



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE MEJORA CONTINUA DEL
DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE UNA
EMPRESA DEL SECTOR DE FABRICACIÓN
DE COMPONENTES BIOMÉDICOS DEL
GRUPO ZIMMER**

AUTOR: PABLO SALVADOR PERIS GUALDA

TUTOR: JOSE MANUEL JABALOYES VIVAS

CURSO ACADÉMICO 2018-19



RESUMEN

La empresa multinacional Zimmer Biomet se dedica al diseño, desarrollo y venta de componentes biomédicos. La planta de Valencia, sobre la que se centrará nuestro estudio, se dedica principalmente a la producción y el control de calidad de piezas para implantes dentales.

Esta planta cuenta con una historia de casi 35 años dedicándose a la manufactura de implantes biomédicos, mediante unos procesos altamente estandarizados, lo cual ha hecho surgir nuevos intereses para mejorar la interfaz de trabajo y la realización de estudios para mejorar la eficacia en dichos procesos, con el objetivo de ser y seguir siendo competentes en el mercado en el que somos líderes.



RESUM

L'empresa multinacional Zimmer Biomet es dedica al disseny, desenvolupament i venda de components biomèdics. La planta de València, sobre la qual se centrarà el nostre estudi, es dedica principalment a la producció y el control de qualitat de peces per a implants dentals.

Aquesta planta compta amb una història de quasi 35 anys dedicant-se a la manufactura d'implants biomèdics, mitjançant uns processos altament estandaritzats, la qual cosa ha fet sorgir nous interessos per a millorar la interfície de treball i la realització d'estudis per a millorar l'eficàcia en aquestos procesos, amb l'objectiu de ser y continuar sent competents al mercat en el qual som líders.



ABSTRACT

The multinational company Zimmer Biomet dedicates to the design, development and sale of biomedical components. The plant in Valencia, on which our study will be focused on, is mainly engaged in the production and quality control of parts for dental implants.

This plant has a history of nearly 35 years dedicated to the manufacture of biomedical implants, using highly standardized processes, which has raises new interests to improve the interface of work and studies to improve the efficiency in such processes, in order to be and remain relevant in the market in where we are leading.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Objeto del Trabajo.....	9
1.2. Motivación	9
1.3. Objetivo del Trabajo	9
1.4. Estructura del Documento.....	9
2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DEL PROBLEMA	11
2.1 Introducción.....	11
2.2 Una Aproximación a la Empresa	11
2.2.1 Productos	12
2.2.2 Procesos.....	17
2.2.3 Clientes	19
2.2.4 Proveedores	20
2.2.5 Organigrama.....	21
2.3. Objetivo del Proyecto	21
2.4 Departamentos Afectados.....	22
2.4.1 Ventas	22
2.4.2 Compras.....	22
2.4.3 Calidad	23
2.4.4 Recursos Humanos	23
2.5 Conclusiones	23
3. ANTECEDENTES TEÓRICOS	24
3.1 Introducción.....	24
3.2 Técnicas Causa-Raíz.....	24
3.2.1 Diagrama Ishikawa.....	24
3.2.2 5 Por Qué's.....	24
3.3 Planificación y Priorización de Proyectos	25
3.3.1 Diagrama PACE.....	25
3.3.2 Diagrama de Gantt	25
3.4 Lean Manufacturing	26
3.4.1 Sistema "Pull"	26
3.4.2 Kanban	26



3.4.3 Metodología 5'S.....	27
3.4.4 Value Stream Mapping (VSM)	27
3.5 Conclusiones	27
4. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS-RAÍZ	28
4.1 Introducción	28
4.2 Delay de los Plastic Abutments	28
4.2.1 Descripción del Problema	28
4.2.2 Repercusiones y Observaciones	29
4.2.3 Identificación Causas-Raíz.....	31
4.3 Mix-Up	32
4.3.1 Descripción del Problema	32
4.3.2 Repercusiones y Observaciones	33
4.3.3 Identificación Causas-Raíz.....	34
4.4 Pérdida de Eficiencia	35
4.4.1 Descripción del Problema	35
4.4.2 Repercusiones y Observaciones	37
4.4.3 Identificación Causas-Raíz.....	38
4.5 Conclusiones	39
5. OPORTUNIDADES DE MEJORA	40
5.1 Introducción	40
5.2 Objetivos de las Mejoras	40
5.3 Mejoras Propuestas.....	40
5.3.1 Mejoras Propuestas para el Delay de los Plastics Abutments	41
5.3.2 Mejoras Propuestas para el Mix-Up	41
5.3.3 Mejoras Propuestas para la Pérdida de Eficiencia	41
5.4 Análisis Detallado de las Propuestas de Mejora	42
5.4.1 Análisis de las Propuestas para el Delay de los Plastics Abutments.....	42
5.4.2 Análisis de las Propuestas para el Mix-Up	46
5.4.3 Análisis de las Propuestas para la Pérdida de Eficiencia.....	50
5.5 Selección de Mejoras.....	55
5.5.1 Selección de Mejoras para el Delay de los Plastics Abutments	55
5.5.2 Selección de Mejoras para el Mix-Up	56
5.5.3 Selección de Mejoras para la Pérdida de Eficiencia	57



5.6 Conclusiones	57
6. PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO DE MEJORA.....	58
6.1 Introducción.....	58
6.2 Priorización de las Mejoras Seleccionadas	58
6.3 Plan de Implantación de la Mejora del Delay de Plastic Abutments.....	60
6.3.1 Descripción de la Mejora Seleccionada	60
6.3.2 Recursos y Actividades.....	60
6.3.3 Implantación de la Mejora	61
6.3.4 Resultados.....	62
6.4 Plan de Implantación de la Mejora del Mix-Up	63
6.4.1 Descripción de la Mejora Seleccionada	63
6.4.2 Recursos y Actividades.....	64
6.4.3 Implantación de la Mejora	65
6.4.4 Resultados.....	65
6.5 Plan de Implantación de la Mejora de la Pérdida de Eficiencia	66
6.5.1 Descripción de la Mejora Seleccionada	66
6.5.2 Recursos y Actividades.....	66
6.5.3 Implantación de la Mejora	67
6.5.4 Resultados.....	68
6.6 Conclusiones	68
7. PLAN DE MEJORA CONTINUA	69
7.1 Introducción.....	69
7.2 Situación Actual.....	69
7.3 Metodología 5'S	71
7.4 Value Stream Mapping Actual	72
7.5 Value Stream Mapping Futuro	76
7.6 Implantación de las Mejoras del Value Stream Mapping Futuro.....	78
7.7 Conclusiones	80
8. CONCLUSIONES.....	81
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS	83
Anexo 1: Fórmulas Empleadas en el Cálculo de los Indicadores del VSM	83
Anexo 2: Estudio de Viabilidad Económica de las Propuestas	86



Índice de Figuras

<i>Figura 1. Implante Dental. Obtenida de Google</i>	12
<i>Figura 2. Screw. Elaboración propia</i>	12
<i>Figura 3. Abutment. Elaboración propia</i>	13
<i>Figura 4. Wrench Tool. Elaboración propia</i>	13
<i>Figura 5. Parte Trasera Bandeja. Elaboración propia</i>	14
<i>Figura 6. Parte Delantera Bandeja. Elaboración propia</i>	14
<i>Figura 7. Drill 3.5mm. Elaboración propia</i>	15
<i>Figura 8. Plastic Abutments. Elaboración propia</i>	16
<i>Figura 9. Blíster para Drills. Elaboración propia</i>	16
<i>Figura 10. Kit sin Tapa. Elaboración propia</i>	17
<i>Figura 11. Kit con Tapa. Elaboración propia</i>	17
<i>Figura 12. Zona de Inspección. Elaboración propia</i>	18
<i>Figura 13. Zona de R.E. Elaboración propia</i>	18
<i>Figura 14. Organigrama. Elaboración propia</i>	21
<i>Figura 15. Gráfico Lotes Plastic Abutments con Delay. Elaboración propia</i>	29
<i>Figura 16. Gráfico Tiempo de Delay. Elaboración propia</i>	30
<i>Figura 17. Diagrama Ishikawa para el Delay de los Plastics Abutments. Elaboración propia</i>	31
<i>Figura 18. Ejemplo Mix-Up. Elaboración propia</i>	32
<i>Figura 19. Gráfico Histórico de Mix-Ups. Elaboración propia</i>	33
<i>Figura 20. Diagrama Ishikawa para los Mix-Ups. Elaboración propia</i>	34
<i>Figura 21. Micro Vu Vertex</i>	35
<i>Figura 22. Micro Vu Vertex en Inspección. Elaboración propia</i>	35
<i>Figura 23. Microscopio. Elaboración propia</i>	35
<i>Figura 24. Proyector. Elaboración propia</i>	36
<i>Figura 25. Juego de Galgas. Elaboración propia</i>	36
<i>Figura 26. Tabla Tiempos de Mejora Previstos. Elaboración propia</i>	37
<i>Figura 27. Diagrama Ishikawa para la Pérdida de Eficiencia con Vertex. Elaboración propia</i>	38
<i>Figura 28. Tabla Importancia-Datos de las Mejoras. Elaboración propia</i>	58
<i>Figura 29. Diagrama PACE. Elaboración propia</i>	59
<i>Figura 30. Tabla Resumen del Diagrama PACE. Elaboración propia</i>	59
<i>Figura 31. Tabla Recursos para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia</i>	61
<i>Figura 32. Tabla Actividades para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia</i>	61
<i>Figura 33. Diagrama de Gantt para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia</i>	61
<i>Figura 34. Tabla Actividades-Recursos para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia</i>	62
<i>Figura 35. Gráfico Previsión Lotes Plastic Abutments con Delay. Elaboración propia</i>	62
<i>Figura 36. Planteamiento Layout con el Nuevo Puesto. Elaboración propia</i>	63
<i>Figura 37. Tabla Recursos para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia</i>	64
<i>Figura 38. Tabla Actividades para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia</i>	64
<i>Figura 39. Diagrama Gantt para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia</i>	65



<i>Figura 40. Tabla Actividades-Recursos para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia</i>	65
<i>Figura 41. Tabla Recursos para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia</i>	66
<i>Figura 42. Tabla Actividades para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia</i>	67
<i>Figura 43. Diagrama de Gantt para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia</i>	67
<i>Figura 44. Tabla Actividades-Recursos para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia</i>	67
<i>Figura 45. Línea Temporal de Mejoras Implantadas. Elaboración propia</i>	69
<i>Figura 46. Datos VSM Inspección. Elaboración propia</i>	74
<i>Figura 47. Datos VSM Inspección de Corte. Elaboración propia</i>	74
<i>Figura 48. Datos VSM Análisis Bioquímico. Elaboración propia</i>	74
<i>Figura 49. Value Stream Mapping Actual. Elaboración propia</i>	75
<i>Figura 50. Value Stream Mapping Futuro. Elaboración propia</i>	77
<i>Figura 51. Tabla Recursos VSM Futuro. Elaboración propia</i>	78
<i>Figura 52. Tabla Actividades VSM Futuro. Elaboración propia</i>	78
<i>Figura 53. Tabla Actividades-Recursos VSM Futuro. Elaboración propia</i>	79
<i>Figura 54. Diagrama de Gantt VSM Futuro. Elaboración propia</i>	79
<i>Figura 55. Fórmula de Productividad. Formulario UPV</i>	83
<i>Figura 56. Fórmula FTT. Formulario UPV</i>	83
<i>Figura 57. Fórmula BTS. Formulario UPV</i>	83
<i>Figura 58. Fórmula Eficiencia. Formulario UPV</i>	84
<i>Figura 59. Fórmula Disponibilidad. Formulario UPV</i>	84
<i>Figura 60. Fórmula OEE. Formulario UPV</i>	84
<i>Figura 61. Fórmula TAKT. Formulario UPV</i>	85
<i>Figura 62. Fórmula RVA. Formulario UPV</i>	85
<i>Figura 63. Desglose de salarios. Elaboración propia</i>	86
<i>Figura 64. Presupuesto de Generar la Demanda Anual. Elaboración propia</i>	87
<i>Figura 65. Presupuesto de la Creación del Puesto Intermedio. Elaboración propia</i>	88
<i>Figura 66. Presupuesto de la Contratación de un Especialista en Vertex. Elaboración propia</i>	89
<i>Figura 67. Presupuesto VSM Futuro. Elaboración propia</i>	90
<i>Figura 68. Presupuesto Final. Elaboración propia</i>	91



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del Trabajo

El objeto del presente trabajo de fin de grado es realizar un estudio de la situación actual del departamento de calidad de la planta de Valencia de la empresa Zimmer Biomet y proponer opciones de mejora a los problemas a solucionar, seleccionando más tarde las mejores de ellos y analizando los resultados de la implementación de dichas mejoras. Una vez estudiadas las soluciones, se propondrá un plan de mejora continua para implementar en el departamento de calidad de Zimmer Biomet Valencia.

La serie de propuestas de mejora que se expondrán a lo largo vienen dadas por la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos de inspección y control de calidad del departamento.

1.2. Motivación

La principal motivación a la hora de realizar este trabajo se basa en la posibilidad de la implementación práctica de conocimientos teóricos aprendidos durante la carrera.

Otro punto importante que me ha llevado a realizarlo, ha sido la motivación personal de ser éste mi primer contacto con una empresa a nivel laboral, realizando labores relacionadas con conceptos aprendidos durante mi formación.

1.3. Objetivo del Trabajo

El objetivo de este trabajo de fin de grado consiste en exponer la problemática existente durante los procesos que afectan tanto directa como indirectamente a los procesos de inspección, así como la propuesta de mejoras de acuerdo con la filosofía del Lean Manufacturing. Entre los objetivos que nos hemos propuesto cabe destacar:

- Mejora de la productividad del departamento
- Tener mayor fiabilidad por parte de los clientes
- Eliminar la incertidumbre en los procesos
- Mejorar la comunicación interdepartamental
- Minimizar los desperdicios

1.4. Estructura del Documento

Después de haber presentado el objeto del trabajo, la motivación que ha impulsado este trabajo y haber identificado los objetivos del proyecto, se procede a comentar la estructura que va a seguir este trabajo fin de grado.

En primer lugar, en el capítulo 2, se realizará una descripción de la empresa y de la problemática que se presenta en el departamento de Calidad, se realizará una introducción sobre la historia del grupo Zimmer y de la planta de Valencia; se presentará la empresa nombrando aspectos clave de esta, como qué clase de dispositivos biomédicos se producen en



la empresa, qué procesos se realizan, quiénes son los clientes de la compañía, cómo se seleccionan los proveedores y una imagen del organigrama general. A continuación, se presentarán los problemas que han surgido en el departamento de Calidad y por qué es necesario resolverlos. Presentada la problemática, se designarán los departamentos responsables de solventarlos.

En el capítulo 3, se realizará una presentación teórica de los conceptos aprendidos en la carrera que se van a aplicar para solucionar los actuales problemas, así como para implementar y diseñar el plan de mejora continuo futuro.

Una vez expuesta la parte teórica del proyecto, en el capítulo 4, se realizará una descripción de los problemas que existen en el departamento de calidad. Además, se analizarán las causas-raíz de cada uno de los problemas, para detectar qué es aquello que los origina y enfocar la resolución de los mismos hacia esta causa.

En el capítulo 5, se definirán cuáles son los objetivos de las mejoras que se van a proponer también en este capítulo. Tras detectar cuál es la causa-raíz de cada problema propuesto, se procederá a proponer una serie de mejoras que podrían solucionar cada uno de los problemas. Al final de este capítulo, se escogerá la mejor de cada una de las propuestas para cada problema.

Tras escoger las mejoras, en el capítulo 6, se procederá a planificar su implementación. Primero, se priorizarán las mejoras en función de la importancia de las mismas. Tras lo cual, se definirán las acciones necesarias para implementarlas y solucionar los problemas propuestos.

Por último, y tras haber solucionado los problemas más urgentes, en el capítulo 7, se realizará una descripción de las mejoras basadas en el Lean Manufacturing que se han realizado en el departamento de calidad, además de proponer un cambio en el mapa de flujo de valor del proceso de inspección.



2. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DEL PROBLEMA

2.1 Introducción

Para entender en el ámbito empresarial en el que nos vamos a mover, y a fin de explicar el porqué de las mejoras propuestas, cabría explicar la historia tanto de la empresa como de la planta de Valencia.

Por una parte, Zimmer nace en el año 1927 fundada por J. O. Zimmer, en base a la revolucionaria idea de realizar implantes de titanio en lugar de fabricarlos con madera, como se estaban haciendo. Tras ser su idea rechazada por una de las mayores industrias de la época, decidió, con sus propios fondos financiar la idea. A partir de entonces, el grupo Zimmer ha ido adquiriendo plantas de servicios biomédicos hasta llegar a tener plantas en más 25 países alrededor del mundo, incluyendo España; además de especializarse en dispositivos médicos de toda clase, siendo hoy en día reconocida como la segunda mayor empresa de productos biomédicos del mundo.

Por otro lado, Biomet nace en Warsaw, Indiana en el año 1977. La empresa se especializó en productos reconstructivos para cirugía ortopédica, neurocirugía, cirugía craneomaxilofacial y suministros para quirófanos. En el año 2014, Zimmer adquirió Biomet, formando así la firma Zimmer Biomet Holdings que se conoce hoy en día y cuya sede reside en Warsaw.

En cuanto a lo que hace referencia a la planta situada en Paterna, nació con el nombre de Industria Quirúrgica de Levante S.A. (IQL S.A.), una empresa especializada en la producción de material ortopédico. Tiempo después, fue adquirido por la firma americana Depuy S.A., fundada también en Warsaw. Debido a diversos problemas financieros, la firma se deshizo de la planta valenciana, la cual pasó de nuevo a llamarse IQL S.A. Tras varios años creciendo en el sector, en el año 2007 fue adquirido por el grupo Biomet, pasando a denominarse Biomet 3I Dental Ibérica S.L. En el momento en el que el grupo Biomet fue adquirido por Zimmer, todas las plantas del sector, incluyendo la planta de Valencia pasaron a recibir el nombre de Zimmer Biomet.

Desde que la planta fue adquirida por el grupo Zimmer en 2007, se han realizado muchos avances en el campo del lean manufacturing en la misma, siguiendo la filosofía del grupo y colocando a la planta de Valencia en el Top 6 del ranking interno del grupo durante varios años consecutivos. Tanto es así, que el grupo decidió cerrar una planta en California y realizar el traspaso del material pendiente de inspeccionar e inspeccionado a la planta valenciana, un gran proyecto que hoy en día sigue activo.

2.2 Una Aproximación a la Empresa

En esta sección definiremos aspectos básicos sobre la empresa, tanto internos tratando temas como los productos y los procesos que se llevan a cabo en el departamento; así como aspectos más externos como clientes y proveedores.

Antes de proseguir, cabría definir dos conceptos recurrentes a lo largo del proyecto. Utilizaremos el término "referencia" para definir a un grupo específico de piezas que comparten el mismo plano. El término "lote" será empleado para describir un conjunto de piezas de la misma referencia que vienen agrupadas por el proveedor, y cuya cantidad define el mismo. Cada lote vendrá acompañado de un número identificativo único.

2.2.1 Productos

La firma Zimmer produce dispositivos médicos para cualquier trasplante, e incluso productos quirúrgicos. En el caso de la planta de Valencia, la producción, y más concretamente, por el proceso de control de calidad en el que se basará nuestro estudio, se procesan productos dentales e instrumentos utilizados en clínicas de ortodoncia, así como otros tipos de dispositivos para implantes en rodillas y caderas.

2.2.1.1 Screws

Esta es la familia más grande de productos, ya que incluye un gran número de referencias. Todas ellas son implantes dentales de titanio. Un implante dental, generalmente consta de 3 partes distintas. Como se puede ver en la imagen, un implante dental cuenta con un tornillo o screw que sería la base del implante sustituyendo a la raíz del diente. Sobre éste se coloca una pieza que se llama abutment. Por último, sobre el abutment se coloca una corona artificial, que sustituye a la parte visible del diente. Esta última parte no se encuentra en el catálogo de productos de la empresa.



Figura 1. Implante Dental. Obtenida de Google

El screw es la primera pieza que se coloca al implantar un diente postizo. Tras perforar la encía con pequeñas brocas que se presentarán más adelante, se coloca el screw en contacto directo con la encía. Por esto mismo, es necesario que el material de la pieza sea de gran calidad.

Tanto si este tipo de piezas son referencias que se fabrican en la planta como si son piezas que vienen de proveedor, tienen que llevar consigo un certificado de calidad de la materia prima con la que se fabricaron. Además, se realizará un análisis bioquímico para comprobar la veracidad de los certificados y asegurar la calidad del producto.



Figura 2. Screw. Elaboración propia

Las referencias que forman esta familia son parecidas. La diferencia principal es el tamaño de las mismas, ya que no todas las encías de los pacientes son iguales. En función del paciente y del diente a implantar, se utilizará un screw más

grande o más pequeño. También existen diferencias en la junta con la segunda parte del implante, ya que, dependiendo de la posición del diente a reemplazar, es más cómodo para ensamblar ambas piezas si se utilizan distintos tipos de juntas.

2.2.1.2 Abutments

El abutment es la segunda pieza que se ha de colocar en un implante dental. Una vez acomodado el screw, en función del tipo de junta del mismo, se emplea un abutment u otro. Sobre éste ira colocada la prótesis que reemplaza al diente físicamente.

Se trata de pequeñas piezas de titanio como la que se muestra en la imagen que sirven de puente entre el screw y la prótesis. La parte inferior de la pieza se ensambla a la prótesis, y como se puede observar, la parte superior cuenta con un tornillo interior para que conecte con el screw. La pieza mostrada en la imagen está cortada por la mitad para que se puedan realizar las comprobaciones de las cotas interiores.

También para estas piezas es totalmente necesaria la comprobación de los materiales con los que fue fabricada y recibirlas con un certificado de calidad de la materia prima, además de realizar las pruebas bioquímicas en los laboratorios habilitados para ello. En algunos casos, el abutment queda totalmente aislado del paciente entre el implante y el screw.

Las referencias que forman esta familia son varias, siendo sus diferencias principales el tamaño y ambas juntas. Por una parte, tendrá que haber tantos tipos de juntas interiores como tipos de screws haya. Por otra, no todas las prótesis son iguales ya que los dientes son distintos entre sí, por lo que la parte superior del abutment también cambiará en función de la prótesis que se vaya a implantar.



Figura 3. Abutment. Elaboración propia

2.2.1.3 Tools

Este grupo de familia agrupa a todas aquellas piezas que pasan por el departamento de inspección y que se emplean como herramientas en clínicas. Hay gran variedad de Tools o herramientas que son inspeccionadas por los operarios, tanto herramientas fabricadas en la misma planta, así como piezas compradas a proveedor.

La característica común de las piezas que forman esta familia es que no están en ningún momento en contacto con el paciente, si no con el implante o con otras herramientas.



La pieza de la imagen, por ejemplo, es una herramienta que nos proveen desde Alemania y que es empleada principalmente en clínicas dentales para apretar otros implantes dentales en las encías del paciente, como los screws.

Figura 4. Wrench Tool. Elaboración propia

2.2.1.4 Bandeja

Estas piezas incluyen distintas referencias, pero físicamente varían muy poco. Se tratan de implantes que se introducen entre la rótula y la tibia. Las variaciones entre las distintas referencias son de tamaño.

La única diferencia más significativa entre algunas de las referencias de esta familia es el recubrimiento. La referencia que aparece en la imagen no lleva ningún recubrimiento, pero como hay ocasiones en las que los pacientes son alérgicos al acero y estos implantes están en contacto directo con la sangre, existen unas bandejas que se recubren con una aleación de Titanio-Niobio para evitar cualquier tipo de complicación médica. Este tipo de piezas son principalmente inspeccionadas en RE.

Además, la calidad del material de estas piezas ha de ser perfecta, ya que se trata de implantes internos que como hemos indicado, están en contacto con la sangre, por lo que al proveedor, además de pedirle certificados de calidad de la pieza en sí, se le exige que además se incluyan certificados de la materia prima con la que se fabricaron las piezas. Más tarde, la validez de los mismos es comprobada durante el proceso de inspección.

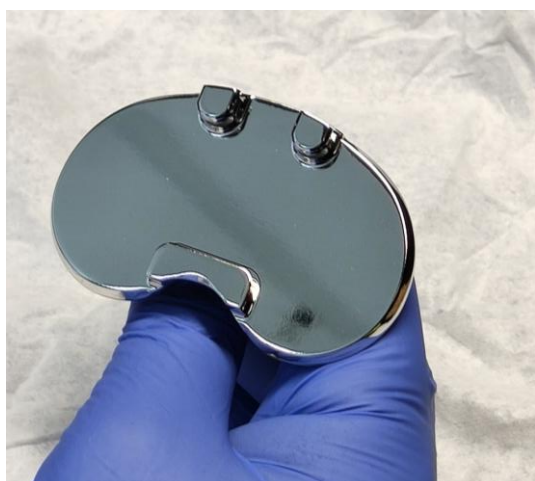


Figura 6. Parte Delantera Bandeja. Elaboración propia



Figura 5. Parte Trasera Bandeja. Elaboración propia

2.2.1.5 Drills

Como el propio nombre de la familia indica, las piezas que la conforman son pequeñas brocas. Podría darse el error de anexar las brocas a la familia de los Tools o herramientas, ya que todos son pequeños utensilios de los que se sirve el especialista para realizar la operación y acomodar el implante; pero a diferencia de la otra familia de productos, estos sí que están en contacto con el paciente, por lo que reciben un tratamiento más exhaustivo.

Es necesario también que estos productos sean seguros para el cliente, por lo que al igual que las bandejas y los demás implantes de titanio, se le demanda al proveedor un certificado de

materia prima, para comprobar la calidad de la misma. También se realizan las comprobaciones necesarias para validar dichos certificados.

