



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FINAL DEL

REALIZADO POR

TUTORIZADO POR

FECHA: Valencia,

Resumen

La implantación de SAP en industrias del sector aeronáutico es un paso clave en la automatización y la gestión de las empresas de dicho sector. Para ello, este Trabajo de Fin de Máster pretende la implantación del módulo de calidad de SAP en una empresa dedicada al ensamblaje de motores de aviación comercial. Se detallan tanto los procesos actuales de la empresa en materia de controles de calidad como las necesidades y los procesos futuros que tendrán lugar tras la implantación de SAP. Tras dicha implantación, se pretende que la gestión de los procesos relacionados con la inspección de calidad sea más eficiente en términos de aprovisionamiento, producción y ventas al sustituir todos los registros en papel por registros informáticos, aprovechando así para crear bases de datos con todos los materiales utilizados y procesos realizados. Todas estas mejoras pretenden dar un salto cualitativo a la empresa, permitiendo así cargas de trabajo mayores, y propiciando el crecimiento futuro de la compañía.

Resum

L'implantació de SAP en indústries del sector aeronàutic es clau en la automatització y la gestió de les empreses d'aquest sector. Per això, aquest Treball de Fi de Máster pretén implantar el mòdul de qualitat de SAP en una empresa dedicada al muntatge de motors d'aviació comercial. Es detallen tant els processos actuals de l'empresa en materia de controls de qualitat com les necessitats y processos futurs que tindran lloc després de l'implantació de SAP. Després d'aquesta implantació es pretén que la gestió dels processos relacionats amb l'inspecció de qualitat siguen més eficients en materia d'aprovisionament, producció i ventes. Al substituir tots els registres en paper per registres informàtics, s'aprofita per a crear bases de dades amb tots els materials y processos realitzats. Totes aquestes millores pretenen donar un bot de qualitat, permetint càrregues de treball majors i propiciant el creixement futur de l'empresa.

Abstract

The implementation of SAP systems in the aerospace industry is a big step in enterprise automation and management. For this purpose, this Master's Thesis pretends to implement Quality Management SAP module in a commercial jet engine assembly enterprise. Processes that are currently carried out in terms of quality management, enterprise necessities and processes that will be carried out after the implementation of SAP systems will be detailed. After this implementation, the main goal is to make the processes of procurement, production, and sales more efficient than they currently are, due to all the registers paper-based will become into computer-based registers. Furthermore, this fact will allow the company to create a database with all the materials and processes that are carried about. All those improvements are a leap forward in the company, allowing higher loads of work and making the company grow.

Palabras clave

SAP · aeronáutica · empresa · implantación · abastecimiento · producción · ventas
· expedición · mejora · productividad · inspección · calidad · control

Agradecimientos

La realización de este Trabajo de Fin de Máster nunca hubiera sido posible, en primer lugar, sin Mayte Piquer y su excepcional forma de enseñar y explicar. Tampoco sin la paciencia infinita de Isabel Gómez y Bea Martínez, ni sin la ayuda de muchos de los miembros del equipo de Farma y Química, que han hecho mucho más fácil el aprendizaje de esta herramienta tan compleja y potente.

Índice

1	Introducción	15
1.1	Motivación	15
1.2	Objetivos.....	16
1.3	Estructura.....	17
2	Descripción del sector y situación actual de la empresa.....	19
2.1	El sector aeronáutico en el marco nacional	19
2.2	El sector aeronáutico en el marco europeo.....	22
2.3	Modelo actual de trabajo de nuestra empresa.....	25
2.3.1	Estructura organizativa de la empresa	25
2.3.2	Plan estratégico	26
2.3.3.	Transformación digital completa	27
3	Análisis previo a la implantación de SAP	30
3.1	Breve introducción del sistema SAP	30
3.2	Cuestionario de Control de Calidad	31
3.3	Mejoras futuras y casos de éxito.....	38
4	Definición de los datos maestros para la implantación de SAP.....	41
4.1	Materiales	41
4.2	Características de inspección	44
4.3	Control estadístico de proceso (SPC)	47
4.4	Catálogos	48
4.5	Procedimientos de muestreo.....	48
4.6	Planes de muestreo.....	49
4.7	Reglas de dinamización.....	50
4.8	Planes de inspección.....	50
4.9	Equipos de calidad.....	53
4.10	Especificaciones de lotes.....	54
4.11	Recetas de planificación	54

4.12	Puntos de inspección	56
4.13	Certificaciones de calidad.....	56
4.14	Registro info de calidad.....	57
5	Implantación del módulo de QM de SAP en la empresa.	60
5.1	Calidad en aprovisionamiento	60
5.1.1.	Homologación de proveedores.....	61
5.1.2.	Reclamaciones a proveedores.....	64
5.1.3.	Control de certificados.....	66
5.1.4.	Análisis del producto	69
5.1.5.	Evaluación de proveedores.....	71
5.2	Calidad en producción	73
5.2.1	Control en proceso.....	75
5.2.2	Control en post-proceso.....	78
5.2.3	Utilización de gráficos de control de calidad	80
5.3	Calidad en ventas	83
5.3.1	Inspección en la Expedición.....	83
5.3.2	Certificados de calidad.....	87
5.3.3	Reclamaciones y devoluciones de clientes.....	89
6	Conclusiones	90
7	Alcance y presupuesto.....	91
8	Bibliografía.....	92

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución de la facturación en el sector aeronáutico en España....	20
Figura 2. Porcentaje de producción sobre el total de producción en España.	20
Figura 3. Empresas exportadoras por sectores en España por porcentaje de exportaciones	21
Figura 4. Producción del sector aeronáutico por comunidades.....	21
Figura 5. Facturación en billones de euros por sectores aeroespaciales y de Defensa.	23
Figura 6. Distribución de la facturación Aeroespacial y de Defensa en Europa.	23
Figura 7. Distribución de los empleos de Defensa y Aeronáutica en Europa.	24
Figura 8. Estructura organizativa de la empresa.....	25
Figura 9. Plan estratégico de la empresa.....	26
Figura 10. Materiales creados.	42
Figura 11. Activación de QM para el aprovisionamiento.	43
Figura 12. Lista de clases de inspección.....	44
Figura 13. Definición de las características de inspección maestras.	52
Figura 14. Flujo de entrada de mercancías.....	60
Figura 15. Lista de proveedores.....	61
Figura 16. Registro Info de Calidad.....	62
Figura 17. Aviso de fecha vencida en la homologación del proveedor.....	63
Figura 18. Proceso para reclamación a proveedores.	65
Figura 19. Esquema del proceso para la devolución de un material.....	65
Figura 20. Creación del aviso para notificación de defectos.	66
Figura 21. Proceso de Control de Certificados.	67
Figura 22. Petición de inclusión de certificado.	68
Figura 23. Visualización del certificado de calidad.....	68
Figura 24. Aviso de requerimiento de certificado en entrada de mercancías.	69
Figura 25. Procedimiento del análisis del producto.	70
Figura 26. Lista de materiales asociados al producto final.....	74
Figura 27. Hoja de ruta específica para el proceso de producción.....	74
Figura 28. Clave de utilización de la hoja de ruta.....	75
Figura 29. Flujo del control en proceso para producción.....	76
Figura 30. Características a analizar en proceso.....	77
Figura 31. Flujo del control post-proceso para producción.....	79
Figura 32. Características a analizar en la fase de post-proceso.....	80

Figura 33. Gráficas de media y rango variable.....	81
Figura 34. Gráfico Shewhart para media.....	82
Figura 35. Activación de la clase de inspección 10 para el producto terminado.....	84
Figura 36. Creación del registro info para ventas.....	84
Figura 37. Plan de inspección para ventas.....	85
Figura 38. Creación de operaciones para ventas.....	85
Figura 39. Catálogo para la característica de anclado.....	86
Figura 40. Catálogo para la característica de embalaje.....	86
Figura 41. Flujo de ventas en SAP.....	87
Figura 42. Creación de modelo de certificado.....	88
Figura 43. Flujo de reclamaciones.....	89

Capítulo 1. Introducción

1	Introducción	15
1.1	Motivación	15
1.2	Objetivos.....	16
1.3	Estructura.....	17

1 Introducción

1.1 Motivación

El requerimiento de gestión de los procesos de calidad hace necesaria la implantación del módulo de calidad del entorno SAP en la empresa aeronáutica elegida. Principalmente se desean informatizar todos los procesos relacionados con los controles de calidad en el aprovisionamiento de materiales, la producción y las ventas de los productos producidos, puesto que todos estos procesos son realizados sin soporte informático todavía.

Actualmente, pese a que la empresa posee ciertos módulos de SAP implantados, no dispone del módulo de calidad para gestionar los procesos de calidad tan necesarios en la industria aeronáutica.

Hoy en día, y cada vez más, los controles de calidad en el sector aeronáutico son especialmente exhaustivos debido a la importancia de la seguridad en este campo. Estos controles son tan importantes a la hora de construir el avión como a la hora de realizar tareas de mantenimiento, puesto que cada vez se trata de alargar más la vida útil de las aeronaves en beneficio de la rentabilidad de las aerolíneas.

El crecimiento de SAP en industrias de todo tipo y los beneficios que sus clientes reportan hacen que, sin duda, este proyecto se vea motivado a apostar por la implantación del módulo de calidad (QM) en esta empresa con el fin de informatizar y mejorar los procesos de control de calidad.

1.2 Objetivos

La realización de este Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo la implantación del módulo QM de SAP en aprovisionamiento, producción y venta en una empresa del sector aeronáutico.

Con la consecución de esta implantación se pretende, en primer lugar, mejorar la calidad de los productos finales de la empresa. La alta calidad de los materiales y su correcto ensamblaje en los motores son críticos para el correcto funcionamiento de la aeronave. Las exigencias de la industria y de las propias aerolíneas hacen que los errores en diseño, calidad de materiales y montaje sean inadmisibles, por lo que el cumplimiento de estos estándares de calidad será una de las bases de esta empresa.

En segundo lugar, tras la implantación de SAP se pretende generar una base de datos de todos los componentes utilizados, las tareas llevadas a cabo, el stock disponible, y las inspecciones de calidad realizadas sobre los equipos. Actualmente la empresa recopila toda esta información en formato papel, impidiendo un funcionamiento eficiente de la misma para cargas de trabajo muy altas. Por tanto, no solo se va a optimizar el proceso de las inspecciones de calidad, si no que la implantación de SAP va a propiciar una mejora en la gestión de la información que se maneja por parte de la empresa.

Por último, este cambio pretende ofrecer una mejor elección en los proveedores para minimizar materiales en mal estado. Para ello, a la entrada de mercancías se realizarán controles de calidad de manera más exhaustiva dependiendo del proveedor. El fin es recopilar datos de productos en mal estado y, desde el departamento de calidad, decidir qué proveedores ofrecen una mejor calidad, siempre con el objetivo de mejorar el producto final.

1.3 Estructura

La presente memoria del Trabajo de Fin de Máster consta de tres apartados principales. En primer lugar se describe la empresa, detallando los procesos que se llevan a cabo y cómo se llevan a cabo actualmente. Posteriormente se presentan y detallan los requisitos de la empresa en cuanto a datos maestros, donde se explican todas las partes que tomarán parte en la implantación del módulo de calidad de SAP en la empresa. Finalmente se detallará el proceso de implantación de dicho módulo en la empresa y las ventajas de esta implantación respecto a las formas de trabajo actuales para, por último, hacer una valoración y una conclusión de este Trabajo de Fin de Máster.

Capítulo 2. Descripción del sector y situación actual de la empresa.

2	Descripción del sector y situación actual de la empresa.....	19
2.1	El sector aeronáutico en el marco nacional	19
2.2	El sector aeronáutico en el marco europeo.....	22
2.3	Modelo actual de trabajo de nuestra empresa.....	25
2.3.1	Estructura organizativa de la empresa	25
2.3.2	Plan estratégico	26
2.3.3.	Transformación digital completa	27

2 Descripción del sector y situación actual de la empresa.

La industria aeronáutica se caracteriza por su marcado carácter innovador, sus requerimientos y exigencias en materia de seguridad y por su capacidad de transferir conocimiento desde los sectores más técnicos hacia los sectores de usos civiles. Por tanto, es un sector estratégico clave para gobiernos, economías e instituciones de todo el mundo.

2.1 El sector aeronáutico en el marco nacional

A nivel español, la industria aeronáutica se posiciona en un buen lugar en el marco internacional puesto que es de las pocas industrias que cubre toda la cadena de valor en el desarrollo de una aeronave. Por otro lado, la industria europea está relativamente fragmentada, tendiendo a apoyar proyectos de cooperación entre países de la zona.

Según la Asociación Española de Tecnologías de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Estado (TEDAE), la industria aeronáutica ha duplicado su facturación desde 2007 y es 3,4 veces más productiva que la media española tal y como se puede observar en la *Figura 1. Evolución de la facturación en el sector aeronáutico en España*

Fuente: De los últimos 8.947 millones de euros facturados, el 52% proviene de la de la aeronáutica civil y el 48 % de la militar [1].

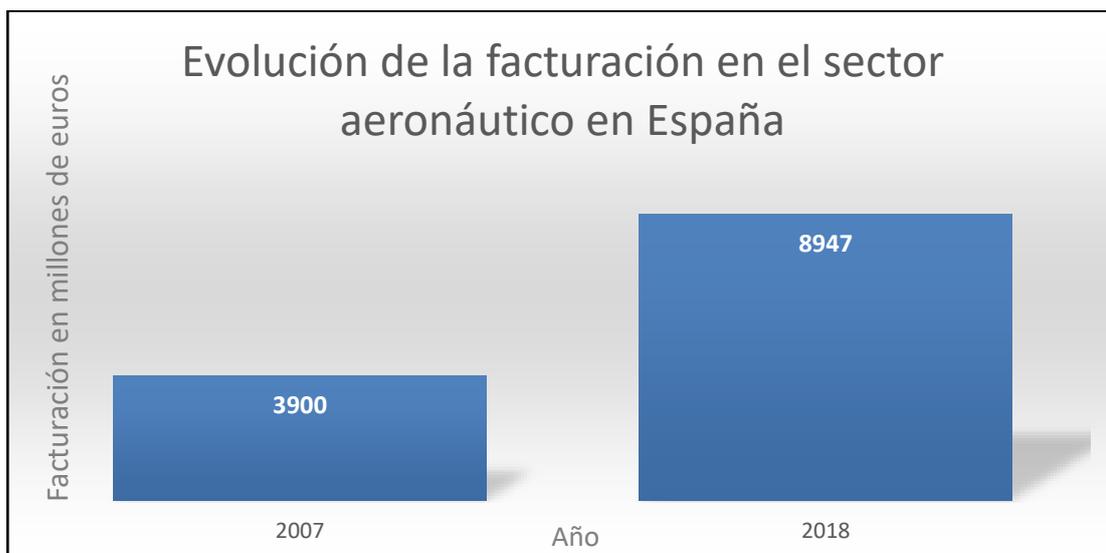


Figura 1. Evolución de la facturación en el sector aeronáutico en España
 Fuente: Comunidad de Madrid, «Sector Aeronáutico en la Comunidad de Madrid,» 2014

Como se puede observar en la *Figura 2. Porcentaje de producción sobre el total de producción en España*, la industria de construcción aeronáutica y espacial, a penas constituye un 1.4% de la producción total en España [2].

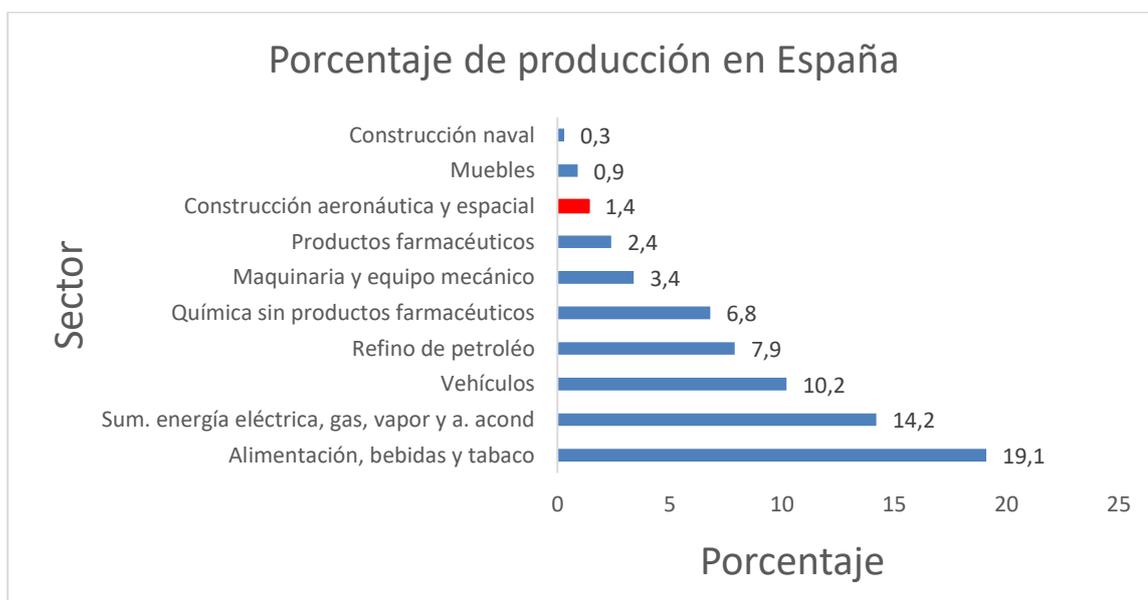


Figura 2. Porcentaje de producción sobre el total de producción en España.
 Fuente: Gobierno de España, Presentaciones sectoriales. Sector construcción aeronáutica y espacial.

