



Results 5th S



Figura 44: Plantilla de evaluación de las 5S a partir de las auditorías

En el caso de Liverpool, con el fin de establecer un hábito desde el principio de orden y limpieza, se comenzará realizando auditorías de 2 zonas por semana. Una vez transcurrido agosto cada zona habrá sido evaluada y, al final de mes se podrá obtener conclusiones del

estado de la fábrica que servirán para determinar la situación inicial y la deseada. En los próximos dos meses (septiembre y octubre) el proceso será igual, es decir, dos auditorías por semanas y una evaluación de los resultados mensuales. Cabe destacar que durante estos meses el número total de auditorías por zona debe ser equitativo.

Por otro lado, una vez transcurridos los dos primeros meses, agosto y septiembre, y cada una de las zonas haya sido evaluada 4 veces se podrá evaluar en su totalidad la herramienta pudiendo establecer nuevos objetivos y metas. Para ello, se concertará una reunión de los diferentes colaboradores y otra posterior al final de octubre para conseguir una mejora de las prácticas e implantar las mejoras detectadas.

Una vez transcurrido octubre, el periodo de las auditorías se reducirá a una vez por semana y las evaluaciones de resultados, así como las reuniones de los colaboradores se realizarán cada dos meses.

5.3.2.2 FOE

En la primera etapa se realizará controles a pie de máquina donde se evaluará el proceso llevado a cabo por los diferentes operadores con el fin de determinar si se está realizando de forma estándar así como el nivel de conocimiento del proceso.

Esta evaluación se realizará de un puesto de trabajo cada semana durante la primera etapa (agosto, septiembre y octubre). Por otro lado, se convocarán reuniones mensuales donde se comentarán las mejoras a implantar y se modificarán las fichas de operación estándar según sea necesario. De esta forma se irá actualizando el proceso adaptándolo lo máximo posible al proceso real pues otra de las conclusiones del análisis de las herramientas fue la falta de actualización de las fichas conforme a las necesidades del proceso. En la siguiente etapa (noviembre y diciembre) la frecuencia entre las evaluaciones disminuirá siendo una evaluación de un puesto de trabajo cada dos semanas y las reuniones de seguimiento cada dos meses.

5.3.2.3 SMED

En el caso de la planta de Liverpool, el número de cambios de molde se verá reducido considerablemente respecto a las otras fábricas, por lo que los intervalos de seguimiento serán más prolongados siendo estos cada tres semanas. En estas evaluaciones del proceso se estudiará el rendimiento de los diferentes turnos y se revisarán las observaciones realizadas en los cambios de molde para analizarlas en los cambios de molde correspondientes que se realicen a posteriori.

Además, se contará con una reunión, primero, cada mes y medio, y, después cada dos meses, donde se analizarán posibles mejoras en el procedimiento de cambio y se estudiará diferentes opciones para instalar accesorios con el fin de reducir el tiempo de las tareas internas y así poder aproximarse a la preparación cero.

5.3.2.4 Mesa Roja

Al igual que en Getafe y en Polonia, se llevará a cabo las reuniones de la Mesa Roja participando los diferentes departamentos diariamente. Además de ésta, al final de cada mes, los departamentos se reunirán para evaluar los resultados obtenidos y poder obtener conclusiones mensuales.

Por último, como novedad y con el fin de poder establecer un dialogo entre las fábricas, así como establecer un proceso lo más estándar posible, se propondría una reunión mensual vía Teams con los responsables de los departamentos que participan en la producción (mantenimiento, logística, calidad, producción y seguridad laboral) para comentar el resultado mensual y analizar diferentes medidas de mejora para poder exportarlas a las otras fábricas. Este diálogo continuo se vería aumentado con una persona responsable de procesos que pudiese viajar a las tres plantas y así aplicar de forma más eficiente esta comunicación y asegurándose del cumplimiento de las medidas adoptadas. Además, el poder viajar a las tres fábricas y estar en contacto en primera persona con las personas encargadas de la fabricación en las tres plantas formará parte de los Gemba Walks comentados antes en el capítulo.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez avanzado el proceso de implantación el número de resultados obtenidos asciende considerablemente puesto que los factores a analizar aumentan. Algunos de estos factores son los tiempos de ciclo, la evaluación del orden y limpieza, los valores de los diferentes indicadores, la comparación de la situación a lo largo de los meses con los diferentes objetivos establecidos o el tiempo dedicado a los diferentes cambios de molde respecto al estándar.

La única herramienta implantada en su totalidad en este momento del proyecto es la distribución en planta por lo que este capítulo estará principalmente centrado en la comparación de la distancia recorrida en las diferentes plantas, así como, en el estudio económico del proyecto. Por otro lado, con el fin de obtener una aproximación de la eficiencia del proceso se evaluará el OEE de las tres plantas y la reducción en los tiempos esperada.

6.1.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Mediante el método de la distancia ponderada se pudo obtener conclusiones sobre la ergonomía de las diferentes plantas así como evaluar la eficiencia de la instalación de muelles de carga y el sistema de bombeo para la alimentación del material recuperado a las diferentes máquinas inyectoras, sistemas instalados como novedad en la fábrica de Liverpool.

Para ello, primero se elaboró diagramas de bloques que representasen la distribución de la planta en las tres fábricas (Figura 45) (Figura 46) (Figura 47):

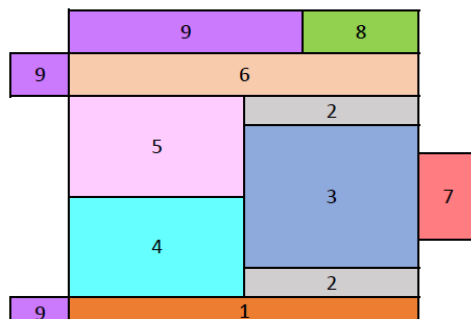


Figura 45: Sistema de bloques de la distribución en planta de Getafe

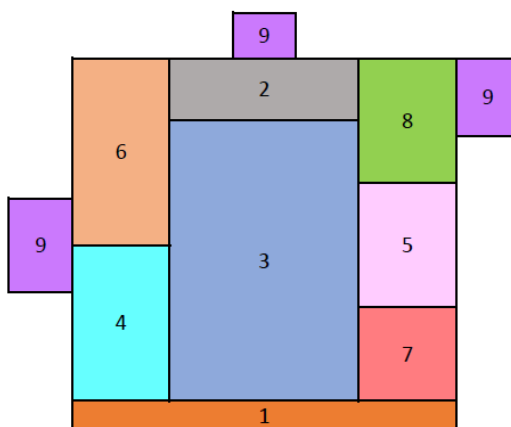


Figura 46: Sistema de bloques de la distribución en planta de Polonia

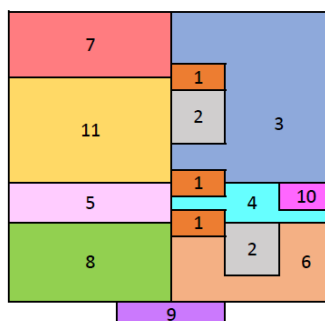


Figura 47: Sistema de bloques de la distribución en planta de Liverpool

En las tres plantas se pueden observar 9 zonas comunes:

1. Estanterías de pigmentos (Marrón)
2. Moldes (Gris)
3. Producción (Azul)
4. Montaje (Cíán)
5. Estanterías material reciclado (Rosa)
6. Mantenimiento (Naranja)
7. Calidad (Rojo)
8. Molino (Verde)
9. Patio (Morado)

La planta de Liverpool contiene dos zonas más:

10. Muelles de carga (Amarillo)
11. Alimentación material recuperado (Magenta)

A continuación, se determinaron los diferentes factores de cercanía a través del muestreo estadístico de los datos obtenidos de la mesa roja durante el último año (Anexo II):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	0								
3	3	1							
4	0	0	4						
5	0	0	3	0					
6	0	2	5	0	0				
7	1	0	3	1	1	0			
8	0	0	4	0	3	0	0		
9	1	0	50	3	1	0	4	0	

Tabla 1: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Getafe

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	0								
3	3	1							
4	0	0	3						
5	0	0	3	0					
6	0	1	4	0	0				
7	1	0	2	1	1	0			
8	0	0	3	0	3	0	0		
9	1	0	30	2	1	0	3	0	

Tabla 2: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Polonia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	0										
3	2	1									
4	0	0	3								
5	0	0	0	0							
6	0	1	2	0	0						
7	1	0	3	1	1	0					
8	0	0	3	0	2	0	0				
9	0	0	20	2	0	0	3	0			
10	0	0	0	0	2	0	0	0	0		
11	1	0	3	0	1	0	1	0	20	0	