Las diferencias entre las referencias de esta familia las encontramos en el tamaño y el grosor de la broca, dependiendo de la parte de la boca en la que se vaya a proceder con la perforación.

La pieza consta de dos partes, como se observa en la imagen. La parte más fina se conoce como vástago, y de ella se engancha la herramienta para hacer girar el drill. A la otra parte se le llama body, y es la parte que entra en contacto con la zona del diente necesaria para realizar una pequeña perforación, para más tarde colocar el implante.



Figura 7. Drill 3.5mm. Elaboración propia

2.2.1.6 Plastic Abutments

Al igual que el resto de familias, los Plastic abutments incluyen distintas referencias. Las piezas de esta familia no tienen grandes diferencias entre sí, además el material del que están fabricadas es el mismo. Se trata de unas piezas de plástico que llevan un tratamiento especial y que proceden todas del mismo proveedor.

El nombre de estas piezas hace referencia a los abutments de titanio anteriores, ya que son una reproducción de los mismos pero en plástico, para asegurar que las piezas en las que van ensambladas no sufran ningún daño ni ningún golpe durante el transporte.

Al almacén llegan esterilizadas en una doble bolsa de plástico termosellada, por lo que antes, durante y después de la inspección no es conveniente que estén en contacto con zonas no esterilizadas. Es por esto que la extracción de las piezas necesarias según el AQL se realiza en el laboratorio, un área esterilizada. Una vez realizada la inspección de estas piezas, aquellas que se han empleado para realizar las mediciones se destinan a scrap.

Además, como al resto de familias, estas piezas añaden un tratamiento bioquímico realizado en el mismo laboratorio para comprobar características del material que las compone y verificar su esterilidad. La complejidad de este tratamiento aumenta al tratarse de piezas plásticas, ya que son menos resistentes a las pruebas y han de tratarse más cuidadosamente.

Toda esta preocupación para mantener las piezas estériles reside en el empleo de las mismas. Este tipo de referencias se utilizan para el transporte de implantes de titanio desde el almacén hasta los clientes, por lo que están en contacto directo con los implantes y por ello es importante que no contengan ningún tipo de residuo.

Como ejemplo del uso de estas piezas, describiremos la de la imagen. La pieza que se observa es una copia en plástico de un abutment de titanio que se introducirá en la encía del paciente. Junto a ese implante de titanio, se introducirá el tornillo o screw para colocar el implante dental. Como el Plastic abutment de la imagen reproduce a la pieza de titanio, el tornillo encajará a la perfección en el Plastic abutment, y así le llegará ensamblado en este caso al dentista.



Figura 8. Plastic Abutments. Elaboración propia

2.2.1.7 Blísters

Se trata del único producto que no se comercializa, pero que es igual de importante su tratamiento y su validación de calidad. Los blísters son pequeños envases con una cavidad donde se deposita el producto.

Estos se sellan en un ambiente estéril para proteger al producto y evitar que se contamine, colocándose por la parte abierta del blíster un potente adhesivo y aislándolo del exterior. En algunas ocasiones, en lugar de sellarlo con un adhesivo se emplean tapones de rosca. Como el resto de productos, es necesario realizar mediciones sobre éste para asegurar su calidad. También se realizan pruebas bioquímicas sobre éste, pero no son tan exhaustivas como para los abutments.

Las diferencias entre las referencias que forman esta familia de productos son obvias, existirán distintos tamaños de blísters para los diferentes productos que se fabrican en la empresa. Por ejemplo, el blíster que aparece en la imagen se emplea específicamente para los drills.



Figura 9. Blíster para Drills. Elaboración propia

2.2.1.8 Kits

Además de vender herramientas e implantes, en el catálogo aparece otro tipo de productos, los kits. Un kit es un dispositivo sobre el que se disponen distintos tipos de brocas u otras herramientas para facilitar el manejo de los mismos al dentista.

Los drills se pueden comprar individualmente o montados en kits. El kit incluye una gran gama de tipos de brocas, indicando en cada una el grosor de la misma. En cada una de los agujeros que se observan en la imagen se incluye una broca para facilitar su organización. El producto viene acompañado de una pequeña guía explicando las especificaciones de cada una de las brocas, así como de un certificado de calidad.

No existen muchas referencias distintas en esta familia de productos, ya que en un solo kit se incluyen muchas de las brocas más utilizadas por los dentistas. Si se necesitan brocas más específicas, se suelen distribuir individualmente.



Figura 10. Kit sin Tapa. Elaboración propia



Figura 11. Kit con Tapa. Elaboración propia

2.2.2 Procesos

El departamento de Calidad está dividido en cuatro sectores distintos: RI (Receiving Inspection), EoL (End of Line), Inspección de Calidad y el Laboratorio de Pruebas. En cada uno se realizan tareas que dependen directamente del departamento de Calidad. En RI y en Inspección de Calidad se desempeñan tareas muy relacionadas.

2.2.2.1 Control de Calidad e Inspección

El Control de Calidad consiste en realizar las mediciones y las confirmaciones necesarias de cotas de las piezas que tanto se fabrican en planta como aquellas que se compran a proveedor. Este proceso se realiza íntegramente en los sectores de RI y de Inspección de Calidad. La diferencia principal entre estos dos sectores es el tipo de piezas que se inspeccionan en cada uno, inspeccionándose en el primero de ellos prótesis de cadera y rodilla, y en el segundo implantes dentales.

El proceso de inspección en control de calidad viene detallado en pautas distintas con diferentes mediciones para cada una de las referencias que nos distribuyen los proveedores, así como para las piezas internas. Por una parte, el departamento de compras se encarga de ponerse en contacto con los proveedores para pedir especificaciones del producto y así redactar la pauta para que los inspectores puedan realizar las mediciones correctas. Por otra parte, las pautas de las piezas fabricadas por la empresa vienen especificadas desde el departamento de producción o incluso desde la sede americana. Todas y cada una de las referencias vienen con su plano correspondiente.

Una vez llegan las piezas a la empresa, los ingenieros de calidad, de acuerdo con el plan de prioridades diseñado por el departamento de ventas y con ayuda del programa informático SAP, seleccionan un plan semanal de lotes a inspeccionar en el departamento, teniendo en cuenta los lotes pendientes de inspeccionar de la semana anterior y el plan de prioridades diseñado entre otras cosas. En caso de que se necesiten más lotes para inspeccionar de los que

se han definido en el plan de prioridades, los ingenieros de calidad seleccionarán los lotes restantes por FIFO, añadiendo los lotes más antiguos que haya en el almacén a continuación de las prioridades definidas.



Figura 12. Zona de Inspección. Elaboración propia

Tras esto, los lotes con su documentación y su tarjeta identificativa se colocan por orden de prioridad, y cada inspector conforme vayan terminando sus inspecciones de lotes anteriores, irá cogiendo por orden los lotes que hayan traído desde el almacén. Los lotes llevan adjunta la pauta y un plano de la pieza. Estos dos documentos son la base de la inspección. Por una parte, los operarios se ayudarán del plano para realizar las mediciones, y por otra, en la

pauta vendrán especificadas las cotas que se han de medir en el plano, así como el AQL de cada una de estas cotas. El AQL es un concepto estadístico que viene reflejado en una tabla en la que se muestran la cantidad de piezas que se han de inspeccionar en función de la cantidad total de piezas del lote, según la norma H1331 de American Society for Quality.

Llegados a este punto, pueden darse dos escenarios. Por una parte, las mediciones de las piezas pueden ser correctas, lo que significaría que el lote es válido y de calidad. Si esto ocurre, las piezas se dirigen al laboratorio si necesitan algún tratamiento especial, y si no al control de trazabilidad.

Por otra parte, puede ocurrir que se produzca un rechazo parcial o total del lote. Esto sucede cuando alguna de las cotas que se deben medir no se encuentra dentro de las especificaciones de la pauta, se encuentra algún defecto visual en la pieza o la cantidad del lote no es la que nos indica la documentación del proveedor que debería ser.



Figura 13. Zona de R.E. Elaboración propia



Cuando se detecta un defecto dimensional o visual en alguna de las piezas inspeccionadas, se procede a realizar una inspección de dicha cota sobre todas las piezas que conforman el lote para asegurar que piezas son válidas y cuáles no lo son. Una vez las piezas no correctas son rechazadas, se coloca el lote en una estantería y se deja bloqueado hasta que el departamento de compras indique la disposición de las piezas rechazadas. En función del motivo del rechazo, las piezas pueden enviarse directamente a scrap, si no es reprocesable; enviarse de vuelta al proveedor o realizarse sobre ellas un retrabajo, o por parte del proveedor o por parte de la misma empresa.

2.2.2.2 Análisis Bioquímico

Una vez realizada la inspección, en el Laboratorio de Pruebas se realizan los análisis bioquímicos de las piezas que lo requieren. Estas piezas, mencionadas en el apartado de productos, vienen directamente del proveedor aisladas por una doble bolsa con cierre hermético, por lo que para inspeccionarlas y obtener los resultados requeridos para decidir si son correctas o no las piezas, todas aquellas piezas que sean extraídas de la bolsa no podrán volver a ser introducidas y se desviarán a scrap.

En el Laboratorio, se realiza la extracción de las piezas que indica el AQL que son necesarias para las mediciones para no poner en peligro el aislamiento del resto de las unidades, así como los ensayos y pruebas de composición de las piezas para saber si cumplen los requerimientos.

2.2.2.3 Control de Trazabilidad

End of Line, por otra parte, es la zona en la que se inspecciona todo producto terminado y embalado, comprobaciones de etiquetas y de trazabilidad de documentación final para enviar todo correcto a los clientes.

El proceso de Control de Trazabilidad se basa en confirmar que las identificaciones de cada uno de los productos están correctamente ubicadas, con sus certificados en regla. Además, es necesario para algunas de las piezas que estén esterilizadas correctamente, ya que van implantadas directamente en contacto con la sangre. Si no estuviesen bien esterilizadas, podría conllevar problemas para la salud de los pacientes y reclamaciones por parte tanto de los clientes como de los pacientes.

Este proceso es importante ya que las piezas no pasan ningún otro control una vez es aprobado el control de trazabilidad. Desde aquí, las piezas se dirigen al almacén de producto terminado, listas para enviarse al centro de distribución en Holanda.

2.2.3 Clientes

Los clientes de la empresa son principalmente pequeñas clínicas dentales a las que se les suministra la mayoría de producto dental fabricado en la planta. Por otra parte, los hospitales también son una parte importante de las ventas, a los que se les suministra todo tipo de material quirúrgico además de componentes para trasplantes.



Es importante destacar cómo se realiza el trabajo de contacto de clientes para conocer sus necesidades. La planta de Valencia no vende directamente a clientes, ni tiene tiendas propias. Las piezas que salen de dicha planta son enviadas al centro de distribución general de Zimmer Biomet en Europa, localizado en Holanda. Para conocer las piezas que se necesitan para cubrir las necesidades del centro de distribución, desde el departamento de ventas de Valencia, se vuelcan los datos de la base de datos SAP a un Excel interno, actualizándolo semanalmente. En este Excel, cada principio de semana el departamento de ventas indica en una columna específica la prioridad de cada una de ellas, como se ha mencionado.

Como inciso, cabe destacar que además de todo el material biomédico que se proporciona, Zimmer Biomet ofrece el servicio de formación a médicos y especialistas del sector sobre los implantes y algunas técnicas para emplearlos correctamente.

2.2.4 Proveedores

En este punto no expondremos una lista de los proveedores de los que recibimos las piezas, si no de la interrelación existente entre los proveedores y la planta.

Primero, sería destacable añadir el dato de que una parte de los productos que se inspeccionan en el departamento provienen de dentro de la misma planta, por lo que excluiríamos en este caso la comunicación con el departamento de producción, que se presupone buena.

Por otro lado, el resto de piezas que pasan por el departamento de calidad son entregadas por parte de proveedores externos. Las piezas que recibimos de los proveedores son pedidas por el departamento de compras en función de los stocks que indican el programa informático SAP.

La relación y comunicación con el resto de proveedores externos es casi diaria. Existen dentro de la empresa algunos estándares que marcan las pautas de la documentación que han de adjuntar los proveedores a cada envío junto a las piezas, por lo que se les hace saber a los proveedores. Además de los estándares o instrucciones de envío, existen estándares de calidad presentados por Zimmer, que han de cumplir los productos y las instalaciones de cada uno de los proveedores. Las comprobaciones del cumplimiento de dichos estándares vienen definidas por las auditorías a proveedores que se realizan periódicamente por auditores internos del grupo Zimmer.

2.2.5 Organigrama

La siguiente imagen muestra el organigrama de la planta de Valencia, apareciendo por encima de todo en blanco la dirección de Estados Unidos:

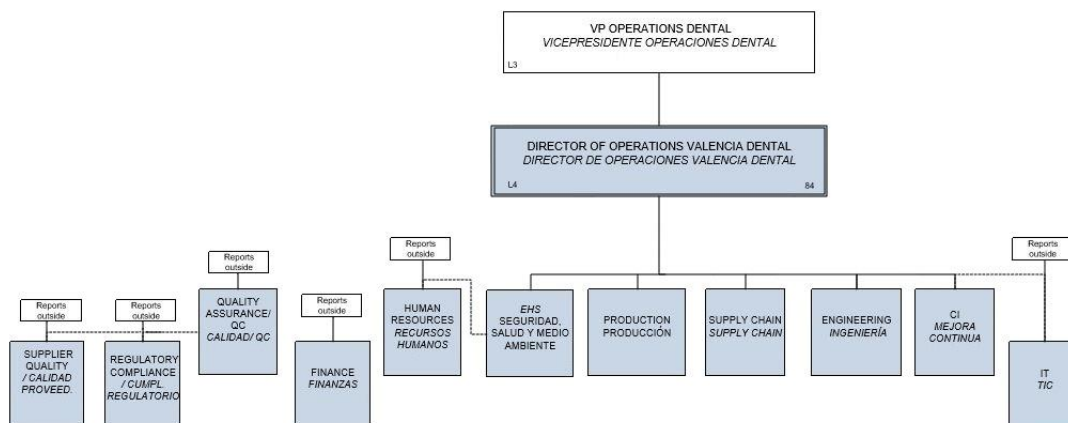


Figura 14. Organigrama. Elaboración propia

2.3. Objetivo del Proyecto

El objetivo principal del proyecto se basa en la estandarización de procesos y en la implementación de mejoras que tendrán lugar en el departamento de Calidad de la empresa.

Este proyecto se centrará en primera instancia en el análisis tanto a nivel físico como estratégico para encontrar y definir los problemas existentes. Una de las problemáticas planteadas es la verificación de la calidad de los Plastic abutments. Estas piezas conllevan un tratamiento un tanto distinto al del resto de piezas. Una inspección normal implicaría las inspecciones que vienen definidas en las pautas correspondientes a dichas piezas, y su disposición en End of Line para confirmar la trazabilidad de la documentación del lote y su posterior empaquetado y distribución.

Sin embargo, la inspección de los Plastic abutments añade dos pasos más. Por una parte, cuando estas piezas entran en el departamento de Calidad, se les hace una primera inspección de parte de las cotas especificadas en la pauta. En cuanto termina este proceso, se envían al laboratorio para que se les realicen los análisis bioquímicos correspondientes. En el mismo momento en el que terminan, las piezas se devuelven al departamento de Calidad para realizar la segunda parte de la inspección, para más tarde seguir el mismo flujo de material y documentación que el resto de piezas hasta llegar a End of Line. Este proceso supone una pérdida de tiempo enorme, ya que para poder realizar el análisis bioquímico se pueden prolongar hasta dos semanas para obtener los resultados, y teniendo en cuenta que las necesidades de dichas piezas se comunican en la misma semana en la que son requeridas por nuestros clientes, estas referencias acumulan mucho delay al final del proceso.

Otro de los problemas que se abordarán a lo largo de este proyecto, será un asunto que implica directamente a los proveedores. Se trata de un problema relacionado con los lotes que recibimos de proveedor. A esta problemática la llamaremos Mix-Up, y se basa en la existencia



de piezas con una referencia concreta en lotes en los que debería existir otra referencia. Ejemplificando esto, un Mix-Up ocurriría cuando en un lote de piezas X nos encontramos con una pieza Y (o más). Esto plantea un problema bastante serio, ya que, por una parte, en el departamento de calidad se inspeccionan los lotes según el AQL, lo que implica que no se inspecciona la totalidad del lote a no ser que venga indicado en la pauta. Esto supone que existe la posibilidad de que una pieza "intrusa" pueda pasar por el control de calidad y sea detectada aguas abajo, ya bien a final de línea o directamente por los clientes finales. Si está es detectada en las consultas u hospitales, podría llegar a implicar una retirada de mercado de todos los lotes con las referencias implicadas, afectando negativamente a la reputación de la empresa.

Por último, pero no menos importante, se tratará un problema que implica una reducción en la eficiencia del parámetro de lotes inspeccionados por inspector. Para presentar este problema, hay que introducir el concepto de la Vertex. Este microscopio se trata de un elemento muy recurrente para realizar una gran cantidad de medidas en una pieza con una alta precisión y en un tiempo menor al que emplearía un microscopio convencional. El problema ocurre cuando estas máquinas son compradas y no existe ningún registro previo de cómo hacer un uso eficiente de estas, por lo que tendríamos recursos con un alto potencial desperdiciados y estaríamos perdiendo tiempo por lote inspeccionado.

Por otra parte, y para finalizar, plantearemos posibles mejoras relacionadas con el lean manufacturing y estudiaremos su evolución y su efectividad con algunos KPI's en el departamento de Calidad, principalmente en las zonas de Inspección y de R.E.

2.4 Departamentos Afectados

Los departamentos a los que afectarán las propuestas de mejora son los de compras, ventas, recursos humanos y, principalmente, calidad.

2.4.1 Ventas

El departamento de ventas, como hemos comentado anteriormente, es el encargado en este proceso de contactar con el centro de distribución y de plasmar los datos de las necesidades de éstos mediante el programa informático de SAP, volcando dichos datos en una hoja Excel para comunicarse con el departamento de calidad, por lo que cualquier cambio en dicho Excel o en la forma de comunicación con el centro de distribución deberá realizarla este departamento.

Debido a esto, a este departamento le afectará directamente el problema de los Plastic abutments, ya que es el encargado de prever las necesidades de dichas piezas y de realizar cualquier cambio en las prioridades de la tabla Excel en caso de que sea necesario.

2.4.2 Compras

Este departamento es el encargado de ponerse en contacto con los proveedores externos que nos suministran las piezas, por lo que cualquier cambio en la forma en la que nos deberían



enviar las piezas, las cantidades, la manera de obtener las necesidades mediante SAP o la documentación que debería venir reflejada junto a las piezas es responsabilidad de dicho departamento.

En este departamento se desarrollará la solución al problema del Mix-Up, ya que será necesario ponerse en contacto con los proveedores para informar de los problemas surgidos y buscar un punto medio del que ambas partes salgan beneficiadas, evitando la recurrencia de dicho problema.

2.4.3 Calidad

Por este departamento pasa todo el flujo de material y de documentación de los lotes que salen de la empresa para su distribución. Todas las medidas y pruebas que necesitan las piezas para verificar su calidad y su validez son realizadas entre las cuatro distintas partes de este departamento.

Es la espina dorsal del proceso de mejora continua de este proyecto. En éste se basarán todas las soluciones propuestas, incluyendo todas las mejoras basadas en el Lean Manufacturing, que serán implementadas en este departamento. Además, se verá afectado, en mayor o menor medida, por las tres problemáticas principales que aparecen, ya que todas se originan en el proceso de inspección.

2.4.4 Recursos Humanos

El departamento de recursos humanos no tiene ninguna actividad a realizar durante el procesado, recepción o inspección sobre las piezas o los lotes. Sin embargo, y en caso de que sea necesario, será encargado de que se realice cualquier contratación externa o interna de empleados, así como de la subasta de nuevas plazas y de realizar las entrevistas a los candidatos.

2.5 Conclusiones

Este capítulo se ha centrado en presentar la problemática y el método de trabajo del departamento de Calidad de la planta de Valencia de la empresa Zimmer Biomet.

Primero, se ha presentado la historia de la compañía y de la planta de Valencia, seguido de una aproximación a la empresa para conocer los productos que se procesan en ella, que procesos sigue el flujo de material, a qué mercado vende la compañía, qué debe cumplir una empresa para ser proveedora del grupo y un plano del organigrama general de la empresa.

A continuación, se ha expuesto la problemática que se va a abordar a lo largo del trabajo, así como la realización de un proyecto de mejora continua en el departamento de calidad.

Tras esto, y para finalizar, se han seleccionado y definido los departamentos que se verán afectados por los problemas a solucionar propuestos, y por qué deberían intervenir a la hora de buscar una solución.

3. ANTECEDENTES TEÓRICOS

3.1 Introducción

En este capítulo, y tras haber realizado una presentación general tanto del objeto del trabajo como de la empresa, procederemos a definir los conceptos teóricos que hemos empleado para poder llevar a cabo este trabajo final de grado.

Los conceptos teóricos empleados han sido los siguientes; en el punto 3.3 explicaremos los métodos más recurrentes para detectar las causas raíz de los problemas a tratar, en el punto 3.4 se describen métodos empleados a la hora de planificar proyectos de introducción de mejoras y, por último, en el punto 3.5 en el cual se expondrán conocimientos teóricos básicos del Lean Manufacturing para la implantación de dicha filosofía.

3.2 Técnicas Causa-Raíz

Estas técnicas son empleadas para la identificación de las causas que originan problemas, siendo esto necesarias y prioritarias para su posterior resolución. Los principales métodos para identificar las causas principales de los problemas son el Diagrama de Ishikawa y los 5 Por qué's.

3.2.1 Diagrama Ishikawa

El propósito del diagrama de Ishikawa es proveer una vista gráfica de una lista en la que se puedan identificar y organizar posibles causas a problemas para asegurar el éxito dentro de algún proyecto¹. Recibe el nombre de diagrama de espina de pez ya que su estructura recuerda a uno.

En este diagrama se verían representado por la espina central el problema que se debe abordar, mientras que cada una de las espinas significaría las causas de éste. Las causas que se seleccionan para cada problema dependerán de varios factores, pero entre las causas más destacables y empleadas en este tipo de diagramas son: persona, haciendo referencia a causas humanas; método, para referirnos al proceso; máquina, siendo estas aquellas causas relacionadas con los equipos empleados; entorno, referenciando principalmente al ámbito del trabajo; y material, siendo estas causas relacionadas con el producto tratado.

A su vez, de estas "espinas" nacen otras ramificaciones que indican las causas secundarias de los problemas que vienen englobadas por la causa principal que indica la "espina" primaria.

3.2.2 5 Por Qué's

Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema². Se basa en realizar la pregunta "¿Por

¹ Carro R. y González D., (2008). *Administración de la Calidad Total*.

² Taiichi Ohno, (1991). *El Sistema de Producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala*



qué?" durante un número de iteraciones que normalmente suele ser cinco veces, para así hallar la causa origen del problema.

La filosofía de este método reside en ir "investigando" que es lo que provoca la causa del problema. Así pues, un problema puede no tener únicamente una causa-raíz, por lo que sería coherente realizar el método más de una vez, respondiendo de manera diferente a las preguntas.

3.3 Planificación y Priorización de Proyectos

En este apartado se definirán los métodos que hemos empleado para planificar el proyecto para llevar a cabo todas las mejoras y priorizar las actividades del mismo. Con esto, se explicarán dos diagramas básicos para la planificación de proyectos, el diagrama PACE y el diagrama de Gantt.

3.3.1 Diagrama PACE

El diagrama PACE se trata de una herramienta empleada para priorizar basada en dos criterios³.

Es un diagrama bidimensional, lo que quiere decir que está formado por dos ejes. Por una parte, el eje de abscisas indica la importancia de la actividad, mientras que el eje de ordenadas indica la cantidad de información y datos que tenemos de dicha actividad.

La parte central del diagrama se divide en cuatro zonas: Priorizar, Actuar, Comprobar y Eliminar. Una vez ubicadas las actividades en función de estos dos criterios, el diagrama las clasifica en cuatro tipos de acciones a realizar. En función de donde se encuentre cada una de las actividades, se realizará una acción u otra en función de lo que nos indique el diagrama.

3.3.2 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta gráfica que coordina los programas de los centros de trabajo y muestra el avance de cada tarea con relación a su fecha programada de terminación⁴.

En este diagrama se representan las actividades que forman el proyecto por medio de barras. La longitud de las barras viene definida por la duración de las tareas, cuanto más duren las tareas, más larga será la barra. Además, en este diagrama viene representados los recursos humanos y materiales que va a emplear cada una de las tareas, resultando así una herramienta muy versátil y fácil de emplear en estos casos.

³ Kaplan G., (2008). *Advanced Lean Thinking*

⁴ Gaither, N. y Frazier, G., (2000). *Administración de la Producción y Operaciones*

3.4 Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es un modelo de gestión empresarial que elimina todo lo que no aporte valor añadido al producto o servicio que ofrece una organización⁵. En esta teoría, se entiende como desperdicio todo aquello que se pueda relacionar con cualquiera de los siguientes ocho puntos:

- Sobreproducción: Producir más de lo necesario.
- Tiempo de espera: Tiempo improductivo.
- Transporte: Movimientos de material entre zonas de procesado.
- Ineficiencias en el proceso: reprocesos o actividades que no añaden valor.
- Inventarios: Stocks.
- Movimientos innecesarios: De los operarios durante los procesados.
- Productos defectuosos: Scrap.
- Creatividad de la gente no utilizada.

Eliminando todo tipo de desperdicio de los puntos anteriores se aumenta la eficiencia del proceso, se aumenta la calidad y se reducen el tiempo y producción de coste. Existen distinto tipo de herramientas para implementar la filosofía lean, a lo largo de este proyecto se utilizarán la siguientes.