Sin embargo, entre el total de empresas exportadoras, este sector se encuentra entre los más importantes del país, como se observa en la *Figura 3. Empresas exportadoras por sectores en España por porcentaje de exportaciones.*

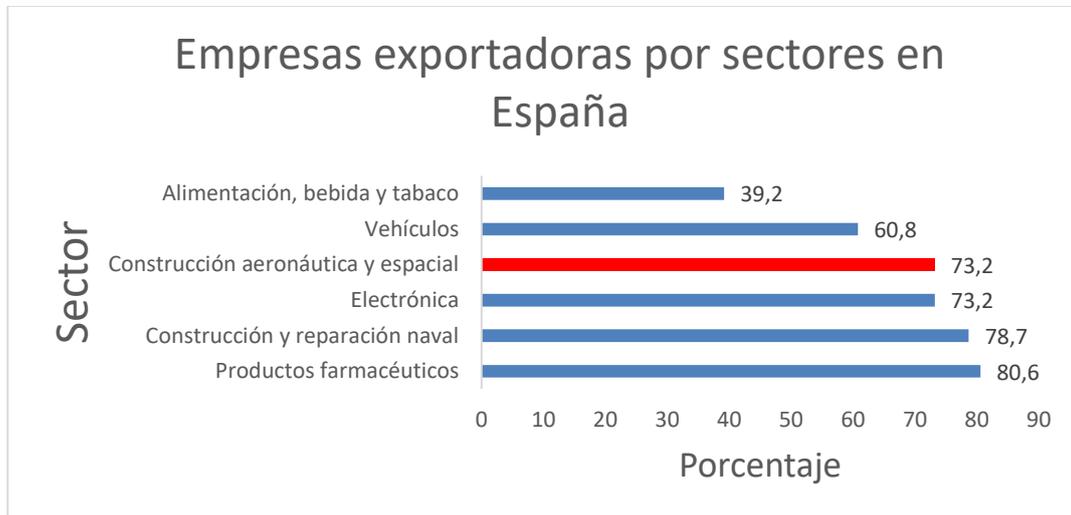


Figura 3. Empresas exportadoras por sectores en España por porcentaje de exportaciones
 Fuente: Gobierno de España, Presentaciones sectoriales. Sector construcción aeronáutica y espacial.

Dentro de España, dos de las zonas más potentes en este sector son Cataluña y Andalucía tal y como puede observarse en la *Figura 4. Producción del sector aeronáutico por comunidades.*

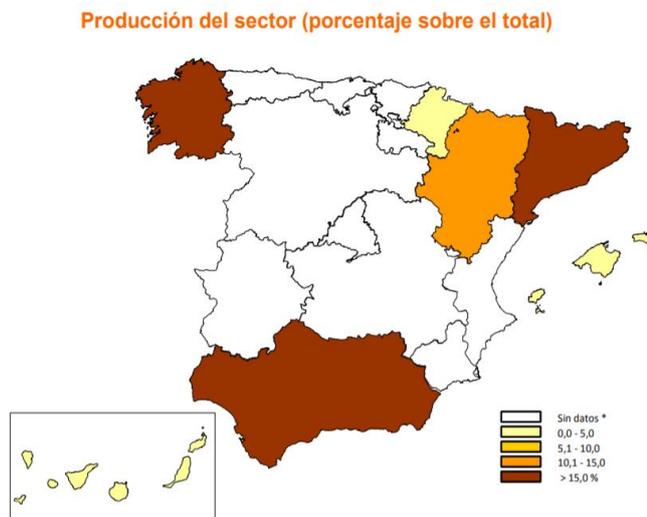


Figura 4. Producción del sector aeronáutico por comunidades.
 Fuente: Gobierno de España, Presentaciones sectoriales. Sector construcción aeronáutica y espacial.

En el caso de Cataluña, en el año 2000 nació la plataforma *Barcelona Aeronautics & Space Association (BAIE)* con el apoyo de los respectivos gobiernos catalán y español. Con ello se contribuyó al desarrollo y fortalecimiento de esta industria, además se fomentó la competitividad en este sector. [3]

Con respecto a Andalucía, según el sector aeroespacial andaluz [4], dicho sector comprendía 14463 empleos en 2016 en Andalucía, creciendo un 5.26% en los dos últimos años. Además, en 2016 se crearon 723 nuevos empleos relacionados con este sector, pasando de una facturación de 2343 millones de euros a 2399 millones de euros.

Las líneas de negocio a nivel nacional más relevantes son las siguientes [5]:

- Diseño, integración y fabricación de aviones de transporte militar de tamaño medio y pequeño.
- Fabricación de estructuras de avión en materiales compuestos.
- Fabricación de turbomáquinas.
- Software y sistemas electrónicos.
- Fabricación de misiles.
- Ingeniería, fabricación y montaje de componentes.
- Helicópteros.
- Mantenimiento.

2.2 El sector aeronáutico en el marco europeo

A nivel europeo, Francia, Alemania o Gran Bretaña son los países líderes de la zona, a mucha distancia, pero con los que compite España, ya que son los únicos países capaces de construir un avión de principio a fin; desde el diseño a la fabricación [1].

Si tratamos de ver el peso del sector a nivel continental [6], podemos sacar conclusiones como las observadas en la *Figura 5. Facturación en billones de euros por sectores aeroespaciales y de Defensa.*, la *Figura 6. Distribución de la facturación Aeroespacial y de Defensa en Europa.* y la *Figura 7. Distribución de los empleos de Defensa y Aeronáutica en Europa.*



Figura 5. Facturación en billones de euros por sectores aeroespaciales y de Defensa.
Fuente: ASD. Aerospace and Defence Industries., «Facts & Figures,» 2017

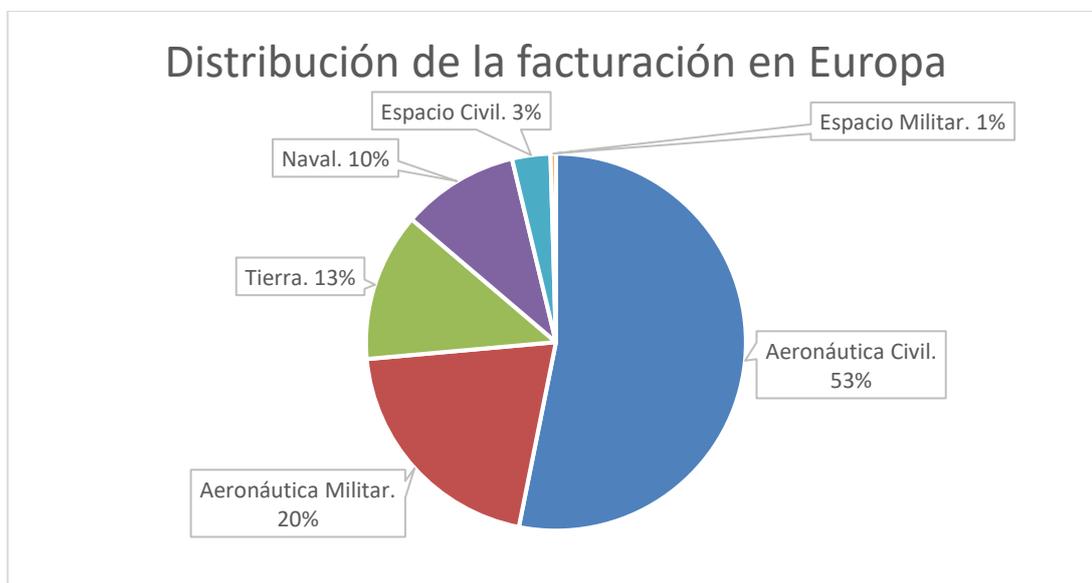


Figura 6. Distribución de la facturación Aeroespacial y de Defensa en Europa.
Fuente: ASD. Aerospace and Defence Industries., «Facts & Figures,» 2017

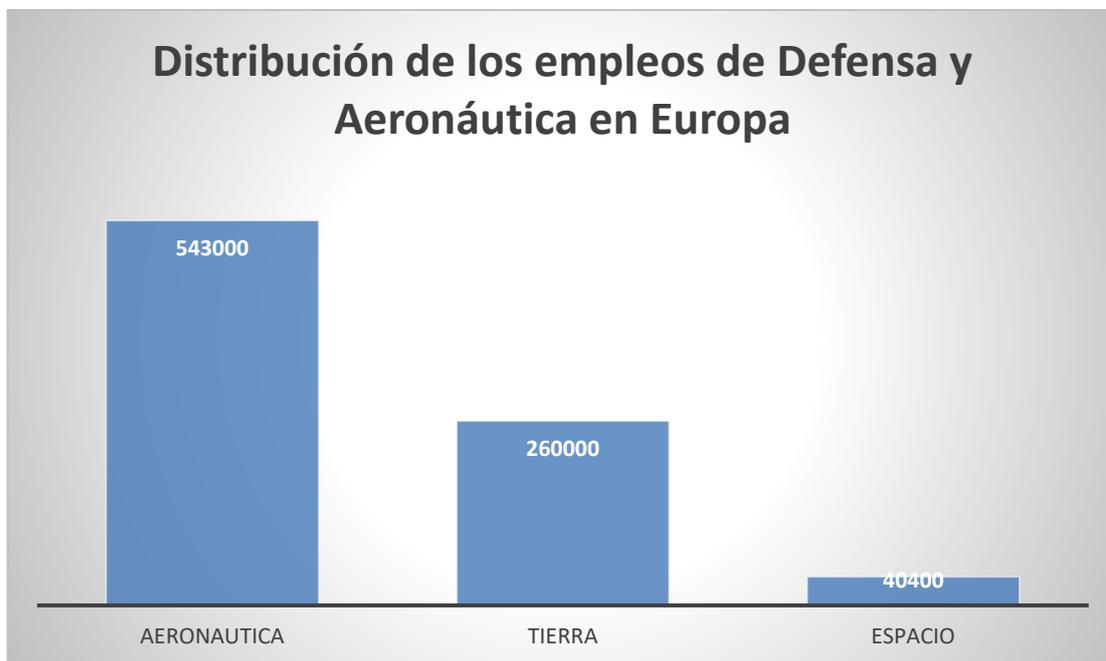


Figura 7. Distribución de los empleos de Defensa y Aeronáutica en Europa.

Fuente: ASD. Aerospace and Defence Industries., «Facts & Figures,» 2017.

Tras analizarlo, queda claro que el sector que domina en términos de Defensa y sector Aeroespacial, tanto en facturación como en empleos generados en Europa, es la parte aeronáutica.

Tras analizar el impacto del sector tanto en el mercado internacional como en el mercado nacional se concluye que, pese a no ser un sector que esté entre los que mayor volumen de negocio y empleos mueve, sin duda su importancia radica en el valor estratégico que confiere a los gobiernos y a la sociedad civil.

Las empresas de este sector tienen la exigencia de cumplir estrictas medidas de seguridad, junto con el siempre exigido rendimiento económico demandado para cualquier otro tipo de empresa. Es por ello que surge la problemática de mantener de los estándares de calidad aumentando la productividad. Para ello, es necesario buscar soluciones que, impactando mínimamente a los procesos de calidad actuales, suban la productividad mediante la automatización e informatización con la implantación de sistemas SAP.

2.3 Modelo actual de trabajo de nuestra empresa

Pasando ya a enmarcar la empresa que vamos a tratar, ésta será una empresa del sector aeronáutico, la cuál tiene como misión el ensamblaje de motores de aviación comercial y que trata de crecer dentro del mercado de la aviación comercial. Actualmente, la empresa se encuentra en fase de crecimiento debido a la demanda generada en el mercado global de la aviación comercial y al buen trabajo que ha realizado durante sus 10 años de existencia, fidelizando clientes y consiguiendo excelentes relaciones con los proveedores. La referencia nacional para esta empresa, y una de las referencias globales, es ITP (Industria de Turbo Propulsores, S.A).

2.3.1 Estructura organizativa de la empresa

La estructura organizativa actual de la empresa se resume en la *Figura 8. Estructura organizativa de la empresa.*



Figura 8. Estructura organizativa de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia una gran importancia del Director de Calidad, debido al gran peso que tiene este factor en la industria aeronáutica a día de hoy, superando en ocasiones a la importancia que pueda tener el factor económico. Además, las continuas modificaciones de las leyes de seguridad aérea dotan de más importancia si cabe a este campo.

2.3.2 Plan estratégico

El plan estratégico de la empresa para los próximos años pasa, de igual forma que el de ITP, referencia en el sector, pasa por cuatro pilares fundamentales, tal y como se refleja en la *Figura 9. Plan estratégico de la empresa.*

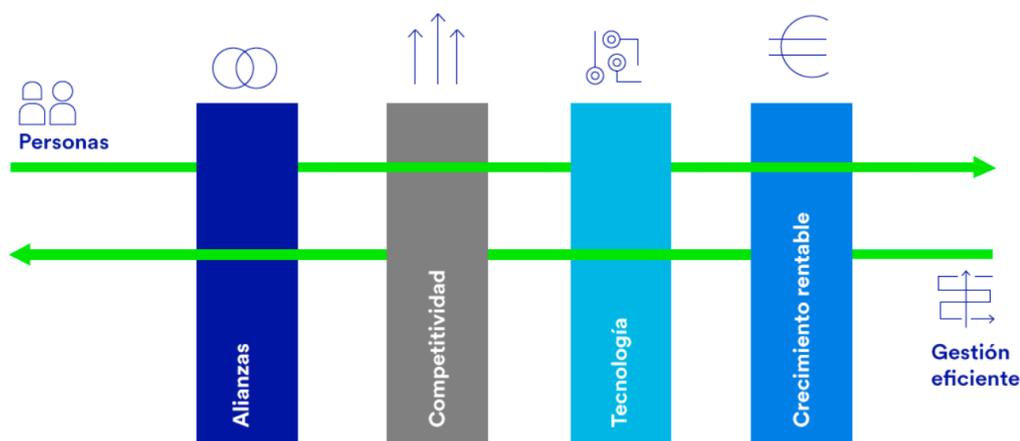


Figura 9. Plan estratégico de la empresa.

Fuente: ITP

En primer lugar, las alianzas son clave para contruir relaciones fuertes y de confianza con clientes y proveedores, creando vínculos y estabilidad a largo plazo para la empresa.

La competitividad para afrontar los retos venideros y estar a la altura de los competidores es un factor determinante para el futuro de la empresa.

La tecnología es el pilar central del sector aeronáutico, debido a que el desarrollo de la misma a través de las inversiones pueden marcar la diferencia en el mercado, contribuyendo también al crecimiento de toda la industria. En este campo se encuadra la transformación digital de todos los procesos de la empresa.

Como en cualquier tipo de empresa, el crecimiento rentable y sostenido es algo básico para poder afrontar nuevas inversiones con las que expandirse y crecer como compañía.

Por último, las personas y la gestión eficiente son factores transversales, puesto que para que se puedan sostener todos los pilares mencionados se requieren grandes equipos humanos y técnicos, así como una gestión de los recursos y del tiempo de forma eficiente por su parte.

2.3.3. Transformación digital completa

Como se ha comentado en el plan estratégico, la tecnología, la rentabilidad y la competitividad son algunos de los pilares de la estrategia de la empresa. Es por ello que la digitalización de todas las áreas, a pesar de conllevar una fuerte inversión para la empresa, aún la mejora conjunta requerida por los tres campos. Para alcanzar los objetivos marcados, la empresa decidió apostar por el software de gestión y organización SAP. Actualmente la empresa tiene implementados los siguientes módulos del entorno SAP:

- SAP FI: Financial Accounting (Gestión Financiera).
- SAP CO: Controlling.
- SAP AM: Asset Management (Gestión de Activos).
- SAP PS: Project Systems (Gestión de Proyectos).
- SAP HR: Human Resources (Recursos Humanos).

El hecho de digitalizar y organizar todas estas áreas en la empresa, dio un gran impulso a la empresa, pasando a ser una compañía mucho más competitiva y capaz de afrontar mayores retos. Además, desde la implantación de SAP en el módulo de Gestión de Proyectos en concreto, la empresa supo gestionarse internamente de forma mucho más eficaz y pasó a competir con empresas mucho más potentes del sector.

En cuanto al caso que nos ocupa, hasta ahora, los controles de calidad y las inspecciones pertinentes no se han realizado de forma digital, provocando así una desventaja en cuanto a organización y eficiencia respecto a otras empresas del sector.

La empresa registra las pruebas y controles de calidad realizados en formato papel, basándose en cuestionarios de calidad. Al ser los procesos registrados en formato papel, se necesita de gran organización para gestionar grandes volúmenes de negocio, siendo ésta una posible causa de la bajada de productividad.

Respecto a los métodos de inspección sobre las piezas entrantes, se realizan ensayos no destructivos sobre los componentes. Dichos ensayos consisten en la búsqueda de defectos de forma visual y en la caracterización de las piezas mediante la evaluación de propiedades mecánicas y físicas, controlando medidas y espesores. Después del ensamblaje, se inspeccionan visualmente cada una de las partes accesibles del motor en busca de errores en el montaje, como ausencia de piezas o errores en el par de apriete de tornillos.

Por otra parte, tras el montaje del motor y su posterior traslado al centro donde se halla el banco de pruebas, se hacen distintos ensayos no destructivos sobre el motor en funcionamiento. Dichas pruebas constan de ensayos de hermeticidad y volumétricos, donde se verifica que no haya fugas de fluidos ni emisiones acústicas por encima de la regulación actual, además de verificar el correcto funcionamiento del motor.

Cuando el producto final ha pasado con éxito todas las inspecciones de calidad y ha sido arrancado y probado con éxito, está apto para ser vendido a su comprador. La empresa se encarga de su traslado hasta el punto acordado con el cliente, donde la responsabilidad del envío por parte de la empresa termina.