Tabla 3: Factores de cercanía entre las zonas de la planta de Liverpool

Por último, se establecerá la distancia entre las diferentes zonas. Para ello y puesto que la mayoría de los traslados dentro de las tres plantas son rectilíneos se calculó la distancia como:

$$d_{AB} = |x_A - x_B| + |y_A - y_B|$$

Para aquellas zonas con dos o más ubicaciones se realizó la media de la distancia. Un ejemplo donde se aplicó la media es en la planta de Getafe al calcular las distancias entre los moldes y el resto de las zonas o en la planta de Liverpool al calcular la distancia desde los moldes a las diferentes zonas o la zona de estanterías de color respecto al resto de las zonas. Una vez obtenidas estas distancias se pudieron obtener las diferentes distancias ponderadas:

Pareja de zonas		Factor de cercanía, w	Distancia, d	Distancia ponderada, d^*w
1	2	0	2	0
1	3	3	2	6
1	4	0	1	0
1	5	0	2	0
1	6	0	3	0
1	7	1	3	3
1	8	0	3	0
1	9	1	4	4
2	3	1	1	1
2	4	0	1,5	0
2	5	0	1,5	0
2	6	2	2	4
2	7	0	1	0
2	8	0	3	0
2	9	0	3	0
3	4	4	1	4
3	5	3	1	3
3	6	5	2	10
3	7	3	1	3
3	8	4	3	12
3	9	50	3	150
4	5	0	1	0
4	6	0	2	0
4	7	1	2	2
4	8	0	3	0
4	9	3	3	9
5	6	0	1	0
5	7	1	2	2
5	8	3	2	6
5	9	1	2	2
6	7	0	3	0
6	8	0	1	0
6	9	0	2	0
7	8	0	4	0
7	9	4	4	16

8	9	0	1	0
				237

Tabla 4: Resultado de la distancia ponderada de la planta de Getafe

Pareja de zonas		Factor de cercanía, w	Distancia, d	Distancia ponderada, $d \cdot w$
1	2	0	4	0
1	3	3	1	3
1	4	0	2	0
1	5	0	2	0
1	6	0	3	0
1	7	1	1	1
1	8	0	3	0
1	9	1	4	4
2	3	1	1	1
2	4	0	2	0
2	5	0	2	0
2	6	1	1	1
2	7	0	4	0
2	8	0	1	0
2	9	0	2	0
3	4	3	1	3
3	5	3	1	3
3	6	4	1	4
3	7	2	1	2
3	8	3	1	3
3	9	50	2	100
4	5	0	4	0
4	6	0	1	0
4	7	1	3	3
4	8	0	3	0
4	9	2	3	6
5	6	0	3	0

5	7	1	1	1
5	8	3	1	3
5	9	1	3	3
6	7	0	4	0
6	8	0	2	0
6	9	0	2	0
7	8	0	2	0
7	9	3	4	12
8	9	0	2	0
				153

Tabla 5: Resultado de la distancia ponderada de la planta de Polonia

Pareja de zonas		Factor de cercanía, w	Distancia, d	Distancia ponderada, $d*w$
1	2	0	3	0
1	3	2	1	2
1	4	0	1	0
1	5	0	2	0
1	6	0	2	0
1	7	1	2	2
1	8	0	3	0
1	9	0	3	0
1	10	0	2	0
1	11	1	1	1
2	3	1	1	1
2	4	0	2	0
2	5	0	2	0
2	6	1	2	2
2	7	0	3	0
2	8	0	3	0
2	9	0	3	0
2	10	0	2	0
2	11	0	2	0
3	4	3	1	3
3	5	0	2	0

3	6	2	2	4
3	7	3	1	3
3	8	3	3	9
3	9	10	3	30
3	10	0	2	0
3	11	3	2	6
4	5	0	1	0
4	6	0	1	0
4	7	1	2	2
4	8	0	2	0
4	9	2	2	4
4	10	0	1	0
4	11	0	1	0
5	6	0	1	0
5	7	1	2	2
5	8	2	1	2
5	9	0	2	0
5	10	2	2	4
5	11	1	2	2
6	7	0	3	0
6	8	0	1	0
6	9	0	1	0
6	10	0	2	0
6	11	0	3	0
7	8	0	3	0
7	9	3	4	12
7	10	0	3	0
7	11	1	1	1
8	9	0	1	0
8	10	0	3	0
8	11	0	2	0
9	10	0	3	0
9	11	10	3	30
10	11	0	2	0
				122

Tabla 6: Resultados de la distancia ponderada de Liverpool

Cabe destacar que este cálculo es una mera aproximación de la distancia recorrida y que es únicamente ilustrativa. Además, en la resolución de este análisis las distancias son relativas pues entre cada bloque se considera una unidad de distancia cuando esto no corresponde a la realidad pues los tamaños de las diferentes plantas son distintos entre sí.

Observando los resultados se puede concluir que la distancia recorrida en Liverpool ha disminuido casi un 50% respecto Getafe y un 20% respecto a Polonia (media de 30%) aumentando así la ergonomía y disminuyendo los desplazamientos y transporte de materiales.

6.1.2 ESTIMACIÓN DEL OEE Y REDUCCIÓN DE TIEMPOS

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) también conocido como efectividad total del equipo es un indicador que se emplea para medir la capacidad productiva de una máquina, un proceso o una planta industrial. Para calcularlo se emplean tres ratios:

- Disponibilidad: Es el ratio del tiempo de producción real y el tiempo planificado de operación. El tiempo de producción real tiene en cuenta toda parada ya sea planeada o no planeada mientras que el tiempo planificado únicamente tiene en cuenta aquellas paradas planificadas. Debido a la antigüedad de la maquinaria en las plantas se consideraron diferentes periodos de tiempo dedicado al mantenimiento. En el caso de Getafe, 4 meses de mantenimiento y el 40% de este tiempo corresponde a paradas de mantenimiento o averías no programadas. En el caso de Polonia, se estimó 3 meses dedicado al mantenimiento y 30% paradas no programadas. Por último, dado que la maquinaria de Liverpool es completamente nueva y de alta tecnología, el mantenimiento solo ocurrirá durante 1 mes y medio y el 20% de este tiempo corresponderá a averías o paradas. Cabe destacar que en esta estimación los cambios de molde se realizan según la herramienta SMED y, por tanto, en el tiempo planificado para ello siendo las únicas paradas no planificadas las relativas a averías. A partir de estos datos se pudo calcular la disponibilidad en las diferentes plantas:

$$Disponibilidad_{GETAFE} = 0,8$$

$$Disponibilidad_{POLONIA} = 0,9$$

$$Disponibilidad_{LIVERPOOL} = 0,98$$

- Rendimiento: Está representado como el ratio de las unidades producidas y la capacidad nominal de la máquina durante el tiempo real de producción. Se estimaron buenos rendimientos pues los tiempos de ciclo en Getafe y Polonia son normalmente inferiores o iguales a los estándar:

$$Rendimiento_{GETAFE} = 0,88$$

$$Rendimiento_{POLONIA} = 0,9$$

$$Rendimiento_{LIVERPOOL} = 0,98$$

- Calidad: Este ratio se calcula a partir de las unidades sin defectos y el total de unidades producidas. Se supuso igual para ambas plantas y se obtuvo a partir del porcentaje de rechazo en el proceso de producción siendo este ratio por lo tanto igual a 95%.

Finalmente, el OEE se calcula como el producto de estos tres ratios (Gráfico 12), es decir:

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$OEE_{GETAFE} = 0,67 \quad OEE_{POLONIA} = 0,77 \quad OEE_{LIVERPOOL} = 0,91$$

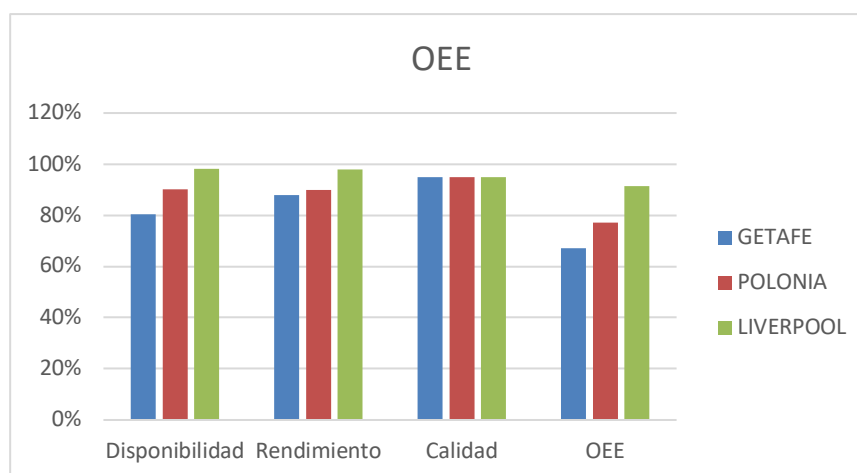


Gráfico 12: Resultado del OEE y ratios de las tres plantas

Según las clasificaciones de los valores de OEE (Figura 48), el OEE de Getafe es regular mientras que el de Polonia es aceptable y el de Liverpool bueno.