3.4.1 Sistema "Pull"

Consiste en fabricar solo el material que sea requerido para cumplir con la demanda del cliente y entregar dicha demanda en el momento adecuado, en la cantidad adecuada y en las condiciones preestablecidas.⁶

La contraparte de los sistemas "Pull" sería el sistema "Push", que a diferencia del otro, en este caso el sistema de producción no depende de las órdenes de los clientes, sino en órdenes generadas basadas en previsiones de consumo.

3.4.2 Kanban

Se trata de una técnica que ayuda a visualizar el flujo de trabajo, reducir el trabajo en curso y a medir el lead time⁷. Esta técnica se basa en la utilización de "señales" que indican que es necesario reabastecer.

La implementación del sistema Kanban únicamente será posible si se trabaja mediante un sistema "Pull". Existen diversos tipos de señales kanban, pero a lo largo de este trabajo utilizaremos las tarjetas kanban, mediante las cuales se envía la información aguas arriba del proceso para indicar que es necesario reabastecer ya que el puesto que las emite se ha quedado sin stock de producto.

⁵ Cuatrecasas L., (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*

⁶ Jeffrey K., (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*

⁷ Kniberg H. y Skarin M., (2009). *Kanban and Scrum, making the most of both.*

3.4.3 Metodología 5'S

Se trata de una técnica surgida en Japón con el fin de mantener organizadas, limpias, seguras y productivas las áreas de trabajo⁸. Se basa en cinco principios básicos:

- Seiri: Separar lo necesario de aquello que no lo es, eliminar todo lo que no sea útil.
- Seiton: Situar lo necesario, cada cosa en su sitio y un lugar para cada cosa.
- Seiso: Limpieza, mantener el puesto de trabajo limpio, aseado y ordenado.
- Seiketsu: Estandarización, evitar la recurrencia del desorden y suciedad.
- Shitsuke: Mantener, mediante la auto-disciplina.

Cabe destacar que, aunque la teoría básica de la metodología de las 5's se basa en cinco principios, como su nombre indica. Sin embargo, en la empresa en la que se desarrolla el proyecto se incluye una sexta, la seguridad de los puestos de trabajo.

3.4.4 Value Stream Mapping (VSM)

El VSM o mapa de cadena de valor es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios⁹. Se trata de una representación gráfica en la que se esquematizan todos los puestos de trabajo por los que pasan los productos antes de llegar al cliente.

Uno de los principales objetivos del VSM es identificar aquellas actividades que agregan valor al producto y aquellas que no.

Cabría definir la diferencia entre el VSM actual, en el que se representa el proceso tal cual es en el momento en el que realiza; y el VSM futuro, en el cual, mediante algunas técnicas que hemos mencionado, se reconfigura el layout del mapa de cadena de valor para evitar todo aquello que no genere valor al producto. Crear el VSM futuro del proceso de Inspección será uno de los objetivos del presente trabajo.

3.5 Conclusiones

En este capítulo se han expuesto los principios teóricos en los que se basará la realización del mismo.

Por una parte, para hallar las causas de los problemas que se van a tratar se emplearán técnicas de causa-raíz, como el diagrama de Ishikawa y los 5 Por qué's. Más tarde, y tras proponer y seleccionar soluciones a los problemas expuestos, se planificarán los proyectos mediante el diagrama de Gantt y se priorizarán las actividades mediante el diagrama PACE. Tras esto, y siguiendo el hilo del trabajo, se propondrán mejoras basadas en el lean manufacturing empleando herramientas y sistemas que se han descrito en este capítulo.

⁸ Socconini L. y Barrantes, M., (2005). *El proceso de las 5S en acción*

⁹ Cabrera R., (2009). *Value Stream Mapping, Análisis de la Cadena de Valor*



4. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS-RAÍZ

4.1 Introducción

A lo largo de este capítulo se realizará una descripción más detallada de cada uno de los problemas que se han presentado. Todos estos problemas afectarán principalmente al departamento de Calidad.

Primero, se realizará el análisis del problema relacionado con el alto tiempo de delay de los plastic abutments. Seguido a éste, se describirán los problemas que conllevan los Mix-Up y, por último, se dará paso a presentar el microscopio Vertex y porque implica un problema no utilizarlo correctamente.

Para cada uno de los problemas que se han planteado, se realizará, en este capítulo, una descripción detallada del mismo, incluyendo una definición y explicación del mismo, por qué es necesario solucionarlo, qué implicaciones tienen dichos problemas de cara al producto y al cliente y un análisis con el fin de encontrar la causa-raíz de cada uno de ellos.

4.2 Delay de los Plastic Abutments

Los plastic abutments son piezas plásticas que sirven como moldes para asegurar el transporte de los implantes de titanio. Su procesado en calidad incluye un análisis bioquímico para la comprobación de sus componentes, lo que implica tiempos de proceso mayores que otros tipos de piezas.

4.2.1 Descripción del Problema

Desde el departamento de ventas, mediante la plataforma informática de SAP y empleando la interfaz de Excel, se emiten las necesidades semanales de todas las referencias necesitadas, indicando cantidades y demás datos de interés. Cada inicio de semana, en función de las prioridades propuestas por el departamento de ventas, pasan los lotes por el departamento de Calidad.

Para el caso de los plastic abutments, piden semanalmente una cantidad de dos lotes de este tipo de piezas, lo que se traduciría en un total de 2000 unidades. Una vez enviada la información de los lotes de plastic abutments que han de ser inspeccionados en el departamento de calidad dicha semana, se recogen las piezas del almacén de materia prima y se realiza la primera parte de la inspección de las piezas. Esta primera parte de la inspección consiste en medir una parte de las cotas que nos indica la pauta de la referencia que se han de realizar. Al tratarse de piezas que necesitan un tratamiento especial, es decir, que no pueden estar en contacto con el aire. Previo a la medición de las cotas, se retiran las piezas necesarias según el AQL en un ambiente estéril para realizar las mediciones.

Una vez realizada esta parte de la inspección, se envía el lote completo al laboratorio para que se le realicen las pruebas bioquímicas. La obtención de los resultados de las mismas lleva aproximadamente una semana.

Junto con los resultados adjuntos de las pruebas bioquímicas para la comprobación de los materiales que forman las piezas, se realiza la segunda parte de la inspección de vuelta en el departamento de calidad. Esta segunda parte se basa en realizar las mediciones de las cotas internas de las piezas, lo cual significa que sobre cuatro piezas, ya que así lo indica la pauta, se realiza un corte transversal para poder medir la parte interna de la pieza. Ya que estas piezas se destinarán a scrap, ya que quedan inservibles, no es necesario realizar este corte en un ambiente estéril. Este largo proceso genera un problema para la empresa, ya que estas piezas acumulan mucho delay o retraso al final del proceso y no se suelen entregar a tiempo.

4.2.2 Repercusiones y Observaciones

Expuesto el problema, se explicará porque es necesario solucionarlo y que repercusiones tiene éste sobre los clientes y sobre el proceso, además de añadir datos objetivos del tiempo que se pueden retrasar estos lotes.

La necesidad de solventar esta situación reside en la imagen de la empresa de cara a los clientes principalmente. No entregar las piezas a tiempo por problemas de retraso no es positivo ni para la empresa ni para los clientes. Además, esto tampoco repercute positivamente sobre los inspectores de calidad, ya que son los responsables de realizar el seguimiento del lote, y al alargarse tanto el proceso de inspección puede suponer una pérdida de trazabilidad del lote o documentación, ya que mientras se realizan las pruebas en el laboratorio los inspectores siguen realizando otras inspecciones de lotes.

En este primer gráfico, se muestra un histórico del último año en el que aparecen reflejados los lotes totales que han entrado al departamento de calidad de estas referencias y el porcentaje de estos que se han entregado tarde al cliente. Es una comparativa gráfica para observar la diferencia entre los lotes totales que inspeccionamos de este tipo de referencias y la cantidad que se entregan con delay.

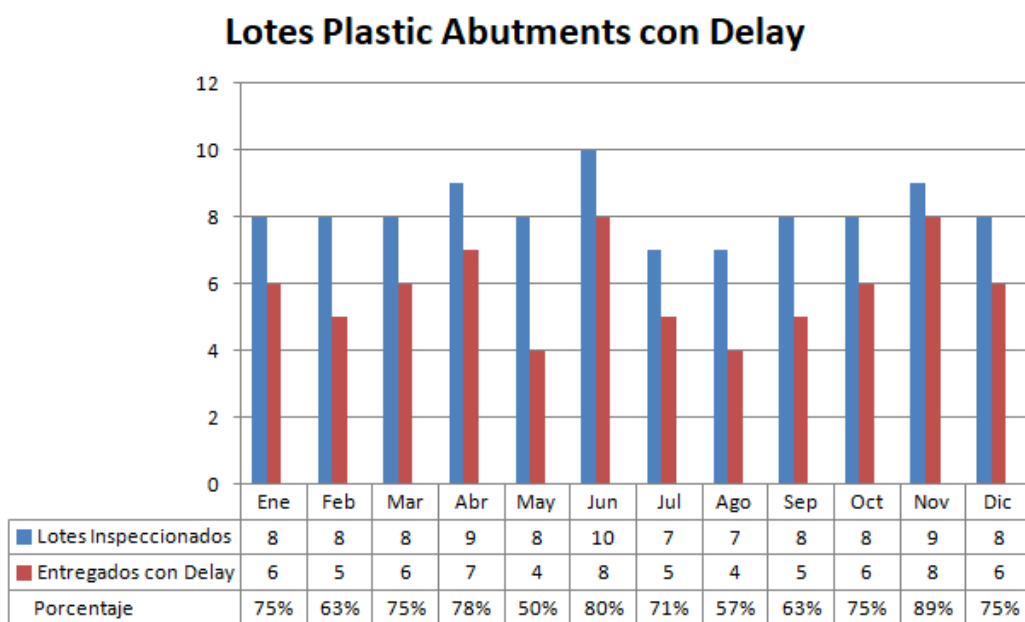


Figura 15. Gráfico Lotes Plastic Abutments con Delay. Elaboración propia

Como podemos observar, un alto porcentaje de estas piezas se entregan con retraso. La recepción e inspección de estos lotes se mantiene aproximadamente uniforme durante todo el año, un dato interesante a la hora de buscar soluciones al problema. La media de lotes pedidos por el cliente de plastic abutments es de aproximadamente dos a la semana.

En el segundo gráfico aparecen todos los lotes que han sido vendidos a clientes durante este último año. Están clasificados en función de los días de retraso con los que han sido entregados.

La mayor parte de estos lotes no conlleva un retraso excesivo, pero encontramos algunos de ellos que parecen ser datos anómalos. Durante la toma de datos, se nos indicó que para estos lotes donde el delay parece ser desmedido, se detuvieron estos lotes durante las inspecciones por dudas con las pautas, los planos o algunas mediciones.

Tiempo de delay en días

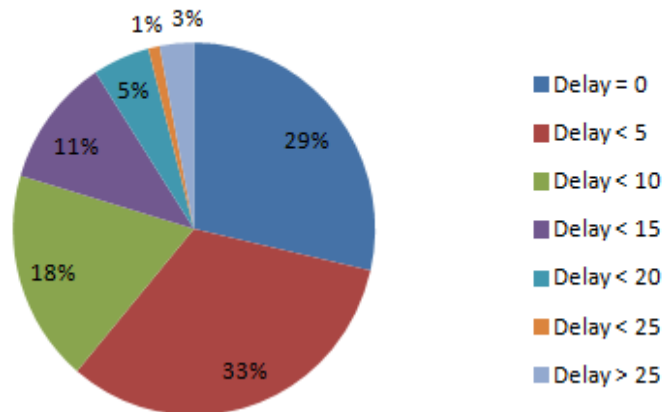


Figura 16. Gráfico Tiempo de Delay. Elaboración propia

4.2.3 Identificación Causas-Raíz

4.2.3.1 Diagrama Ishikawa

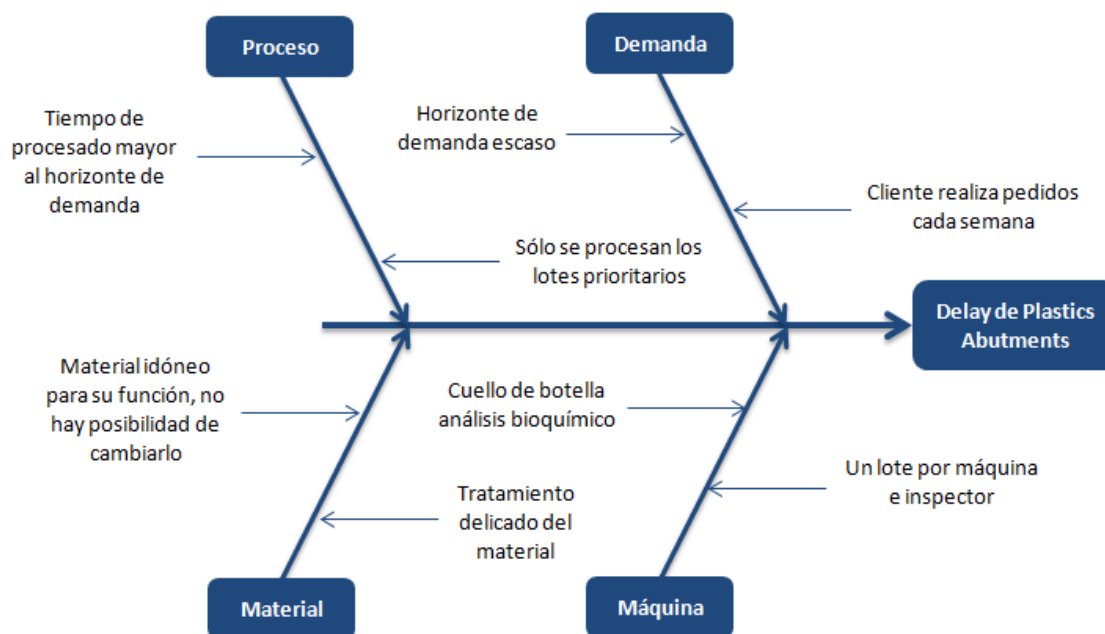


Figura 17. Diagrama Ishikawa para el Delay de los Plastics Abutments. Elaboración propia

4.2.3.2 5 Por Qué's

- 1. ¿Por qué tenemos clientes descontentos?
 - Porque no entregamos a tiempo las piezas
- 2. ¿Por qué no entregamos a tiempo las piezas?
 - Porque existe poco tiempo para su procesado
- 3. ¿Por qué existe poco tiempo para su procesado?
 - Porque no se avisa con mucho tiempo de antelación
- 4. ¿Por qué no se avisa con mucho tiempo de antelación?
 - Porque el horizonte de demandas y prioridades se plantea semanalmente
- 5. ¿Por qué se plantea semanalmente?
 - Porque no existen previsiones de demanda para estas piezas

4.3 Mix-Up

En términos industriales, se entiende por Mix-Up cuando se juntan las piezas de dos lotes distintos y como resultado encontramos un lote con dos tipos de piezas distintas.

4.3.1 Descripción del Problema

En algunos de los lotes que se inspeccionan en la empresa, se encuentran problemas e inconvenientes ya bien sea por errores con las medidas o incoherencias en la documentación. Cuando cualquiera de estas cosas sucede, se realiza un rechazo total o parcial del lote. En algunas ocasiones, el motivo de estos rechazos es debido a que en un lote encontramos una pieza "intrusa", es decir, en un lote de piezas de la referencia X encontramos, por lo general, no más de una pieza con otra referencia distinta a la X.

Esto conlleva también un problema con la documentación, ya que el certificado que emite el proveedor de conformidad del pedido no sería válido porque nos certifican una cantidad de piezas de una referencia, mientras que físicamente contaríamos con una pieza menos de las que indica el certificado. El certificado no incluye que el proveedor haya realizado una revisión visual del lote asegurando que todas las piezas sean de la misma referencia.

En este problema es básico que intervenga el departamento de compras, ya que es el responsable de ponerse en contacto con el proveedor y transmitirle las quejas surgidas por problemas con sus lotes.

El proceso actual cuando esto ocurre sería el siguiente: se localiza una pieza de una referencia distinta en el conteo inicial de las piezas por parte de los inspectores. Se realiza un rechazo de las piezas y el lote se queda bloqueado. Una vez le llega la información al departamento de compras, éste indica la disposición de las piezas, que para estos casos es una devolución al proveedor. Ellos mismos se ponen en contacto con el proveedor en cuestión y mientras llegan a un acuerdo en el que el proveedor se compromete a cumplir con el certificado inicial y a enviar de vuelta el lote completo sin referencias cruzadas, en el departamento de calidad se realizan inspecciones visuales de todos los lotes de ambas referencias afectadas que se encuentran tanto en el almacén de materia prima como en el de producto terminado para comprobar que no se ha repetido este problema. Cuando un lote vuelve a la empresa, se realiza una inspección normal como cualquier otra, repitiendo el conteo inicial.



Figura 18. Ejemplo Mix-Up. Elaboración propia

4.3.2 Repercusiones y Observaciones

Por lo principal, durante el conteo inicial de las piezas, los inspectores se suelen percatar de cualquier pieza que no esté en su lugar, pero las diferencias entre las piezas de las referencias en las que se dan los problemas de Mix-Up suelen ser muy parecidas entre sí, como se muestra en la imagen, y existe la posibilidad de que no sea así y las piezas sean aceptadas como válidas. Cabe también la posibilidad de que este tipo de fallos sea detectado durante el proceso de control de trazabilidad final, donde se realiza otro conteo para el empaquetado final de las piezas. Para que una pieza sea vendida como otra referencia deberá pasar al menos dos controles visuales antes de que salga al mercado, por lo que no es habitual que esto ocurra.

El porqué de la preocupación con este problema es debido a su repercusión sobre la empresa. En el momento en el que se detecta, es necesario parar el trabajo de varios inspectores para realizar inspecciones visuales de todos los lotes de las dos referencias afectadas por un Mix-Up que se encuentren en ese momento en la empresa, lo cual implica una gran cantidad de tiempo que podría ser empleado realizando más inspecciones en lugar de reinspeccionar lotes que ya han sido validados. Además, si este problema es detectado por un cliente, probablemente se recibirá una queja por su parte y la consiguiente pérdida de confianza. Recibida la información de un Mix-Up en un lote vendido, se procedería a realizar una retirada de mercado completa del lote afectado por el problema, suponiéndole un alto coste a la empresa.

En el gráfico se muestra el histórico desde que se tienen registros por este tipo de problemas de la empresa. Aparecen el número de lotes afectados por Mix-Up por año, ya hayan sido detectados en el proceso de inspección, en el control de trazabilidad o por clientes.

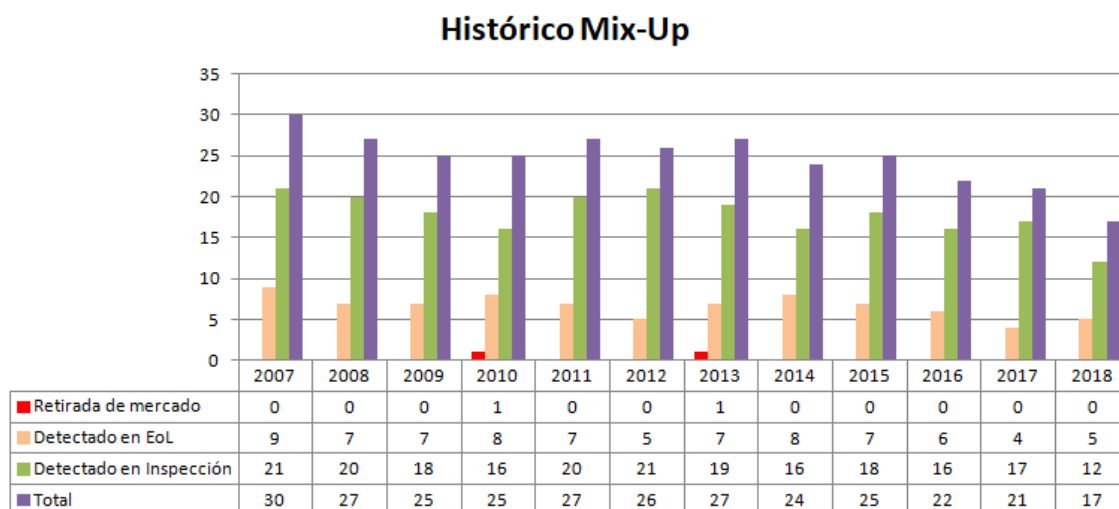


Figura 19. Gráfico Histórico de Mix-Ups. Elaboración propia

Afortunadamente, no han ocurrido muchos problemas de esta clase, y dentro de esto, tan solo ha habido dos retiradas de mercado de lotes que han sido detectado por clientes. Aún así, este problema es necesario que se minimice lo máximo posible, ya que es un problema serio que afecta a toda la empresa en su conjunto.

4.3.3 Identificación Causas-Raíz

4.3.3.1 Diagrama Ishikawa

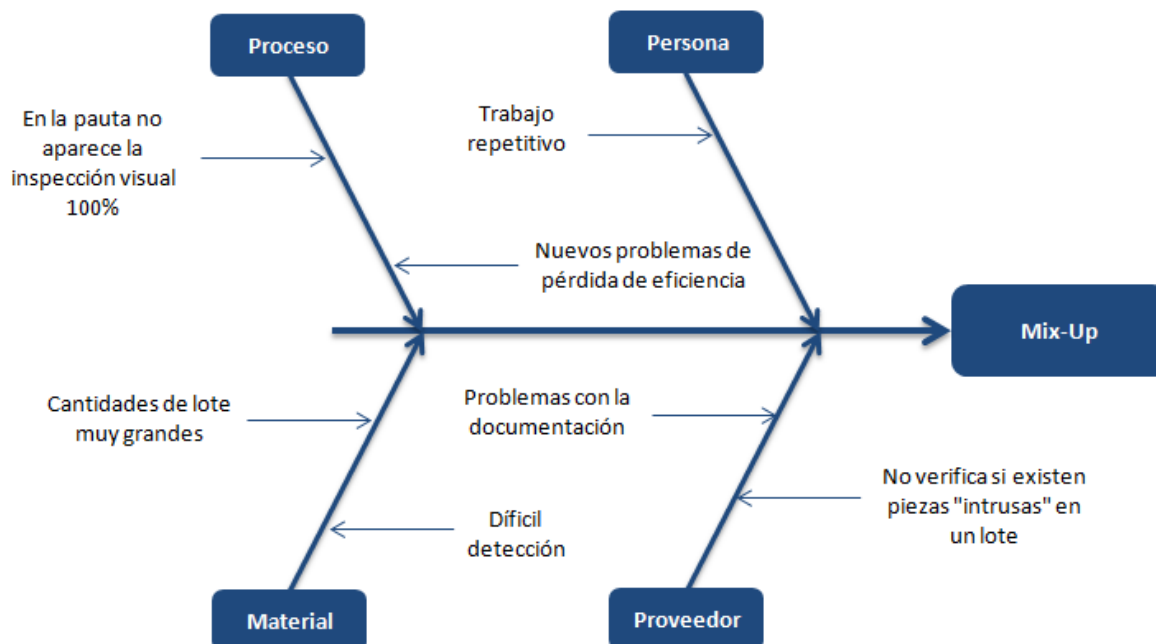


Figura 20. Diagrama Ishikawa para los Mix-Ups. Elaboración propia

4.3.3.2 5 Por Qué's

- 1. ¿Por qué se realizan retiradas de mercado?
 - Porque se vende una pieza como si fuera otra
- 2. ¿Por qué se vende una pieza como si fuera otra?
 - Porque salen al mercado lotes con piezas "intrusas"
- 3. ¿Por qué salen al mercado lotes con piezas "intrusas"?
 - Porque se aceptan como válidas piezas de otras referencias
- 4. ¿Por qué se toman por validas?
 - Porque no se detectan durante la inspección
- 5. ¿Por qué no se detectan durante el control de calidad?
 - Porque no se realiza una inspección visual del total del lote

4.4 Pérdida de Eficiencia

El equipo de medición de alta precisión Micro Vu Vertex fue obtenido por la empresa con el fin de mejorar los tiempos de inspección y reducirlos sustancialmente. Se trata de un equipo como el que se muestra en la imagen, como una especie de microscopio automático.



Figura 21. Micro Vu Vertex



Figura 22. Micro Vu Vertex en Inspección. Elaboración propia

La pieza se sitúa sobre la base de metacrilato facilitada para ello y la cámara, que incluye luz para evitar destellos muestra la imagen por una pantalla de ordenador conectada. Mediante un mando de control manual se mueve la cámara para ajustarla donde sea necesario para realizar las mediciones.

4.4.1 Descripción del Problema

Son varias las formas de medir o verificar una cota de una pieza. Principalmente, los equipos de medición más utilizados son las galgas, una especie de varillas pasa-no pasa para medir circunferencias; microscopios convencionales, existiendo distintos tipos según su magnitud de medida para diferentes referencias; proyector de perfiles, un equipo que muestra por una imagen a escala modificable la silueta de la pieza aumentada; e instrumentos de medición más habituales como micrómetros o pies de rey. El tipo de equipo que se debe utilizar para cada una de las cotas viene especificado por la pauta junto al AQL.

Más tarde se incluyó la Micro Vu Vertex, un microscopio automático con infinitud de posibilidades a la hora de medir. Éste se conecta a una pantalla de ordenador donde aparece la imagen que captura la cámara a tiempo real. La interfaz del software del programa que utiliza la Vertex es sencillo,



Figura 23. Microscopio. Elaboración propia

una pantalla dividida en cuatro secciones en las cuales aparecen la cámara; los elementos para medir como líneas, circunferencias, arco, punto...; un boceto de las mediciones que se van realizando; y los resultados de las mediciones.