Teniendo en cuenta que la gestión de la calidad es clave en la industria aeronáutica, que es uno de los pocos puntos de la empresa que todavía no se ha digitalizado, y a la vista del éxito que proporcionó la implantación de los módulos anteriormente mencionados, se decide implantar el módulo de calidad (QM) de SAP. El objetivo principal es aumentar la eficiencia en los procesos relacionados con las inspecciones de calidad para mejorar la gestión de la información y posicionarse en un lugar de referencia ante competidores del sector.

Capítulo 3. Análisis previo a la implantación de SAP.

3	Análisis previo a la implantación de SAP	30
3.1	Breve introducción del sistema SAP	30
3.2	Cuestionario de Control de Calidad	31
3.3	Mejoras futuras y casos de éxito.....	38

3 Análisis previo a la implantación de SAP

3.1 Breve introducción del sistema SAP

SAP es una solución informática para empresas líder en el mercado. Ayuda a las empresas de todos los tamaños y sectores a mejorar el funcionamiento de su negocio. Desde las funciones administrativas hasta las propias de la sala de juntas, del almacén a la tienda, del ordenador de sobremesa a los dispositivos móviles, SAP fortalece a los profesionales y organizaciones para que trabajen unidos de forma más eficiente y puedan utilizar mejor la perspectiva empresarial con el fin de situarse en las primeras posiciones del mercado. Las aplicaciones y servicios de SAP permiten a más de 296.000 clientes operar con productividad, adaptarse continuamente a los cambios y crecer de forma sostenible.

El sistema informático SAP modela y automatiza los distintos procesos y las distintas áreas de una empresa, la logística, la financiera y los recursos humanos.

SAP está formado por módulos, los cuáles representan las diferentes áreas. Por ejemplo, en el área logística existe un módulo por cada una de las partes del proceso, desde compras hasta ventas.

3.2 Cuestionario de Control de Calidad

Para implantar un sistema SAP se requiere un análisis de forma previa. Para ello es necesario que el cliente responda a una serie de preguntas para conocer sus necesidades y su forma de trabajar.

A los usuarios de calidad de la empresa se les ha hecho llegar un cuestionario en el que se dará a conocer a los consultores SAP la forma de trabajo que tiene actualmente la empresa. A continuación se observa dicho cuestionario, en el cuál existen preguntas sobre temáticas muy diferentes dentro del campo de la gestión de calidad.

El uso de cuestionarios como este son una parte fundamental de la implantación de SAP debido a que los consultores adquirirán el conocimiento sobre la empresa donde se implantará. Además se ajustará la futura oferta a lo que realmente necesite el cliente

1.- Describa la estructura organizacional de la empresa (sociedad, centros, almacenes)

Actualmente la empresa consta de una única sociedad en la que existen dos centros, los cuáles contienen un almacén cada uno.

2.- Empleados asignados al proyecto. Indique a ser posible experiencia y formación de éstos.

Los empleados asignados al proyecto son el director de control de calidad, el responsable del área de producción y el del área de mantenimiento.

3.- ¿Utilizan actualmente alguna herramienta para el Control de Calidad en la empresa?

Actualmente se realizan inspecciones de forma visual tanto para la fase de aprovisionamiento como para la fase de producción. Además se realizan

comprobaciones manuales como la comprobación de pares de apriete o la comprobación de la corriente en ciertos circuitos. Los resultados obtenidos son almacenados internamente mediante cuestionarios en las fases de aprovisionamiento y producción, mientras que en la inspección previa a la expedición se guardan los datos en hojas de Excel.

4.- ¿Sería posible identificar cuáles de sus productos requieren de un análisis de calidad en la entrada de mercancías por compras?

Actualmente, y debido a su criticidad, se requiere un análisis de calidad en de los siguientes productos: tornillos, cableado, tuberías y álabes de compresor y de turbina en la entrada de mercancías por compras.

5.- En el caso de que se requiera de un análisis de Calidad en la Entrada de mercancía por compras, ¿existen materiales que requieran de un Certificado de Análisis del proveedor en la entrada de mercancías?

Respecto al certificado de análisis del proveedor en la entrada de mercancías, los materiales que requieren de un análisis de calidad son: álabes de compresor y álabes de turbina.

6.- ¿Requieren los materiales que se compran de una homologación del proveedor por parte de garantía de Calidad?

Los materiales requieren de una homologación debido al entorno cambiante

del sector aeronáutico, en el cuál se requiere siempre estar actualizado y
cumplir con los estándares de calidad requeridos por el sector

7.- ¿Sería posible identificar cuáles de sus productos requieren de un análisis de Calidad en el proceso de Producción y/o alta del producto?

El producto que requiere de un análisis de Calidad tanto en proceso como
en alta del producto es el motor a reacción. Se realizarán comprobaciones
durante la fase de montaje y ensamblaje del producto, siguiendo las
instrucciones establecidas y cumplimentando un formulario en el que se
confirman cada una de las inspecciones y su resultado. Este proceso será
análogo para el alta del producto terminado.

8.- ¿Sería posible identificar cuáles de sus productos requieren de un análisis de Calidad previo a la expedición de Ventas?

El análisis previo a la expedición de Ventas se requiere para el producto
final, es decir, para el motor ya ensamblado. Tras la fase de producción
el motor debe ser llevado al banco de pruebas en la nave contigua, donde
se realizarán todas las pruebas técnicas al motor, donde se incluyen
pruebas de consumo, estanqueidad y potencia. Todos los resultados que
provienen de estas pruebas son actualmente grabados en hojas de
Excel, las cuáles son almacenadas en el sistema interno de la empresa.

9.- Dentro de cada una de las especificaciones sería posible identificar y separar las características cuantitativas (Ejm: Humedad <5%) de las cualitativas (Ejm: Aspecto)?

Sí. Existen características a inspeccionar tanto cuantitativas como cualitativas. En el caso de las cuantitativas, existen características durante el proceso de fabricación como el voltaje del cableado o el par de apriete, entre otras. Mientras que para el alta del producto, un ejemplo de las características cualitativas son las pruebas de acústica o de consumo.

10.- ¿Es necesaria la Homologación del Proveedor para poder realizar un pedido a este?

Debido a la exigencia en el sector de la aeronáutica en términos, sobretudo de Seguridad, se plantean homologaciones a proveedores de las piezas más críticas, como los álabes tanto de turbinas como de compresores. Actualmente se están homologando proveedores a un año, renovando el acuerdo mutuo entre proveedor y empresa para ciertos materiales tras comprobar que siguen cumpliendo con los estándares que reclama el sector y la propia empresa.

11.- ¿Es necesario en control de Certificados en la Entrada de Mercancías?

Sí. Para la entrada de mercancías se requiere un control de certificados. Actualmente se está realizando este control por parte del operario que recibe las mercancías y se archiva el certificado en formato papel.

12.- En el caso de que el Certificado de análisis no llegue con la entrega, ¿se permite la entrada del producto?

Actualmente no se admite la entrada de ningún producto que no llegue acompañado del correspondiente certificado de análisis por parte del proveedor que sirve el producto a la empresa.

13.- En el caso de que el Certificado de análisis no llegue con la entrega, ¿se realiza una reclamación a proveedor? ¿De qué parte de la reclamación se encarga el departamento de Calidad?

Si no llega el certificado de análisis se comienza un acción de reclamación Al proveedor, indicándole que es necesario el envío urgente del mismo para realizar la entrada de mercancías. Actualmente el departamento de calidad genera un aviso que hace llegar al departamento encargado de las compras para que gestionen la reclamación a la mayor brevedad.

14.- ¿Quién realiza los controles en Planta durante la producción? ¿Se toman muestras?

Actualmente, dos operarios asignados al área de calidad gestionan los Controles durante el proceso de fabricación del motor. Se realizan distintas pruebas como la medición de corriente en ciertos puntos de los circuitos que se van montando o los correctos anclajes de cada una de las partes del motor a la estructura de la góndola del motor. Se cumplimenta un cuestionario de calidad en papel y se almacena internamente.

15.- Ante la detección de una anomalía en el análisis final ¿se bloquea el producto? ¿Se abre una incidencia Interna?

Quando se detectan problemas o anomalías en el análisis previo a la Expedición en el banco de pruebas se bloquea el producto y se abre una Incidencia interna. Al abrir una incidencia se inicia una investigación para esclarecer si la anomalía se debe a un problema de fabricación o a un problema en alguno de los materiales que han sido suministrados por el proveedor. En función del motivo se toma una acción u otra.

16.- ¿Se imprimen Certificados de Análisis de los productos? ¿Son específicos para cada Cliente? ¿Es necesaria la Impresión junto con el albarán de entrega?

Se exige un certificado de análisis por parte de nuestra empresa que se Se imprime junto con el albarán de entrega. Se entrega a todos los clientes de forma estándar, no son certificados específicos para cada cliente.

17.- ¿Cómo se gestionan las Reclamaciones de Cliente? ¿Qué departamentos estarían implicados?

Las reclamaciones del cliente se gestionan a través del departamento de Ventas, el cuál generará un aviso a Calidad para gestionar la reclamación. Cuando calidad genere una respuesta a la reclamación, la mandará al cliente a través del departamento de Ventas.

18.- ¿Se realizan controles Ambientales y de residuos? ¿Sería necesario reflejarlos en el sistema?

Actualmente se realizan controles ambientales en la planta donde se ubica el banco de pruebas. Dichos controles consisten en la supervisión y el control de los humos generados y expulsados al exterior, así como el nivel sonoro generado.

3.3 Mejoras futuras y casos de éxito

Tras analizar el cuestionario de calidad completado por el cliente, se procede al análisis y a la propuesta de una solución futura para la empresa.

Se concluye que procesos como los controles de calidad en proceso o para el alta de un producto terminado, deben quedar registrados en el sistema SAP, independientemente de si la empresa quiere o no guardar un registro en papel de forma interna. De esta forma se obtendrá una trazabilidad en el sistema y será más fácil identificar aquellas piezas que puedan producir problemas en el futuro. Otro de los motivos por los que se apuesta por informatizar completamente el sistema de adquisición de datos en el control de calidad es para evitar el uso de cuestionarios de calidad en formato papel, facilitando la búsqueda de información de inspecciones tanto a los operarios como a los técnicos de planta.

Se tratará de registrar directamente en el sistema los resultados de los cuestionarios, evitando el uso del formato en papel. De esta forma quedarán registrados directamente los resultados en el sistema y se evitarán pérdidas de información o extravíos de cuestionarios. Para ello se hará uso de tabletas desde las cuáles los operarios completarán los formularios sin necesidad de tener que volcar los datos desde un formulario en papel al sistema, evitando duplicar la misma tarea y los posibles errores que pudieran darse al realizar la tarea de nuevo.

Todas estas mejoras van a permitir, como ya ha sucedido en otras empresas anteriormente, automatizarlas y hacerlas más productivas y rentables respecto a la competencia mientras se incrementa la calidad final para el cliente.

Algunos casos de éxito en distintos campos son Kaeser Kompressoren o Royal Can Industries.

Kaeser Kompressoren es un fabricante que ofrece productos, servicios y sistemas completos de aire comprimido para el abastecimiento de procesos de producción y de trabajo. Las soluciones ofrecidas abarcan la generación de aire

comprimido, su tratamiento y distribución, y tienen como objetivo una optimización del rendimiento económico del sistema.

Para esta compañía se ha implantado el sistema de análisis de datos de SAP para combinar los datos de sensores de clientes de todo el mundo, entrando en una nueva era de innovación y generando valor real a los clientes [7].

En el caso de Royal Can Industries, situada en el sector de la alimentación, se trata de uno de los productores de latas de alimentos más grandes de Tailandia. tras la implantación de SAP se han reducido los costes un 5% y un 90% el lead time en los cierres de mes, siendo mucho más ágiles todos los plazos de ejecución. Además, se ha reducido un 99% el tiempo de retorno en los tiempos de ejecución [8].

Por tanto, se concluye que tras la implantación de SAP, los beneficios son no solo económicos, si no que abren nuevas vías de negocio y transforman las empresas adaptándolas a las necesidades de los clientes, aportando valor real a estos.

Llevando los datos a nuestra empresa, se prevé un aumento de la productividad del 30% en el área del control de calidad debido a la reducción de tiempos en búsqueda de datos de inspecciones y a la introducción de datos directamente en el sistema desde tabletas y dispositivos móviles. Por otro lado, los costes derivados de los retrasos anteriormente mencionados junto con la reducción significativa de material de oficina significarán una reducción del 15% de los costes que significa para la empresa el área de Calidad.

Además del aumento de productividad y la reducción de costes, se proyecta una imagen al cliente de una empresa alineada con las tecnologías actuales, generando un aumento de valor para la compañía que se medirá a largo plazo. Además, se conseguirá fidelizar a clientes actuales y se conseguirán más y mejores contratos, lo que permitirá posicionarse mejor respecto a sus competidores.

Capítulo 4. Definición de los datos maestros para la implantación de SAP.

4	Definición de los datos maestros para la implantación de SAP.....	41
4.1	Materiales	41
4.2	Características de inspección	44
4.3	Control estadístico de proceso (SPC).....	47
4.4	Catálogos	48
4.5	Procedimientos de muestreo.....	48
4.6	Planes de muestreo.....	49
4.7	Reglas de dinamización.....	50
4.8	Planes de inspección	50
4.9	Equipos de calidad.....	53
4.10	Especificaciones de lotes.....	54
4.11	Recetas de planificación	54
4.12	Puntos de inspección	56
4.13	Certificaciones de calidad.....	56
4.14	Registro info de calidad.....	57

4 Definición de los datos maestros para la implantación de SAP.

La empresa ha decidido implantar el módulo de calidad de SAP, por lo que se ha decidido informatizar sus procesos para aumentar la productividad de cada uno de ellos. El flujo que sigue el proceso productivo comienza con la compra de los materiales a los proveedores homologados y la recepción de los pertinentes certificados de calidad. Tras la recepción de los materiales, se procede a la inspección de dichos materiales antes de comenzar con el proceso de fabricación. Se recurrirá a inspecciones también durante este proceso de fabricación y a la finalización del mismo. Por último, antes de expedir y servir el material fabricado, se pasará una última verificación de calidad. En caso de que alguna de las inspecciones no sea satisfactoria, se actuará dependiendo de si el rechazo es producido debido al estado en el que el proveedor ha servido los materiales, en cuyo caso se planteará una reclamación, o si es un problema interno de fabricación se tomarán las medidas oportunas más adelante comentadas. Para todo ello se requiere que cada uno de los materiales con los que trabaja, y cada uno de los procesos de calidad que actualmente posee la empresa, sean modelados en el sistema SAP, por lo que es necesaria la definición de los llamados datos maestros que a continuación se detallan.

Actualmente, la recopilación de todos los datos procedentes del análisis de calidad se realizan mediante papel, siendo inviable el proceso de datos para cargas de trabajo altas. Los datos maestros están presentes en todos los módulos de SAP, son únicos y dan acceso a información importante de la empresa y sus procesos.

4.1 Materiales

En el caso que ocupa al maestro de materiales, el cuál es el primero a definir, es necesario incluir datos de control relevantes para las inspecciones y pedidos, por lo que es necesario activar las vistas siguientes al registrar un nuevo material:

- Datos Base

Incluyen unidades de medida, grupo de autorización de material en QM y tiempo de tratamiento en entrada de mercancías.

- Datos de Gestión de Calidad

Indicador de QM activo en aprovisionamiento, clave de control QM, tipo de certificado, sistema de QM requerido al proveedor, parametrización de la inspección, etc.

- Datos de contabilidad

Categoría de valoración y moneda. Necesario para pedidos de material.

- Datos de Compras

Grupo de compras y grupo de artículos. Necesario para pedidos de material.

En primer lugar, se deben definir los materiales que van a utilizarse en el proceso de abastecimiento, y los cuáles se usarán posteriormente para el proceso de producción del producto. Para ello, mediante la transacción *MM01* de SAP, se han generado los materiales que se muestra en la *Figura 10. Materiales creados*.

The screenshot shows the SAP MM01 'Material' screen. The main area displays a table of created materials with the following data:

Texto breve de material	Idioma Material	Ce.
ESTRUCTURA/TUBERIAS TFM	ES	386
CABLEADO MOTOR TFM	ES	385
ÁLABE TURBINA TFM	ES	384
ÁLABE COMPRESOR TFM	ES	383
TORNILLOS TFM	ES	382

The table also includes a 'Ce.' column with values of 2000 for each entry. The interface includes standard SAP navigation and search elements.

Figura 10. Materiales creados.

Fuente: Elaboración propia.