OEE	Categoría	Características
$OEE \leq 65\%$	Inaceptable	Pérdidas Económicas - baja competitividad
$65\% \leq OEE \leq 75\%$	Regular	Aceptable si están en procesos de mejora, baja competitividad
$75\% \leq OEE \leq 85\%$	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas, competitividad ligeramente baja.
$85\% \leq OEE \leq 95\%$	Buena	Valores World Class, buena competitividad
$OEE > 95\%$	Excelencia	Valores World Class, Excelente competitividad

Figura 48: Clasificación del OEE según su valor [35]

La diferencia en los valores del OEE están principalmente sujetos a las horas de parada de la maquinaria no planificada lo que sugiere la importancia de un buen mantenimiento para evitar averías importantes. Además, estos resultados permiten estimar el OEE inicial de la planta de Liverpool y plasmar una posible tendencia decreciente según pasan los años con el fin de establecer objetivos superiores a los de Polonia y Getafe a lo largo del tiempo.

Po otro lado, con el desarrollo de las diferentes herramientas se pueden encontrar diferentes puntos donde se reducen los tiempos a lo largo del proceso. De estos destacan:

- Carga y descarga de camiones: La instalación de muelles de carga facilita el proceso de carga y descarga considerablemente haciéndolo más rápido y más seguro tanto para el producto como para los trabajadores. Por lo que se reduce el tiempo, los defectos y las incidencias. El tiempo de carga y descarga depende del producto, pero se puede considerar que el tiempo de todo el proceso se reduce aproximadamente a la mitad. Teniendo en cuenta que de media se espera cargar y descargar 8 camiones y que tiempo del proceso sin muelles de cargas es de 20 minutos, el tiempo total dedicado será de 80 minutos frente a 160 minutos.
- Reducción de transportes: Tras el estudio de la distribución en planta se pudo concluir que la fábrica de Liverpool presenta una reducción del 30% de la distancia recorrida a lo largo de la planta respecto a las dos otras fábricas. Considerando que el número total de desplazamientos entre el patio y las diferentes máquinas es aproximadamente 100 y que en cada desplazamiento el tiempo dedicado es de 1 minuto, el tiempo dedicado a los transportes de materiales y producto terminado es reducido en 30 minutos.
- Rellenar formularios de autocontrol y fichas SMED: Los documentos a rellenar en un día de producción son las relativas a la producción (fichas de autocontrol, el parte de pedido, y las fichas de calidad), al cambio de molde (ficha registro de tiempos) y a la mesa roja (documento de indicadores). Estimando que se realiza un pedido por máquina, un cambio de molde al día, una reunión de la mesa roja al día y que las fichas de autocontrol se deben rellenar tres veces por turno. En un día se deben rellenar 35 documentos. Con la introducción del proyecto papel cero, a parte de las ventajas medio ambientales, se busca facilitar el proceso de completar estos documentos reduciendo, así, el tiempo. La forma de implantar este proyecto es mediante dispositivos electrónicos donde se encuentran los diferentes documentos fácilmente accesibles. Actualmente, las actividades que implica completar estos documentos son imprimir el documento, buscar un bolígrafo y rellenar el documento estimando un tiempo total de 5 minutos. Por otro lado, al hacerlo de forma digital,

implicaría buscar el documento en el archivo y rellenarlo siendo el tiempo estimado de 3 minutos. Cabe destacar que los documentos serán modificados para que se puedan completar con simples “clicks” utilizando casillas programables. Por tanto, se reduce el tiempo dedicado en un 40%, lo que se traduce en 68 minutos en un día.

- Consultar fichas de operación estándar: Las fichas estándar, tanto de operación como de calidad, han sido modificadas ofreciendo un diseño más esquemático e incluyendo información más completa con el fin de evitar tener que utilizar más documentos. El entendimiento y lectura de estas fichas depende en el operario y su conocimiento y habilidad en el proceso. El tiempo de consulta de estos documentos se estima estar reducido en 10%, considerando que el tiempo total de lectura de los documentos actuales es de 2 minutos y que el número de veces consultados en un día es de 3 veces, 1 vez por pedido, el tiempo total dedicado con las nuevas versiones será de 5,4 minutos, es decir, se emplea 36 segundos menos en un día.
- Búsqueda de herramientas y plantillas: Al instalar las herramientas, así como las plantillas, utilizadas en la personalización del producto a pie de máquina se evita que el operario se desplace a la zona de mantenimiento a buscarlas. Estimando 3 pedidos por día, 1 por máquina, se eliminan tres desplazamientos del operario innecesarios. Estos desplazamientos se pueden estimar en 1 o 2 minutos siendo, por tanto, la cantidad total del tiempo reducido 4,5 minutos al día.

Observando las consideraciones anteriores se estima que el proceso se enfrenta a una reducción de aproximadamente 180 minutos al día gracias a la aplicación de las herramientas Lean y a la correcta distribución en planta. Además, es importante destacar como al aplicar aspectos sencillos como modificar los archivos para que sean completados tienen un gran impacto en la reducción del tiempo total, suponiendo casi un 40% de este.

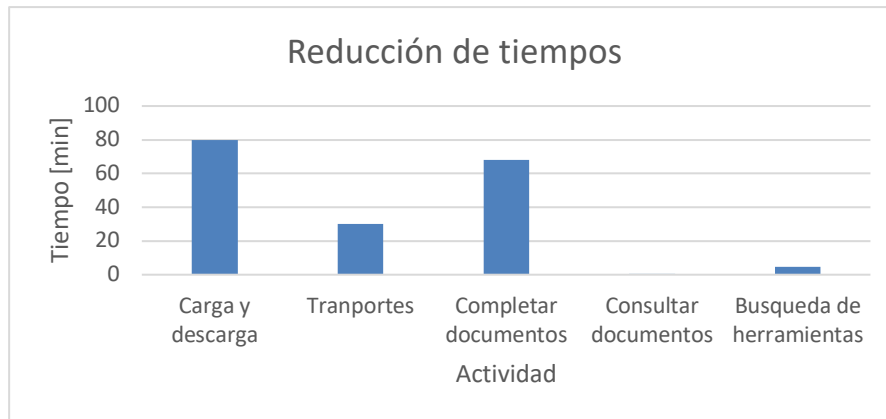


Gráfico 13: Reducción de tiempos

Por otro lado, considerando que la mitad de este tiempo se podrá emplear en herramientas Lean y que el coste del personal anual se ha estimado en 500000€, de los cuales 250000€ corresponde al salario del personal de producción esta reducción del tiempo supone 7500€/año. Cabe destacar que al disponer de más tiempo para implementar las herramientas Lean y llevar a cabo todas las auditorías y reuniones de seguimiento se conseguirán más beneficios pues se espera reducir un mayor número de desperdicios.

6.1.3 ESTUDIO ECONÓMICO

En el estudio económico de este proyecto se estudiará la viabilidad del proyecto de implantación de las herramientas Lean y del proyecto cero papel que favorecerá a consolidar el asentamiento de las herramientas. Para ello, se estimó la vida del proyecto, las ventas de producto a partir de los datos de ventas de la planta de Getafe, los costes variables formados principalmente por los costes de mantenimiento calculados a partir de las ventas y los costes fijos formados por el salario del personal y el consumo eléctrico.

Además, se calculó el coste unitario y el Valor Actual Neto del proyecto en cuestión así como la estimación del período de retorno de la inversión inicial. Debido al cambio del valor del dinero se debe proyectar los diferentes flujos de caja de la actividad de la empresa hacia el futuro con una tasa de proyección teniendo en cuenta la tasa de descuento. Las fórmulas empleadas en este estudio económico son:

$$VAN = (V - CF) * f_{\Sigma V} - C_{OM} * f_{\Sigma OM} - INV$$

$$PR = \frac{INV}{V - C}$$

$$C_N = C_{N_{INV}} + C_{N_{OM}} = \frac{f_a}{H * \dot{W}} (INV + C_{OM} * f_{\Sigma OM})$$

$$f_{\Sigma i} = \frac{k_i(1 - k_i^N)}{1 - k_i} \quad k_i = \frac{1 + r_i}{1 + WACC} \quad ; f_a = WACC \frac{(1 + WACC)^N}{(1 + WACC)^N - 1}$$

$f_{\Sigma i}$ = factor de corrección del valor del dinero (r_i : tasa de proyección)

$WACC$ = tasa de descuento

V = beneficios de ventas

C = Costes (Costes Fijos (CF) + Costes Mantenimiento (C_{OM}))

H = Horas de producción al año; $\dot{W}$ = productos producidos al año

En el estudio económico se llevó a cabo el análisis de dos escenarios uno centrado en la implantación de las herramientas en una nueva planta y el otro, la implantación en una planta en fase de madurez. Para ambos escenarios también se estudio el impacto de las herramientas Lean en el valor del VAN como en el período de retorno.