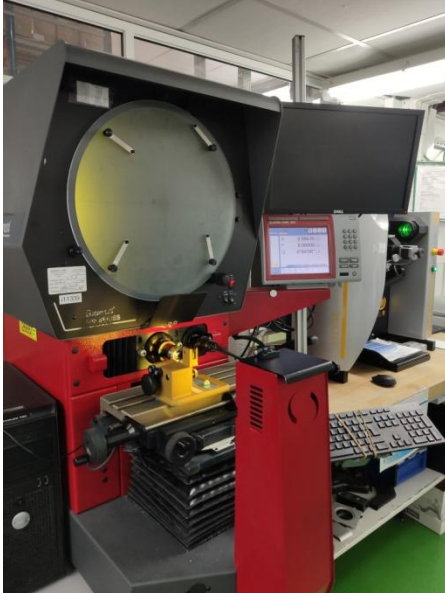


Figura 24. Proyector. Elaboración propia

En primera instancia, cuando se compraron las máquinas, éstas se comenzaron a utilizar para las inspecciones. El proveedor explicó cómo utilizarlas de manera manual para que los inspectores pudieran comenzar a emplearlas. El proceso era el siguiente: se colocaba cada una de las piezas que se debían medir de una en una en la tabla de metacrilato, se ajustaba la cámara al centro de coordenadas establecido, se ajustaba la luz y se comenzaban a realizar las mediciones. Por ejemplo, si debíamos medir la longitud de una pieza, se desplazaba la cámara hasta un extremo de la misma, se marcaba el inicio de una línea y se llevaba hasta el otro punto de la misma.

Este proceso, aplicado al ejemplo de la longitud de una pieza, es más tedioso que medirlo por ejemplo con un micrómetro, lo que se traduce en más tiempo por inspección. Además, al tener que realizar las mediciones manualmente con el programa, tampoco aseguraban que las piezas fueran correctas. El ejemplo de la longitud se debe extrapolar a todo el resto de medidas que se podían tomar en este equipo.

Se decidió, tras ver los resultados negativos obtenidos, formar a los empleados mediante cursos específicos para emplear más eficientemente los equipos. Durante los cursos, el proveedor de las Vertex comenta que existe la opción de crear programas automáticos para realizar las mediciones sin tener que configurar la cámara ni tener que realizar las mediciones manualmente, la cual era la idea inicial a la hora de comprar las máquinas, una mayor automatización del proceso.

Debido a la complejidad del proceso de crear programas para implementar las mediciones, actualmente se siguen realizando estas mediciones de manera manual, alternando entre la Vertex y otros utensilios de medición en función del tiempo que se tarde.



Figura 25. Juego de Galgas. Elaboración propia

4.4.2 Repercusiones y Observaciones

Se nos presenta una doble problemática; por una parte, tenemos unos recursos valiosos y eficientes que no utilizamos por falta de conocimiento sobre su programación; y por otra, si empleamos estos recursos perderíamos eficiencia y aumentaríamos el tiempo del proceso de inspección porque, aunque los operarios ya sepan utilizar los equipos, las mediciones manuales del mismo siguen siendo más lentas.

Es necesario solucionar el problema por dos razones fundamentales: amortizar la inversión de los equipos y aumentar la productividad del departamento.

En el gráfico se muestran las diferencias existentes entre realizar las mediciones empleando programas para la Vertex, y las mismas mediciones realizándolas de forma manual. Los tiempos de los programas de Vertex están basados en estimaciones facilitadas por el departamento de Ingeniería, que serían muy parecidas a las medidas reales.

Referencia	Cotas	AQL	T. por cota MANUAL	T. Total MANUAL	T. por cota VERTEX	T. Total VERTEX	T. Mejora en Minutos por Lote
SCREW	F14	2.5 (16)	10.00	35.00	6.67	16.00	19.00
	F15	2.5 (16)	25.00		6.67		
	T. Prep	-	-		2.67		
ABUTMENTS	F2	2.5 (13)	20.00	260.00	1.66	23.69	236.31
	F4	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F5	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F6	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F7	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F13	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F14	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F15	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F18	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F19	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F20	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F24	2.5 (13)	20.00		1.66		
	F40	2.5 (13)	20.00		1.66		
T. Prep	-	-	2.17				
DRILLS	F24	2.5(13)	6.92	27.67	3.25	13.00	14.67
	F25	2.5(13)	6.92		3.25		
	F26	2.5(13)	6.92		3.25		
	F27	2.5(13)	6.92		3.25		
TOOLS	F1	2.5 (23)	10.71	75.00	4.38	32.58	42.42
	F2	2.5 (23)	10.71		4.38		
	F6	2.5 (23)	10.71		4.38		
	F8	2.5 (23)	10.71		4.38		
	F12	2.5 (23)	10.71		4.38		
	F13	2.5 (23)	10.71		4.38		
	F14	2.5 (23)	10.71		4.38		
	T. Prep	-	-		1.92		

Figura 26. Tabla Tiempos de Mejora Previstos. Elaboración propia

Es obvio que la diferencia es sustancial, y si se llegaran a los tiempos que teóricamente tardarían los programas se reduciría cuantitativamente los tiempos por inspección.

4.4.3 Identificación Causas-Raíz

4.4.3.1 Diagrama Ishikawa

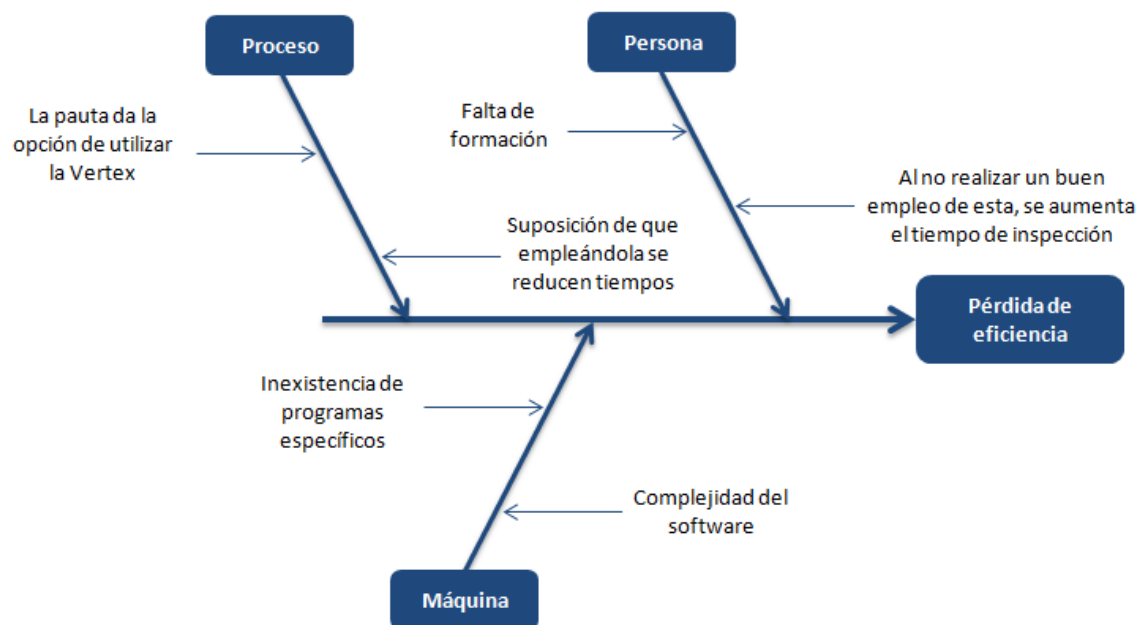


Figura 27. Diagrama Ishikawa para la Pérdida de Eficiencia con Vertex. Elaboración propia

4.4.3.2 5 Por Qué's

- 1. ¿Por qué se produce una pérdida de eficiencia?
 - Porque se inspeccionan menos piezas en más tiempo
- 2. ¿Por qué se inspeccionan menos piezas en más tiempo?
 - Porque no se hace un uso adecuado de las Vertex
- 3. ¿Por qué no se hace un uso adecuado?
 - Porque los operarios no están formados en la configuración de softwares
- 4. ¿Por qué no están formados los operarios?
 - Porque es una formación complicada y costosa
- 5. ¿Por qué es complicado?
 - Porque es necesario un especialista en softwares para ello



4.5 Conclusiones

En este apartado se han descrito detalladamente los problemas que se han encontrado, los cuáles son la base del trabajo. Se ha explicado el problema en sí y la relevancia del mismo, exponiendo porque es necesario resolverlos, basándose en datos objetivos.

Una vez realizado, mediante los métodos de análisis de causa-raíz, se ha procedido a realizar un estudio para determinar los orígenes de los problemas. Los métodos empleados han sido el diagrama de Ishikawa y el análisis de los 5 Por qué's.

En resumen, se han planteado los problemas a estudiar y se ha realizado un análisis causa-raíz para determinar cómo tratar y que opciones de mejora proponer para solucionar dichos problemas.



5. OPORTUNIDADES DE MEJORA

5.1 Introducción

Una vez analizadas las causas-raíz de los problemas propuestos, se realizará un análisis de las soluciones para dichos problemas. A lo largo de este capítulo se va a realizar una descripción detallada de las soluciones, escogiéndose la mejor entre ellas para solventar cada uno de los problemas con los que nos hemos encontrado.

Primero, plantearemos los objetivos que se quieren conseguir con estas mejoras. Una vez expuesto esto, se propondrán diferentes soluciones válidas para cada uno de los problemas, realizándose tras esto una detallada descripción de cada una de las mejoras propuestas. Para finalizar, y a modo de conclusión, se escogerá la mejora que mejor encaje con los objetivos de las mismas.

5.2 Objetivos de las Mejoras

Las mejoras que se van a proponer a continuación van a ser diseñadas para solucionar la problemática de este trabajo. Cada uno de los distintos casos tendrá distintos objetivos a cumplir y se medirá de distinta forma su eficacia, esto es lo que se expondrá a los largo de este apartado.

Primero, planteando la temática del Delay de los Plastics Abtuments, es indispensable que las mejoras solucionen el problema. No es estrictamente necesario que se reduzca el delay total a cero, pero uno de los KPI o de los indicadores para valorar la eficiencia de esta mejora. Por lo que, el objetivo que buscamos en este caso es la máxima reducción del tiempo de espera por parte del cliente, así como reducir también el número de lotes que no llegan a tiempo.

En el caso de los problemas de Mix-Up, el objetivo principal es reducir a cero las retiradas de mercado debido a esto, ya que una retirada de mercado pone en un serio aprieto a la empresa. También es un objetivo reducir lo máximo posible el número de Mix-Ups detectados durante el proceso de inspección y durante el control de trazabilidad.

Por último, las mejoras propuestas para la pérdida de eficiencia debido al uso erróneo de la Vertex tendrán como objetivo central ayudar a la reducción de tiempo de inspección por lote. Con esto, aumentará la eficacia del departamento, así como la calidad del mismo, ya que las mediciones que realiza un programa automático son más precisas que las que se realizan manualmente. Los KPI's para valorar la validez de esta mejora será el tiempo de procesado por lote, así como la cantidad de lotes inspeccionados en un horizonte temporal, como por ejemplo de una semana.

5.3 Mejoras Propuestas

En este apartado se propondrán mejoras para solucionar cada uno de los problemas que se han planteado, realizando una pequeña presentación de cada una de ellas.

5.3.1 Mejoras Propuestas para el Delay de los Plastics Abutments

Teniendo en cuenta que el proceso de tratamiento bioquímico se demora durante una semana, y que al departamento de calidad se le avisa con una semana de antelación de las necesidades y prioridades, este problema era algo inevitable desde el principio. Las tres siguientes opciones de mejora se centran en solventar esta situación:

- Aumentar el tiempo de planificación de la demanda a dos semanas
- Realizar una previsión anual de la demanda de Plastic Abutments
- Realizar primero el análisis bioquímico y unificar ambos procesos de inspección

Ninguna de las tres opciones asegura reducir a cero, pero sí que cumplirían nuestro objetivo, el de reducir el tiempo de espera del cliente, ya sea por una reducción del tiempo de inspección o por una planificación mejor planteada.

5.3.2 Mejoras Propuestas para el Mix-Up

Es un problema difícil de tratar y que conlleva graves repercusiones. Es por ello que es necesario solucionarlo, y por ello se han diseñado tres posibles soluciones para el mismo:

- Realizar una inspección visual previa del total del lote
- Reclamar al proveedor un certificado de que han realizado una comprobación visual
- Crear un puesto intermedio entre el almacén e Inspección dedicado a realizar la inspección visual de todos los lotes que entren a la empresa.

El problema también depende del proveedor, pero las posibles repercusiones negativas también afectan al proveedor en menor medida, por lo que también muestra su interés por solucionar la situación. Las tres mejoras propuestas disminuirían el número de problemas por referencias cruzadas, e incluso, teóricamente, el número de Mix-Ups con cualquiera de las tres debería reducirse a cero.

5.3.3 Mejoras Propuestas para la Pérdida de Eficiencia

Se trata de un problema por un mal uso de un equipo de medición, por lo que debe de ser solucionado. Las tres soluciones que se plantean solucionarían el problema, y así aumentaría la eficiencia del departamento:

- Formar a los operarios
- Contratar un programador de software externo al proveedor
- Contactar con el proveedor para que programe el software

Al igual que ocurría en el problema anterior, alguna de las soluciones depende del proveedor, sin embargo, la diferencia es que en esta ocasión el proveedor no recibe ninguna repercusión negativa si el problema no se soluciona. Aun así, debe hacerse cargo de los problemas que nos puedan surgir con sus equipos de medición. Cualquiera de las tres soluciones es válida y solucionaría el problema, como ya hemos dicho, aumentando la eficiencia del departamento y la calidad de las mediciones.

5.4 Análisis Detallado de las Propuestas de Mejora

Para cada una de las mejoras de cada problema propuesto se presentará una descripción detallada de la mejora y las actividades para implementarla. Se incluirá además quién lo realizará y la duración del mismo. Por último, se hará un pequeño análisis de las ventajas y desventajas de la mejora.

5.4.1 Análisis de las Propuestas para el Delay de los Plastics Abutments

El problema que se planteaba en este caso se basaba en que a los clientes no les suelen llegar a tiempo este tipo de productos debido a su largo tratamiento bioquímico de aproximadamente una semana. También se sumaba que la planificación de la demanda del cliente se realizaba con una semana de antelación. Las soluciones que se han propuesto para solventar esto son las siguientes:

5.4.1.1 Aumento del Tiempo de Planificación de la Demanda

La premisa principal de esta mejora propuesta es la de generar las demandas de los clientes con una semana más de antelación.

5.4.1.1.1 Descripción

Desde el departamento de ventas, se reciben los productos que necesitan los clientes cada semana. Una vez se reciben las necesidades, y tras comprobar que hay stock suficiente para cubrir la demanda, se crea un informe con las necesidades que se van a tener que inspeccionar durante esa semana.

Lo que se propone con esta mejora es, que para este tipo de piezas en especial, se generen informes de demanda con un horizonte de dos semanas al menos. Como se pudo observar en el gráfico del retraso con el que se entregaban los Plastics Abutments, siguiendo este método no todos serán entregados a tiempo, pero la cantidad aumentará significativamente.

El nuevo proceso incluiría ponerse en contacto con los clientes para informarles que se deben realizar los pedidos con mayor antelación. Así pues, estas piezas llegarían una semana antes al proceso de inspección, teniendo este tiempo de margen para realizar el análisis bioquímico y, aun así, teóricamente poder entregar las piezas a tiempo. Sería interesante también añadir una columna al informe desde el departamento de ventas, avisando al departamento de calidad la fecha prevista de entrega de las piezas.

5.4.1.1.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Informar a los clientes de la nueva política de demanda
2. Planificar las demandas con dos semanas de antelación
3. Crear informes de prioridades para este tipo de piezas únicamente



La duración de la mejora es estimada. Informar a los clientes variará en función de la cantidad y de si aceptan o no la nueva política. En caso de que no aceptasen, durante la planificación de la demanda se realizarían simulaciones semanales para estos clientes. Por lo que el proceso de mejora total podría tardar aproximadamente dos meses hasta que se emplee este método normalmente para los Plastics Abutments.

5.4.1.1.3 Responsables

Los departamentos implicados serían Calidad y Ventas. En el departamento de Ventas necesitaríamos el experto informático para realizar las simulaciones en caso de que fuera necesario, y para la creación de los informes. Además, al menos dos técnicos de ventas se verían implicados a la hora de ponerse en contacto con los clientes para informarles de la nueva política de demanda.

Desde el departamento de Calidad, sería necesario que el jefe del departamento diera el visto bueno sobre la interfaz del nuevo informe de prioridades, ya que éste se emplea para priorizar que lotes se deben inspeccionar antes que otros.

5.4.1.1.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Mejora simple a la hora de implementarla
- Reduciría el número de lotes con retraso
- Fácil a la hora de medir la eficacia de la mejora

Las desventajas de esta mejora son:

- Pueden quedar clientes descontentos
- Necesidad de estar en contacto constante con los clientes
- Se deberán procesar dos informes distintos en calidad cada semana

5.4.1.2 Previsión Anual de la Demanda

El objetivo principal que persigue esta mejora es el de crear un programa independiente a los clientes mediante el cual podamos planificar la demanda anual de Plastic Abutments.

5.4.1.2.1 Descripción

La demanda de los Plastic Abutments se mantiene bastante uniforme a lo largo del año, por lo que no sería difícil planificarla. La media de lotes demandados de este tipo de referencias es de aproximadamente dos lotes a la semana. El nuevo proceso implementado que supondría esta mejora sería el siguiente; a principio de año, desde el departamento de ventas, se generaría una demanda ficticia, basada en programas informáticos y en el histórico de demandas de años anteriores. Al ser una demanda tan lineal, la desviación total final sería casi nula y podríamos suponer que cubriríamos toda la demanda anual. Una vez comprados los lotes y recepcionados por el almacén, pasarían todos directamente al laboratorio de pruebas bioquímicas.

En primer lugar, se realizarían las pruebas de los lotes que se han demandado durante la primera semana del año, los cuáles llegarían con un poco de retraso. A partir de este punto, el resto de lotes ya llegarían sin ningún retraso. Cuando se realice el análisis bioquímico, se devolverían los lotes a inspección para que se realice su inspección en función de las prioridades de las demandas que envíe el departamento de ventas.

La inspección de los lotes dura aproximadamente dos días, por lo que si ya se ha realizado previamente la validación de las pruebas bioquímicas, y si no surge ningún problema durante la misma por el que debiera quedarse el lote retenido, la mayoría de las piezas llegarían a tiempo a los clientes.

5.4.1.2.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Formación de un equipo para prever la demanda
2. Realizar la previsión de la demanda anual
3. Acondicionar el AMP para la recepción de todos los lotes

La primera fase de esta mejora debería llevarse a cabo de manera inmediata, por lo que supondremos que esta estará realizada en una semana. Antes de terminar el año vigente, se debería comenzar a realizar la previsión de la demanda anual, la cual duraría otra semana. Una vez terminada, se procedería al acondicionamiento del almacén de materia prima, el cual llevaría al menos dos semanas en ser realizado. Por lo cual, el tiempo total de implantación de la mejora sería de al menos un mes, basándose en estimaciones.

5.4.1.2.3 Responsables

Al igual que en la propuesta anterior, los departamentos principalmente indicados serían el departamento de ventas, siendo éste el encargado de formar el equipo para prever la demanda y de la misma realización de la previsión; y el departamento de Calidad, siendo éste responsable de coordinar la inspección y la validación de las pruebas bioquímicas de los lotes de estas referencias.

Además, el almacén de materia prima debería encargarse, coordinado con el departamento de ventas, de acondicionar y recepcionar todos los lotes que hayan sido comprados para cubrir la demanda anual.

5.4.1.2.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Reducción máxima de los lotes con retraso
- Se realiza un único pedido, lote económico
- Mayor facilidad de planificación del departamento de calidad

Las desventajas de esta mejora son:



- Posible cuello de botella en el laboratorio bioquímico
- Mayores costes de inventario
- Entrada de gran cantidad de lotes a principio de año

5.4.1.3 Reorganizar el Proceso de Inspección

En esta propuesta se redefine el proceso que debería llevar la inspección de estas referencias, realizando a la vez la primera parte de la inspección y el análisis bioquímico.

5.4.1.3.1 Descripción

La teoría nos indica que la mejor opción para reorganizar un proceso para intentar reducir el delay es colocar las actividades que más duran se deben colocar al principio del proceso. Por esta razón, la reorganización del proceso de inspección de estas piezas sería el siguiente; cuando el departamento de ventas indique que es necesario inspeccionar un lote, éste se lleva inmediatamente al laboratorio bioquímico. Se desvían las piezas necesarias al departamento de calidad para su inspección.

Mientras tanto, y con la parte del lote que se ha quedado en inspección se realiza la primera parte de la inspección, ahorrándose así aproximadamente un día y medio de retraso con cada lote.

Una vez se han realizado las pruebas bioquímicas, se procede a realizar la segunda parte de la inspección en el departamento y a comprobar los datos de las pruebas, lo cual no debe llevar más de medio día de inspección en caso de que no surja ningún problema, suponiendo un ahorro de un día y medio total por cada lote inspeccionado.

5.4.1.3.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Formación del equipo de inspección sobre el nuevo método
2. Coordinar el laboratorio e Inspección para inspeccionar el mismo lote a la vez

Esta es la propuesta más rápida de implementar, pues la formación del equipo no debería tardar más de una reunión de unas horas. Sin embargo, la coordinación del laboratorio junto al equipo de inspección se debería realizar cada vez que un lote deba de ser inspeccionado.

5.4.1.3.3 Responsables

En este caso en concreto no intervendría el departamento de ventas, ya que se seguirían pasando las prioridades semanalmente como se hacía hasta ahora. Las actividades de esta mejora propuesta son responsabilidad única del departamento de calidad.

Así pues, desde el departamento de calidad se realizarían ambas actividades. Por una parte, y mediante una reunión informativa, se expondrá el nuevo método de inspección de Plastics Abutments al personal del laboratorio de pruebas bioquímicas y al del proceso de inspección. Una vez realizada la formación, los responsables del departamento serán los encargados de



enviar las piezas al laboratorio y recibir la cantidad necesaria para realizar su inspección, así como de mantener el control y la trazabilidad del lote y sus piezas durante todo el proceso.

5.4.1.3.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Mejora de rápida implementación
- No existen grandes cambios para los inspectores

Las desventajas de esta mejora son:

- Necesidad de coordinación entre laboratorio e Inspección
- Ahorro mínimo de tiempo
- Posibles referencias cruzadas al dividir el lote

5.4.2 Análisis de las Propuestas para el Mix-Up

Este problema supone un riesgo para la empresa. Éste trata principalmente de piezas que son enviadas al mercado como si fueran otras, lo que podría llegar a suponer incluso un riesgo para el cliente o incluso para el paciente. Desde el proveedor se envía un lote con al menos una pieza de otra referencia de la que indica el lote, lo cual supone un problema.

5.4.2.1 Inspección Visual Total del Lote Previa

Una de las posibles soluciones propuestas pasaría por revisar visualmente todo el lote previamente a la inspección. En este caso se llevaría a cabo por los inspectores de calidad.

5.4.2.1.1 Descripción

Mediante esta propuesta de mejora se debería erradicar el problema teóricamente, pero cabe la posibilidad de un fallo humano y que se vuelva a dejar pasar una referencia de otro tipo como válida. El nuevo proceso que propone está mejora sería añadir a una inspección convencional una revisión total del lote, observando una a una todas las piezas, confirmando que todas son la misma referencia. El tiempo que conllevaría esta comprobación variaría en función de la cantidad del lote y de la similitud entre las referencias.

Por otra parte, esta inspección total visual del lote previa se debería documentar y adjuntar a la inspección, verificando que se ha realizado dicha inspección y que no se han encontrado fallos. En el caso de que se encuentre un Mix-Up, se procedería como un rechazo normal, devolviendo las piezas al proveedor.

5.4.2.1.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Creación de un registro Excel para verificar que se ha realizado la inspección
2. Convocatoria para aprobar el registro de verificación
3. Formación de los inspectores



La duración de las actividades de esta propuesta no sería demasiado alta, pero dependerá de la rapidez con la que se apruebe la hoja de registro nueva. Esta actividad podría extenderse hasta un máximo de dos semanas, culminando con la reunión para su aprobación. La tercera actividad constaría únicamente de la convocatoria de una reunión para informar a los inspectores de calidad del nuevo procedimiento de inspección.

5.4.2.1.3 Responsables

La implementación de esta mejora dependería únicamente del departamento de calidad. Todo el resto de departamentos serían informados de que el tiempo de ciclo por lote aumentaría, por lo que la productividad general del departamento, y por tanto, de la planta se vería reducida.

La actividad de crear un registro Excel la llevarían a cabo los ingenieros de calidad, en función a los estándares vigentes. Una vez creado, se informaría al resto de departamentos de la convocatoria para revisar el registro y proponer cualquier cambio en caso de que sea necesario. Una vez aprobado, se le presentaría a los inspectores de calidad y se les enseñaría como complementarlo, además de informarles del nuevo procedimiento de inspección visual total de los lotes.

5.4.2.1.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Problema erradicado
- Detección al principio de la inspección de defectos visuales
- Fácil a la hora de medir la eficacia de la mejora

Las desventajas de esta mejora son:

- Aumento del tiempo de inspección
- Difícil comprobación para el caso de referencias parecidas
- Trabajo repetitivo para los inspectores

5.4.2.2 Reclamación de un Certificado al Proveedor

Otra de las mejoras que se proponen para solucionar el problema del Mix-Up es la reclamación de un certificado por el que el proveedor se vería obligado a realizar la inspección visual total del lote.

5.4.2.1.1 Descripción

Se trata de una propuesta un tanto ambiciosa, ya que, aunque al proveedor le interesa también solucionar el problema, éste afecta más a la empresa. La implementación de esta mejora dependería del volumen de beneficios que supongan nuestras compras para el proveedor, ya que, si el volumen de facturación de nuestras compras supone poco para el proveedor, le interesará menos resolver el problema e incluso prescindir de nuestras compras.