Además, desde la vista de Gestión de Calidad se activa el control de calidad para el aprovisionamiento como se muestra a continuación en la *Figura 11. Activación de QM para el aprovisionamiento.*

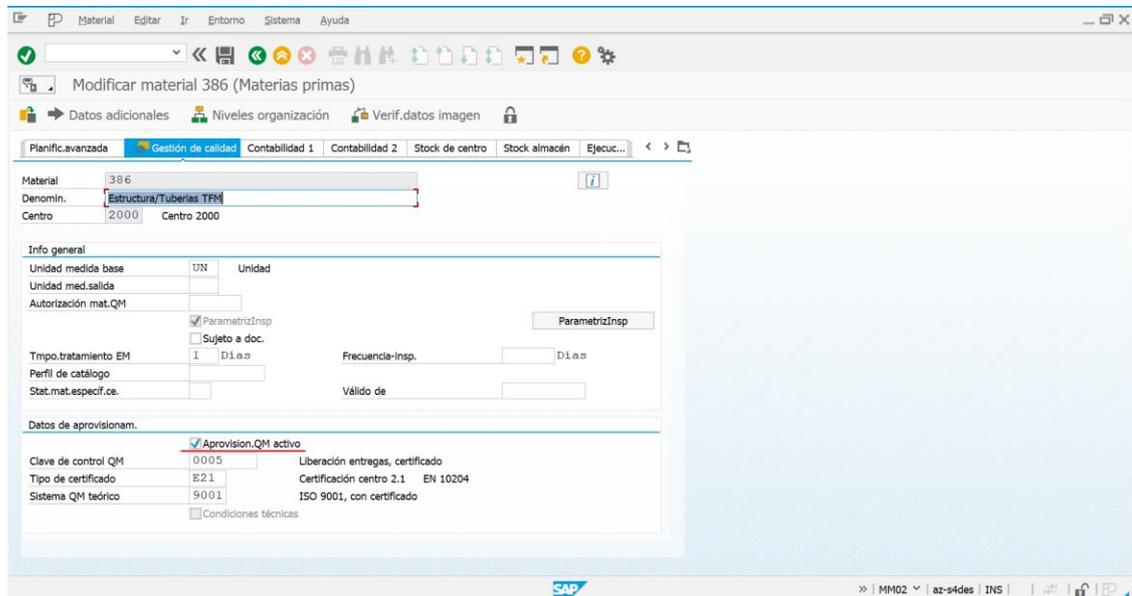


Figura 11. Activación de QM para el aprovisionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, tras la activación de QM para aprovisionamiento, se especifican también la clave de control QM, el tipo de certificado requerido por el material y el sistema QM teórico. En este caso, la clave de control QM controla las condiciones para la gestión de calidad en el aprovisionamiento y, a través de ella se podrá definir el grado de restricción deseado en función de si se quiere bloquear por completo el pedido en caso de no disponer del certificado de calidad, o simplemente mostrar un aviso en pantalla.

Es importante remarcar que, en la *Figura 11. Activación de QM para el aprovisionamiento.*, a través del botón *ParametrizInsp* se ha asociado el tipo de inspección 01 a cada uno de los materiales que conformarán la materia prima para el ensamblaje del motor, previamente mostrados en la *Figura 10. Materiales creados.*, generando un lote de inspección cuando se produzca una entrada de mercancías. Dentro de la vista de Gestión de Calidad, es importante de cara a siguientes puntos, conocer los tipos de inspección disponibles, tal y como se puede observar en la *Figura 12. Lista de clases de inspección.*

Cl.insp.	Texto breve
01	Inspección de entrada en EM para pedido
0101	Inspección 1ª muestra en EM para pedido
0130	Inspec.entrada en EM de trabajo externo
02	Inspección en salida mercancías
03	Inspección intermedia p.orden producción
04	Inspección en EM desde producción
05	Inspección en otras entradas mercancía
06	Insp.en caso de devolución del cliente
07	Inspección auditoría a un proveedor
08	Inspección en traslado
0800	Lote ins.c/stock calidad al activar QM
09	Inspección periódica de lotes
10	Inspec.en entrega a cliente con pedido
11	Inspec.en entrega a cliente sin pedido
12	Inspección en entrega general
13	Insp.intermedia en orden repetitiva
14	Inspección en mantenimiento
15	Inspección de muestras
16	Insp.condiciones almacenaje (est.estab.)
1601	Valoración inicial (est.estab.)
1602	Lote insp.manual cond.almac.(est.estab.)
17	Inspección desde sistema externo
89	Inspección de otro tipo

Figura 12. Lista de clases de inspección.

Fuente: Elaboración propia.

En función del momento en que se quiera generar un lote de inspección habría que activar un tipo de inspección u otro.

4.2 Características de inspección

Tras la definición de los materiales, es necesario definir es las características de inspección, las cuáles caracterizan qué necesita ser inspeccionado en los materiales. Para ello, se crean registros maestros de características de inspección en SAP.

Las características de inspección constan de:

- Métodos de inspección
- Clasificación
- Catálogos
- Texto toma de muestra
- Indicadores de control

Además, estas características están divididas en cuantitativas y cualitativas, dependiendo de si son características que puedan ser medidas mediante parámetros numéricos o no, respectivamente.

Para la creación de características de inspección maestras existen ciertos campos a completar:

- Característica de inspección maestra: identifica la característica de inspección unívocamente.
- Centro: centro asociado a la característica de inspección.
- Datos de control: incluyen la descripción de las características, definiendo si son cualitativas o cuantitativas, los límites de tolerancia en propiedades cuantitativas, y las propiedades características para las cualitativas.

Respecto al muestreo, los campos y opciones relevantes a completar o activar son:

- Procedimiento de muestreo: asigna un procedimiento de muestreo.
- Característica SPC: tiene en cuenta los datos de la característica para realizar controles de calidad estadísticos.
- Muestra adicional: indica si se incrementa el tamaño de muestreo.
- Inspección destructiva: indica si se destruye el muestreo.

En lo que a notificaciones de resultados concierne:

- Entrada colectiva: habilita la opción de obtener un único resultado para un conjunto de muestras tomadas en lugar de resultados individuales.
- Entrada individual: permite introducir los valores de los resultados de forma individual para cada muestra.
- Característica obligatoria: hace obligatorio el análisis de la característica de inspección para el material o pieza al que se le asigne.

- Característica opcional: hace opcional el análisis de la característica de inspección para el material o pieza al que se le asigne.
- Tras aceptación: si el resultado del análisis ha sido de aceptación, se analiza esta característica.
- Tras rechazo: si el resultado del análisis ha sido de rechazo, se analiza esta característica.

En cuanto al tamaño de muestreo:

- Tamaño disponible: se activa si el alcance de la inspección no está comprobado.
- Tamaño fijo: se activa si el alcance de la inspección es el mismo que el muestreo calculado.
- Tamaño menor: se activa si el alcance de la inspección es menor que el muestreo calculado.
- Tamaño mayor: se activa si el alcance de la inspección es mayor que el muestreo calculado.

Para la notificación de documentación:

- Documentación no requerida: no es necesario introducir más documentación.
- Documentación requerida por rechazo: se registra un texto adicional como documentación cuando se ha rechazado la característica de inspección.
- Documentación requerida: se registra un texto adicional como documentación tras registrar los datos de la característica.

Existen campos e indicadores adicionales como:

- Inspección de larga duración: activa para características que puedan alargarse más de lo común, permitiendo el inicio de la utilización del producto antes de la conclusión de la inspección de calidad.
- Documentación de modificación en entrada de resultados: cuando el lote ha sido inspeccionado, registrará los cambios.

- Status: indica el estado de la característica de inspección. Puede ser “en creación”, “liberada”, “fuera de uso”, “petición de borrado” o “archivada”.
- Modelo de copia: especifica el tipo de característica de inspección maestra.

Las características de inspección maestras se usan en recetas y especificaciones de material, y se asignan dentro de las operaciones del plan de inspección, en los que se profundizará más adelante.

4.3 Control estadístico de proceso (SPC)

Mediante el control estadístico de proceso de SAP se puede supervisar, controlar y mejorar procesos. El SPC selecciona y determina una o más variables de control de la característica observada, tomando muestras del proceso a partir de intervalos de tiempo fijado.

La herramienta más importante del SPC es el gráfico de control de calidad. Los gráficos de control son:

- Gráficos de aceptación: Controlan el porcentaje de rechazo en un proceso, basándose en la tolerancia especificada.
- Gráficos Shewhart: tienen en cuenta solo parámetros de proceso internos, sin especificaciones de tolerancia externas.

4.4 Catálogos

Los catálogos tienen como función el registro, la gestión uniforme y la estandarización de la información en el sistema, permitiendo la evaluación de datos cualitativos y la descripción de problemas.

Los catálogos se dividen en clases, las cuales están definidas en el sistema y se podrán actualizar o crear otras nuevas. A nivel de mandante se pueden agrupar códigos en grupos de códigos, permitiéndose combinar códigos de diferentes grupos en conjuntos de selección. Dichos códigos se utilizan para combinar y estructurar códigos dentro de una clase de catálogo.

4.5 Procedimientos de muestreo

Cuando ya sabemos qué se va a inspeccionar y cómo, los procedimientos de muestreo son los responsables de determinar el tamaño de la muestra en SAP a partir de reglas como el cálculo del tamaño de la muestra y el cálculo de una característica de inspección. Dichos procedimientos están compuestos por la clase de muestreo y el modo de valoración.

Por una parte, la característica de inspección de una hoja de ruta o especificación de material es el nivel donde son asignados los procedimientos de muestreo, y el procedimiento para calcular el muestreo es almacenado en la clase de muestreo. Por otra parte, las reglas de aceptación o rechazo de una característica o muestreo se especifican mediante el modo de valoración.

SAP propone reglas para la determinación del tamaño de la muestra:

- Procedimiento toma de muestra: se asigna un nombre o código que identifica el procedimiento de la toma de la muestra de forma unívoca.
- Texto breve: texto para describir el procedimiento de toma de muestras.
- Obligatorio de confirmación: indicador para evitar la liberación automática de los registros de datos de muestra. La forma de liberar dichas muestras es la confirmación manual de la toma de muestra.

Para la toma de muestras es necesaria la definición de una unidad de contenedor donde esté determinado el contenido de un lote, además de una muestra parcial, la cuál definirá el alcance de la validez de la instrucción. Existen varios tipos de muestras, las muestras primarias y las muestras reserva. En ambos tipos de muestras se establecen los tipos de contenedores y las cantidades establecidas, definiendo así qué contenedor contiene las muestras y la cantidad de ellas.

4.6 Planes de muestreo

El plan de muestreo recopila las instrucciones de muestreo, las cuales hacen referencia al tamaño de la muestra y definen los criterios de aceptación o rechazo, además su estructura cumple normas internacionales como la ISO 2859 y la ISO 3951.

Los planes de muestreo son útiles para determinar los tamaños de la muestra según la cantidad de lote de inspección, el grado de inspección o la combinación de grado de inspección y el NCR (nivel de calidad real). También guardan cómo se ha tomado la decisión de aceptación o rechazo de una característica y determinan el número de muestras según el tamaño de lote o la cantidad de contenedores de un lote de inspección en gestión de muestras. Además, para las inspecciones por atributos o inspecciones variables también se pueden crear planes de muestreo.

Los resultados de la inspección por muestreo y la información necesaria sobre los tamaños de la muestra están contenidos en las instrucciones de muestreo. Las instrucciones de muestreo están constituidas, dependiendo del parámetro de valoración que se utilice, por el tamaño de la muestra, número de aceptación y número de rechazo para inspecciones por atributos y el tamaño de la muestra si se ha especificado sin parámetros de valoración.

4.7 Reglas de dinamización

Las reglas de dinamización definen las etapas de inspección, del evento de dinamización y de las condiciones que llevan a una modificación de etapa de inspección. Además permiten cambiar el tamaño de muestreo. Estas reglas se pueden guardar en distintos lugares como en el nivel de cabecera o de característica del plan de inspección, o en la parametrización de inspección del registro de maestro de materiales en el nivel de clase de inspección.

El procedimiento de muestreo y las reglas de dinamización proporcionan la base de la dinamización, la cuál hace referencia a la posibilidad de determinar de forma flexible el tamaño de muestreo. Sin embargo, para inspecciones en entrada de mercancías e inspecciones durante la fabricación, la dinamización implica que el grado de inspección cambia si la inspección es normal, reducida o intensificada. La variación o modificación dependen de resultados de inspección anteriores, y se puede variar el tamaño de de la muestra, incluyendo skips. El skip implica que no se han inspeccionado determinado número de entregas o lotes.

En el caso de inspeccionar por medio de una lista de aplicaciones, se podría dinamizar el tamaño de muestreo en el nivel del lote inspección o en el nivel de la característica. Durante una inspección sin una lista de aplicaciones se podría dinamizar el tamaño de muestreo a nivel de clase de inspección.

4.8 Planes de inspección

Una vez se ha definido qué hay que inspeccionar, mediante los planes de inspección se define cómo se llevará a cabo dicha inspección. Los planes de inspección se utilizan para definir qué características se deben inspeccionar en cada operación de inspección y qué instrumentos se deben utilizar para realizar la inspección. Además, llevan a cabo una inspección de primera muestra, de entrada y salida de mercancías o una inspección periódica.

Los planes de inspección se estructuran mediante la cabecera, las operaciones de inspección y las características de inspección.

En primer lugar, la cabecera está definida por la información que se utilizará para todo el plan:

- Grupo de hojas de ruta: identifica un grupo de hojas de ruta unívocamente. Posibilita agrupar dos hojas de ruta para procesos de fabricación diferentes para un material.
- Contador grupo hoja de ruta: identifica unívocamente una hoja de ruta dentro de un grupo de hojas de ruta.
- Datos generales
- Status hoja de ruta: indica el estado de tratamiento de una hoja de ruta.
- Puntos de inspección
- Datos de gestión: muestra el período de validez de inspección, la fecha de creación y de la última modificación del plan.

En segundo lugar, las operaciones de inspección se utilizan para describir los pasos individuales de la inspección, definiendo el puesto de trabajo y la parametrización previa de una inspección.

Por último, las características de inspección incluyen el número de característica de inspección, el tipo de característica, la versión y el método de inspección.

En los planes de inspección creados para los materiales que se utilizan en esta empresa, se han creado las características de inspección que se muestran en la *Figura 13. Definición de las características de inspección maestras.*

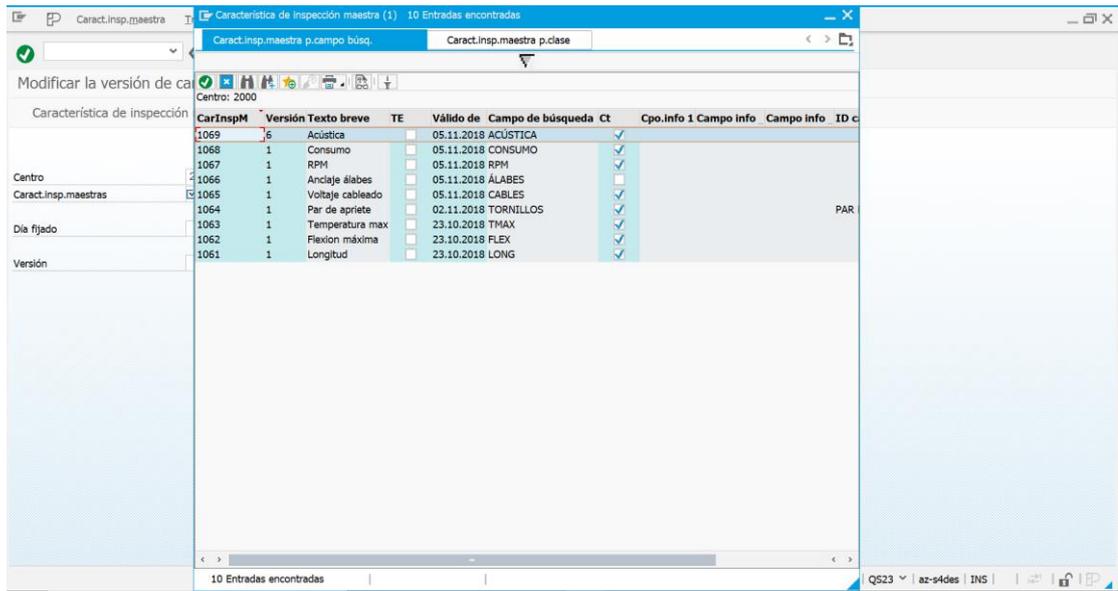


Figura 13. Definición de las características de inspección maestras.

Fuente: Elaboración propia.

Cada material tendrá asociado en su plan de inspección las características necesarias de inspección. En la *Tabla 1* se resumen las características asociadas para cada uno de los materiales definidos para el lote de inspección 01, el resto de características se tendrán en cuenta en el proceso de producción, del que se hablará más adelante.

Material	Característica asociada
Tornillos	Longitud
Álabes compresor	Flexión máxima, Temperatura máxima
Álabes turbina	Flexión máxima, Temperatura máxima
Estructura/tuberías	Temperatura máxima

Tabla 1. Características asociadas a cada material.

Fuente: Elaboración propia.

En todas las características hay asociado un rango de validez para los resultados obtenidos, acorde a los requerimientos aeronáuticos que se precisan para estos materiales.

4.9 Equipos de calidad

Los instrumentos que se utilizan para llevar a cabo operaciones y tareas relacionadas con las inspecciones de calidad son los equipos de calidad. Se consideran objetos individuales y se mantienen independientemente, siendo gestionado cada equipo por separado. Dicha independencia genera ciertos beneficios como la gestión individual de datos, las mediciones de forma individualizada, la generación de un registro de medidas de mantenimiento del equipo y la obtención y evaluación de datos para el equipo durante un tiempo prolongado.

La garantía de que estos equipos serán mantenidos de forma independiente la genera la creación del registro de maestro de equipos. Su creación permite además supervisar los costes de mantenimiento. Dicho registro contiene distintas clases de datos:

- Datos básicos: Datos sobre la información general del equipo como la utilización de la hoja de ruta, donde se especifica donde se puede utilizar el equipo correspondiente.
- Datos de mantenimiento, datos de ubicación y datos de ventas: Son datos temporales, pudiendo variar en el tiempo. Estos datos permiten que se considere una unidad de equipo de forma dinámica.
- Datos de número de serie: datos que especifican cuando se desea gestionar las unidades de equipo desde la perspectiva de gestión de stocks, incluyendo datos como stock e información del cliente.
- Datos de configuración: describen los componentes individuales de un producto estándar.
- Datos de interlocutor: describen una responsabilidad determinada para una unidad de equipo.

4.10 Especificaciones de lotes

Las propiedades técnicas, físicas y/o químicas vienen descritas por las especificaciones de lote. Las especificaciones de lote tales como el estado del lote o el contenido de sustancias activas se guardan como características en el sistema de clasificación. Este sistema se utiliza para asignar especificaciones de material al material del lote, las cuales se asignan a la misma clase que los lotes de material.