A pesar de existir diferencias, existen elementos comunes, primero, la inversión de la implantación está formada por los costes de los equipos electrónicos que harán posible eliminar el uso del papel en diferentes etapas del proceso agilizando éste (200000 €), también se tuvo en cuenta los recursos materiales (5000 €) utilizados como las cintas adhesivas para el lay-out de la planta, softwares de diseño, así como tableros de madera para fabricar estanterías para organizar documentos, placas metálicas para crear los paneles informativos o recipientes de plástico utilizados en la organización de tornillos y otras herramientas. También se incluyó los equipos de limpieza y contenedores de residuos. Por último, también

se consideró como parte de la inversión inicial la formación de parte de los operarios como coste indirecto (25000 €).

Por otro lado, se estima unos beneficios de ventas de 3 M€ y unos costes fijos del personal de 500 000 € y de consumo eléctrico de 2000 000€. La producción será 24 horas al día los 7 días de la semana, por temas de mantenimiento, se estimará un tiempo total de producción de 8000 horas/año y una producción de 200 contenedores/día. Por último, se consideró una tasa de descuento del 10%. Con el fin de poder comparar ambos escenarios se supondrá 12 años de vida de proyecto.

Los resultados obtenidos de los dos escenarios fueron:

- Escenario 1 – Instalación de la nueva planta: También se tiene en cuenta la inversión inicial relativa a la instalación de los diferentes equipos de la nueva planta (10M€). Al ser los equipos nuevos, el incremento del mantenimiento estará estimado únicamente en un 5% e inicialmente el coste de éste está estimado en un 15% de las ventas. Por otro lado, al comenzar la producción en esta nueva planta se estima un aumento de las ventas de un 15%.

$$VAN = 8,286 \text{ M€} \quad PR = 5,597 \text{ años}$$

$$C_N = 0,00323 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}} \quad V_N = 0,00532 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}}$$

Si se aplica la reducción 7500€/año por las herramientas Lean, el resultado obtenido es:

$$VAN = 8,355 \text{ M€} \quad PR = 5,575 \text{ años}$$

$$C_N = 0,00323 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}} \quad V_N = 0,00533 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}}$$

Al aplicar la estimación de reducción en los costes que las herramientas Lean implican se obtiene un aumento de 0,83% en el VAN del proyecto que supone 690000€. Además el periodo de retorno se adelantaría casi 97 días.

- Escenario 2 – Planta en fase de madurez: En este caso, la tasa de proyección de ventas disminuyó a un 10% y la tasa de proyección de mantenimiento aumento a un 10%. Además, en el cálculo de los costes variables se consideró que éste representaba el 40% de los beneficios

$$VAN = 7,611 \text{ M€} \quad PR = 0,209 \text{ años}$$

$$C_N = 0,00221 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}} \quad V_N = 0,00412 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}}$$

Si se estudia este escenario teniendo en cuenta la reducción del tiempo de las herramientas Lean y la reducción en los costes que supone se obtiene:

$$VAN = 7,664 \text{ M€} \quad PR = 0,208 \text{ años}$$

$$C_N = 0,00221 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}} \quad V_N = 0,00533 \frac{\text{€}}{\text{producto hora}}$$

Al aplicar las herramientas Lean, el VAN aumento en un 0,7% que significaría 53000€.

En ambos escenarios, el VAN es positivo y el período de retorno menor a los años del proyecto por lo que el proyecto se considera económicamente viable para ambos casos. Si se comparan los dos escenarios estudiados podemos observar, como era de esperar, que al abrir la nueva planta se obtiene un VAN más alto en el caso de la nueva planta a pesar de que el coste normalizado es 46% mayor. La rentabilidad en el escenario 1 es del 18% mientras que en el escenario 2 es mayor al 100% pues se recupera la inversión en menos de 6 meses. Por último, si se tiene en cuenta la reducción del tiempo inicial que las herramientas Lean supondrían podemos observar que tienen mayor impacto en el caso del escenario 1. Además, a pesar de que los incrementos del VAN para ambos escenarios no son muy grandes se puede considerar que esté aumenta pues con el paso del tiempo se busca que las herramientas reduzcan aún más el número de desperdicios y, consecuentemente, los tiempos de las diferentes actividades a llevar a cabo como parte del proceso.

Capítulo 7. CONCLUSIONES

A lo largo de todo el documento se expone la importancia del Lean Manufacturing en un proceso de producción y los beneficios que aporta. Una correcta implantación es fundamental para obtener los mejores resultados y, así optimizar los procesos. Para ello, es importante el conocimiento de dichos procesos en su totalidad y tener en cuenta todo tipo de detalles y factores, los cuales pueden ser muy obvios como la reducción de los tiempos de preparación; y otros no tanto, como la importancia de la motivación o la formación del personal.

Al analizar el estado del arte de este documento, donde se exponen los diferentes conceptos del Lean Manufacturing, con la aplicación de las herramientas en las tres diferentes plantas podemos observar un gran número de diferencias respecto a la implantación. A lo largo del período de las prácticas y del proyecto de arranque de la nueva fábrica, se ha mostrado la gran diferencia que existe entre la práctica y la teoría. A pesar de que la teoría es muy importante y en la aplicación de las herramientas Lean es crucial para poder desarrollar unas herramientas que vayan en línea con las pautas del Lean y lo que la filosofía implica, el conocimiento de la práctica es fundamental pues la filosofía también debe adaptarse al proceso. Esta diferencia entre lo teórico y lo práctico lo pude vivir en primera persona en el proceso de diseño de las herramientas a aplicar en la fábrica de Liverpool. Este proceso comenzó por mi parte desde la fábrica de Getafe, esta tarea al principio fue complicada pues nunca había estado en la fábrica de Liverpool. A pesar de tener información sobre la maquinaria a emplear, el proceso, planos y fotografías no fue hasta que llegue a la fábrica cuando obtuve una imagen visual de la fábrica pudiendo entender el proceso en su totalidad y el proceso de diseño se facilitó enormemente.

Algo que también ha demostrado este proyecto es la importancia de tener siempre en mente los hábitos y costumbres del ser humano llevando a cabo las herramientas y el proceso de la forma más fácil posible. Algunas pruebas de ello se obtuvieron en el análisis de las herramientas donde, por ejemplo, el sistema de auditorías del 5S no se realizaba como había

sido planeado en un primer momento debido a la falta de la documentación necesaria; los operarios no completan las fichas relativas a la toma de tiempos en los cambios de molde porque no se adapta del todo al proceso; o la sustitución del sistema de post-it utilizado en el control de las no conformidades debido a su complejidad. Todos estos casos son ejemplos de falta de disciplina ocasionada por la exposición del operador a situaciones que complican la implantación de las diferentes herramientas debido a documentación no adecuada para el proceso o lo falta de ésta.

La importancia de la sencillez no se traduce en resultados simples y sin importancia, sino al contrario. Con herramientas simples de ejecutar y con bajo coste económico se obtienen mejoras y beneficios importantes como se ha podido demostrar tras el estudio económico realizado. Por otro lado, se ha observado como las herramientas no han sido implantadas en su totalidad pero, en cambio, ya se han obtenido mejoras en la planta de Liverpool respecto a las otras plantas. Cabe destacar que los beneficios que Lean Manufacturing ofrece no son únicamente económicos pues afecta a otros factores más importantes como la salud y seguridad pues la implantación de cualquiera de las herramientas hace los procesos mucho más seguros.

Este proyecto también ha demostrado la importancia de la objetividad y un claro ejemplo es la comparación entre los sistemas de evaluación implantados tanto en Getafe como Polonia. Y, no simplemente eso, sino que esta objetividad, va mucho más allá. Gracias a no llevar mucho tiempo en la empresa pude contemplar el proceso desde un punto de vista diferente detectando deficiencias en el mismo y en las herramientas obviadas anteriormente.