La mejora propone reclamar un certificado de conformidad al proveedor que viniese adjunto a cada lote, en el cual aparecería una verificación diciendo que se ha realizado una inspección cien por cien visual, asegurando de que todas las piezas enviadas son la referencia que se indica. Este documento se adjuntaría a la inspección del lote, evitando así realizar la inspección visual por parte del departamento de calidad; además de hacer responsable al proveedor en caso de que se detecte un Mix-Up.

5.4.2.1.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Información a los proveedores sobre la nueva política
2. Convocatoria de una reunión con cada proveedor para llegar a un acuerdo
3. Formación de los inspectores sobre el nuevo certificado

Esta solución propuesta sería introducida en un largo espacio de tiempo, dependiendo de lo que se tarde en llegar a un acuerdo con cada uno de los proveedores. La duración de la implementación se ha de basar en suposiciones, puesto que depende de todos y cada uno de los proveedores de la casa. Aproximadamente, podemos suponer que entre el proceso de información junto con todas las reuniones que se tendrán que realizar, transcurrirá un tiempo de varios meses. La formación de los operarios, por otra parte, apenas se alargará más que una reunión de unas horas.

5.4.2.1.3 Responsables

El principal responsable a la hora de implementar esta mejora propuesta es el departamento de compras, siendo éste el encargado mediante dos técnicos de compras al menos para agilizar el proceso, de ponerse en contacto con todos los proveedores e informarles de la reunión que se va a realizar para acordar como proceder con los certificados.

Estos mismos, junto al jefe del departamento de compras, encabezarán la reunión con cada uno de los proveedores, exponiéndoles la base del problema y la solución a la que se ha llegado, que pasa por reclamarles un certificado verificando la referencia de todas las piezas que se envían en el lote.

Por otra parte, el departamento de calidad será el encargado de formar a sus propios inspectores, explicándoles cómo se deberá proceder con cada certificado de los proveedores, debiéndolo adjuntar a cada inspección.

5.4.2.1.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- El problema dependería del proveedor
- No se debe realizar ninguna acción que altere el proceso actual
- Mantiene la eficacia del departamento de calidad, asegurando la ausencia de Mix-Ups

Las desventajas de esta mejora son:

- Algunos proveedores no aceptarán
- Demasiado compleja de implementar
- Cada certificado sería diferente, mayor complejidad del trabajo de los inspectores

5.4.2.3 Creación de un Puesto Intermedio

Esta propuesta para solucionar el problema presentado plantea la posibilidad de añadir un puesto al procesado de las piezas entre el almacenado y la inspección de las piezas, únicamente dedicado al conteo de las mismas.

5.4.2.1.1 Descripción

La presente solución propone la creación de un nuevo puesto de trabajo. En función del número de lotes, con uno o dos operarios en este puesto sería suficiente para realizar el análisis visual de todos los lotes entrantes sin retrasar al resto del proceso.

El nuevo proceso que se propone es el siguiente; una vez recibido el material y recepcionado en la plataforma informática destinada a ello, las piezas serán almacenadas como hasta ahora en el almacén de materia prima. Una vez allí, y cuando el departamento de ventas genera las necesidades de esa semana, los operarios de este mismo puesto serían los encargados de recoger el material del almacén e ir realizando el conteo según el orden que hayan definido los técnicos de ventas.

Mientras tanto, en el departamento de calidad se irán terminando los lotes que quedaron pendientes la semana anterior. Mientras acaban, los operarios de este puesto terminarían el conteo de los lotes más prioritarios, pudiendo así empezar a inspeccionar estos lotes en inspección. El resto del proceso se mantendría como se realiza actualmente en el departamento de calidad.

5.4.2.1.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Acondicionado del nuevo puesto de trabajo
2. Oferta de la plaza y entrevistas a los candidatos
3. Formación del nuevo empleado y puesta en marcha

La duración de esta propuesta de mejora recae en lo que dure el proceso de selección del nuevo operario. Para el acondicionado del nuevo puesto de trabajo no sería necesario replantear el layout de la planta, ya que sería posible implementarlo en el mismo almacén de materia prima. Esto se llevaría a cabo en menos de una semana. La oferta de la plaza y la entrevista y selección se podría llevar a cabo entre una o dos semanas más, en función de la cantidad de candidatos. Por último, la formación del nuevo operario tardaría otra semana más en realizarse, ya que se requeriría que realizase los cursos iniciales de la empresa para todos los nuevos empleados además de los relacionados con el trabajo que va a desempeñar. Por lo



tanto, la duración total de llevar a cabo la solución descrita será de aproximadamente un mes en total.

5.4.1.3 Responsables

Esta mejora sería la única en la que sería necesaria la actuación del departamento de recursos humanos para solucionar este problema. Este departamento sería el encargado de ofertar el nuevo puesto de trabajo, así como de realizar las entrevistas y de seleccionar a uno de los candidatos, en función de las necesidades para el puesto que haya impuesto del departamento de calidad.

Así pues, el otro implicado en el desarrollo sería el departamento de calidad, siendo los técnicos de calidad los encargados de acondicionar el nuevo puesto de trabajo intermedio. La formación del nuevo empleado debería ser supervisada por los ingenieros de calidad.

5.4.2.1.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Problema erradicado
- No empeora la eficiencia del departamento
- El proceso es igual para los inspectores y para el almacén

Las desventajas de esta mejora son:

- Necesidad de contratación externa y de formación
- Mayor coste que el resto de propuestas
- Posibles tiempos muertos en el nuevo puesto

5.4.3 Análisis de las Propuestas para la Pérdida de Eficiencia

Este problema se plantea cuando el departamento de calidad adquiere unos microscopios automáticos de alta precisión conocidos como Vertex. Sin embargo, se observa que su empleo es demasiado complicado, por lo que no se hace un correcto uso de estos y debido a esto, la eficiencia se ve reducida. Cabe destacar antes de realizar el análisis de las propuestas, que no todas las cotas de una pieza son programables en este equipo, por lo que se deberían seguir realizando manualmente.

5.4.3.1 Formación de operarios

Esta propuesta de mejora consta de dos acciones principales. Por una parte, se financiarán asistencias a conferencias de Micro Vu Vertex para los inspectores donde se enseña cómo hacer un mejor uso del software. La otra acción consiste en recibir cursos en la misma planta por parte de expertos.

5.4.3.1.1 Descripción

La formación de los operarios para que ellos mismos creen los programas automáticos de la Vertex es una solución válida que se basa en dos tipos de formación distintas, una formación general asistiendo a los cursos y conferencias que ofrece la empresa proveedora, y una formación más específica para el trabajo de programación que se va a desempeñar a la hora de la creación de los programas.

Por una parte, la empresa proveedora ofrece conferencias en distintas ciudades para darse a conocer y para enseñar el funcionamiento de su software. Los inspectores de calidad serían invitados a asistir a estas conferencias y cursos financiados por la empresa para conocer un poco más el equipo.

Por otra, se contactaría con la misma empresa proveedora para que enviaran a un formador profesional para enseñar a los inspectores como programar nuevos programas en estos equipos, además de formarles en la utilización de los mismos. Con todo esto, el problema quedaría solucionado y definido en pautas o instrucciones de trabajo para los nuevos inspectores que sean contratados.

5.4.3.1.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Asistencia a los cursos proporcionados
2. Contactar con la empresa proveedora para solicitar un a formador
3. Impartición de cursos específicos para la creación de softwares de medición
4. Redacción de las instrucciones de trabajo
5. Creación de softwares personalizados

Esta mejora propuesta se alargaría durante un lapso de tiempo de aproximadamente dos o tres meses antes de que los inspectores puedan proceder a crear los softwares propios. La asistencia a los cursos supondría entre una semana y un mes, en función de la cantidad de cursos de interés y de la localización de los mismos. Al menos, otras dos semanas serían empleadas para contactar con la empresa proveedora y la impartición de los cursos por parte del formador. Otra semana más sería necesaria para la redacción de las instrucciones de trabajo. Por último, se ha de tener en cuenta que sería necesario crear un programa específico para cada una de las distintas referencias que se inspeccionan en el departamento, así pues esto llevaría al menos entre un mes y dos meses más, estando los inspectores empleados enteramente en la creación de los softwares.

5.4.3.1.3 Responsables

En este caso, el único departamento implicado y responsable sería el departamento de calidad, con el visto bueno del departamento de recursos humanos, ya que éste tendrá que hacerse cargo de la financiación de los viajes de empresa de los inspectores. Sin embargo, también el



departamento de compras deberá ponerse en contacto con el proveedor para solicitar a un formador

El jefe del departamento de calidad será el responsable de informarse sobre los cursos que ofrece la empresa proveedora y de seleccionar aquellos que sean de interés para los inspectores. Deberá acudir también a las conferencias para supervisar la información expuesta por la empresa. Además, mientras se impartan los cursos personalizados para las necesidades del departamento, también deberá estar presente el jefe de calidad.

Por otra parte, la redacción de las instrucciones de trabajo se realizará conjuntamente por todos los inspectores implicados, siendo aprobadas éstas tras la validación de las mismas por parte del jefe de calidad. Además, los programas serían creados por los inspectores que, tras una aprobación por parte del jefe de calidad, ya estarían listos para comenzar a emplearse.

5.4.3.1.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Inspectores altamente formados
- Aumenta la eficacia del departamento

Las desventajas de esta mejora son:

- Necesidad de formar a los posibles nuevos empleados que se contraten
- Costes de formación elevados
- Departamento de inspección parado por demasiado tiempo, inviable

5.4.3.2 Contratación de un Programador

Esta mejora propone la creación de un nuevo puesto destinado a mejorar la eficiencia de los programas de Vertex, así como a crear nuevos.

5.4.3.2.1 Descripción

Debido al alto requerimiento de conocimientos informáticos, se plantea la posibilidad de añadir un puesto de ingeniero informático para la creación, desarrollo y actualización de los programas de medición para la Micro Vu Vertex.

Principalmente, y desde el momento en el que se contrata y forma a un ingeniero informático para el puesto, se comenzarán a desarrollar los softwares de las referencias más demandas. Estos programas pasarán un proceso de validación en el que se medirán piezas defectuosas y piezas válidas, para comprobar su eficacia a la hora de detectar los defectos en las piezas. Si estos programas son validados, lo único que deberán hacer los inspectores será iniciar el programa que solamente implica la colocación de la pieza sobre la tabla de metacrilato y oprimir el botón inicio desde la interfaz del programa; además de comprobar los datos del informe generado por la máquina.



Una vez se haya alcanzado un nivel de estabilidad, en el que una gran cantidad de las piezas que entran en el departamento puedan ser medidas mediante el empleo de la Vertex, el ingeniero informático procederá a crear los programas para las referencias que falten, crear nuevos programas para las nuevas referencias que envíen los proveedores, así como la actualización y mejora de los programas ya desarrollados mediante estudios de tiempo.

5.4.3.2.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Oferta del puesto y entrevista a los candidatos
2. Formación del nuevo empleado
3. Desarrollo del software
4. Validación de los programas

La duración es uno de los principales inconvenientes de esta propuesta de mejora. La oferta de la plaza y la entrevista a los candidatos junto a la selección del más apropiado, conllevará aproximadamente un mes, dependiendo de la demanda que haya del puesto. Una vez seleccionado el nuevo empleado, se procederá a su formación sobre el trabajo que va a desarrollar, enseñándole y dejándole una muestra de cada una de las referencias más demandadas junto con su pauta y su plano de las que se requiere el software lo más rápido posible. La formación podría llevarse a cabo en otras dos semanas aproximadamente. Una vez formado, se dará paso a la creación y validación de cada uno de los programas. El desarrollo de uno solo de estos complejos softwares podría durar hasta una semana, variando en función de las cotas que haya que medir. Si multiplicamos esta duración de una semana por las principales referencias, este proceso podría alargarse hasta medio año.

5.4.3.2.3 Responsables

En este proceso se verían implicados los departamentos de recursos humanos y de calidad. Por una parte, el departamento de recursos humanos, en base de las necesidades del puesto descritas por el jefe del departamento de calidad, ofertarían la nueva plaza, realizando las entrevistas y seleccionando al candidato que más se ajuste al perfil requerido.

Por otra parte, el departamento de calidad será el responsable a la hora de formar al nuevo empleado y de describirle al ingeniero las referencias de las que se requiere más urgentemente el software de medición. Así pues, una vez terminado cada uno de los programas, los ingenieros de calidad junto con la ayuda del ingeniero informático especializado en Vertex, serán los responsables de validar el software y asegurarse de que realizan correctamente las mediciones de las cotas que requieren las pautas para cada una de las referencias.

Por último, se repetiría este proceso de creación o actualización de programas y su posterior validación para el resto de referencias restantes, así como la mejora de los programas creados menos eficientes, trabajando conjuntamente el ingeniero informático junto con los ingenieros de calidad.

5.4.3.2.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Aumento significativo de la eficiencia del departamento
- Creación inmediata de softwares para las referencias nuevas
- No se ve interrumpido el trabajo de los inspectores

Las desventajas de esta mejora son:

- Tiempo de implementación excesivo
- Necesidad de contratación externa y de formación

5.4.3.3 Contactar con el Proveedor

Por último, esta solución propone contactar con el proveedor para que proporcione soporte técnico enviando a un especialista para desarrollar los softwares necesarios.

5.4.3.3.1 Descripción

Esta mejora propone la solución más inviable para este problema, pues se basa en estar en contacto constante con el proveedor solicitando soporte técnico. El proceso que se seguiría en caso de que se implementase esta opción sería el siguiente; al principio contactar con el proveedor para que un asistente técnico especialista programe la mayor parte de los softwares de las referencias más demandadas. Una vez hecho esto, cada vez que sea necesario crear o arreglar un nuevo programa, se repetiría el proceso de contactar con el proveedor en busca de ayuda para que envíen un especialista que programe o actualice los softwares con los que han surgido problemas.

Todo lo mencionado supondría depender enormemente del proveedor para solucionar cualquier problema que surja, e incluso para la creación de nuevos softwares para nuevas referencias, por lo que, en conclusión, esta mejora es difícilmente viable para la empresa.

5.4.3.3.2 Actividades y Duración

Las actividades que serían necesarias para esta mejora serían:

1. Contactar con el proveedor
2. Informar al especialista
3. Desarrollo del programa
4. Repetir pasos anteriores para cada programa nuevo necesario

Lo más positivo de esta mejora propuesta es su inmediata implementación. La acción de contactar con el proveedor es inmediata, y no debe durar más de un día entre que se detecta la incidencia y se le comunica al proveedor. La fase más larga es la de informar al especialista, ya que entre que la empresa proveedora proporciona el soporte técnico y se comunica el problema al especialista pueden transcurrir varios días, pero no más de una semana. Por



último, el desarrollo del programa por parte del especialista no debería alargarse más allá de una semana por cada uno de los programas.

5.4.3.3.3 Responsables

Los principales responsables de llevar a cabo esta mejora son el departamento de compras y el departamento de calidad. El departamento de compras será el encargado de contactar con el proveedor, así como de solicitar ayuda técnica del mismo requiriendo la asistencia de un especialista.

Por otro lado, el departamento de calidad será el responsable de informar al especialista de la incidencia que ha sido detectada. Además, se supervisará el desarrollo del programa por parte del jefe de calidad. Este proceso se repetirá para cada uno de los programas que sean requeridos desarrollar, así como para cada problema que surja en alguno de los ya creados, siendo siempre responsables los dos mismos departamentos.

5.4.3.3.4 Ventajas y Desventajas

Las ventajas de esta mejora son:

- Propuesta de solución inmediata
- No se interpone en el trabajo de los inspectores

Las desventajas de esta mejora son:

- Falta de independencia para crear softwares
- Constante requerimiento de asistencia técnica
- Mejora de mayor costo a largo plazo
- Demasiados programas que desarrollar al principio

5.5 Selección de Mejoras

A lo largo de este apartado, se procederá a la selección de una de las mejoras propuestas para cada uno de los problemas planteados, realizando una pequeña reflexión sobre las repercusiones que pudiera tener cada mejora propuesta.

5.5.1 Selección de Mejoras para el Delay de los Plastics Abutments

La primera de las propuestas planteadas ha sido aumentar la planificación de la demanda de este tipo de referencias de una a dos semanas. A priori es una solución válida y viable, pero analizándola más a fondo se hace más complicado el hecho de reclamar a los clientes que nos informen de su demanda con una semana más de antelación. Además, el proceso para los ingenieros de calidad aumentaría su complejidad debido al hecho de tener que comparar dos informes generados de demanda cada semana, uno para los Plastic Abutments y otro para todo el resto de referencias.

Otra de las propuestas que se han planteado ha sido la de realizar a principios de año un informe de demanda anual. Por una parte, esta mejora es la que más eficientemente soluciona



el problema del retraso, ya que aprovechando que la demanda de estas piezas es bastante lineal durante todo el año, se abre la posibilidad de poderla intuir y generar sin demasiada desviación. Sin embargo, es posible que se generen “atascos” de material en el laboratorio bioquímico durante el primer mes del año, siendo este el mayor inconveniente a la hora de implementar esta mejora.

Por último, se planteó la posibilidad de cambiar el layout del proceso de inspección de las piezas, proponiendo realizar la primera parte de la inspección mientras se realiza el análisis bioquímico en el laboratorio. Esta mejora, aunque ahorra tiempo en la inspección de los lotes, no sería suficiente para solventar el problema, ya que una gran parte de los lotes seguirían llegando tarde a los clientes.

En conclusión, la mejor opción seleccionable para resolver este problema sería la segunda planteada, generando una previsión anual de la demanda de los Plastics Abutments basándose en las demandas de años pasados.

5.5.2 Selección de Mejoras para el Mix-Up

La primera mejora obvia para resolver el problema de los Mix-Up se basa en realizar una revisión visual completa del lote previamente a realizar la inspección convencional del mismo. Si se llegase a implementar, esta propuesta eliminaría por completo el problema de referencias cruzadas. Sin embargo, reduciría la eficiencia del proceso de inspección enormemente, pasado de inspeccionar cada lote en ocho horas por operario de media a nueve horas por operario.

Se planteó también la posibilidad de contactar con cada uno de los proveedores para solicitar un certificado por el cual cada uno de ellos se comprometería a realizar la inspección visual de los lotes asegurando que estarían libres de problemas. Esta sería la mejor solución propuesta ya que solucionaría el problema sin interferir en el tiempo de ciclo del proceso de calidad, sin embargo, es inviable, debido a que muchos de los proveedores no aceptarían enviar el nuevo certificado y no existiría la certeza de que no existe Mix-Up en estos lotes.

Por último, la última mejora descrita planteaba la posibilidad de crear un nuevo puesto de trabajo intermedio entre el almacén de materia prima. Este planteamiento solucionaría totalmente el problema que se planteaba, además de no reducir el tiempo de ciclo de la inspección ni la eficiencia del departamento. La parte más negativa de esta mejora sería la existencia de tiempos muertos en el nuevo puesto, pero se podría solventar si éste fuera un puesto de media jornada o si se reubicara al nuevo empleado como inspector personal de almacén cuando no haya que realizar más inspecciones visuales.

Concluyendo, la mejor solución para resolver este problema es la contratación externa de un nuevo empleado para realizar las inspecciones visuales de todos los lotes que vayan a ser inspeccionados, creando un nuevo puesto de trabajo intermedio sin interferir en el proceso de inspección.



5.5.3 Selección de Mejoras para la Pérdida de Eficiencia

La primera de las tres posibles soluciones que se planteó fue la formación de los empleados. Desde el momento del planteamiento de esta mejora se detecta que es inviable debido al tiempo excesivo que requeriría esta formación, estando al menos un mes en el mejor de los casos el departamento de calidad detenido. En caso de realizar la formación por turnos, se vería muy reducida también la eficiencia del departamento, y el proceso de formación de todos los empleados se alargaría más en el tiempo. Sin embargo, si fuera viable, el problema se vería solucionado y los programas podrían ser actualizados empleando los conocimientos que tendrían los empleados, sin necesidad de ayuda externa.

La siguiente mejora que fue planteada se basaba en contratar a un programador especializado en Vertex para que crease los softwares necesarios para todas las referencias, incluyendo las nuevas que entrasen, además de aumentar su eficacia una vez ya se hubieran programado todas. Esta mejora supone un tiempo de implementación mayor al resto de propuestas, así como la creación de un nuevo puesto de trabajo. No obstante, de esta forma se solucionaría totalmente el problema planteado, sin interferir en el trabajo de inspección del departamento y siendo autosuficientes para posibles problemas futuros.

La última mejora que se planteó fue contactar con el proveedor cada vez que fuese necesario programar un nuevo software o solucionar problemas que surgieran con softwares ya programados. Como la anterior, está mejora no es fácilmente implementable debido al hecho de tener que estar constantemente solicitando soporte técnico al proveedor cada vez que surgiera algún inconveniente, además de no ser autosuficientes a la hora de emplear los equipos Vertex. Sin embargo, la parte positiva de esta mejora es la rápida actuación que sería necesaria para la solución del problema.

Por lo tanto, la única mejora que parece más realista es la segunda, planteando la necesidad de, mediante contratación externa, añadir un programador especializado en el equipo de medición de alta precisión Vertex a la plantilla para programar los softwares necesarios para las referencias que son inspeccionadas en el departamento de calidad.

5.6 Conclusiones

A lo largo de este capítulo, se ha realizado un primer planteamiento de las metas que persiguen las mejoras que van a ser implementadas, diferenciando entre los objetivos que deberían perseguir las soluciones de cada uno de los problemas.

Tras esto, se ha pasado a enumerar y describir cada una de las propuestas que podrían solucionar cada problema, realizando una descripción detallada para cada propuesta, enumerando las actividades necesarias para su implementación y la duración de las mismas, así como definiendo los responsables de cada una de las actividades y las ventajas y desventajas que supone cada propuesta. Analizadas estas, se dio paso a seleccionar la mejor de las propuestas para solucionar cada uno de los problemas, indicando porque sería la solución que más se adapta a los objetivos que siguen estas mismas.

6. PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO DE MEJORA

6.1 Introducción

Una vez descritas y seleccionadas las mejores alternativas que van a ser llevadas a cabo, se va a proceder a plantear el proceso de planificación de la implementación del proyecto de mejoras. Primero, se realizará un estudio de priorización de las mejoras, mediante el cual se definirá el orden a la hora de implantarlas gracias al uso del diagrama PACE.

Una vez priorizadas, se describirá el plan de acción de cada una de las mejoras seleccionadas para cada uno de los problemas propuestos, con una breve descripción de la mejora, enumerando las actividades que conforman cada plan de mejora y los recursos tanto humanos como materiales que se emplearán, organizando el plan de implantación de la mejora mediante el uso del diagrama de Gantt y, por último, planteando los resultados que se esperan obtener tras implementar las mejoras propuestas.

6.2 Priorización de las Mejoras Seleccionadas

Una vez seleccionadas las propuestas de mejora que van a ser implantadas hay que priorizarlas ya que no se puede realizar el plan de acciones de las tres soluciones a la vez. Mediante el diagrama PACE se priorizarán los tres planes de mejora en función de la importancia y los datos que tenemos sobre cada uno de ellos.

Las importancias para solucionar cada uno de los problemas vienen definidas por las pautas de trabajo marcadas por el jefe de calidad. La primera solución que se ha de llevar a cabo es aquella para eliminar el problema del Mix-Up ya que es el más grave de todos, seguido por solucionar el problema del delay de los Plastics Abutments y, por último, solventar la situación actual de la Vertex.

Además, la cantidad de datos que tenemos varía en función del problema al que nos enfrentemos. Por una parte, para los dos problemas más urgentes de solucionar se tienen datos históricos almacenados en el soporte informático interno de la empresa, por lo que se pueden tomar decisiones en función de estos gráficos. Para el problema de la pérdida de eficiencia, los datos que se tienen son muy reducidos y se basan en simulaciones del funcionamiento del programa y en las explicaciones del proveedor, suponiendo así que la eficiencia del departamento será superior si se implementa esta mejora.

Para saber qué importancia tiene solucionar cada uno de los problemas, así como la cantidad de datos que tenemos de cada uno de ellos:

Nº	Nombre de Mejora	Importancia	Cantidad de Datos
1	Planificación Anual Demanda	Media-Alta	Alta
2	Creación Puesto Intermedio	Alta	Alta
3	Contratación Especialista en Vertex	Media	Media

Figura 28. Tabla Importancia-Datos de las Mejoras. Elaboración propia

Una vez expuestas las importancias y los datos actuales sobre cada una de las soluciones, se procede a priorizar las actividades mediante el diagrama PACE:

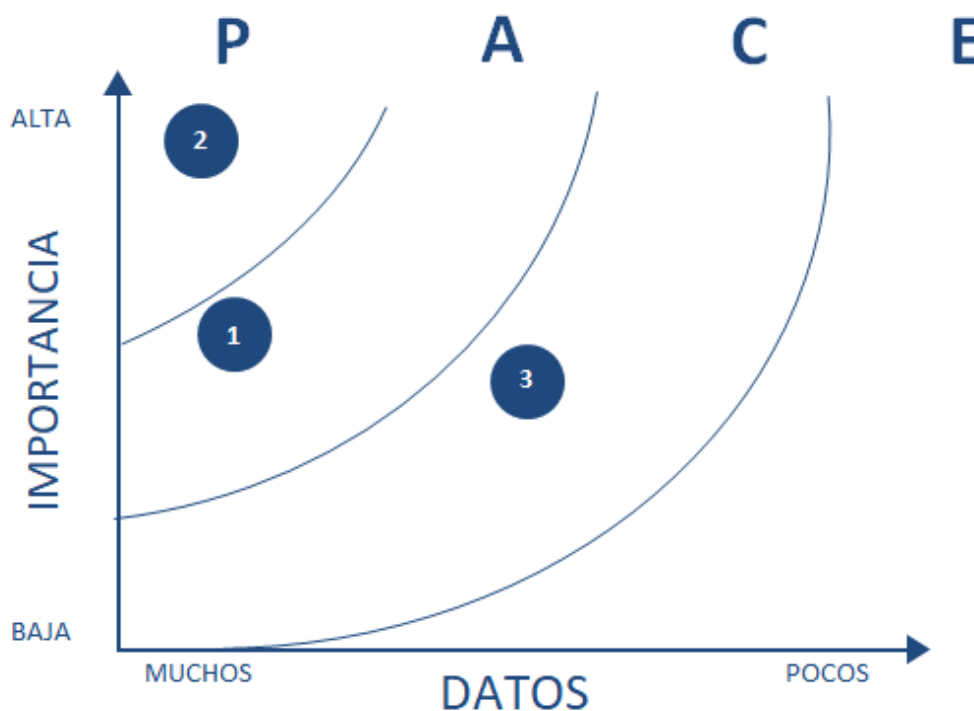


Figura 29. Diagrama PACE. Elaboración propia

Así pues, el orden en el que se realizarán las mejoras será el expuesto en la siguiente tabla en función de su nivel de prioridad, comenzando por la resolución de los Mix-Ups con la creación de un puesto de inspección intermedio, seguido de la solución al problema del delay de los Plastic Abutments mediante la planificación anual de la demanda y terminando con el aumento de la eficiencia con el uso del equipo de medición de alta precisión Vertex.