Las especificaciones de material y de lote se almacenan en el material y en el lote respectivamente. Al crear el lote, se verifican las especificaciones y se determinan valores para cada lote. Si los valores están dentro del ámbito especificado de valores, el lote estará dentro de las especificaciones.

Las características de inspección de calidad se enlazan con las características de lote, por lo que, al introducir el resultado de un valor de una característica de calidad, esta se copia en el lote de material. A partir de la clasificación de lotes, el sistema es capaz de buscar para un cliente, el lote más adecuado.

4.11 Recetas de planificación

Las recetas de planificación se utilizan principalmente para la fabricación de productos. Describen un procedimiento específico de empresa en la industria de procesos independientemente de una orden específica.

En las inspecciones de calidad de un proceso de fabricación, las operaciones de fabricación e inspección están estrechamente relacionadas. Debido a ello, la receta de planificación de SAP actúa como un plan de inspección para inspecciones durante la fabricación. Por tanto, el equipo de gestión de calidad completa los datos maestros de planificación con una cantidad de especificaciones de inspección.

Cuando el proceso de fabricación va acompañado de una inspección, la receta de planificación asume el papel de plan de inspección, por tanto, la cabecera de la receta de planificación debe incluir:

➤ Utilización de puntos de inspección

Se planifican las inspecciones durante la fabricación, con referencia a la operación o fase durante la cual debe realizarse la inspección. Estos puntos son objetos de referencia definidos por el usuario para introducir resultados de inspección.

Resumen los resultados de un intervalo determinado dentro de una operación o fase. El intervalo se puede definir en relación al tiempo, a la cantidad, o a otro evento seleccionado. En los datos QM para la cabecera de receta se determina si se desea utilizar los puntos de inspección, qué combinación de campos se utiliza para identificar los puntos de inspección y si se desea combinar las cantidades del producto asignadas con los puntos de inspección en lotes parciales y lotes.

➤ Dinamización del tamaño del muestreo

Permite ajustar el tamaño del muestreo al nivel de calidad esperado. Se utiliza la regla de dinamización para fijar las condiciones bajo las que se intensifican o reducen las inspecciones. Esta regla se usa para evaluar los resultados de las inspecciones.

En los datos QM para la cabecera de receta se debe determinar si el tamaño de muestreo se modificará de forma dinámica, el nivel en que se realiza y la regla de dinamización utilizada.

➤ Numeración externa en la entrada de resultados

Para la entrada de resultados, se debe determinar en la cabecera de la receta si un inspector puede o debe asignar un número externo y si un número externo debe ser unívoco.

➤ Tratamiento de calidad en las operaciones o fases

Después de crear los datos de calidad para la cabecera de la receta, se debe seleccionar la operación o fase para la que desea tratar datos QM en el resumen de operaciones. Posteriormente se selecciona la vista operación para introducir diferentes especificaciones de inspección.

4.12 Puntos de inspección

Los puntos de inspección son los registros identificables de los resultados de inspecciones asignados a un trabajo o a una operación de inspección, posibilitando así llevar a cabo varias inspecciones y grabar múltiples conjuntos de resultados de la característica para una operación. Se pueden asignar puntos de inspección en fabricación, en la entrada de mercancías, en el mantenimiento y para la gestión de muestras.

4.13 Certificaciones de calidad

En el sector aeronáutico se requieren altas medidas de seguridad, para ello es necesario que, tanto los materiales recibidos como los productos acabados certifiquen su calidad.

Se pueden crear certificados de forma automática cuando se expiden materiales o productos, distribuir certificados a una lista predeterminada de destinatarios, definir su formato, crearlos en diferentes idiomas, simularlos e imprimirlos.

La selección de lotes de inspección, la secuencia de las características y los datos de las características son controlados por el modelo de certificado, el cuál contiene datos de la cabecera y de los datos de las características. Para crear un certificado, el modelo de certificado debe ser asignado a un objeto al menos, aunque puede asignarse a varios, como por ejemplo:

- Dos materiales diferentes
- Tres grupos de artículos diferentes
- Diferentes combinaciones de materiales y clientes.

El certificado requiere de los siguientes datos:

- Orden en que deben mostrarse las características
- Categoría de la característica
- Nivel de selección de resultados
- Origen de los datos de resultados

- Formato de salida del valor medio asociado a una característica cuantitativa.
- Datos para el control de salida
- Estrategia de salida
- Datos adicionales, como el método de inspección

El certificado puede ir dirigido a cualquier persona o dirección que tenga una función en la posición de entrega, como cliente, proveedor o persona de contacto. Junto con el destinatario se debe determinar el momento en que debe crearse el certificado, el idioma, la persona que lo recibe y el modo de distribución del certificado.

4.14 Registro info de calidad

El registro info de calidad determina cómo se puede seguir tratando el material. Será necesaria la creación de este registro si se necesita un acuerdo de gestión de calidad o una liberación de proveedores en relación a un material.

El sistema será el que verifique si, al crear una oferta o un pedido, se necesita un registro info, si está disponible para la combinación de material y proveedor, y si el proveedor y la combinación material-proveedor están bloqueados o liberados para ofertas, pedidos o entrada de mercancías. La opción de la clave de control QM en el registro de materiales es de la que depende la ejecución de esta verificación.

Se puede especificar un esquema de status para liberar las relaciones de suministro y el sistema QM de la combinación de material-proveedor en el registro info de calidad. Además, se puede decidir si se desactiva la inspección de entrada de mercancías o si se quiere realizar una inspección de entrada de mercancías o una inspección de recepción.

Se crea un registro info de calidad después de haber actualizado los datos específicos de QM en el maestro de materiales. Para su creación se siguen los siguientes pasos:

- Se introduce un material, un centro y un proveedor.
- Se indica un status para la liberación de relaciones de suministro, criterios de liberación para las funciones de aprovisionamiento, información sobre las funciones que se deberían bloquear, acuerdos de gestión de calidad y sistema de calidad del proveedor.
- Se especifica si se debe desactivar la inspección de entrada de mercancías o si debería realizar la inspección de entrada de mercancías o inspección de recepción.

Capítulo 5. Implantación del módulo de QM de SAP en la empresa

5	Implantación del módulo de QM de SAP en la empresa.	60
5.1	Calidad en aprovisionamiento	60
5.1.1.	Homologación de proveedores.....	61
5.1.2.	Reclamaciones a proveedores.....	64
5.1.3.	Control de certificados.....	66
5.1.4.	Análisis del producto	69
5.1.5.	Evaluación de proveedores.....	71
5.2	Calidad en producción	73
5.2.1	Control en proceso.....	75
5.2.2	Control en post-proceso.....	78
5.2.3	Utilización de gráficos de control de calidad	80
5.3	Calidad en ventas	83
5.3.1	Inspección en la Expedición.....	83
5.3.2	Certificados de calidad.....	87
5.3.3	Reclamaciones y devoluciones de clientes.....	89

5 Implantación del módulo de QM de SAP en la empresa.

5.1 Calidad en aprovisionamiento

En este apartado se va a tratar la integración del módulo de calidad de SAP para el aprovisionamiento. El objetivo de esta integración es el análisis, control y gestión de los materiales que son suministrados por los proveedores. Además, el departamento de QM será capaz de seleccionar quienes son los proveedores adecuados, podrá procesar peticiones de ofertas, pedidos e inspecciones de entrada de mercancías.

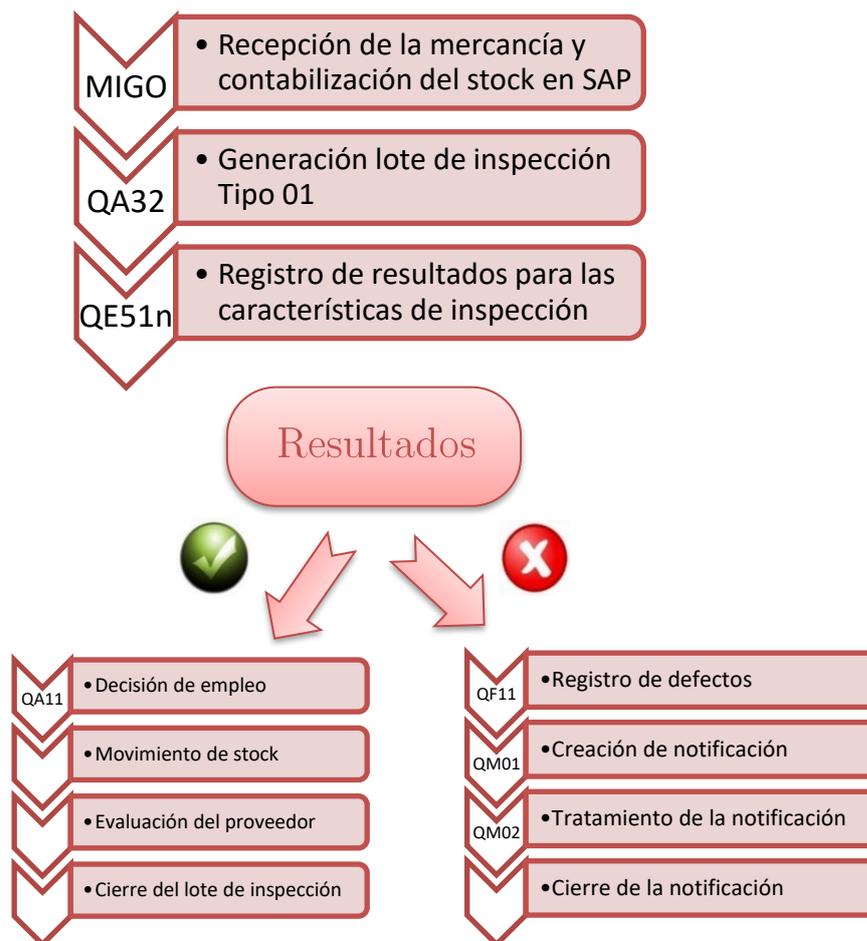
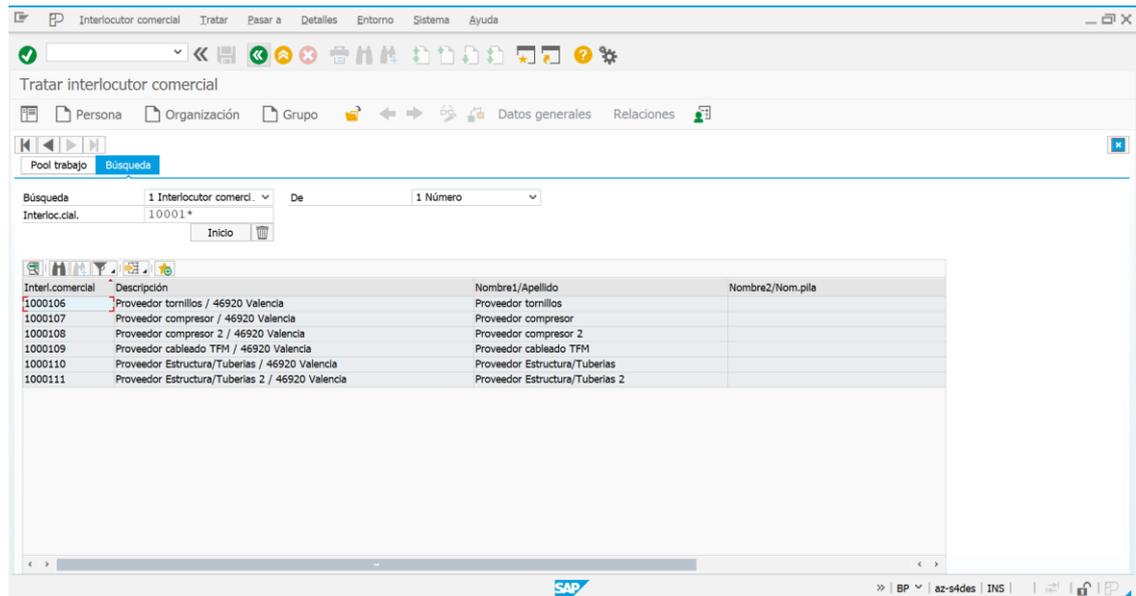


Figura 14. Flujo de entrada de mercancías.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Homologación de proveedores

Antes de comenzar a discutir la homologación de proveedores, es necesario destacar que los proveedores de esta empresa se han registrado en SAP como se muestra en la *Figura 15. Lista de proveedores.*:



The screenshot shows the SAP 'Interlocutor comercial' search results. The search criteria are '1 Interlocutor comercial' and '1 Número'. The search results are displayed in a table with the following columns: 'Interloc.comercial', 'Descripción', 'Nombre1/Apellido', and 'Nombre2/Nom.pila'. The table contains the following data:

Interloc.comercial	Descripción	Nombre1/Apellido	Nombre2/Nom.pila
1000106	Proveedor tornillos / 46920 Valencia	Proveedor tornillos	
1000107	Proveedor compresor / 46920 Valencia	Proveedor compresor	
1000108	Proveedor compresor 2 / 46920 Valencia	Proveedor compresor 2	
1000109	Proveedor cableado TFM / 46920 Valencia	Proveedor cableado TFM	
1000110	Proveedor Estructura/Tuberías / 46920 Valencia	Proveedor Estructura/Tuberías	
1000111	Proveedor Estructura/Tuberías 2 / 46920 Valencia	Proveedor Estructura/Tuberías 2	

Figura 15. Lista de proveedores.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que tanto para el proveedor del compresor (que es el mismo que provee las turbinas) como para el proveedor de estructuras existen dos proveedores distintos, los cuáles serán comparados más adelante para seleccionar el que más beneficie a la empresa en términos de calidad.

➤ Proceso actual

Actualmente, el proceso de homologación se realiza mediante un cuestionario de calidad realizado por los empleados a la recepción del material. Cuando los materiales llegan al almacén, se inspeccionan visualmente todos ellos y, al menos dos operarios deben completar el cuestionario para verificar que las piezas cumplen, tanto los estándares requeridos como las cantidades pedidas. Tras esto, actualmente se considera que el proveedor y el material están homologados.

➤ Proceso futuro

SAP ofrece la posibilidad al departamento de calidad de homologar a un proveedor para un material determinado, permitiendo también la limitación de la homologación a un periodo de tiempo o cantidad determinados.

En caso de obtener graves problemas de calidad por parte del proveedor, el sistema podrá bloquear peticiones de ofertas, pedidos o entradas de mercancías procedentes del proveedor. El procedimiento de bloqueo de un proveedor por motivos de calidad se podrá realizar, o bien en el registro de maestro de proveedores, siendo válido para todos los materiales y centros, o bien en el registro Info de Calidad, siendo este bloqueo válido para un material y centro específicos.

Para proceder a homologar al proveedor de material, en primer lugar se debe indicar en el maestro de materiales que dicho material requiere la homologación del proveedor-fabricante. Posteriormente se crea un registro Info de Calidad en aprovisionamiento, mediante la transacción *QI01*, informando de la fecha hasta homologación.

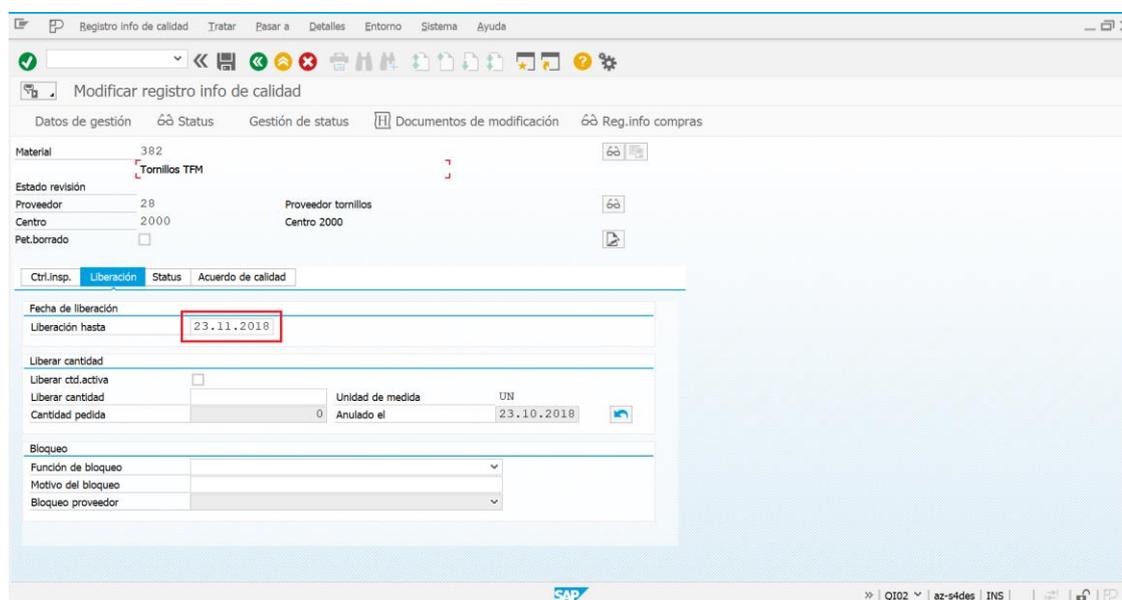


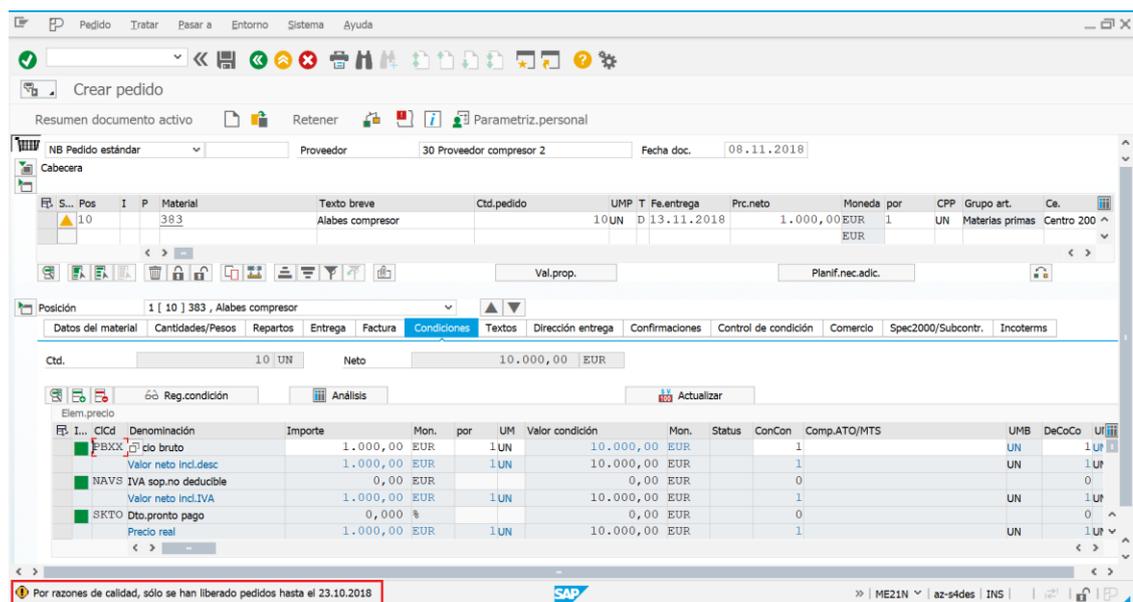
Figura 16. Registro Info de Calidad.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la *Figura 16. Registro Info de Calidad* que en la creación del Registro Info se especifica la fecha de liberación, es decir, la fecha hasta la cuál

dicho Registro Info es válido. Cuando esta fecha vence, el proveedor dejará de estar homologado, impidiendo así la realización de los pedidos de material para dicho proveedor.