Cabe destacar que uno de los aspectos más complicados del Lean Manufacturing es alcanzar el liderazgo necesario para obtener una actitud adecuada al cambio. Para ello, es imprescindible la involucración de todo el personal, tanto de los operarios como de los directivos, y conseguir un nivel de compromiso adecuado. Gracias a la importancia dada al desarrollo personal por parte de la empresa pude entender la importancia de este aspecto pues lo pude vivir en primera persona. Durante todo el período de prácticas se me consideró como otro miembro más de la empresa, teniendo en cuenta mi opinión. Al sentirme parte de

un equipo donde se respetaba y escuchaba mi opinión me sentía más motivada a buscar propuestas de mejora y a compartirlas sin miedo a equivocarme. Además, gracias a la obtención de resultados numéricos en el estudio de la distribución o con el estudio de tiempos y cálculo del OEE se demuestran los beneficios que supone el Lean Manufacturing mostrando que es mucho más que una teoría.

Para finalizar, cabe destacar el gran impacto que estas herramientas suponen en la planta de Liverpool y los beneficios que se esperan obtener en un futuro, considerando además que existe todavía margen de mejora en el proceso. Alguna de las herramientas a implantar a futuro son aquellas relativas al Kanban con el fin de mantener un mayor control de los inventarios tanto de producto terminado como de los diferentes materiales. Uno de los retos a lo que se enfrenta la empresa es la eliminación de obsoletos al no disponer aún de un sistema FIFO en el almacenamiento de productos que evitaría un gran número de defectos en el producto y costes.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] More.M (11 de marzo, 2015) ¿Que es el Lean Manufacturing o producción ajustada? [Entrada de un blog] IEBSCHOOL [Blog] Recuperado de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/>
- [2] Figueredo Lugo, F.J. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, IV(15),7-24.[fecha de consulta: 12 de Abril de 2021]. ISSN: 1856-8327. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215047546002>
- [3] Vilana Arto, J. R. (2010-2011) Fundamentos del Lean Manufacturing
- [4] Womack, J.P., Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- [5] Cerón Espinosa, J.C., Madrid García, J.C., Gomboa Gómez, A. (2015). Desarrollo y casos de aplicación de Lean Manufacturing. Magazín Empresarial, 11(28),33-24. [fecha de consulta: 12 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/2500/Desarrollo%20y%20casos%20de%20aplicaci%3%b3n%20de%20Lean%20Manufacturing.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Página web de la entidad
- [7] Gauci, J. (6 de agosto, 2010) What is Lean?. [fecha de consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance/articles/what-is-lean>
- [8] Tecnología para los negocios. Las herramientas más importantes en Lean Manufacturing. [fecha de Consulta 25 de Mayo de 2021]. Disponible en: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/las-herramientas-mas-importantes-en-lean-manufacturing/>
- [9] Cerón Espinosa, J.C., Madrid García, J.C., Gomboa Gómez, A. (2015). Desarrollo y casos de aplicación de Lean Manufacturing. Magazín Empresarial, 11(28),33-24. [fecha de consulta: 12 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/2500/Desarrollo%20y%20casos%20de%20aplicaci%3%b3n%20de%20Lean%20Manufacturing.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [os%20de%20aplicaci%c3%b3n%20de%20Lean%20Manufacturing.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)
- [10] Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. Disponible en:
<https://books.google.co.uk/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=principios+lean+manufacturing&ots=DIBOu-zqfU&sig=w2Q0enVHfD0lymICD1p6WLpqLIA#v=onepage&q=principios%20lean%20manufacturing&f=false>
- [11] CDI Lean (22 Diciembre, 2020). Principios, Claves y Herramientas Lean [fecha de consulta: 13 mayo de 2021]. Recuperado de: <https://lean.cdiconsultoria.es/conceptos-y-herramientas-lean/>
- [12] Cadena Palagot Nury Sarai. (18 de enero, 2011). *Evolución de los sistemas productivos*. [fecha de consulta: 13 de mayo de 2021]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/evolucion-de-los-sistemas-productivos/>
- [13] Vargas-Hernández, J.G., Muratalla-Bautista, G., Jiménez-Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, Volumen V, número 17 [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>
- [14] Sophie Tejeda, A. (Abril-Junio 2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los Sistemas Productivos. Ciencia y Sociedad, Volumen XXXVI, número 2 [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Recuperado de <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] Progressa Lean (22 de mayo, 2015) Origen y Evolución del Lean Manufacturing [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Recuperado de [https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/#:~:text=A%20finales%20del%20siglo%20XIX,el%20fundador%20del%20Grupo%20Toyota.&text=Fue%20Eiji%20Toyoda%20quien%20aument%C3%B3,Toyota%20Production%20System%20\(TPS\).](https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/#:~:text=A%20finales%20del%20siglo%20XIX,el%20fundador%20del%20Grupo%20Toyota.&text=Fue%20Eiji%20Toyoda%20quien%20aument%C3%B3,Toyota%20Production%20System%20(TPS).)
- [16] Vilana Arto, J. (2010-2011, Escuela de Organización Industrial) Fundamentos del Lean Manufacturing [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]
- [17] Salazar López, B. (29 de octubre, 2019). ¿Qué es el Lean Manufacturing? [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Recuperado de

- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/que-es-el-lean-manufacturing/>
- [18] Andreu, I. (24 de junio, 2019). Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios? [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Recuperado de <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- [19] Hernández Matías, J. C., Vizán Idoipe, A. (2013, Escuela de Organización Industrial). Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]
- [20] González Correa, F. (Enero-Junio 2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. Revista Panorama Administrativo, Año 1, número 2. [fecha de consulta: 3 de mayo 2021]
- [21] More.M (11 Marzo, 2015) ¿Que es el Lean Manufacturing o producción ajustada? [Entrada de un blog] IEBSCHOOL [Blog] Recuperado de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/Jk>
- [22] Ahuja Sánchez, L. (16 de febrero, 2014) Recorrer juntos el Gemba...[Entrada de un blog] Lahuja [Blog] Recuperado de <https://lahuja.wordpress.com/2014/02/16/mura-muri-muda-la-base-del-pensamiento-esbelto/>
- [23] MetodoLean (12 de febrero, 2018) El Templo Lean [Entrada de un Blog] El Metodo Lean [Blog]. Recuperado de <https://elmetodolean.com/el-templo-lean/>
- [24] Grupo IOE (26 de octubre, 2018) Los Cimientos de Lean Manufacturing [fecha de consulta; 3 de mayo de 2021]. Recuperado de <https://www.grupoioe.es/los-cimientos-de-lean-manufacturing/>
- [25] Salazar López, B. (30 de agosto, 2019). ¿Qué es el diseño y distribución en planta? [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disenio-y-distribucion-en-planta/que-es-el-disenio-distribucion-en-planta/>
- [26] Quispe Suasaca, L., Carlos Donaires, S., Kelly Huamani, P. (20 de junio, 2016). Distribución en planta. [fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos109/distribucion-de-planta/distribucion-de-planta.shtml>
- [27] KUZU (23 de enero, 2019) Principios de la distribución en planta (Layout). [fecha de consulta: 3 de junio 2021]. Recuperado de <https://kuzudecoletaje.es/principios-de-la-distribucion-en-planta-layout/>

- [28] Berganzo, J. (7 de noviembre, 2016) Las ‘5 eses’ para ser más productivo. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Recuperado de <https://www.sistemasoece.com/implantar-5s/>
- [29] Eserp ¿Qué son las 5S y para qué sirven?. [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Recuperado de <https://es.eserp.com/articulos/que-son-las-5s-y-para-que-sirven/>
- [30] Seguridad Minera (16 de septiembre, 2015). 5S: ¿qué significa cada ‘S’ en la mejora continua? [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Recuperado de <https://www.revistaseguridadminera.com/gestion-seguridad/significado-de-las-5s/>
- [31] López, C. (11 Octubre, 2001). 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Base de la mejora continua [fecha de consulta: 3 de junio de 2021]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-y-shitsuke-base-de-la-mejora-continua/>
- [32] (2 de julio, 2018). 10 compañías en el mundo líderes en la implantación de Lean Manufacturing. *LeanManufacturingHOY*. Recuperado de <https://www.leanmanufacturinghoy.com/10-companias-en-el-mundo-lideres-en-la-implantacion-de-lean-manufacturing/>
- [33] Gómez García, E. (6 de marzo, 2013) Empresas que mejorar a través del Lean Manufacturing [Entrada de blog]. Eoi [Blog] Recuperado de <https://www.eoi.es/blogs/emiliogomez/2013/03/06/empresas-que-mejoran-a-traves-del-lean-manufacturing/>
- [34] El Ciclo de Deming: Metodología de mejora continua – PDCA-PHVA. Recuperado de: <https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/02/ciclo-de-deming.html>
- [35] Clasificación (LSI Group). Recuperado de: <http://www.lsi-group.net/productos/eficiencia-global-de-los-equipos-oeec/clasificacion/>

ANEXO I: ALINEACIÓN CON LOS ODS

En la Memoria RSC de la empresa se han expuesto los 17 ODS diferentes y como la empresa participa en la consecución de estos en todas sus dimensiones. Por lo tanto, se puede considerar que la elaboración de las prácticas y, consecuentemente este proyecto, están directamente alineados con muchos de los ODS.