Nº	Nombre de Mejora	Prioridad
1	Planificación Anual Demanda	Media-Alta
2	Creación Puesto Intermedio	Alta
3	Contratación Especialista en Vertex	Media

Figura 30. Tabla Resumen del Diagrama PACE. Elaboración propia



6.3 Plan de Implantación de la Mejora del Delay de Plastic Abutments

La solución al problema del delay de los Plastics Abutments seleccionada ha sido la opción de generar mediante simulaciones la demanda anual de este tipo de referencias con la ayuda de programas informáticos.

6.3.1 Descripción de la Mejora Seleccionada

Una vez hemos seleccionado esta mejora para solucionar el problema del delay de los Plastics Abutments se va a proceder a explicar más detalladamente paso por paso la implantación de la misma.

Para implementar esta mejora, lo primero que se debe crear es un equipo formado por técnicos de compras para que recopilen datos del histórico y con éstos y con la ayuda de programas informáticos generaran una simulación de la demanda. Una vez realizada la previsión, el departamento de compras enviará al proveedor los lotes que necesitaremos para cubrir la demanda anual. Además, se le enviará un informe a los ingenieros de calidad, que priorizarán los lotes que se deban entregar durante el primer mes y se le enviará el listado priorizado al personal de almacén y a los ingenieros químicos del laboratorio. Mientras se realiza todo este proceso, se acondicionará el almacén de materia prima para la recepción de todo el material que se comprará.

Una vez recibida la información, los operarios de almacén llevarán de cuatro en cuatro los lotes prioritarios hasta el almacén, donde cada uno de los cuatro ingenieros químicos designados para el proyecto realizarán los análisis bioquímicos de cada uno de los cuatro lotes, a un tiempo de ciclo entre los cuatro de cuatro lotes por semana. Una vez realizado dicho análisis, los operarios de almacén transportarán los lotes desde el laboratorio a inspección. Aquí, se organizarán los lotes en función de la prioridad que tengan y se le entregarán a un único inspector que, a un tiempo de ciclo de un lote al día se irán inspeccionando estos lotes.

Este último proceso del análisis bioquímico se realizará hasta que todos los lotes de la demanda sean analizados. Sin embargo, la inspección de estos lotes se realizará de manera continuada durante las dos primeras semanas de cada mes por un solo operario, para así cubrir la demanda de estas referencias sin generar retraso en la entrega para el cliente.

Cabe destacar que se realizará la implantación de esta mejora lo antes posible y para lo que queda de año, para comprobar su eficiencia. En caso de que sea correcto, la siguiente simulación de la demanda se realizará cada principio de año.

6.3.2 Recursos y Actividades

En la siguiente tabla se pueden observar los recursos tanto humanos como materiales que van a ser necesarios para implementar esta mejora:

Recursos Humanos	Recursos Materiales
Equipo de Técnicos de Compras	Soporte Informático
Ingenieros de Calidad	Material de Almacén
4 Ingenieros Químicos	Equipos de Medición
Jefe de Calidad	Material de Laboratorio
Jefe de Compras	-
Operarios de Almacén	-
1 Inspector de Calidad	-

Figura 31. Tabla Recursos para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia

En esta otra tabla se presentan las actividades que se van a seguir para completar la implementación, así como la duración de las mismas:

Nº	Actividad	Fecha Inicio	Duración (Días)	Fecha Fin
1	Creación de un Equipo	15-may.	3	18-may.
2	Acondicionamiento del Almacén	16-may.	7	23-may.
3	Recopilación de Datos del Histórico	18-may.	4	22-may.
4	Simulación de la Demanda	22-may.	1	23-may.
5	Compra y Recepción de Lotes	23-may.	7	30-may.
6	Lectura de la Demanda Anual y Comunicación al Personal del Laboratorio	30-may.	1	31-may.
7	Transporte de las Prioridades al Laboratorio	31-may.	1	1-jun.
8	Pruebas Bioquímicas de las Prioridades	1-jun.	7	8-jun.
9	Transporte de los Lotes a Inspección	8-jun.	1	9-jun.
10	Inspección de los Lotes	9-jun.	4	13-jun.

Figura 32. Tabla Actividades para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia

6.3.3 Implantación de la Mejora

A continuación, se va a diseñar el diagrama de Gantt que dirigirá el proyecto de implantación de esta mejora:

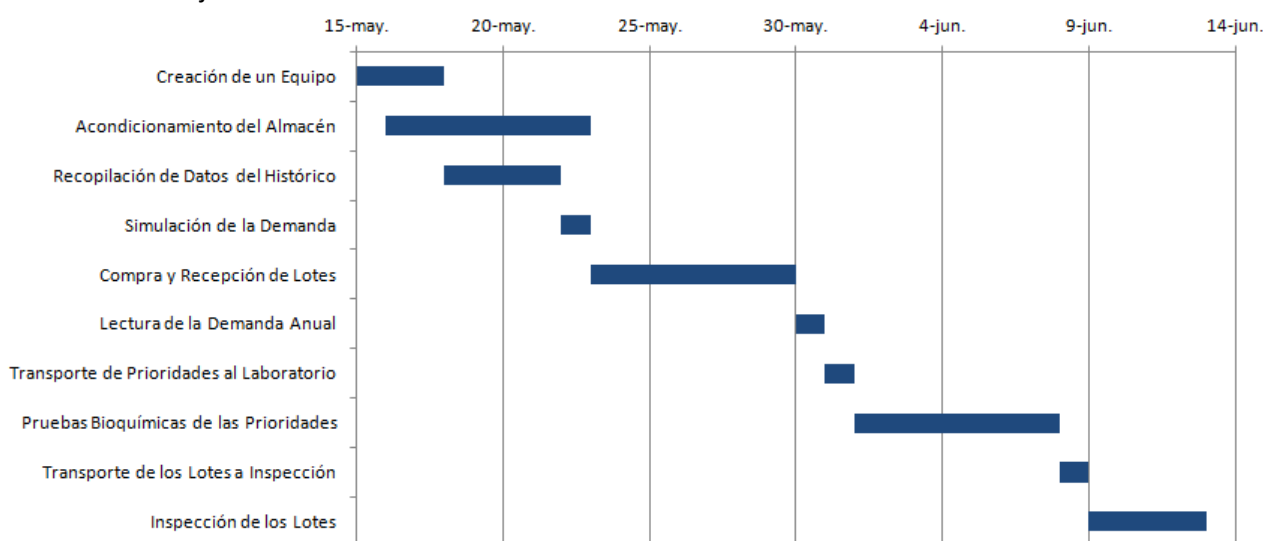


Figura 33. Diagrama de Gantt para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia

En este caso, las tres últimas tareas del proceso se seguirán repitiendo hasta que se termine el stock de este tipo de referencias. En este diagrama de Gantt vendría reflejada la inspección de los cuatro primeros lotes. Tras plantear el diagrama, se va a proceder a exponer una tabla en la que vienen reflejados los recursos humanos y materiales empleados en cada una de las actividades:

Nº	Recursos Humanos	Recursos Materiales
1	Jefe de Calidad/Jefe de Compras	-
2	Operarios de Almacén	Material de Almacén
3	Equipo de Técnicos de Compras	Soporte Informático
4	Equipo de Técnicos de Compras	Soporte Informático
5	Equipo de Técnicos de Compras/ Operarios de Almacén	Soporte Informático
6	Ingenieros de Calidad	Soporte Informático
7	Operarios de Almacén	Material de Almacén
8	4 Ingenieros Químicos	Material de Laboratorio
9	Operarios de Almacén	Material de Almacén
10	1 Inspector de Calidad	Equipos de Medición

Figura 34. Tabla Actividades-Recursos para la Previsión de la Demanda Anual. Elaboración propia

6.3.4 Resultados

El principal resultado que se espera implementado esta mejora es la reducción del retraso de los envíos de estas referencias a cero, sin reducir la eficiencia del departamento y evitando crear cuellos de botella en el proceso.

Se ha creado para plasmar esto un gráfico con simulación de la demanda creada y con los lotes que se esperan entregar con retraso para el próximo año:

Lotes Plastic Abutments con Delay Previsión

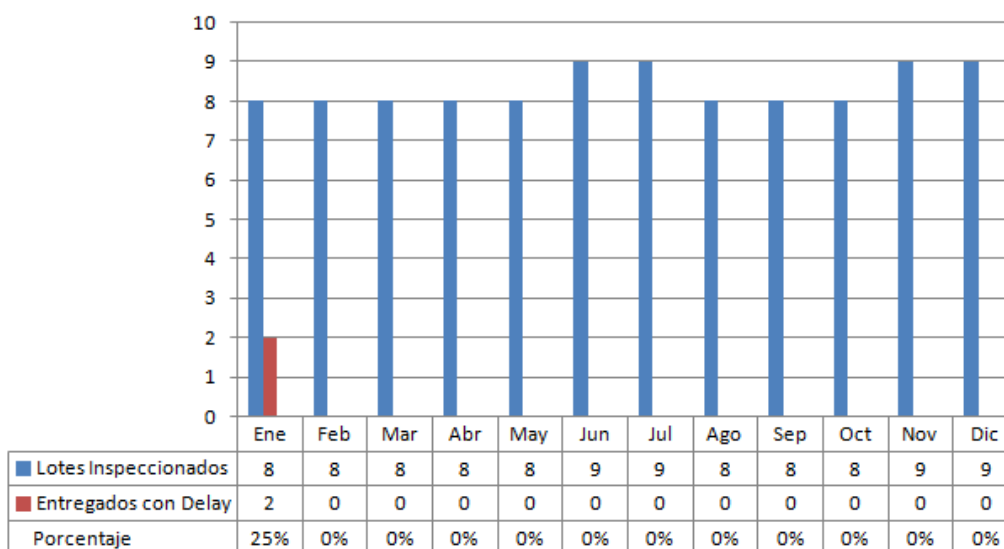


Figura 35. Gráfico Previsión Lotes Plastic Abutments con Delay. Elaboración propia

Como se puede observar, la reducción esperada es muy significativa con respecto al número actual de lotes que se reciben por parte de los clientes con retraso. Con esto, el problema quedaría resuelto.

6.4 Plan de Implantación de la Mejora del Mix-Up

La solución que ha sido escogida para resolver el problema de las referencias "cruzadas" ha sido crear un nuevo puesto intermedio en el que se realizarán las revisiones visuales de todos los lotes que se vayan a inspeccionar posteriormente.

6.4.1 Descripción de la Mejora Seleccionada

Una vez hemos seleccionado esta mejora para solucionar el problema de los Mix-Ups, se va a proceder a explicar más detalladamente paso por paso la implantación de la misma.

En primer lugar, desde el departamento de recursos humanos y en función de las necesidades que requiera el departamento de calidad, el técnico de recursos humanos diseñará la oferta de trabajo que será expuesta públicamente. El plazo que se dará para recibir currículums y propuestas para el puesto de trabajo será de una semana. Una vez terminado el plazo, se realizarán las entrevistas de los candidatos en presencia del jefe de calidad y del técnico de recursos humanos durante un plazo de cuatro días como máximo. El tiempo de las entrevistas puede variar en función del número de candidatos que se presenten, pero pondremos un máximo de cuatro días para realizarlas. Una vez realizadas, el jefe de calidad procederá a seleccionar al que más encaje en función de las necesidades del puesto.

Mientras se realiza este proceso de selección, los operarios del almacén se encargarán de acondicionar el nuevo puesto de trabajo, del cual se muestra la ubicación en el nuevo layout propuesto:

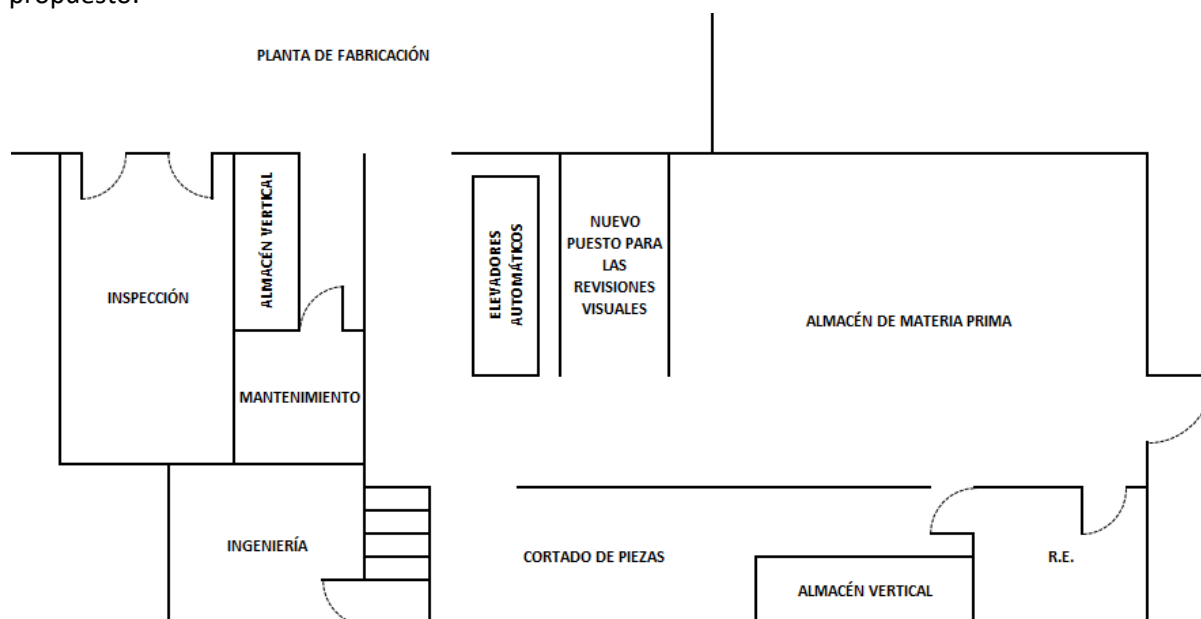


Figura 36. Planteamiento Layout con el Nuevo Puesto. Elaboración propia

La ubicación física de este puesto previamente no tenía ninguna utilidad definida, y se utilizaba para retener lotes a los que todavía no se les había dado una ubicación en el almacén de materia prima.

Una vez acondicionado el puesto y seleccionado el nuevo empleado, se procederá a la formación del mismo. Es necesario que realice los cursos generales para nuevos empleados y conocer la filosofía básica de trabajo de la empresa, lo cual lleva aproximadamente una semana. Tras esto, se procederá a realizar la formación específica, enfocada al proceso que va a desempeñar, así como a conocer para qué sirve su trabajo y porqué es necesario. Esto implica distintas validaciones que no deberían extenderse por más de una semana. Estos dos últimos procesos se realizarán con la ayuda y supervisión del jefe de calidad.

Terminado esto, se daría comienzo a desempeñar la actividad del nuevo puesto como se describió anteriormente: con el informe de prioridades semanal, el nuevo puesto recogerá del almacén las primeras prioridades y procederá a realizar la inspección visual total, que no debería de llevar más de una hora dependiendo de la cantidad del lote. Mientras tanto, en el departamento de calidad se irán terminando las inspecciones de los lotes que quedaron a mitad la semana pasada. Conforme el operario del nuevo puesto vaya terminando las inspecciones visuales, irá dejando los lotes a inspeccionar en el departamento de calidad para que se realice su inspección convencional.

6.4.2 Recursos y Actividades

En la siguiente tabla se pueden observar los recursos tanto humanos como materiales que van a ser necesarios para implementar esta mejora:

Recursos Humanos	Recursos Materiales
Jefe de Calidad	Soporte Informático
Técnico de RRHH	Material de Almacén
Operarios de Almacén	-
Nuevo Empleado	-

Figura 37. Tabla Recursos para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia

En esta otra tabla se presentan las actividades que se van a seguir para completar la implementación, así como la duración de las mismas:

Nº	Actividad	Fecha Inicio	Duración (Días)	Fecha Fin
1	Acondicionado del puesto	24-abr.	7	1-may.
2	Oferta de la Plaza	18-abr.	1	19-abr.
3	Recepción de Peticiones	19-abr.	7	26-abr.
4	Entrevista a los Candidatos	26-abr.	4	30-abr.
5	Selección de uno de ellos	30-abr.	1	1-may.
6	Formación General	1-may.	7	8-may.
7	Formación Específica	8-may.	7	15-may.

Figura 38. Tabla Actividades para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia

6.4.3 Implantación de la Mejora

A continuación, se va a diseñar el diagrama de Gantt que dirigirá el proyecto de implantación de esta mejora:

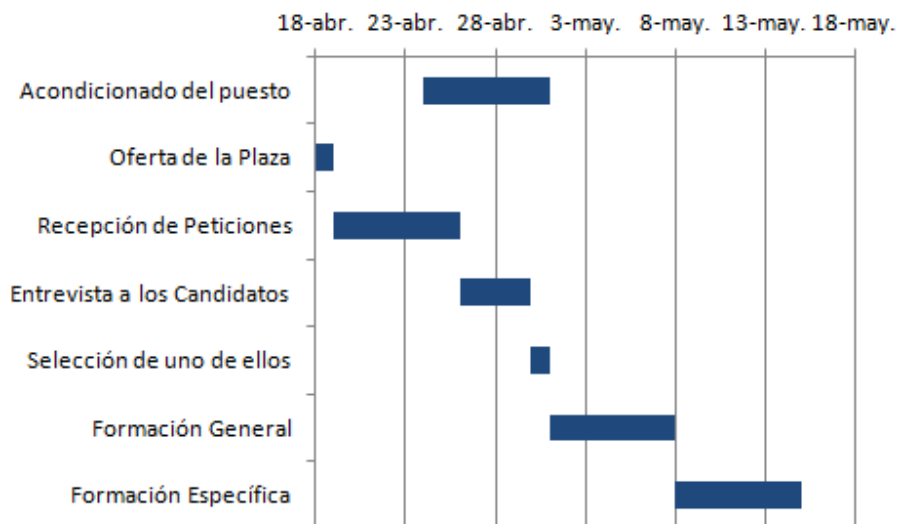


Figura 39. Diagrama Gantt para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia

Tras plantear el diagrama, se va a proceder a exponer una tabla en la que vienen reflejados los recursos humanos y materiales empleados en cada una de las actividades:

Nº	Recursos Humanos	Recursos Materiales
1	Operarios de Almacén	Material de Almacén
2	Técnico de RRHH	Soporte Informático
3	Técnico de RRHH	Soporte Informático
4	Técnico de RRHH/Jefe de Calidad	-
5	Jefe de Calidad	-
6	Jefe de Calidad/Nuevo Empleado	Soporte Informático
7	Jefe de Calidad/Nuevo Empleado	Soporte Informático

Figura 40. Tabla Actividades-Recursos para la Creación de un Puesto Intermedio. Elaboración propia

6.4.4 Resultados

El principal objetivo que perseguía esta mejora era la eliminación de Mix-Ups detectados en el proceso de inspección o aguas abajo, sin reducir la eficiencia en este mismo proceso. Mediante la implementación del puesto nuevo intermedio para la inspección visual de todos los lotes que vayan a ser inspeccionados se esperan eliminar todos los Mix-Ups en comparación con años anteriores.

Además, no se espera que ni la eficiencia del departamento de calidad ni el flujo de material del proceso de inspección sufra ningún cambio ni se vea reducido o modificado. Por lo tanto, se espera solucionar este grave problema al implantar esta mejora.

6.5 Plan de Implantación de la Mejora de la Pérdida de Eficiencia

En el caso de la problemática de la pérdida de eficiencia debido al uso incorrecto de las Vertex, se ha llegado a la conclusión de que la única solución viable es la de contratar a un especialista en la creación y modificación de este tipo de softwares.

6.5.1 Descripción de la Mejora Seleccionada

Una vez hemos seleccionado esta mejora para solucionar el problema de la pérdida de eficiencia debido al uso incorrecto del equipo de medición de alta precisión Vertex, se va a proceder a explicar más detalladamente paso por paso la implantación de la misma.

La primera parte de la implantación de esta mejora es igual que la anterior, el departamento de recursos humanos oferta una plaza públicamente con las necesidades que demande el jefe de calidad para el puesto, recepcionar los currículos de los candidatos al puesto, realizarles las entrevistas y seleccionar el más apropiado para el puesto. Tras esto y ya acomodado en su nuevo puesto el nuevo empleado, éste realizará la formación básica para los nuevos empleados. Realizada, se procederá a la formación más específica del puesto, donde se le explicará cuáles son las referencias más prioritarias para la creación del software, realizándolo en función de las cotas marcadas por la pauta y el plano de cada una de ellas.

El proceso de creación y validación del software se repetirá hasta que estén cubiertas la gran mayoría de referencias inspeccionadas. Por una parte, el nuevo ingeniero informático creará el software conforme al plano de una de las referencias más prioritarias. Una vez realizado, y con la supervisión de los ingenieros de calidad, se realizarán pruebas de medición para comprobar la validez y eficiencia del nuevo software. Si se valida, los inspectores de calidad podrán comenzar a usarlo inmediatamente, si no, se volverán a programar aquellas cotas más conflictivas. Una vez se hayan programado la mayoría de ellas, el ingeniero informático procederá a crear softwares para las nuevas referencias que entren a la empresa, a terminar los programas de las referencias restantes o a mejorar la eficiencia de los programas ya creados, en función de lo que decida el jefe de calidad.

6.5.2 Recursos y Actividades

En la siguiente tabla se pueden observar los recursos tanto humanos como materiales que van a ser necesarios para llevar a cabo esta mejora:

Recursos Humanos	Recursos Materiales
Jefe de Calidad	Soporte Informático
Técnico de RRHH	Vertex
Ingeniero de Calidad	-
Nuevo Empleado	-

Figura 41. Tabla Recursos para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia

En esta otra tabla se presentan las actividades que se van a seguir para completar la implementación, así como la duración de las mismas:

Nº	Actividad	Fecha Inicio	Duración (Días)	Fecha Fin
1	Oferta de la Plaza	13-jun.	1	14-jun.
2	Recepción de Peticiones	14-jun.	7	21-jun.
3	Entrevista a los Candidatos	21-jun.	4	25-jun.
4	Selección de uno de ellos	25-jun.	1	26-jun.
5	Formación General	26-jun.	7	3-jul.
6	Formación Específica	3-jul.	7	10-jul.
7	Creación de Software	10-jul.	7	17-jul.
8	Validación de Software	17-jul.	1	18-jul.

Figura 42. Tabla Actividades para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia

6.5.3 Implantación de la Mejora

A continuación, se va a diseñar el diagrama de Gantt que dirigirá el proyecto de implantación de esta mejora:

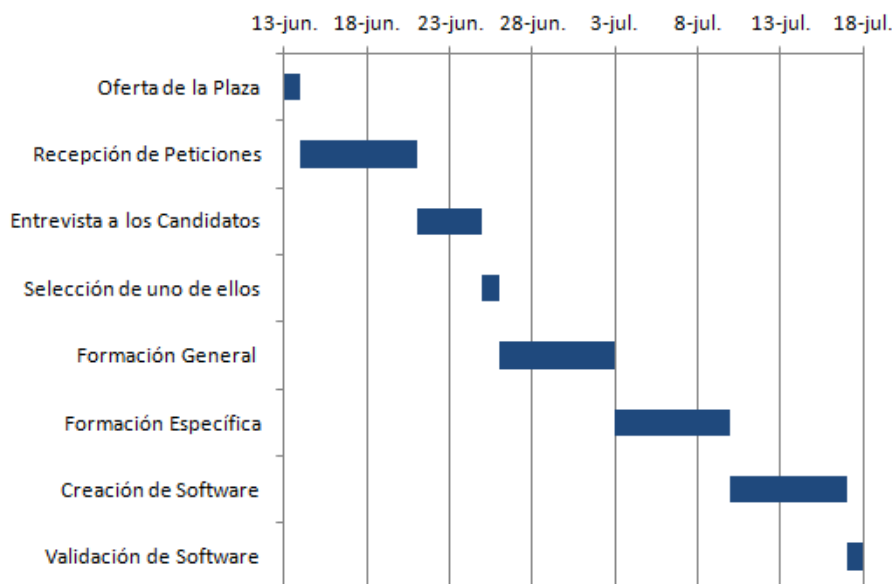


Figura 43. Diagrama de Gantt para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia

Tras plantear el diagrama, se va a proceder a exponer una tabla en la que vienen reflejados los recursos humanos y materiales empleados en cada una de las actividades:

Nº	Recursos Humanos	Recursos Materiales
1	Técnico de RRHH	Soporte Informático
2	Técnico de RRHH	Soporte Informático
3	Técnico de RRHH/Jefe de Calidad	-
4	Jefe de Calidad	-
5	Jefe de Calidad/Nevo Empleado	Soporte Informático
6	Jefe de Calidad/Nevo Empleado	Soporte Informático
7	Nuevo Empleado	Soporte Informático
8	Ingeniero de Calidad/Nuevo Empleado	Vertex

Figura 44. Tabla Actividades-Recursos para la Contratación de un Especialista. Elaboración propia



6.5.4 Resultados

La principal misión de esta mejora era mejorar la eficiencia del departamento de calidad, reduciendo el tiempo de ciclo de inspección de los lotes. Actualmente, el tiempo que tarda cada inspector por lote es de media ocho horas, lo que se traduciría en una jornada por lote y por inspector. Con los softwares que se van a programar, y mediante las estimaciones del departamento de ingeniería sobre el tiempo de ahorro que conllevaría cada uno de estos programas, teóricamente se ahorrarían dos horas en la media de la inspección de los lotes.