A continuación se procede a realizar un pedido para el cuál el proveedor ha dejado de estar homologado como se muestra en la *Figura 17. Aviso de fecha vencida en la homologación del proveedor.*



*Figura 17. Aviso de fecha vencida en la homologación del proveedor.
Fuente: Elaboración propia.*

Se observa que se recibe un aviso, aunque en este caso es posible aceptar el pedido. Esto es debido a la definición de la clave de control QM definida en el maestro de materiales. Si se decide que esta clave de control QM sea más restrictiva, no se permitirá realizar el pedido en lugar de mostrar únicamente un aviso.

5.1.2.Reclamaciones a proveedores

➤ Proceso actual

Actualmente las reclamaciones las lleva a cabo telefónicamente el responsable del área de entrada de mercancías, sin registro informático de ninguna de las reclamaciones, solo registrado en formato papel.

➤ Proceso futuro

Con la implementación de SAP, se crea un tipo de aviso para Incidencias de Proveedores, donde se incluirán objetos de referencia como:

- Proveedor.
- Material/lote.
- Documento de material (entrada de mercancías).
- Pedido de compras.
- Organización de compras.
- Documento de compras.
- Lote de inspección.
- Número de aviso.
- Número de referencia.

Cuando se procesa un aviso de calidad para una notificación de incidencia, también se puede visualizar la hoja maestra con información importante sobre el proveedor o el material, como cantidades de material solicitadas al proveedor, precios y condiciones, etc.

El proceso a seguir será el siguiente para iniciar una reclamación al proveedor será el mostrado en la *Figura 18. Proceso para reclamación a proveedores.*

Creación aviso de calidad.

- Posibilidad de envío de un documento de carácter informativo al proveedor informando de la falta.

Registro de incidencia, incumplimiento o defecto.

- Se actualiza el registro de incidencias de proveedores.

Notificación del aviso por incidencia al proveedor.

- Notificación por email, fax, etc.

Seguimiento para posterior cierre de la incidencia.

Figura 18. Proceso para reclamación a proveedores.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que la decisión de la devolución de material seguirá el esquema de la Figura 19. Esquema del proceso para la devolución de un material.

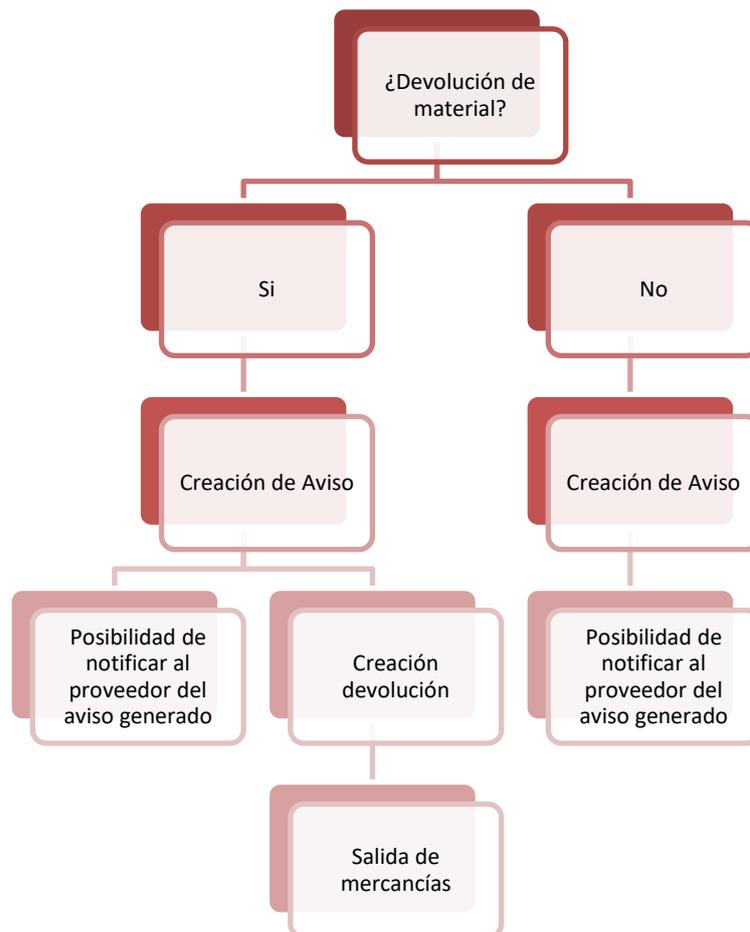


Figura 19. Esquema del proceso para la devolución de un material

Fuente: Elaboración propia.

Para la creación de un aviso con el cual notificar de defectos o plantear una devolución del material recibido, se utiliza la transacción QM01 tal y como se muestra en la *Figura 20. Creación del aviso para notificación de defectos.*

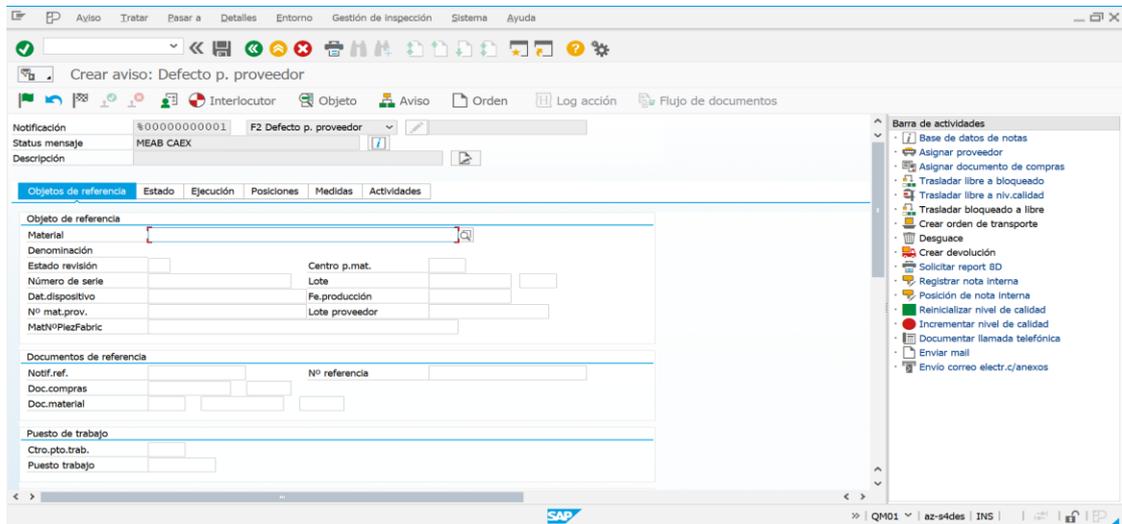


Figura 20. Creación del aviso para notificación de defectos.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Control de certificados

➤ Proceso actual

Actualmente no se generan certificados de análisis y/o conformidad en la recepción. La empresa requiere de SAP para reflejar la conformidad de los certificados de análisis.

➤ Proceso futuro

El proceso que se seguirá en SAP constará de los elementos de la *Figura 21. Proceso de Control de Certificados.*

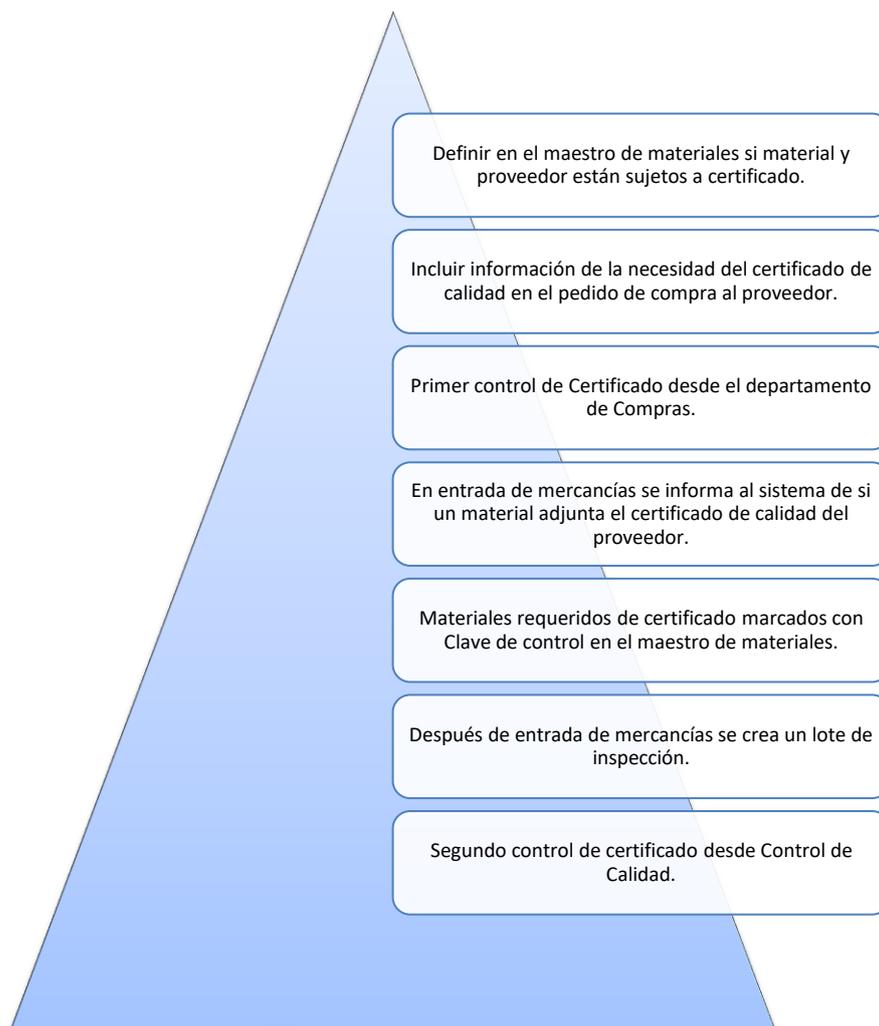


Figura 21. Proceso de Control de Certificados.

Fuente: Elaboración propia.

Si se recibe un certificado para una posición de pedido después de la entrada de mercancías, se podrá confirmar con la decisión de empleo o mediante la operación para modificar una entrada de certificado.

En el momento de la recepción, el sistema preguntará si hemos recibido el certificado, tal y como muestra la *Figura 22. Petición de inclusión de certificado*. En el caso de que la respuesta sea no, se creará uno con el estatus no recibido y se bloqueará la entrada, y si la respuesta es sí, entonces se creará con estatus liberado y se permitirá la entrada.

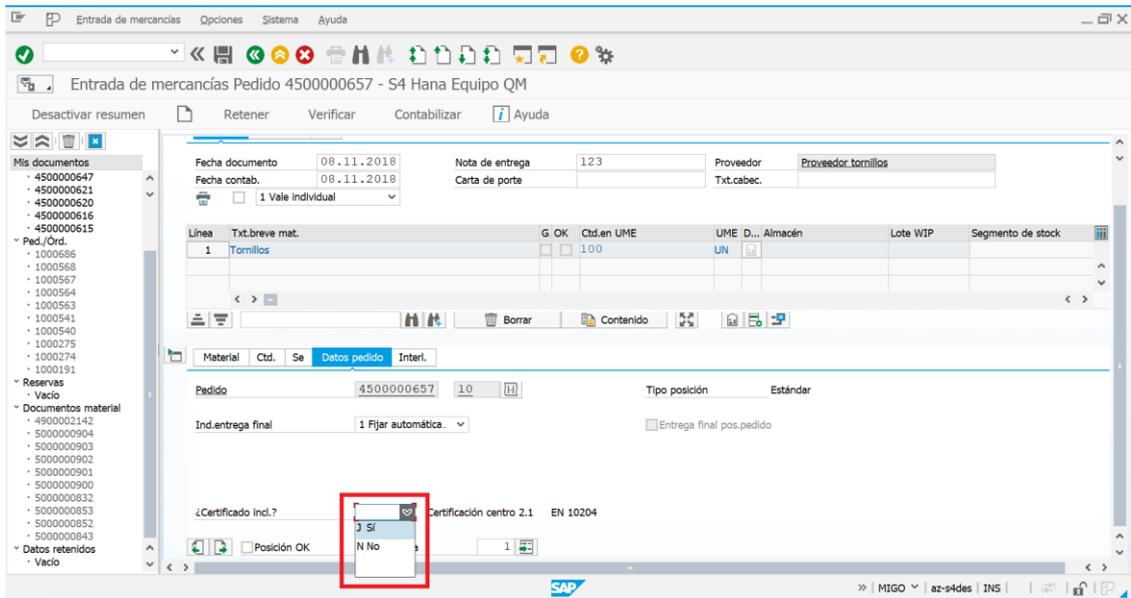


Figura 22. Petición de inclusión de certificado.
Fuente: Elaboración propia.

Cuando se selecciona que sí, se crea un documento de material, con el cual podremos observar el certificado, su status y el número de pedido mediante la transacción QC53, tal y como se muestra en la Figura 23. Visualización del certificado de calidad.

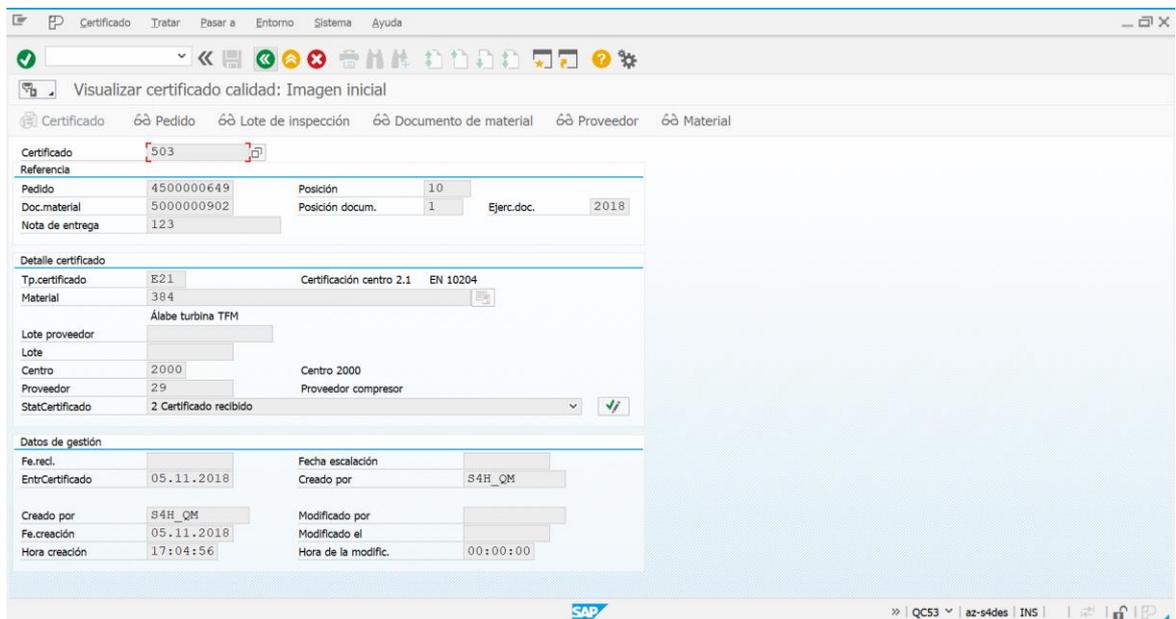


Figura 23. Visualización del certificado de calidad.
Fuente: Elaboración propia.

Si se selecciona que no (*Figura 24. Aviso de requerimiento de certificado en entrada de mercancías.*) se recibe un aviso o un error al tratar de contabilizar la entrada de mercancías, dependiendo de nuevo del grado de restricción de la Clave de Control QM definida en el maestro de materiales. En el caso de confirmar posteriormente que se incluye el certificado, se contabiliza la entrada de mercancías y se obtiene el número que será el Documento de Material.