En concreto, este proyecto se puede considerar que está principalmente alineado con el Objetivo ODS 12: Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles ya que uno de los objetivos de la implantación de Lean Manufacturing en la fábrica de Liverpool es asegurar la minimización de los recursos y optimizar la producción en todos los sentidos de la forma más eficiente posible. Además, desde hace unos años la empresa ha comenzado a utilizar material reciclado en la producción de sus productos y dentro de sus objetivos año tras año es aumentar el porcentaje de dicho material. Además, al estar la fábrica en Liverpool también participa en el Objetivo ODS 17: Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Por otro lado, el efecto de multiplicación del trabajo de la industrialización tiene un impacto positivo en la sociedad ya que cada trabajo en la industria crea 2,2 empleos en otros sectores. Gracias a esta multiplicación de trabajo, la creación de esta nueva fábrica y, por tanto, este proyecto, también está alineado con el Objetivo ODS 8: Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos y el Objetivo ODS 9: Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.

La empresa participa en el programa OCS (Operation Clean Sweep). Este programa consiste en el mantenimiento de granza fuera de los océanos y mares lo cual es imposible sin orden y limpieza y, por tanto, imposible sin herramientas Lean. Por ello se podría decir que este proyecto también estaría alineado en un segundo plano con el Objetivo ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos y el Objetivo

ODS 14: Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible. Por otro lado, en la fábrica de Liverpool se instalaron placas solares con el fin de obtener la mayor eficacia energética, por lo que, también participa en la consecución del Objetivo ODS 7: Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.

Como se ha explicado desde el comienzo de este proyecto uno de los principales objetivos de la empresa es llevar a cabo una actividad sostenible mientras le da gran importancia al desarrollo personal por lo que también participa acorde al Objetivo ODS 1: Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo, al Objetivo ODS 3: Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos para todas las edades, al Objetivo ODS 5: Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas y al Objetivo ODS 10: Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.

También, en línea al Objetivo ODS 11: Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, al Objetivo ODS 13: Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos y al Objetivo ODS 15: Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica, pues el producto la empresa ofrece un producto en sector de residuos que facilita la gestión de estos favoreciendo al medio ambiente.

15/09/2020	18,00	4,20	29,50	34,30	493,00	8,92	4,40	13/11/2020	13,30	4,80	36,70	39,40	746,00	8,85	6,60
16/09/2020	20,80	4,60	31,80	37,60	590,00	9,32	5,50	16/11/2020	19,15	6,10	28,30	29,50	690,00	11,43	7,20
17/09/2020								17/11/2020	12,10	4,30	23,60	34,20	965,00	9,43	9,10
18/09/2020								18/11/2020	10,40	4,50	32,20	54,30	770,00	9,96	7,67
21/09/2020								19/11/2020	16,00	5,70	24,00	39,20	900,00	9,00	8,10
22/09/2020	10,70	2,10	21,10	17,30	740,00	7,97	5,90	20/11/2020	21,52	5,80	30,00	30,12	810,00	9,63	7,80
23/09/2020	10,80	3,20	28,20	17,60	550,00	10,00	5,50	23/11/2020							
24/09/2020	11,00	3,20	30,10	24,70	560,00	9,82	5,50	24/11/2020	13,60	5,10	25,60	32,70	835,00	7,54	6,30
25/09/2020								25/11/2020	6,70	6,00	27,00	43,70	760,00	8,55	6,50
26/09/2020	6,90	1,97	23,40	40,80	920,00	8,26	7,60	26/11/2020							
29/09/2020	4,30	2,70	31,90	29,70	625,00	8,00	5,00	27/11/2020							
30/09/2020	5,50	2,90	26,30	48,00	885,00	8,70	7,70	30/11/2020							
01/10/2020	2,22	1,05	26,40	35,20	610,00	8,85	5,40	01/12/2020	9,13	4,70	44,20	29,43	870,00	8,97	7,80
02/10/2020	8,40	3,30	21,90	37,80	520,00	9,04	4,70	02/12/2020							
05/10/2020								03/12/2020	9,00	3,70	48,00	37,60	750,00	6,93	5,20
06/10/2020								04/12/2020	8,70	5,70	41,60	46,45	670,00	10,00	6,70
07/10/2020	11,26	2,50	26,10	14,70	830,00	8,31	6,90	07/12/2020							
08/10/2020	12,40	4,70	34,30	17,60	555,00	9,01	5,00	08/12/2020							
09/10/2020	18,50	6,10	26,40	18,50	399,00	10,03	4,00	09/12/2020							
12/10/2020								10/12/2020	11,40	8,37	73,60	24,23	2497,00	8,93	22,30
13/10/2020	17,00	5,77	40,97	22,00	547,00	10,60	5,80	11/12/2020	7,90	4,80	47,17	13,90	1000,00	10,10	10,10
14/10/2020	23,50	5,50	34,70	140,70	498,00	12,05	6,00	14/12/2020							
15/10/2020	12,30	6,10	32,20	19,30	895,00	8,94	8,00	15/12/2020							
16/10/2020	11,90	4,20	25,90	52,70	925,00	8,54	7,90	16/12/2020							
19/10/2020	8,90	3,73	22,13	36,00	980,00	9,29	9,10	17/12/2020							
20/10/2020	9,16	3,90	22,90	28,13	940,00	9,26	8,70	18/12/2020							
21/10/2020	2,60	1,30	32,90	18,50	940,00	8,83	8,30	21/12/2020	16,70	5,97	33,83	30,80	645,00	8,53	5,50
22/10/2020	6,77	2,90	36,40	19,40	470,00	7,87	3,70	22/12/2020	19,75	7,56	35,50	30,50	6095,00	1,05	6,40
23/10/2020	8,70	3,60	43,30	22,90	170,00	10,00	1,70	23/12/2020	4,85	1,50	41,30	23,00	740,00	8,92	6,60
26/10/2020	9,00	5,00	42,77	25,50	1180,00	8,90	10,50	24/12/2020							
27/10/2020	5,90	4,40	36,40	22,40	1035,00	8,60	8,90	25/12/2020							
28/10/2020	9,86	4,00	35,80	29,40	990,00	8,69	8,60	28/12/2020	5,45	3,40	29,93	16,90	910,00	10,33	9,40
29/10/2020								30/12/2020	8,14	2	15,8	40,1	1046	9,94	10,40
30/10/2020								31/12/2020							
02/11/2020								01/01/2021							
03/11/2020	10,40	5,10	48,33	28,30	985,00	8,22	8,10	04/01/2021							
04/11/2020	10,00	3,40	40,20	27,04	885,00	9,49	8,40	05/01/2021							
05/11/2020	3,70	1,80	42,30	29,90	930,00	9,03	8,40	06/01/2021							
06/11/2020	2,30	1,45	41,50	17,00	965,00	8,08	7,80	07/01/2021							
07/11/2020	16,30	6,53	31,10	26,30	99,00	10,10	1,00	08/01/2021							
10/11/2020	8,00	2,40	35,00	26,60	924,00	9,85	9,10	11/01/2021							
11/11/2020	6,20	2,30	38,50	39,90	305,00	8,52	2,60	12/01/2021							
12/11/2020	14,70	2,80	35,70	32,15	535,00	7,85	4,20								
13/01/2021								12/03/2021	7,80	3,00	29,70	56,50	885,00	9,83	8,70
14/01/2021	10,98	5,40	37,60	31,40	0,00	0,00		15/03/2021	8,40	3,10	33,73	36,40	825,00	9,58	7,90
15/01/2021	7,30	5,00	41,90	36,75	440,00	7,27	3,20	16/03/2021	9,80	0,80	23,00	59,00	700,00	11,14	7,80
18/01/2021	8,14	3,83	35,87	20,47	613,33	23,48	14,40	17/03/2021	10,90	8,70	29,40	57,80	715,00	10,21	7,30
19/01/2021	8,40	5,80	33,70	23,70	900,00	2,67	2,40	18/03/2021	14,30	5,20	53,40	15,00	869,00	10,47	9,10
20/01/2021	10,10	6,90	27,40	18,90	890,00	7,75	6,90	19/03/2021							
21/01/2021	8,10	6,20	36,20	23,60	710,00	8,59	6,10	22/03/2021	9,90	5,97	50,63	42,80	865,00	10,17	8,80
22/01/2021	8,80	5,00	34,00	31,60	940,00	8,72	8,20	23/03/2021	10,47	6,90	33,40	50,19	945,00	9,74	9,20
25/01/2021	17,00	6,20	33,80	18,90	693,33	9,13	6,33	24/03/2021	6,00	2,70	37,60	56,00	970,00	10,41	10,10
26/01/2021	19,40	7,10	24,00	42,50	692,00	10,55	7,30	25/03/2021							
27/01/2021								26/03/2021							
28/01/2021	5,20	2,70	42,50	28,30	855,00	9,47	8,10	29/03/2021	4,50	1,00	33,03	21,20	880,00	10,34	9,10
29/01/2021	8,33	4,11	26,00	21,05	933,00	8,68	8,10	30/03/2021	10,00	4,20	34,80	68,18	714,00	10,64	7,60
01/02/2021	12,60	13,70	36,97	37,80	1110,00	10,18	11,30	31/03/2021	7,55	3,60	32,20	59,35	804,00	9,08	7,30
02/02/2021	8,30	3,20	27,00	49,00	422,00	6,40	2,70	01/04/2021							
03/02/2021	10,30	4,70	38,70	44,40	837,00	8,36	7,00	02/04/2021							
04/02/2021								05/04/2021	10,80	7,77	58,40	57,00	975,00	9,85	9,60
05/02/2021	17,20	4,70	44,20	28,30	860,00	8,26	7,10	06/04/2021	16,00	4,80	28,60	55,70	855,00	10,26	8,77
08/02/2021	8,70	3,43	30,97	36,10	790,00	5,19	4,10	07/04/2021	10,23	4,80	32,20	57,84	900,00	11,33	10,20
09/02/2021	5,70	2,10	33,20	40,94	775,00	9,64	7,47	08/04/2021	11,35	5,80	33,80	45,10	480,00	10,83	5,20
10/02/2021	10,50	4,20	29,60	26,70	960,00	7,71	7,40	09/04/2021							
11/02/2021	7,50	3,90	30,30	45,90	980,00	8,37	8,20	12/04/2021	7,30	3,23	36,80	51,75	940,00	10,21	9,60
12/02/2021	8,30	3,90	30,40	50,60	989,00	8,39	8,30	13/04/2021	6,60	2,90	34,90	59,90	920,00	10,54	9,70
15/02/2021	14,90	5,03	33,77	49,28	585,00	10,09	5,90	14/04/2021	8,60	4,64	33,20	36,18	925,00	8,43	7,80
16/02/2021	7,08	2,60	38,90	30,10	580,00	10,69	6,20	15/04/2021	8,23	4,20	37,00	40,00	885,00	9,72	8,60
17/02/2021								16/04/2021	4,10	2,16	31,60	48,30	990,00	9,39	9,30
18/02/2021	11,25	5,65	39,45	55,00	690,00	10,87	7,50	19/04/2021	5,10	2,63	36,33	50,30	980,00	7,86	7,70
19/02/2021								20/04/2021	10,00	3,10	37,90	43,90	955,00	8,38	8,00
22/02/2021	13,14	1,88	33,73	38,50	630,00	10,00	6,30	21/04/2021	9,09	2,70	37,60	41,20	780,00	10,00	7,80
23/02/2021								22/04/2021	15,70	8,20	28,90	43,70	910,00	10,00	9,10
24/02/2021	9,70	4,70	32,90	56,00	760,00	8,03	6,10	23/04/2021	22,37	7,70	22,10	46,84	1005,00	9,85	9,90
25/02/2021	14,13	5,80	30,80	58,00	790,00	9,24	7,30	26/04/2021	10,50	5,73	28,57	44,10			
26/02/2021	9,26	7,10	28,40	29,45	656,00	9,45	6,20	27/04/2021	7,10	3,90	23,20	41,40	945,00	9,52	9,00
01/03/2021								28/04/2021	9,65	5,00	39,80	27,21	815,00	9,45	7,70
02/03/2021								29/04/2021							