Este ahorro, a final de año se traduciría en unos setenta lotes más por operario, aumentando así la eficiencia del departamento y solucionando el problema del mal uso de los equipos de medición.

6.6 Conclusiones

A lo largo de este capítulo, se han implementado las mejores opciones de mejora propuestas para cada uno de los problemas. Para cada una de los planes de mejora se han definido los recursos tanto humanos como materiales que van a ser necesarios, las actividades y sus respectivas fechas de inicio y fin, y los recursos materiales y humanos que se emplearán en cada una de las actividades. Además, se ha representado gráficamente cada una de los planes de mejora mediante un diagrama de Gantt.

Las aproximaciones que se han realizado para cada una de las implementaciones han sido de 29 días laborales para que se inspeccionen los cuatro primeros lotes de Plastic Abutments, 27 días laboras en el caso del problema del Mix-Up y, por último, 35 días laborales hasta que se valide el primer programa de medición en Vertex.

7. PLAN DE MEJORA CONTINUA

7.1 Introducción

A lo largo del siguiente capítulo se expondrán las mejoras que se han llevado a cabo desde que la empresa pasó a formar parte del grupo Zimmer en 2007. Se hará también una descripción de la situación actual específica del departamento de calidad de la planta de Valencia. Tras esto, se comentará el método personal que existe en la empresa para la implementación de la metodología de las 5'S.

Por último, se realizará un estudio sobre el flujo de material y de información del proceso de inspección mediante la representación gráfica del mismo, con la ayuda de la herramienta del Value Stream Mapping, proponiendo mejoras sobre éste, creando así el Value Stream Mapping Futuro. Para finalizar, se definirá el plan de acción de las mejoras propuestas en el desarrollo del mapa de flujo de valor futuro, con la ayuda del diagrama de Gantt.

7.2 Situación Actual

Desde el momento en el que la planta pasó a formar parte del grupo Zimmer, se han introducido muchas mejoras siguiendo la filosofía del lean manufacturing para conseguir estar en lo alto del ranking interno del grupo, así como para mejorar la eficiencia de la planta y la calidad de los productos mediante la eliminación de los ocho desperdicios.

Actualmente, el lean manufacturing está altamente implementado en la planta, teniendo un departamento especializado en implantar este tipo de mejoras y de medir sus impactos sobre la eficiencia global. En la imagen se muestra una línea temporal en la que aparecen las mejoras que se han ido realizando desde el año 2008, impulsadas por este mismo departamento:



Figura 45. Línea Temporal de Mejoras Implantadas. Elaboración propia



- 2008: Layout per Value Stream. Con esta mejora se plantearon los Value Stream Mapping de todos los procesos de la planta.
- 2009: Heijunka & Kanban. Mediante estas dos metodologías, se consiguió nivelar la producción en planta, así como implantar tarjetas Kanban en el proceso de manufactura, pero no en el de inspección.
- 2010: Kaizen. A partir de este momento, se comenzaron a celebrar reuniones y eventos Kaizen para la mejora de todas las áreas.
- 2011: Standard Work. La estandarización del trabajo implicó la normalización de las pautas de medición y la creación de Work Instructions, en las que se recoge la explicación de la ejecución de todos los procesos productivos.
- 2012: 5'S and Visual Managment. A parte de introducir las 5'S y añadirle la Seguridad, se desarrollaron unos estándares visuales de marcado de planta con señales y colores.
- 2013: TPM & QC. Se añaden los procesos de Mantenimiento y Control de Calidad a los Value Stream Mappings, además de crear un equipo de mantenimiento total.
- 2014: SQDP KPI's. Se implanta un sistema visual informativo en el que, según sus siglas en inglés, se representa la seguridad, calidad, entrega y productividad.
- 2015: Matrix Organisation. Modificación del organigrama interno de la empresa.
- 2016: Six Sigma. Se consigue la certificación Yellow Belt, otorgada por el Lean Six Sigma Institute, pudiendo implementar la filosofía del seis sigma para resolver problemas mediante DMAIC; definir, medir, analizar, implementar y controlar.
- 2017: Good Saves. Se implementa una metodología de control de incidencias, los Good Saves, que aparece definida más adelante.
- 2018: Communication and Tier Meetings. Con el objetivo de mejorar la comunicación se colocaron pantallas informativas en cada uno de los departamentos en las que se pueden observar los indicadores SQDP y otro tipo de información de interés.
- 2019: Hoshin Kanri. En este año se pretende implantar esta filosofía en la que, toda la empresa es parte en las decisiones de los objetivos estratégicos a largo plazo y el plan de gestión a corto plazo.

Así pues, todas estas mejoras han tenido también repercusión en el departamento de calidad, aumentando la eficiencia del mismo y facilitando el trabajo de los inspectores mejorando las condiciones laborales. Todos los miembros del departamento están formados en la filosofía del lean manufacturing, entendiendo todas y cada una de las mejoras que se implementan.

Entre otras, las mejoras que se han llevado a cabo a lo largo del último año en el departamento de calidad han sido una renovación de la señalización general, mediante un código de colores para diferenciar entre trabajo en proceso, trabajo detenido y trabajo finalizado; una reorganización de los equipos de medición para reducir los movimientos de los operarios; la compra de alfombrillas anti fatiga para aumentar la comodidad a la hora de realizar las mediciones en el proyector, ya que se deben hacer de pie y; la implementación de los Good Saves, un método por el cual se detectan problemas que signifiquen una falta de seguridad o una posibilidad de lesionarse los operarios, como por ejemplo cables sueltos o



fugas de aceite y, mediante el uso de una plataforma informática destinada a ello, se crea un informe sobre la incidencia, la cual se envía automáticamente al departamento de mantenimiento, encargado de solucionarlo.

Además, se celebró una reunión Kaizen, en la que se estudió el flujo del material en el proceso de inspección, detectando los problemas en cada una de las tareas del proceso, y proponiendo soluciones para cada uno de ellos. Entre las soluciones que se propusieron al final de la reunión, podemos encontrar un Excel destinado a llevar un registro de los problemas con los que se encuentran los inspectores de calidad en las pautas, la informatización de los registros de mediciones con proyector y Vertex, para disminuir el uso de papel, o facilitar la búsqueda de la documentación de cada lote con la compra de un archivador por nombres de proveedores. Todas estas mejoras ya han sido implementadas en el departamento, con la ayuda del departamento de mejora continua.

7.3 Metodología 5'S

Una de las propuestas del departamento de mejora continua que lleva funcionando desde hace varios años es la implantación de la metodología de las 5'S en cada uno de los departamentos de la empresa. La diferencia principal entre la teoría y la práctica, es que en esta planta se realiza una auditoría de 6'S en lugar de 5'S. Esta sexta "ese" es "Seguridad", y se comprueba en primer lugar, previamente al resto.

El departamento de mejora continua propuso que cada uno de los departamentos y sus operarios se hicieran responsables de realizar estas auditorías semanalmente. En el departamento de calidad existe un plan definido mediante el cual se organiza el orden en el que tiene que realizarlo cada semana el inspector de calidad designado.

Para realizar esta auditoría, la persona que indique el plan que tiene que realizarla esa semana accederá a la plataforma informática creada para este propósito. Aquí, aparecerá en pantalla un formulario con preguntas para confirmar que se está cumpliendo cada una de las "eses":

- 1S. Seguridad:
 - ¿Ha habido accidentes durante la última semana?
 - ¿Están los empleados formados y conocen las EPIS de su puesto?
 - ¿Saben cómo usarlas y dónde encontrarlas?
 - ¿Están disponibles las etiquetas de los productos químicos empleados?
 - ¿Conocen los empleados el plan de emergencia y las salidas más cercanas?
- 2S. Eliminar:
 - ¿Existen artículos innecesarios que dificulten el trabajo?
 - ¿Existen artículos en condiciones no óptimas para el trabajo?
 - ¿Están todos los marcadores del área actualizados?
 - ¿Tenemos cerca las cantidades estrictamente necesarias de artículos?
- 3S. Ordenar:
 - ¿Existe un lugar específico para cada artículo?
 - ¿Está todo identificado y ubicado para minimizar los movimientos?

- 4S. Limpiar:
 - ¿Está el área libre de contaminantes?
 - ¿Están todos los equipos libres de contaminantes?
 - ¿Existe un plan de limpieza?
 - ¿Existe un punto de limpieza con los artículos para realizar el plan de limpieza?
- 5S. Estandarizar:
 - ¿Se ha realizado la auditoría las últimas cuatro semanas?
 - ¿Sigue el etiquetado el estándar visual de la empresa?
 - ¿Existen fotos para definir las condiciones óptimas de trabajo de cada puesto?
 - ¿Están todos los empleados formados en las 6'S?
- 6S. Mantener:
 - ¿Ha logrado el área la máxima puntuación en las primeras 5'S las últimas cuatro semanas?

Todas estas preguntas se responden con "Sí" o "No", de acuerdo con el programa. Una vez completada, se genera un informe en el que aparece el gráfico con forma hexagonal de la consecución de las 6'S. Esta hoja se imprimirá y se colocará en una pizarra destinada a ello a la vista de todos, para estar al día los problemas que existen. En caso de que alguna de las respuestas a este cuestionario sea "No", la plataforma habilitará una parte del informe final para describir cuál es la incidencia, quién es el responsable de solucionarla y cómo se debería de solucionar.

Es destacable también el hecho de que, aunque existan la subcontratación de una empresa de limpieza, cada miembro del equipo de inspección es responsable de mantener el orden y la limpieza en su puesto de trabajo, ya que el personal de limpieza subcontratado se dedica únicamente a lustrar las zonas comunes del área.

7.4 Value Stream Mapping Actual

Focalizándose en el tema que atañe a este capítulo, se va a proceder a realizar una descripción del mapa de flujo de valor para el proceso de inspección de todas aquellas piezas cuya pauta implique que las piezas han de ser cortadas para la medición de las cotas internas, con sus posteriores opciones de mejora, su plan futuro y las mejoras que deberían realizarse para conseguir llegar a él. Primero, se realizará una descripción del proceso de inspección para estas piezas. Para simplificar las cuentas, se supondrá una media de mil piezas por lote. Además, tanto el personal del laboratorio como los inspectores de calidad trabajan a jornada única de ocho horas durante cinco días a la semana, con un descanso de media hora diario para el almuerzo.

El proceso en sí está supervisado completamente por el departamento de calidad, el cual recibe las necesidades de la demanda vía e-mail por parte de departamento de ventas el lunes de cada semana a primera hora, en función de las demandas de los clientes. La demanda media es de treinta lotes semanales. Además, mensualmente se celebra una reunión entre el departamento de compras y el de calidad para comprobar medidores compartidos y organizar



la planificación de las compras a los proveedores, en el caso de que hubiera habido cambios. También existe comunicación activa entre el departamento de compras y el de ventas, para conocer la demanda que existe. De todas formas, el departamento de compras planifica los lotes que van a pedir a los proveedores en función del stock actual del almacén de producto terminado, a cuyo inventario se puede acceder desde la plataforma informática interna de la empresa.

Una vez se han realizado los aprovisionamientos de material y éstos llegan a la empresa, se ubican en la zona de R.E. y se dan de alta en la plataforma informática, para saber dónde se encuentran todos los lotes en cada momento. De media suelen haber cuatro lotes pendientes de recepcionarse en esta zona. Es necesario que cada vez que se realice un movimiento de material, se informe al sistema y se añada la información para que este sea fiable.

A dos metros de la zona de R.E. se encuentra el almacén de materia prima, donde se emplazarán los lotes que ya han sido dados de alta en el sistema. Una vez son recogidos por el personal de almacén de la zona de R.E., se les asigna un número de registro interno y se les da una ubicación en una de las estanterías del almacén, estando sus baldas ordenadas por letras y número. Tras esto, se actualiza la base informática para añadir a cada uno de los lotes el número de registro que se le ha asignado. Por otra parte, existe una base de datos interna del almacén, en la cual aparecen todos los registros que han asignado, además del valor alfanumérico de su ubicación en la estantería correspondiente, para facilitar su localización cuando son demandados por el departamento de calidad.

En el momento en el que esto ocurre, los operarios de almacén transportan los lotes requeridos junto con la documentación de cada uno de ellos a lo largo de los veinte metros que separa el AMP del área de Inspección. Una vez aquí, los ingenieros de calidad serán los encargados de organizarlos y de priorizarlos en función del comunicado del departamento de ventas. Las piezas se sitúan una zona destinada para ello pero no controlada, en la que a principio de semana encontramos treinta lotes que se van consumiendo, por lo que supondremos una media de quince lotes. En la primera parte del proceso de inspección, se miden todas las cotas externas de la pieza. Una vez terminado esto, se colocan los lotes en una estantería dinámica donde encontramos una media de cuatro lotes.

De aquí, el personal de almacén recoge las piezas y las transporta hasta el laboratorio de pruebas biológicas, a unos treinta metros del área de inspección. Al llegar a esta zona, se observa una pequeña estantería de la que se hace un registro cada vez que suben a dejar lotes a esta, para saber la prioridad de cada uno de los lotes. Podemos establecer que la media de lotes que encontramos en esta zona es de diez, variando según la demanda de cada semana. Cada vez que se inicia o termina la comprobación de los análisis de unas piezas, se informa vía e-mail a los ingenieros y al jefe de calidad, para conocer la situación de las piezas. En este proceso se llevan a cabo unas pruebas para comprobar la pureza de los materiales de los que están hechas las piezas, definiendo los porcentajes de los componentes de cada uno. Además del análisis, en esta zona se realiza el corte de algunas de las piezas del lote, según indique el AQL, para la segunda parte de la inspección. Conforme se van terminando los análisis, se dejan los lotes en una estantería para su posterior recogida por parte del personal de almacén, para

llevarlos de vuelta a la zona de inspección. En esta estantería de producto analizado suelen haber una media de dos lotes.

Una vez son llevados de vuelta al área de inspección, se dejan de nuevo en otra de las baldas de la estantería dinámica. También solemos encontrar en esta zona una media de dos lotes ya analizados, con sus resultados adjuntos a la documentación. Ya informados los ingenieros de calidad, avisan al inspector responsable de cada uno de estos lotes de que ya han terminado las pruebas, y que tan pronto como pueda retome la inspección de éste. En esta parte de la inspección solamente se comprueban las cotas internas de las piezas que han sido cortadas, que suelen ser bastantes menos que las cotas externas, por lo que el proceso es bastante más rápido. De aquí, las piezas son llevadas directamente a un almacén de producto terminado, responsable del cual es el personal del almacén, registrando todos los lotes que ya han sido inspeccionados totalmente en el sistema informático interno de la empresa y colocados en una estantería de almacenamiento vertical, en la cual podemos encontrar alrededor de cuarenta lotes con material inspeccionado.

A continuación, se muestran las tablas con los datos necesarios para calcular los indicadores de cada uno de los procesos del mapa:

Inspección	Resultado
TC	15,86 s/pz
Piezas entrantes/h	950 pz/h
Retrabajos/h	20 pz/h
Chatarra/h	23 pz/h
FTT	0,9547
Uds. Producidas Día	6800 pz
Horas Trabajadas	7,5 h
Productividad	227 pz/oph
BTS	100%

Figura 46. Datos VSM Inspección. Elaboración propia

Análisis Bioquímico	Resultado
TC	34,29 s/pz
Piezas entrantes/h	907 pz/h
Retrabajos/h	20 pz/h
Chatarra/h	47 pz/h
FTT	0,9261
Uds. Producidas Día	6300 pz
Horas Trabajadas	7,5 h
Productividad	105 pz/oph
T. Disponible Neto	7,5 h
T. Operativo	6,9 h
Disponibilidad	0,92
TC Ideal	8 s/pz
Eficiencia	0,2921
OEE	0,2489

Figura 47. Datos VSM Inspección de Corte. Elaboración propia

Inspección de Corte	Resultados
TC	17,39 s/pz
Piezas entrantes/h	840 pz/h
Retrabajos/h	0 pz/h
Chatarra/h	14 pz/h
FTT	0,9833
Uds. Producidas Día	6200 pz
Horas Trabajadas	7,5 h
Productividad	207 pz/oph

Figura 48. Datos VSM Análisis Bioquímico. Elaboración propia

El BTS del proceso de Inspección es 100% debido a que los ingenieros de calidad velan porque se siga a rajatabla el plan de prioridades definido por el departamento de ventas.

A continuación, se muestra representado el VSM actual:

DIBUJO VSM ACTUAL

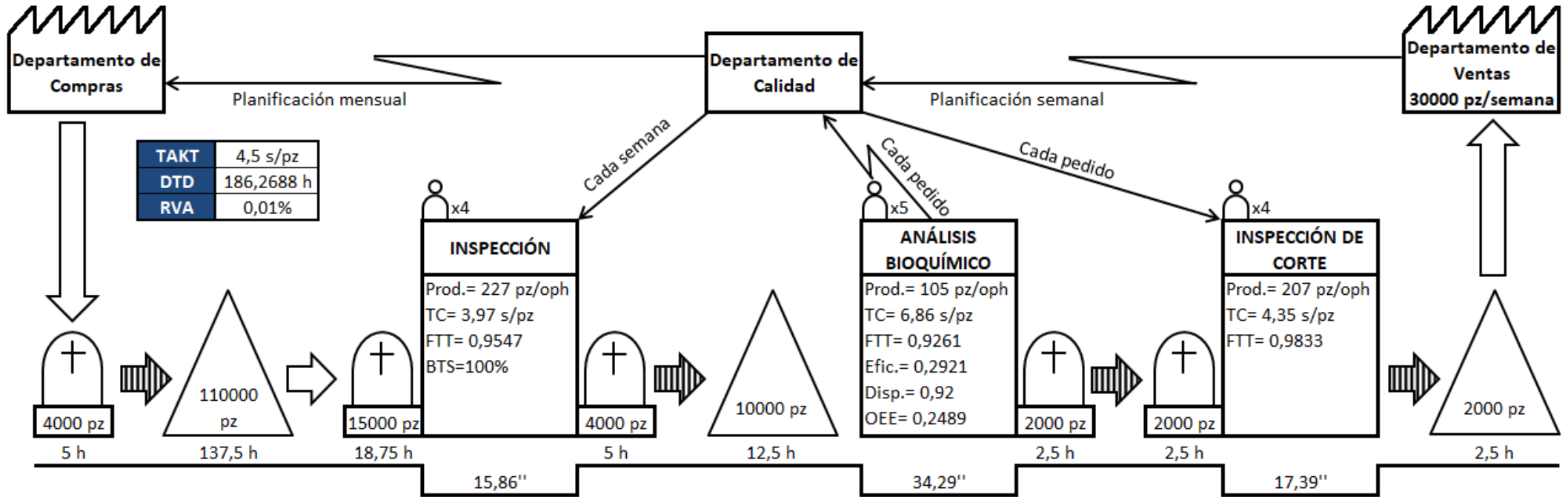


Figura 49. Value Stream Mapping Actual. Elaboración propia



7.5 Value Stream Mapping Futuro

Para la transición entre ambos mapas de flujo de valor, son necesarias varias mejoras que se van a proceder a describir:

1. Primero, se creará una célula uniendo los procesos de Inspección y de Inspección de Corte en uno solo que llamaremos Inspección Total. Con esta mejora se pretende reducir el tiempo total del proceso de inspección de las piezas, además de acercar el cuello de botella al inicio del mapa, que en este caso es el análisis bioquímico.

Además, se pretende a su vez eliminar así almacenes incontrolados intermedios del proceso anterior al análisis bioquímico. Con esto se conseguiría reducir también uno de los ocho desperdicios, disminuyendo el total de movimientos innecesarios del proceso.

2. Otra de las mejoras que se realizarán sería la implementación del sistema kanban de tarjetas. Este sistema ayudaría a trabajar a "Pull", pidiendo en tiempo real cada uno de los procesos al anterior las piezas que necesita en cada momento. Desde el departamento de ventas se avisaría a los ingenieros de calidad que, con ayuda de las tarjetas kanban reclamarían material al proceso de inspección, y este al de análisis bioquímico.
3. Una de las mejoras más difíciles de establecer es la eliminación de todos los almacenes del proceso, y sustituyéndose por supermarkets. La principal propuesta es acondicionar las áreas de Inspección y del laboratorio para introducir un pequeño elevador entre ellas a modo de supermarket, ya que el laboratorio se encuentra justo arriba de la zona de Inspección. Así sería más sencilla la comunicación y el transporte de los lotes de una zona a otra.
4. En el proceso de Análisis Bioquímico, se propone reorganizar el esquema del área, recolocando todos los puestos en forma de "U", con el nuevo elevador en medio de todos ellos. Así, no es necesario que los operarios vayan a buscarlos y mejoraríamos la eficiencia del tiempo de los análisis.
5. Por último, en la nueva célula creada de Inspección Total, se realizó una reunión Kaizen en la que quedó pendiente solucionar el excesivo tiempo de organización de qué cotas medir primero por parte de los operarios. La solución propuesta para reducir este tiempo de setup, es que las pautas vengan con las cotas ordenadas según el tipo de equipo de medida que necesitan, para así facilitar el trabajo a los inspectores de calidad.

A continuación, se presenta el diseño del mapa de flujo de valor futuro para el departamento de calidad:

DIBUJO VSM FUTURO

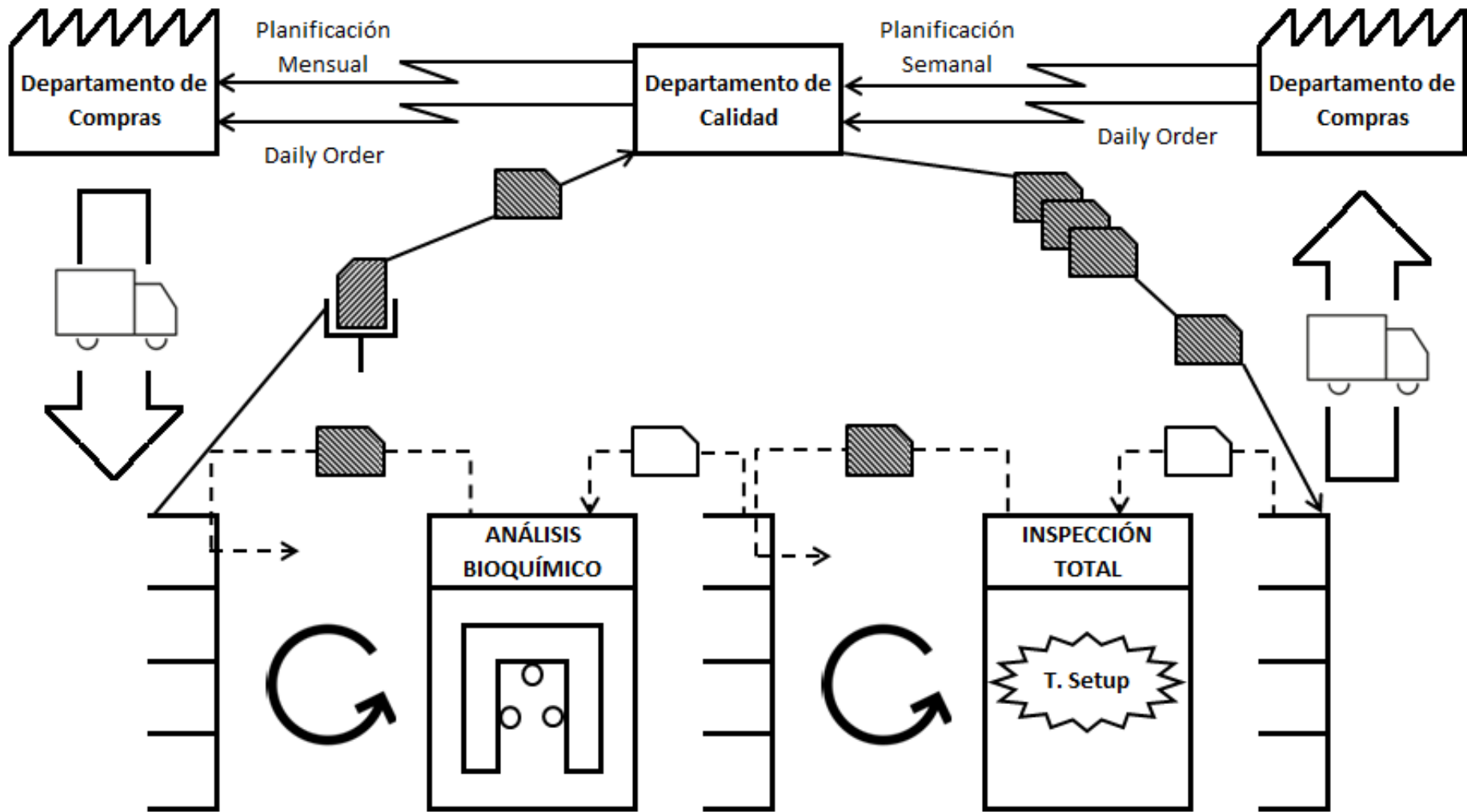


Figura 50. Value Stream Mapping Futuro. Elaboración propia

7.6 Implantación de las Mejoras del Value Stream Mapping Futuro

Para la implantación de las mejoras del VSM Futuro se van a proponer los recursos humanos y materiales que van a ser necesarios:

Recursos Humanos	Recursos Materiales
Jefe de Calidad	Soporte Informático
Inspectores de Calidad	Material de Mantenimiento
Ingeniero de Calidad	Tarjetas Kanban
Personal de Laboratorio	Pautas de Inspección
Equipo de Mantenimiento	Material de Almacén
Operarios de Almacén	-
Jefe de Compras	-
Jefe de Ventas	-

Figura 51. Tabla Recursos VSM Futuro. Elaboración propia

Además el orden de las actividades que se seguirá para llevar a cabo el plan de mejoras propuesto y la duración de las mismas, será el siguiente:

Nº	Actividad	Fecha	Duración	Fecha
1	Unir los dos Procesos de Inspección	18-jul.	2	20-jul.
2	Formación del Personal sobre la Nueva Forma de Proceder	20-jul.	1	21-jul.
3	Puesta a Punto del Sistema Kanban	21-jul.	7	28-jul.
4	Formación del Personal sobre la Nueva Forma de Proceder	28-jul.	1	29-jul.
5	Eliminar Estanterías Dinámicas	29-jul.	2	31-jul.
6	Montaje del Elevador	31-jul.	15	15-ago.
7	Reorganizar la Distribución del Laboratorio	15-ago.	4	19-ago.
8	Estudio de las Pautas de Inspección	19-ago.	20	08-sep.
9	Reestructurar las Pautas de Inspección	08-sep.	15	23-sep.
10	Formación del Personal sobre la Nueva Forma de Proceder	23-sep.	1	24-sep.