*Figura 24. Aviso de requerimiento de certificado en entrada de mercancías.
Fuente: Elaboración propia.*

5.1.4. Análisis del producto

➤ Proceso actual

Actualmente, todas las piezas móviles, como los álabes de compresor y turbina, y otros elementos como cableado o tuberías no son ensamblados hasta su análisis, el cuál se realiza después del análisis visual y su correspondiente formulario de calidad. Este análisis va más allá de completar un formulario de calidad, puesto que los operarios tienen que realizar ensayos no destructivos con estos elementos para comprobar sus propiedades geométricas y físicas. Además se utilizan líquidos penetrantes para verificar que ningún elemento recibido contiene grietas de ningún tipo. Tras estos análisis, los materiales son aptos para ser usados si pasan correctamente dichas pruebas, de lo contrario se apartan para ser devueltos al proveedor.

➤ Proceso futuro



*Figura 25. Procedimiento del análisis del producto.
Fuente: Elaboración propia.*

Con la implementación de SAP, el procedimiento para controlar la materia prima en el aprovisionamiento comienza con la creación de un lote de inspección de calidad tras la recepción de la mercancía, llevando el stock a Control de Calidad. Cuando el stock está en Control de Calidad se procede a realizar un registro automático de la cantidad correspondiente y un análisis de cada producto previamente establecido en el plan de inspección. El último paso es la toma de la decisión de empleo del lote, provocando un traspaso automático del stock de calidad al status de stock libre o bloqueado.

Para crear el lote de inspección, se requiere primero un plan de inspección al cuál esté asociado, con materiales asignados, operaciones de calidad, características a inspeccionar, etc. Los planes de inspección pueden requerir de una inspección Analítica y Documental o únicamente Documental. Además, pueden contener características de inspección propias y externas, aunque solo las propias serán las capaces de bloquear el producto hasta el análisis total, mientras que las externas pueden quedar pendientes de entrar resultados y modificarlos cuando el servicio externo envíe el resultado. Cabe resaltar que toda la información queda guardada en el lote de inspección para una futura impresión de un Boletín de Análisis o un posible análisis estadístico de las características inspeccionadas.

La función Procedimientos de Muestreo será la que gestionará y mantendrá en SAP el tipo de muestreo que se realizará, además de gestionar funciones como el

modo de valoración de las características a inspeccionar o el control de los gráficos SPC a utilizar.

Tanto los Planes de Inspección, como los Procedimientos de Muestreo y los Catálogos son datos maestros básicos de SAP. Los catálogos de SAP son los que gestionan las posibles Decisiones de Empleo, donde se crearán los códigos necesarios para cumplir con los requisitos de la empresa.

Además, cabe resaltar que es necesaria la impresión de las instrucciones de muestreo, las instrucciones de inspección y las etiquetas mediante SAP.

5.1.5. Evaluación de proveedores

➤ **Proceso actual**

Actualmente no se evalúan los proveedores de la empresa.

➤ **Proceso futuro**

Como consecuencia de la implantación del módulo de calidad de SAP, se evaluarán los proveedores mediante el consenso en los parámetros con el departamento de ventas.

La evaluación de los proveedores permite seleccionar entre diferentes fuentes de aprovisionamiento. El sistema proporcionará al encargado de compras información sobre la fiabilidad de las entregas, el comportamiento de los precios del proveedor, así como la calidad de las mercancías entrantes hasta la fecha. Debido al componente QM se gestionan índices de calidad de totales y se actualizan automáticamente para evaluar proveedores.

En el caso de la empresa aeronáutica asignada, las características a tratar para evaluar a los proveedores son:

- Calidad

La calidad de los materiales recibidos por los proveedores es el parámetro más determinante en la industria aeronáutica debido a la seguridad que se requiere en este sector.

- Precio

Característica imprescindible para comparar proveedores con el mismo nivel de calidad.

- Entrega

Las entregas a tiempo y con los lotes siempre completos con los materiales pedidos son una característica importante a tener en cuenta para un proveedor.

- Reclamaciones

El trato por parte de los proveedores cuando se requiere una sustitución de una pieza en mal estado o se reclama un lote de material que no ha llegado completo es una característica clave para la selección de un proveedor.

La evaluación de proveedores tiene como principal objetivo la obtención de una imagen objetiva de los proveedores, evaluando a todos ellos con criterios uniformes y notas computadas automáticamente. El sistema ofrece criterios principales para la evaluación, los cuáles se dividen en criterios parciales:

- Inspección en EM
- No conformidades
- Auditorías
- Otros

Se obtendrá una nota para cada proveedor, que será computada teniendo en cuenta las notas ponderadas de cada uno de los criterios.

5.2 Calidad en producción

La implantación del módulo de calidad de SAP en la etapa de producción es clave, puesto que se debe verificar que el producto final cumpla con todos los estándares de calidad previamente establecidos no solo por la propia empresa, si no por la industria aeronáutica y la legislación aérea.

El componente QM en producción provee información importante sobre la calidad de los productos creados y permite el uso de notificaciones de calidad para implementar acciones correctivas. Los planes de inspección de QM se integran en las funciones de los planes de inspección para producción y las inspecciones durante la producción se controlan usando las operaciones contenidas en la hoja de ruta o en la receta de planificación. Estas operaciones permiten guardar información relevante en términos de calidad y se integran en los procesos de trabajo de la cadena de producción.

Se pueden determinar puntos de inspección para permitir grabar repetitivamente resultados para la misma característica de inspección en una orden. Estos puntos se pueden crear automáticamente durante la liberación de la orden o manualmente durante el registro de resultados.

Para los procesos de producción en procesos industriales, se puede configurar el sistema para requerir una aprobación de los lotes de inspección antes de que sean liberados para el registro de resultados. Los lotes de inspección se crean automáticamente cuando se libera una orden de producción y/o cuando se da de alta el material final. Estos lotes pueden generar controles en proceso (IPC) o después del proceso (PPC).

Antes de lanzar la orden de producción es necesario definir la lista de materiales asociada al producto final y la hoja de ruta con la que se definirán las partes de las que constará el proceso de producción, tal y como se muestran respectivamente en la *Figura 26. Lista de materiales asociados al producto final*, y la *Figura 27. Hoja de ruta específica para el proceso de producción*.

Pos.	TPP	Componente	Denominación de componente	Cantidad	UM	Crj	SPs	Válido de	Fin/Validez	Nº modif.	Po...
0010	L	382	Tornillos TFM	1.000	UN			02.11.2018	31.12.9999		
0020	L	383	Alabe compresor TFM	22	UN			02.11.2018	31.12.9999		
0030	L	384	Alabe turbina TFM	40	UN			02.11.2018	31.12.9999		
0040	L	385	Cableado motor TFM	300	UN			02.11.2018	31.12.9999		
0050	L	386	Estructura/Tuberias TFM	25	UN			02.11.2018	31.12.9999		

Figura 26. Lista de materiales asociados al producto final.
Fuente: Elaboración propia.

Res.operaciones	Oper.	Sop	Puesto de t...	Centro Clav...	Clave de m...	Descripción	Exl...	MAF	Cl...	Rel...	Exl...	TP...	No...	Cantidad base	Un...	Ejecución	Un...	Clase ac...	Laboratorio	Un...	Clase ac...
0010			MONTAJE	2000	ZP01	Montaje motor							1	48	UN	H	Z00001			H	Z00002
0020			MONTAJE	2000	ZP03	Pruebas							1	10	UN	H	Z00001	10		H	Z00002

Figura 27. Hoja de ruta específica para el proceso de producción.
Fuente: Elaboración propia.

Se han definido dos operaciones en la hoja de ruta, la primera consta exclusivamente del propio montaje del motor, y tendrá una duración de 48 horas, mientras que la segunda, llamada *pruebas*, será en la que se incluirán los ensayos que se le realizarán al motor una vez esté finalizado el proceso de ensamblaje, constando esta parte de aproximadamente 10 horas.

Además, hay que definir un puesto de trabajo, teniendo especial cuidado al definir la clave de utilización de la hoja de ruta, tal y como se muestra en *Figura 28. Clave de utilización de la hoja de ruta*. Si no se define correctamente esta clave de la hoja de ruta pueden existir problemas futuros para liberar el lote de inspección.

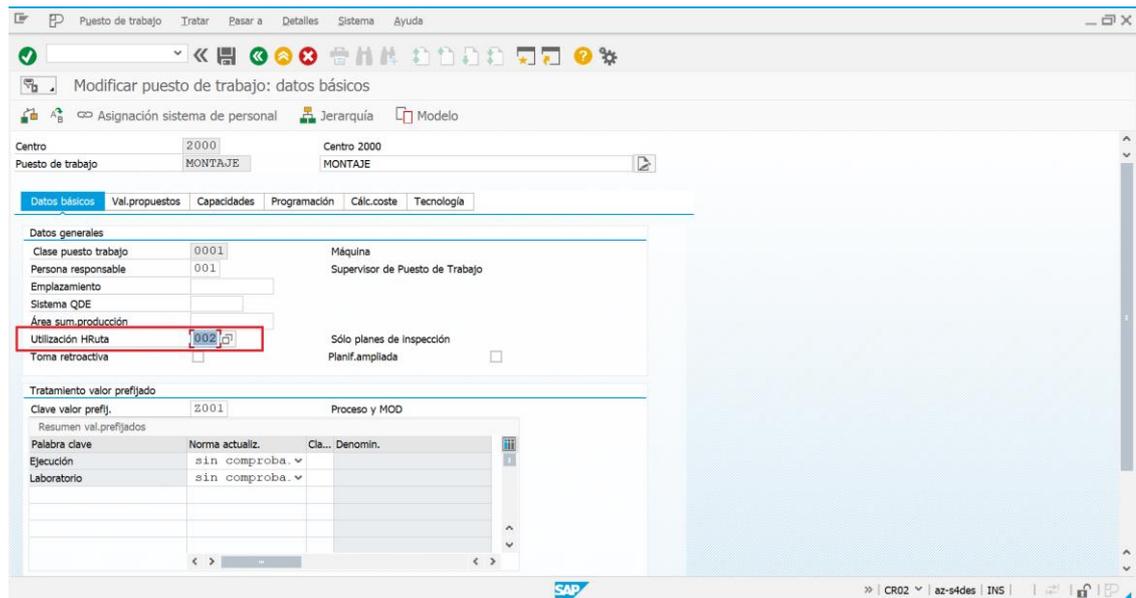


Figura 28. Clave de utilización de la hoja de ruta.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Control en proceso

➤ Proceso actual

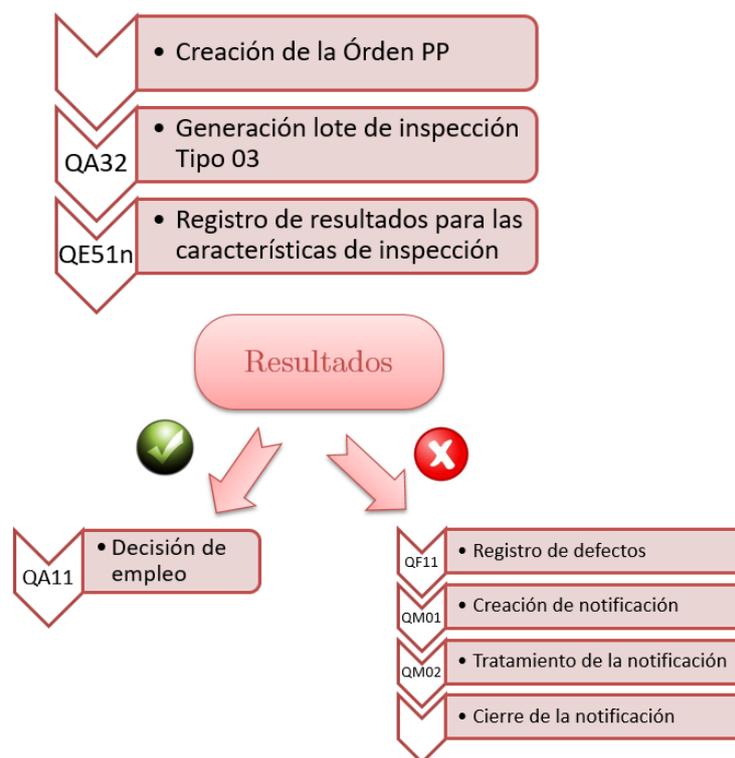
Actualmente, la empresa registra las inspecciones en papel, sin dejar constancia en ningún sistema informático. Durante el proceso de fabricación, el cuál consiste en el ensamblaje del motor, se verifica que todas las piezas estén colocadas y correctamente montadas, comprobando además los pares de apriete y el voltaje del cableado eléctrico. En cada punto de inspección, diferentes operarios cumplimentan un formulario donde verifican el correcto montaje del motor. Dichos formularios deben coincidir completamente para poder seguir con la siguiente etapa de montaje. En caso de haber discrepancias se vuelven a revisar

dichos puntos de inspección. No se genera ningún registro informático de estas inspecciones.

➤ Proceso futuro

El sistema creará de forma automática un lote de inspección cuando se libere una orden de fabricación. Hay dos tipos de status, LICR y LINC. El status LICR (Lote de inspección creado) se fijará en la cabecera cuando se ha creado un lote de inspección con hoja de ruta, mientras que el LINC (Lote de inspección no creado) se fija en la cabecera cuando no se ha creado el lote de inspección.

El proceso que se seguirá durante la parte de producción para el control en proceso se describe en la *Figura 29. Flujo del control en proceso para producción.*



*Figura 29. Flujo del control en proceso para producción.
Fuente: Elaboración propia.*

Para nuestra empresa se crearán lotes de inspección en proceso (tipo 03) de forma automática cuando se haya liberado la orden de producción y se podrán visualizar en la transacción QA32. Se registrarán informáticamente en SAP todas las inspecciones realizadas, la forma en que se realizan y la duración de cada una de ellas. Cuando se confirma que se han realizado todas las tareas de inspección o que ha concluido la orden de proceso desde el punto de vista de calidad, se tomará la decisión de empleo. Si el montaje ha sido el correcto y se han superado todos los puntos de inspección, el producto pasa a la siguiente etapa. Si por el contrario se registran defectos en algún material una vez montado, o errores en el propio montaje, se registrarán dichos defectos y se creará una notificación. Dicha notificación será tratada y no se cerrará hasta que se haya dado solución.

A continuación, en la *Figura 30. Características a analizar en proceso.*, se adjuntan las características que se analizarán en proceso.

Núm.	Prop. indic.	Ct	CI	Caract.insp...	Centro	Versión	R...	Txt.br.v.car.insp.	Txt...	Clav...	Val.c...	Método	Ce...	Versión	Proced.mu...	Un...	Ctd.mu...	Criterio SPC	Re...
10		<input checked="" type="checkbox"/>		1064	2000	1		Par de aprieta							F1J01	UN	1,00		
20		<input checked="" type="checkbox"/>		1065	2000	1		Voltaje cableado											
30		<input checked="" type="checkbox"/>		1066	2000	1		Anclaje álabes							F1J0%	UN	1,00		
40		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
50		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
60		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
70		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
80		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
90		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
100		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
110		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
120		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
130		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
140		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
150		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
160		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		
170		<input type="checkbox"/>			2000								2000			UN	1,00		

Figura 30. Características a analizar en proceso.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que las características que son medibles numéricamente son las cuantitativas, mientras que el anclaje de álabes, que no puede ser verificado de forma numérica aparece como característica cualitativa. En esta última característica, en lugar de tener un intervalo donde los resultados serán aceptables,

se deberá elegir entre diferentes resultados de un catálogo en función de si es correcto o no el resultado.

5.2.2 Control en post-proceso

➤ Proceso actual

Actualmente, cuando el motor está completamente ensamblado, se procede a su traslado al centro contigüo donde se arranca el motor y se ensaya en diferentes condiciones de vuelo. Además, se cumplimenta un formulario de calidad en el que se verifica que no se alcanzan las condiciones sónicas máximas establecidas por ley para el sonido emitido por los motores a reacción comerciales, así como pruebas de hermeticidad y de consumo. Este formulario no es almacenado en ningún registro informático.

➤ Proceso futuro

Tras el alta de producto como producto terminado, se traslada el producto finalizado al banco de pruebas, abriendo así el lote de inspección de tipo 04. Una vez abierto el lote de inspección, se procede a las pruebas de arranque y ensayo verificando que el motor funciona de la forma esperada en todas las condiciones de vuelo requeridas. Además, como se hace actualmente, se pondrá especial atención en las posibles fugas del motor, en el consumo de combustible y en las emisiones acústicas. De forma adicional, se registrarán informáticamente en SAP todas las inspecciones realizadas, la forma en que se realizan y la duración de cada una de ellas.

A continuación se detalla el flujo en SAP en la *Figura 31. Flujo del control post-proceso para producción.*



Figura 31. Flujo del control post-proceso para producción.
Fuente: Elaboración propia.

Tras la obtención de los resultados de QM, se tomará la decisión de empleo, y si todos los resultados son favorables se liberará el stock, haciendo que pase a stock libre para venta, cerrando así el lote de inspección 04, y con él se programará que se cierre el lote de inspección 03 automáticamente. Esto se realizará mediante la creación de un job en SAP, el cuál buscará, con la frecuencia deseada, los lotes de inspección post-proceso y cerrará los lotes de inspección en proceso asociados.

A continuación, en la *Figura 32. Características a analizar en la fase de post-proceso.* se adjuntan las características que se analizarán en post-proceso.