FABRICADAS	%RECHAZO	T RECHAZO	%RECICLADO	T RECICLADO	SACAS CAM	SACAS MOL
28,09	13,87	4,59	27,12	7,65	0,60	5,05
27,10	15,33	3,90	30,14	8,09	1,50	8,08
26,07	16,73	5,27	39,67	10,30		9,67
30,39	10,28	3,24	30,00	9,11	0,00	6,34
31,85	10,49	4,00	32,98	10,42	2,67	6,66
33,75	11,52	4,26	33,14	9,75	4,50	6,80
41,09	10,10	4,77	29,29	11,69	4,00	9,04
33,91	10,16	5,29	27,02	9,19	1,50	6,46
33,71	10,54	4,79	42,25	14,16	4,25	6,82
36,13	9,24	4,40	45,86	16,11	4,00	8,55
33,98	9,80	4,88	46,33	15,03	4,75	8,91
34,16	9,42	3,63	56,77	17,52	4,80	8,72
32,52	11,46	4,42	36,72	11,58	2,96	7,59

Tabla 7: Promedio diario de los datos de producción por meses y promedio total

Una vez obtenidas las toneladas diarias y teniendo en cuenta el número de máquinas y los modelos producidos en cada una de las máquinas se pudo calcular el número de producto a partir de los pesos de cada modelo, las toneladas de pigmento de color y las toneladas de material recuperado. Una vez calculado la cantidad de producto se calcularon los viajes desde el patio a la zona de las máquinas para alimentar a la máquina con los accesorios necesarios para finalizar el producto. Para calcular el número de viajes se tuvo en cuenta los accesorios utilizados en cada producto y la cantidad permitida de dichos accesorios en la zona. También se calculó los viajes necesarios para alimentar las máquinas de material teniendo en cuenta la cantidad de material que se puede almacenar de una vez. Además, se pudo obtener los viajes realizados entre las máquinas de inyección y el molino y de este a la zona de material recuperado a partir de la cantidad molida diaria y las toneladas rechazadas. Además, se supuso que la cantidad de material recuperado y pigmento se mantenía constante, es decir, que se reponía la cantidad utilizada diaria pudiendo así calcular la cantidad de viajes realizados desde el patio a las dos zonas de almacenamiento (Figura 50).

[illegible][illegible]

Figura 50: Datos relativos a la producción

- **Mantenimiento:** Se indica la cantidad de horas de mantenimiento en las diferentes máquinas y la razón (Figura 51):

FECHA	MANTENIMIENTO	
	MAQ	VECES
H		
01/06/2020	65,00	2,00
02/06/2020	25,00	
03/06/2020	0,00	
04/06/2020	763,00	
05/06/2020	120,00	
08/06/2020	195,00	
09/06/2020		
10/06/2020	525,00	
11/06/2020		
12/06/2020		
15/06/2020	20,00	
16/06/2020		
17/06/2020		
18/06/2020		
19/06/2020	25,00	
22/06/2020		
23/06/2020		
24/06/2020		
25/06/2020	30,00	
26/06/2020	15,00	
29/06/2020	50,00	
30/06/2020	30,00	
01/07/2020	90,00	2,00
02/07/2020		
03/07/2020		
06/07/2020		
07/07/2020		
08/07/2020	15,00	1,00
09/07/2020	80,00	2,00
10/07/2020		
11/07/2020		
12/07/2020		
13/07/2020	57,00	2,00
14/07/2020	40,00	1,00
15/07/2020		
16/07/2020		
17/07/2020		
18/07/2020		
19/07/2020		
20/07/2020	370,00	1,00
21/07/2020		
22/07/2020	20,00	1,00
23/07/2020	45,00	1,00
24/07/2020		
27/07/2020	1030,00	2,00
28/07/2020	980,00	2,00
29/07/2020	133,00	2,00
30/07/2020	50,00	2,00
31/07/2020		
03/08/2020	65,00	2,00
04/08/2020		
05/08/2020		
06/08/2020	65,00	2,00
07/08/2020		
10/08/2020		
11/08/2020		
12/08/2020		
13/08/2020		
14/08/2020		
17/08/2020		
18/08/2020		
19/08/2020		
20/08/2020		
21/08/2020		
24/08/2020		
25/08/2020		
26/08/2020		
27/08/2020		
28/08/2020		
31/08/2020		
01/09/2020		
02/09/2020	20	1
03/09/2020		
04/09/2020		
07/09/2020	57,00	2,00
08/09/2020	45,00	2,00
09/09/2020		
10/09/2020	49,00	2,00
11/09/2020	20,00	1,00
14/09/2020		
15/09/2020	70,00	1,00
16/09/2020		
17/09/2020		
18/09/2020		
21/09/2020		
22/09/2020	225,00	2,00
23/09/2020		
24/09/2020		
25/09/2020		
28/09/2020	590,00	4,00
29/09/2020		
30/09/2020	85,00	1,00
01/10/2020	195,00	2,00
02/10/2020		
05/10/2020		
06/10/2020		
07/10/2020		
08/10/2020		
09/10/2020		
12/10/2020		
13/10/2020	150,00	5,00
14/10/2020		
15/10/2020		
16/10/2020		
19/10/2020		
20/10/2020		
21/10/2020	40,00	1,00
22/10/2020		
23/10/2020		
26/10/2020	375,00	2,00
27/10/2020	75,00	3,00
28/10/2020	235,00	5,00
29/10/2020		
30/10/2020		
02/11/2020		
03/11/2020	955,00	4,00
04/11/2020		