Figura 52. Tabla Actividades VSM Futuro. Elaboración propia

Tras haber solucionado los anteriores problemas y haber diseñado el plan de mejoras para el mapa de flujo de valor futuro, se va a proceder a delinear el plan de implantación, con ayuda del gráfico de Gantt:

Nº	Recursos Humanos	Recursos Materiales
1	Jefe de Calidad/Ingenieros de Calidad	-
2	Jefe de Calidad/Personal de Inspección y de Laboratorio	Soporte Informático
3	Jefe de Calidad, de Compras y de Ventas/Ingenieros de Calidad	Tarjetas Kanban
4	Jefe de Calidad/Personal de Inspección y de Laboratorio	Soporte Informático
5	Equipo de Mantenimiento/Operarios de Almacén	Material de Almacén
6	Equipo de Mantenimiento	Manterial de Mantenimiento
7	Ingenieros de Calidad/Equipo de Mantenimiento	Material de Mantenimiento
8	Ingenieros de Calidad	Pautas de Inspección
9	Ingenieros de Calidad	Pautas de Inspección
10	Jefe de Calidad/Inspectores de Calidad	Soporte Informático

Figura 53. Tabla Actividades-Recursos VSM Futuro. Elaboración propia

Expuesto el diagrama, se procede a presentar una tabla en la que vienen reflejados los recursos humanos y materiales empleados en cada una de las actividades:

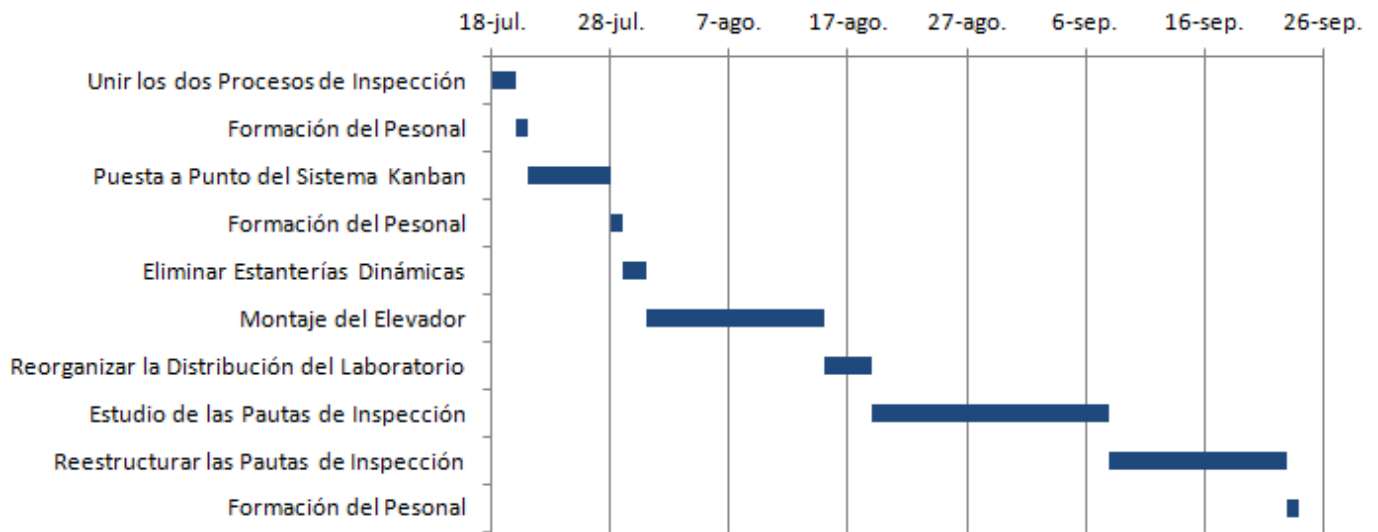


Figura 54. Diagrama de Gantt VSM Futuro. Elaboración propia

Los resultados que se esperan de este último plan de mejoras son los de reducir el tiempo de ciclo total y mejorar la eficiencia del departamento. Eliminando los almacenes intermedios reduciría enormemente el tiempo de "Dock to Dock", la creación de la nueva célula junto con la reorganización del layout del laboratorio y la reducción del tiempo de setup en inspección, son propuestas destinadas a mejorar el tiempo de ciclo de los lotes y, el sistema kanban ayudará a trabajar con un sistema "Pull", aumentando a su vez la comunicación interdepartamental y consiguiendo un trabajo más fluido. Todas estas mejoras siguen la filosofía del lean manufacturing, así como la filosofía de desarrollo del grupo Zimmer para la creación de un puesto de trabajo agradable para el operario y eficiente para la empresa.



7.7 Conclusiones

En este apartado, se han realizado una descripción de la situación actual de la empresa con respecto a la teoría del lean manufacturing, realizando un recorrido a lo largo de los últimos años, describiendo cada una de las mejoras que se han ido realizando. Lo mismo ha sido definido para el departamento de calidad durante el último año.

Tras esto, se ha comentado el procedimiento interno personalizado de la planta de Valencia para el uso de la metodología de las 5'S, incluyendo una nueva "ese" delante de todas ellas, la seguridad.

Se ha presentado también el VSM con el que actualmente se realiza el proceso de inspección de las piezas que necesitan ser cortadas para comprobar sus cotas internas, proponiendo mejoras sobre este mismo mapa creando así el Value Stream Mapping Futuro.

Por último, se ha creado un plan de implantación de todas estas mejoras con la ayuda del diagrama de Gantt, definiendo las actividades y los recursos humanos y materiales necesarios, llevándose éste a cabo tras implementar las soluciones a los problemas que se han propuesto en los anteriores capítulos.

8. CONCLUSIONES

En primer lugar, hemos comenzado con la introducción, en la que se ha hecho una descripción del objeto del presente trabajo, así como los objetivos del mismo:

- Mejora de la productividad del departamento
- Tener mayor fiabilidad por parte de los clientes
- Eliminar la incertidumbre en los procesos
- Mejorar la comunicación interdepartamental
- Minimizar los desperdicios

Tras esto, hemos realizado una presentación de la empresa, tratando temas como su historia, los productos y servicios que ofrece, que departamentos iban a estar involucrados en el trabajo y la forma en la que se seleccionan a los proveedores. En el siguiente capítulo, se hizo una presentación teórica de los conceptos que se iban a utilizar para completar este proyecto.

Tras realizar la presentación de la empresa y la descripción de la teoría empleada, se comentaron los principales problemas observados en el proceso de inspección en el departamento de calidad de la empresa, pasando a describirlos y a analizar sus causas-raíz. Tras proponer varias soluciones para cada uno de ellos, y priorizarlos según el diagrama PACE, este es el orden de cada problema y su solución:

1. Mix-Up: Creación de un Puesto Intermedio
2. Delay de Plastic Abutments: Simulación Anual de la Demanda
3. Pérdida de Eficiencia en Vertex: Contratación de un Especialista

Además, se realizó una simulación de los proyectos de implantación de las soluciones, así como un listado de los resultados que se esperan obtener con estas soluciones.

Volviendo a la enumeración de los objetivos del proyecto, podemos afirmar que, si todas estas mejoras son introducidas en el proceso, se mejorará la productividad del departamento al realizar un buen uso del equipo de medición Vertex, la fiabilidad de los clientes hacia la empresa mejorará con la desaparición de los Mix-Ups y se mejorará la comunicación interdepartamental debido a la obligación de plantear una demanda anual para los Plastic Abutments.

En el último capítulo, se ha descrito la situación actual de la empresa respecto a la filosofía del lean manufacturing. Además, se propuso un modelo futuro del proceso de inspección, comparando con el actual y estructurando el plan de implantación de las mejoras propuestas. También con esto, se pretenden cumplir los objetivos de mejorar la productividad del departamento, minimizar los desperdicios debido a la introducción de sistemas asociados con el lean manufacturing y, por último, al aumentar la información asociada a los procesos y al formar a todo el personal involucrado, se espera eliminar la incertidumbre de éste.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García-Sabater, J.P., (2014). *Consejos para la escritura de proyectos, tesis y trabajos de investigación*. http://jpgarcia.webs.upv.es/?page_id=34

Carro R. y González D., (2008). *Administración de la Calidad Total*.

Taiichi Ohno, (1991). *El Sistema de Producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala*

Kaplan G., (2008). *Advanced Lean Thinking*

Gaither, N. y Frazier, G., (2000). *Administración de la Producción y Operaciones*

Cuatrecasas L., (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*

Jeffrey K., (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*

Kniberg H. y Skarin M., (2009). *Kanban and Scrum, making the most of both*.

Socconini L. y Barrantes, M., (2005). *El proceso de las 5S en acción*

Cabrera R., (2009). *Value Stream Mapping, Análisis de la Cadena de Valor*

ANEXOS

Anexo 1: Fórmulas Empleadas en el Cálculo de los Indicadores del VSM

➤ Tiempo de Ciclo (TC)

Consiste en el tiempo que tarda en procesarse una pieza. Este tiempo fue tomado mediante control visual, realizando una media de la cantidad de piezas de los lotes procesados, y dividiendo el tiempo que se tardaba en la inspección de cada uno de estos por la media de la cantidad de los lotes.

➤ Productividad (Prod.)

La productividad viene dada por la fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades Producidas al Día}}{\text{Horas Trabajadas por Día}}$$

Figura 55. Fórmula de Productividad. Formulario UPV

En esta fórmula se divide el número de unidades que se han producido en una unidad de tiempo, para nuestro caso un día; entre esa unidad de tiempo. Un día trabajado equivaldría a siete horas y media, teniendo en cuenta el tiempo de descanso. Se mide en piezas partido operarios por hora.

➤ First Time Through (FTT)

El FTT mide el porcentaje de piezas que se procesan bien a la primera, y viene definido por la siguiente fórmula:

$$\text{FTT} = \frac{\text{Piezas entrantes} - (\text{Chatarra} + \text{Retabajos})}{\text{Piezas entrantes}}$$

Figura 56. Fórmula FTT. Formulario UPV

A las piezas entrantes en un proceso se le descuentan las piezas que se han de tirar a chatarra o se han de reprocesar, para luego dividirlo entre el número de piezas entrantes a ese proceso, obteniendo el porcentaje de piezas correctas sin necesidad de ser retrabajadas.

➤ Build To Schedule (BTS)

El BTS se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{BTS} = \frac{\text{Piezas producidas}}{\text{Piezas previstas}} \times \frac{\text{Piezas previstas para el Mix}}{\text{Piezas producidas}} \times \frac{\text{Piezas secuenciadas}}{\text{Piezas previstas para el Mix}}$$

Figura 57. Fórmula BTS. Formulario UPV

La primera parte de la ecuación, también conocida como rendimiento de volumen hace referencia al porcentaje de piezas que se han producido realmente con respecto a las previsiones de producción que se han realizado, en términos cuantitativos. La segunda división, o rendimiento del Mix es resultado de comparar los tipos de referencias que han sido producidos con respecto a las que se habían previsto, haciendo hincapié en que tipo de piezas se han producido y no tanto en la cantidad total. Por último, la parte final de la ecuación o rendimiento de la secuencia, se obtiene tras comparar las piezas que se han producido con respecto a la secuenciación de las mismas que se ha realizado. Para nuestro caso, esto sería igual a las prioridades que nos marca el departamento de ventas y el orden que les dan.

Para el caso de inspección, esta ratio se supone del cien por ciento debido a la posición del ingeniero de calidad, siendo una de sus funciones velar por el cumplimiento de este valor, priorizando y organizando que lotes y cuándo se deben de inspeccionar cada uno.

➤ **Eficiencia (Efic.)**

La eficiencia de una máquina viene definida por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{TC Ideal} \times \text{Unidades entrantes}}{\text{Horas Trabajadas por Día en segundos}}$$

Figura 58. Fórmula Eficiencia. Formulario UPV

Consiste en multiplicar el mejor tiempo de ciclo que se podría alcanzar con la máquina, multiplicarlo por las unidades entrantes al proceso, y dividirlo por las horas al día que podría estar operativa, obteniendo así la eficiencia actual de la máquina.

➤ **Disponibilidad (Disp.)**

La fórmula de la disponibilidad de una máquina es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Trabajadas por Día}}{\text{Horas Disponibles de la Máquina}}$$

Figura 59. Fórmula Disponibilidad. Formulario UPV

La disponibilidad de una máquina es el porcentaje de tiempo que la máquina está funcionando con respecto al que podría estar en activo, es decir, el número de horas que la máquina está funcionando contra el número de horas trabajadas por día.

➤ **Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

La fórmula del Overall Equipment Effectiveness u OEE es:

$$\text{OEE} = \text{FTT} \times \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia}$$

Figura 60. Fórmula OEE. Formulario UPV

El OEE mide la eficiencia productiva de las máquinas, y es el resultado de multiplicar la disponibilidad de la misma, la eficiencia de ésta y el FTT del proceso.

➤ TAKT Time (TAKT)

El TAKT Time viene dado por:

$$\text{TAKT} = \frac{\text{Horas Trabajadas por Día en segundos}}{\text{Demanda diaria}}$$

Figura 61. Fórmula TAKT. Formulario UPV

Indica el ritmo de trabajo que se debería alcanzar para cubrir la demanda. En nuestro caso, se demanda seis mil piezas al día, lo que significa una media de seis lotes al día, según el departamento de ventas.

➤ Dock To Dock (DTD)

El Dock To Dock es el sumatorio de todos los tiempos del Value Stream Mapping, e indica lo que tarda una pieza desde que entra al almacén de materia prima hasta que se produce su salida desde el almacén de producto terminado. Esta suma incluye el tiempo total que las piezas pasan tanto en el almacén de materia prima y el de producto terminado, como en los almacenes intermedios; además del tiempo de procesado de las mismas.

➤ Ratio de Valor Añadido (RVA)

La Ratio de Valor Añadido es el siguiente:

$$\text{RVA} = \frac{\Sigma(\text{Procesos que suman valor})}{\text{DTD}}$$

Figura 62. Fórmula RVA. Formulario UPV

Se trata de un porcentaje que indica la cantidad de tiempo que realmente añade valor a la pieza con respecto a todo el tiempo que no lo hace, el cual se considera desperdicio y debe eliminarse. Este tiempo sobrante suele localizarse en los almacenes.

Anexo 2: Estudio de Viabilidad Económica de las Propuestas

Para el estudio de viabilidad económica que se va a presentar a continuación, se van a plantear los costos totales de cada una de las mejoras que se van a implantar en la empresa. Para ello, se tendrán en cuenta los siguientes tipos de coste:

- Costes Directos: En este apartado se tendrán en cuenta todos los costes relacionados con los sueldos de los trabajadores, la Seguridad Social y los costes de la compras de la maquinaria que se va a instalar. Para facilitar los cálculos, se presentarán a continuación los valores de los costes por trabajador en lugar del sueldo base:
 - Jefe de Departamento: 40€/h, 73.600€/año.
 - Ingeniero de Calidad: 30€/h, 55.200€/año.
 - Ingeniero Químico/Personal de Laboratorio: 30€/h, 55.200€/año.
 - Especialista Vertex: 30€/h, 55.200€/año.
 - Técnico: 25€/h, 46.000€/año.
 - Inspector de Calidad: 20€/h, 36.800€/año.
 - Operario: 15€/h, 27.600€/año.
 - Detección de Mix-Ups: 15€/h, 27.600€/año.

El coste que supone para la empresa el sueldo de cada trabajador se ha calculado en base al siguiente gráfico:

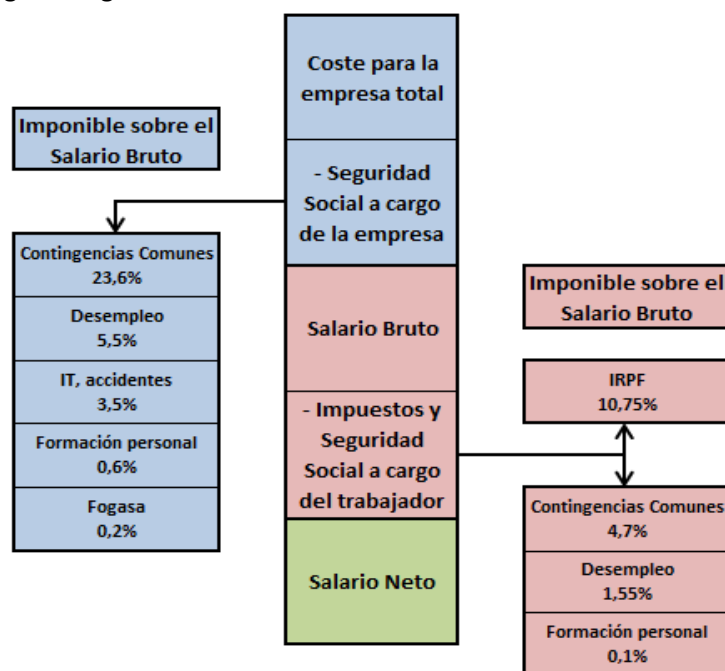


Figura 63. Desglose de salarios. Elaboración propia

- Coste Indirectos: Dentro de estos costes se engloban todos aquellos que no se pueden calcular directamente sobre las actividades, es decir, material de oficina, electricidad, fotocopias, uso de ordenadores... Esto supone un 15% de coste adicional sobre la suma de costes directos.

Generación de la Demanda Anual de Plastic Abutments

Actividad/Recursos Humanos	Coste	Rendimiento	Importe
1. Creación de un Equipo			
Jefe de Calidad	40,00 €	12,00	480,00 €
Jefe de Compras	40,00 €	12,00	480,00 €
		Total	960,00 €
2. Acondicionamiento del Almacén			
Operario de Almacén x4	15,00 €	28,00	420,00 €
		Total	420,00 €
3. Recopilación de Datos del Histórico			
Técnico de Compras x3	25,00 €	96,00	2400,00 €
		Total	2400,00 €
4. Simulación de la Demanda			
Técnico de Compras x3	25,00 €	24,00	600,00 €
		Total	600,00 €
5. Compra y Recepción de Lotes			
Técnico de Compras x3	25,00 €	42,00	1050,00 €
Operario de Almacén x2	15,00 €	28,00	420,00 €
		Total	1470,00 €
6. Lectura de la Demanda Anual			
Ingeniero de Calidad x2	30,00 €	2,00	60,00 €
		Total	60,00 €
7. Transporte de las Prioridades al Laboratorio			
Operario de Almacén	15,00 €	1,00	15,00 €
Cada 4 lotes		Total	15,00 €
8. Pruebas Bioquímicas de las Prioridades			
Ingeniero Bioquímico x4	30,00 €	224,00	6720,00 €
Cada 4 lotes		Total	6720,00 €
9. Transporte de los Lotes a Inspección			
Operario de Almacén	15,00 €	1,00	15,00 €
Cada 4 lotes		Total	15,00 €
10. Inspección de los Lotes			
Inspector de Calidad	20,00 €	32,00	640,00 €
Cada 4 lotes		Total	640,00 €

Figura 64. Presupuesto de Generar la Demanda Anual. Elaboración propia

Creación de un Puesto Intermedio para Detectar Mix-Ups

Actividad/Recursos Humanos	Coste	Rendimiento	Importe
1. Acondicionado del Puesto			
Operario de Almacén x4	15,00 €	28,00	420,00 €
		Total	420,00 €
2. Oferta de la Plaza			
Técnico de RRHH	25,00 €	4,00	100,00 €
		Total	100,00 €
3. Recepción de las Peticiones			
Técnico de RRHH	25,00 €	14,00	350,00 €
		Total	350,00 €
4. Entrevista a los Candidatos			
Jefe de Calidad	40,00 €	12,00	480,00 €
Técnico de RRHH	25,00 €	12,00	300,00 €
		Total	780,00 €
5. Selección de uno de ellos			
Jefe Calidad	40,00 €	1,00	40,00 €
		Total	40,00 €
6. Formación General			
Jefe de Calidad	40,00 €	14,00	560,00 €
Nuevo Empleado	15,00 €	56,00	840,00 €
		Total	1400,00 €
7. Formación Específica			
Jefe de Calidad	40,00 €	14,00	560,00 €
Nuevo Empleado	15,00 €	56,00	840,00 €
		Total	1400,00 €

Figura 65. Presupuesto de la Creación del Puesto Intermedio. Elaboración propia

Contratación de un Especialista para la Pérdida de Eficiencia en Vertex

Actividad/Recursos Humanos	Coste	Rendimiento	Importe
1. Oferta de la Plaza			
Técnico de RRHH	25,00 €	4,00	100,00 €
		Total	100,00 €
2. Recepción de las Peticiones			
Técnico de RRHH	25,00 €	14,00	350,00 €
		Total	350,00 €
3. Entrevista a los Candidatos			
Jefe de Calidad	40,00 €	12,00	480,00 €
Técnico de RRHH	25,00 €	12,00	300,00 €
		Total	780,00 €
4. Selección de uno de ellos			
Jefe Calidad	40,00 €	1,00	40,00 €
		Total	40,00 €
5. Formación General			
Jefe de Calidad	40,00 €	14,00	560,00 €
Especialista Vertex	30,00 €	56,00	1680,00 €
		Total	2240,00 €
6. Formación Específica			
Jefe de Calidad	40,00 €	14,00	560,00 €
Especialista Vertex	30,00 €	56,00	1680,00 €
		Total	2240,00 €
7. Creación de Software			
Especialista Vertex	30,00 €	56,00	1680,00 €
Por programa		Total	1680,00 €
8. Validación de Software			
Especialista Vertex	30,00 €	4,00	120,00 €
Ingeniero de Calidad	30,00 €	4,00	120,00 €
Por programa		Total	240,00 €

Figura 66. Presupuesto de la Contratación de un Especialista en Vertex. Elaboración propia

Plan de Mejoras del VSM Futuro

Actividad/Recursos Humanos	Coste	Rendimiento	Importe
1. Unir los dos Procesos de Inspección			
Jefe de Calidad	40,00 €	12,00	480,00 €
Ingeniero de Calidad x2	30,00 €	12,00	360,00 €
		Total	840,00 €
2. Formación del Personal			
Jefe de Calidad	40,00 €	1,00	40,00 €
Ingeniero Bioquímico x5	30,00 €	5,00	150,00 €
Inspector de Calidad x4	20,00 €	4,00	80,00 €
		Total	270,00 €
3. Puesta a Punto del Sistema Kanban			
Jefe de Calidad	40,00 €	14,00	560,00 €
Jefe de Compras	40,00 €	14,00	560,00 €
Jefe de Ventas	40,00 €	14,00	560,00 €
Ingeniero de Calidad x2	30,00 €	112,00	3360,00 €
		Total	5040,00 €
4. Formación del Personal			
Jefe de Calidad	40,00 €	2,00	80,00 €
Ingeniero Bioquímico x5	30,00 €	10,00	300,00 €
Inspector de Calidad x4	20,00 €	8,00	160,00 €
		Total	540,00 €
5. Eliminar Estanterías Dinámicas			
Operario de Mantenimiento x2	15,00 €	10,00	150,00 €
Operario de Almacén x2	15,00 €	5,00	75,00 €
		Total	225,00 €
6. Montaje del Elevador			
Operario de Mantenimiento x2	15,00 €	200,00	3000,00 €
Elevador	-	-	1500,00 €
		Total	4500,00 €
7. Reorganizar la Distribución del Laboratorio			
Ingeniero de Calidad	30,00 €	20,00	600,00 €
Operarios de Mantenimiento x2	15,00 €	16,00	240,00 €
		Total	840,00 €
8. Estudio de las Pautas de Inspección			
Ingeniero de Calidad x2	30,00 €	300,00	9000,00 €
		Total	9000,00 €
9. Reestructurar las Pautas de Inspección			
Ingeniero de Calidad x2	30,00 €	240,00	7200,00 €
		Total	7200,00 €
10. Formación del Personal			
Jefe de Calidad	40,00 €	1,00	40,00 €
Inspector de Calidad x4	20,00 €	4,00	80,00 €
		Total	120,00 €

Figura 67. Presupuesto VSM Futuro. Elaboración propia



Presupuesto Final

Proyecto	Importe
Generación de la Demanda Anual	13300,00 €
Creación de un Puesto Intermedio	4490,00 €
Contratación de un Especialista en Vertex	7670,00 €
Plan de Mejoras VSM Futuro	28575,00 €
Total Costes Directos	54035,00 €
+	
Costes Indirectos (15%)	8105,25 €
Total	62140,25 €

Figura 68. Presupuesto Final. Elaboración propia