05/11/2020			15/02/2021	0,00	0,00
06/11/2020			16/02/2021	265,00	1,00
07/11/2020	725,00	4,00	17/02/2021	175,00	1,00
10/11/2020	20,00	1,00	18/02/2021	35,00	2,00
11/11/2020			19/02/2021		
12/11/2020			22/02/2021		1,00
13/11/2020	90,00	2,00	23/02/2021		
16/11/2020	115,00	10,00	24/02/2021	0,00	0,00
17/11/2020			25/02/2021	0,00	0,00
18/11/2020	10,00	1,00	26/02/2021	0,00	0,00
19/11/2020	270,00	4,00	01/03/2021	1050	4,00
20/11/2020			02/03/2021		
23/11/2020			03/03/2021	210,00	1,00
24/11/2020	55,00	1,00	04/03/2021		
25/11/2020	135,00	2,00	05/03/2021		
26/11/2020			08/03/2021	360,00	3,00
27/11/2020			09/03/2021	0	0
30/11/2020			10/03/2021	0,00	0,00
01/12/2020			11/03/2021	0,00	0,00
02/12/2020			12/03/2021	150,00	3,00
03/12/2020		1,00	15/03/2021	0,00	1,00
04/12/2020		1,00	16/03/2021		2,00
07/12/2020			17/03/2021	130,00	3,00
08/12/2020			18/03/2021	0,00	0,00
09/12/2020			19/03/2021		
10/12/2020	575,00	3,00	22/03/2021	1042,00	4,00
11/12/2020	15,00	1,00	23/03/2021	132,00	1,00
14/12/2020			24/03/2021	0,00	0,00
15/12/2020			25/03/2021		
16/12/2020			26/03/2021		
17/12/2020			29/03/2021	510,00	3,00
18/12/2020			30/03/2021	0,00	0,00
21/12/2020	600,00	1,00	31/03/2021	0,00	0,00
22/12/2020	317,00	2,00	01/04/2021		
23/12/2020	148,00	1,00	02/04/2021		
24/12/2020			05/04/2021	720,00	3,00
25/12/2020			06/04/2021	0,00	0,00
28/12/2020			07/04/2021	0,00	0,00
30/12/2020			08/04/2021	0,00	0,00
31/12/2020			09/04/2021		
01/01/2021			12/04/2021	1045,00	3,00
04/01/2021			13/04/2021	790,00	2,00
05/01/2021			14/04/2021	20,00	1,00
06/01/2021			15/04/2021	0,00	0,00
07/01/2021			16/04/2021	0,00	0,00
08/01/2021			19/04/2021	105,00	2,00
11/01/2021			20/04/2021	105,00	1,00
12/01/2021			21/04/2021	0,00	0,00
13/01/2021			22/04/2021	0,00	0,00
14/01/2021	0,00	0,00	23/04/2021	40,00	2,00
15/01/2021	0,00	0,00	26/04/2021	290,00	1,00
18/01/2021	20,00	1,00	27/04/2021	150,00	1,00
19/01/2021	75,00	2,00	28/04/2021	425,00	3,00
20/01/2021	45,00	2,00	29/04/2021	210,00	1,00
21/01/2021	0,00	0,00	30/04/2021	270,00	2,00
22/01/2021	260,00	1,00	03/05/2021		
25/01/2021	150,00	1,00	04/05/2021	210,00	2,00
26/01/2021	110,00	1,00	05/05/2021	25,00	1,00
27/01/2021			06/05/2021	0,00	0,00
28/01/2021	44,00	3,00	07/05/2021		
29/01/2021	315,00	2,00	10/05/2021	150,00	4,00
01/02/2021	1050,00	3,00	11/05/2021	90,00	1,00
02/02/2021	1255,00	2,00	12/05/2021	0,00	0,00
03/02/2021	0,00	0,00	13/05/2021	105,00	1,00

Figura 51: Datos recopilados de la mesa roja relativos al mantenimiento

A partir de estos datos se calculó la cantidad de veces al día y las horas dedicadas al mantenimiento de las máquinas y el número de máquinas. Según las horas dedicadas y si la avería es de importancia o no se aplicó un factor al número de veces que se requiere a mantenimiento en las máquinas de inyección:

<i>H MANT</i>	<i>N MANT</i>
143,31	2,00
242,50	1,58
65,00	2,00
129,00	1,78
178,33	3,00
263,89	3,22
294,17	1,50
92,64	1,18
232,50	0,94
224,00	1,47
219,47	1,16
91,56	1,19

Tabla 8: Promedio diario de las horas y veces dedicado al mantenimiento por meses

- Logística: Se indica la cantidad de camiones de forma semanal y diaria. Estos camiones corresponden tanto a envíos como entregas por parte de los proveedores (Figura 52):



ICAI ICADE CIHS

167

[illegible]

Figura 52: Datos recopilados de la mesa roja relativos a logística

A partir de los camiones completos, se pudo obtener la cantidad de veces que se debe transportar en la planta de Liverpool material del patio hasta la zona de los muelles de carga. Además, se pudo obtener las sacas de material recuperado recibidas semanalmente. Al ser este número pequeño y al haber realizado los cálculos diariamente se aproximó a uno.

<i>Camión completo</i>	
7,77	23,00
8,62	65,00
7,33	
12,13	12,00
11,44	17,73
12,81	12,30
16,00	10,00
10,60	18,67
11,11	25,00
12,05	24,77
10,45	20,75
11,89	21,13
11,02	22,76

Tabla 9: Promedio del número de camiones diarios de pedidos y de material

Por otro lado, el personal de calidad debe recorrer toda la nave para comprobar que el producto cumple con las especificaciones del producto en todas las etapas del proceso por lo que, para hacer diferencia entre las diferentes zonas, se analizó el número de defectos encontrados en las diferentes zonas y según dicho número se aplicó un factor de corrección.

Por último, con el fin de tener en cuenta el mantenimiento de los moldes y el cambio de moldes se analizó las fichas de operación relativas al cambio de molde para observar el número de veces que los moldes requieren de mantenimiento. Además, a pesar de que al observar la frecuencia de cambio de molde está es superior, en la mayoría de los casos, a un día se aproxima que hay un cambio de molde diariamente.

Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos se pudo obtener los viajes aproximados entre las zonas (Tabla 10):

	<i>VIAJES</i>		
	GETAFE	POLONIA	LIVERPOOL
Color-MQ	9	6	5
Color-Calidad	1	1	1
Color-Patio	2	1	0
Moldes-MQ	2	1,5	1
Moldes-Mant	4	1	1
MQ-Montaje	16	9	7,5
MQ-Recuperado	12	8	0
MQ-Mant	30	14	5
MQ-Calidad	13	5	9
MQ-Molino	19	11	9
MQ-Patio	243	160	100
Montaje-Calidad	2	1	1,5
Montaje-Patio	8	4,5	4
Recuperado-Calidad	0,5	0,5	0,5

Recuperado-Molino	8	6	4
Recuperado-Patio	1	1	0
Calidad-Patio	16	7	12
Al.Rec-Recuperado	0	0	4
MQ-Expedición	0	0	11
Patio-Expedición	0	0	100
Expedición-Color	0	0	1
Expedición-Recup	0	0	1

Tabla 10: Número de viajes entre las diferentes zonas

Según estos resultados en el número de viajes se aplicaron los siguientes factores de cercanía:

- 1: 1 a 2,5 viajes
- 2: 2,5 a 5 viajes
- 3: 6 a 15 viajes
- 4: 16 a 20 viajes
- 5: 21 a 30 viajes
- 20: 80 a 100 viajes
- 30: 100 a 150 viajes
- 50: 200 a 250 viajes