Visual. Plan de inspección: Resumen características

Material 401 MOTOR TFM ContGirpoH1

Operación 0010 Montaje motor

Características de Inspección

Fl.	Núm...	Prop.indic...	Ct.	C	Caract.Insp...	Centro	Versión	R...	Txt.br.v.car.insp.	Txt...	Clav...	Método	Ce...	Versión	Proced.mu...	Un...	Ctd.mu...	Criterio SPC	Re...	Inst...
10				✓	1067	2000	1		RPM											
20				✓	1068	2000	1		Consumo						SPC MOT	UN	1,00	030	Caract.	
30				✓	1070	2000	2		Acústica						FIJO%	UN	1,00			

Entrada 1 / 3

Figura 32. Características a analizar en la fase de post-proceso.

Fuente: Elaboración propia.

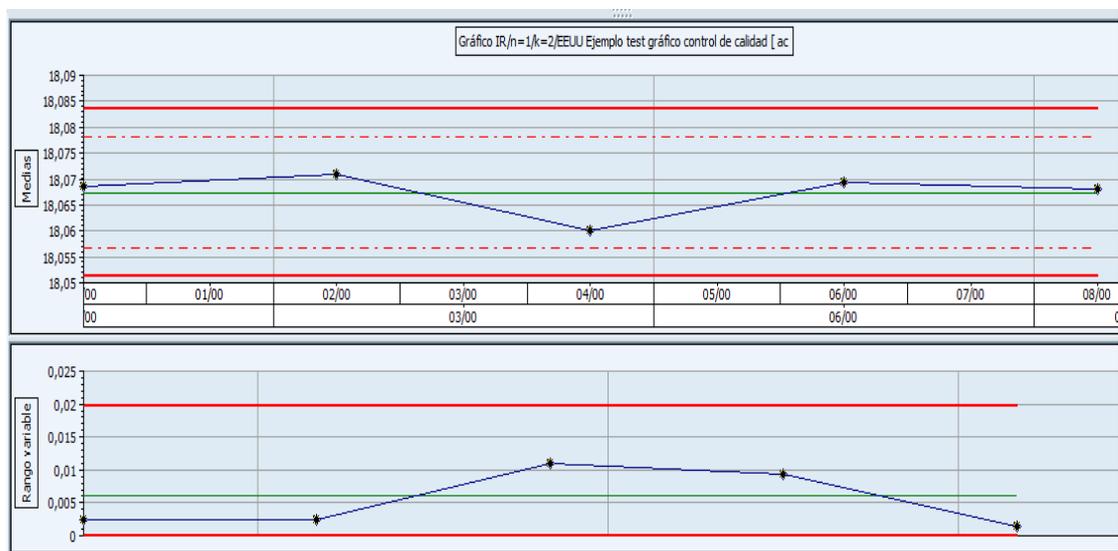
5.2.3 Utilización de gráficos de control de calidad

Se utilizarán gráficos de control de calidad (SPC) para confirmar que los procesos de fabricación se han realizado de forma correcta y detectar si existen anomalías en el consumo de combustible debido a ello. Además, si hubieran alteraciones, los gráficos ayudarán a observar si se han corregido de la forma esperada.

Existen diferentes gráficos de control en SAP, cuantitativos y cualitativos, que se usarán en función de la característica que se defina ya que tendrá una distribución diferente para cada caso.

Una de las características más importantes de los motores que se montan en aviación comercial es el consumo de combustible. El consumo de estos motores depende en gran medida del diseño que previamente se haya hecho del mismo, pero materiales en mal estado o errores en el ensamblaje de alguno de ellos pueden generar aumentos en el consumo de combustible. Es por ello que los gráficos de control de calidad serán utilizados para medir si existen picos de consumos de combustible fuera de lo establecido en el rango definido por el cliente.

Existen varios tipos de gráficos SPC. En primer lugar, se puede monitorear la media y la variabilidad. El control del promedio del proceso (calidad media) usa la gráfica de control para medias o gráficas \bar{x} . Para el control del rango se utiliza la gráfica R. Para este tipo de gráficas se utilizará el gráfico de IR/ $n=1/k=2$ /EEUU. Donde el número de muestra es 1 y la cantidad de observaciones son 2. Un ejemplo de este gráfico es la *Figura 33. Gráficas de media y rango variable.*



*Figura 33. Gráficas de media y rango variable.
Fuente: Elaboración propia.*

Por otra parte, se puede utilizar una distribución normal para crear un gráfico Shewhart cuando el número de datos es muy grande, como cabría esperar para realizar gráficos de consumo de combustible en un turborreactor, de forma que la distribución tiene forma de campana de GAUSS. A partir de la distribución de probabilidad alrededor de la media se puede crear un un gráfico Shewhart como en la *Figura 34. Gráfico Shewhart para media.*

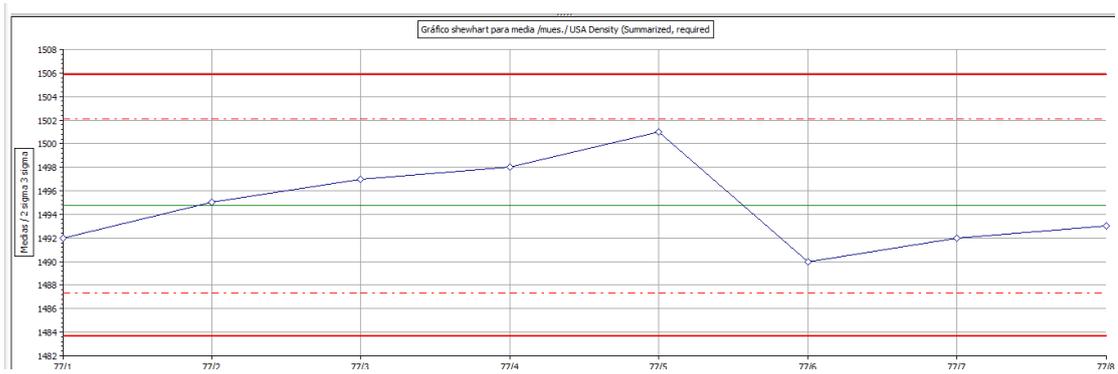


Figura 34. Gráfico Shewhart para media.
Fuente: Elaboración propia.

5.3 Calidad en ventas

El módulo de QM de SAP será implementado también en el área de ventas de la empresa. La gestión de Calidad en Comercial tiene como objetivo principal asegurar que el material que va a entregarse al cliente cumple con los requisitos establecidos.

5.3.1 Inspección en la Expedición

➤ Proceso actual

Como ya se ha comentado anteriormente, la empresa es responsable del envío del producto terminado hasta el punto acordado con el cliente mediante un tráiler para su traslado por carretera. Antes de salir se comprueba visualmente que el producto esté correctamente anclado al banco y que su embalado esté correcto. En el caso de envíos a países fuera de la Unión Europea, el envío se realiza en avión, donde esta empresa se encarga del traslado únicamente hasta el aeropuerto acordado. Actualmente se registran las salidas de mercancías y la llegada a destino en formato papel.

➤ Proceso futuro

Con la implantación de SAP, se ofrecen posibilidades como la creación de un lote de inspección al crear la entrega, la selección de lotes apropiados para la entrega en base a características, análisis de la trazabilidad del producto entregado y la creación de Certificados de Análisis específicos para remitir al cliente.

Cuando se crea el pedido de ventas, se genera el lote de inspección del tipo 10 (*Figura 35. Activación de la clase de inspección 10 para el producto terminado.*) y se realiza el picking de salida para la entrega, registrando las características de inspección. Si todo el proceso se ha realizado de forma correcta, se tomará la

decisión de empleo, procediendo a la salida de mercancías para el cliente con la emisión del certificado de análisis en la entrega para un lote de inspección.

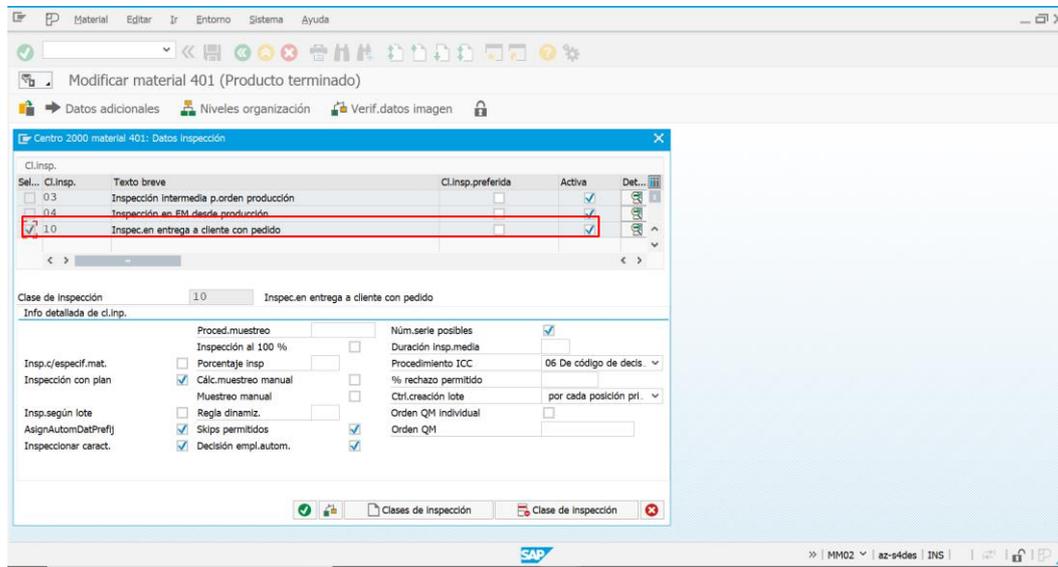


Figura 35. Activación de la clase de inspección 10 para el producto terminado.
Fuente: Elaboración propia.

Después de activar el lote de inspección 10 para el producto terminado, se procede a la creación de un registro info para ventas, donde se detalla el material, el cliente al que se le va a expedir el producto, el centro de expedición y los detalles de la entrega tal y como se muestra en la *Figura 36. Creación del registro info para ventas.*

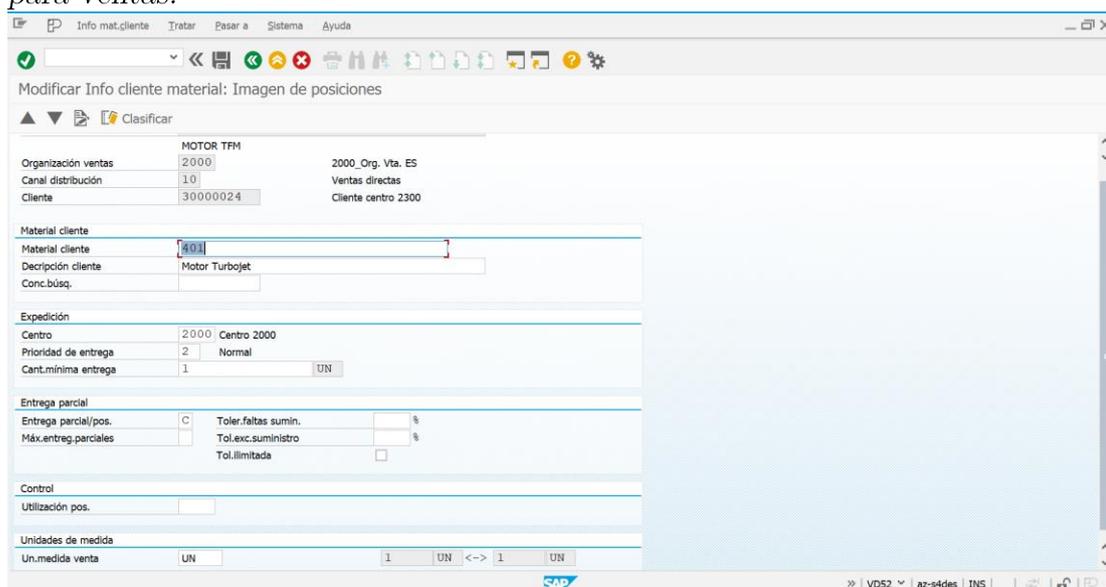


Figura 36. Creación del registro info para ventas.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa a continuación, se debe crear un plan de inspección para ventas, en el que se incluirán las operaciones y las respectivas características de inspección vinculadas al proceso de ventas.

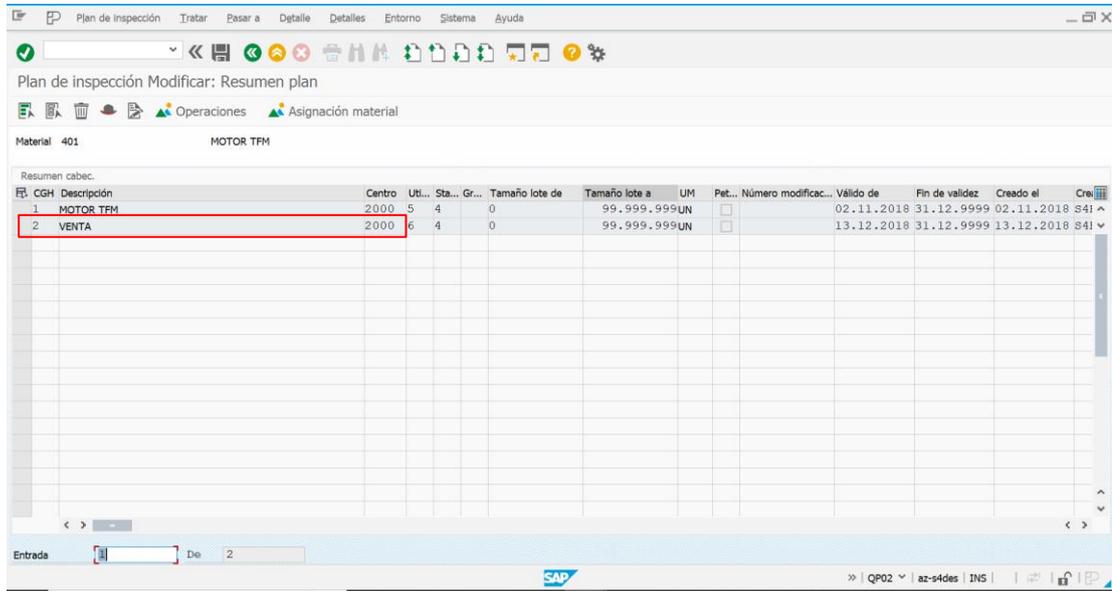


Figura 37. Plan de inspección para ventas.
Fuente: Elaboración propia.

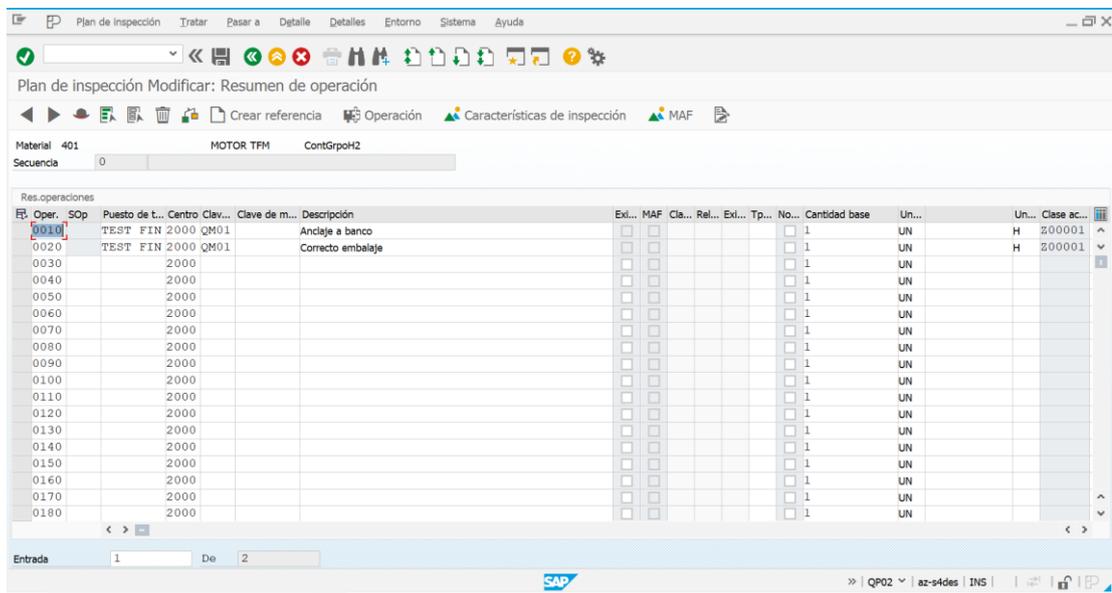


Figura 38. Creación de operaciones para ventas.
Fuente: Elaboración propia.

Se han creado las características de inspección cualitativas para ser asignadas a las respectivas operaciones, junto con la creación de catálogos para la posterior introducción de los datos de inspección.

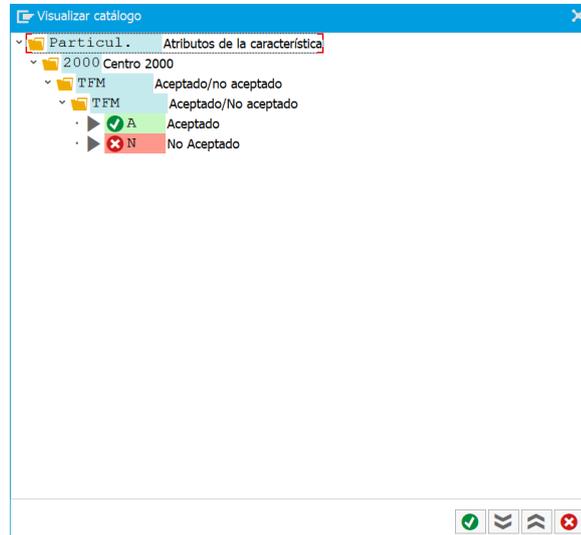


Figura 39. Catálogo para la característica de anclado.
Fuente: Elaboración propia.

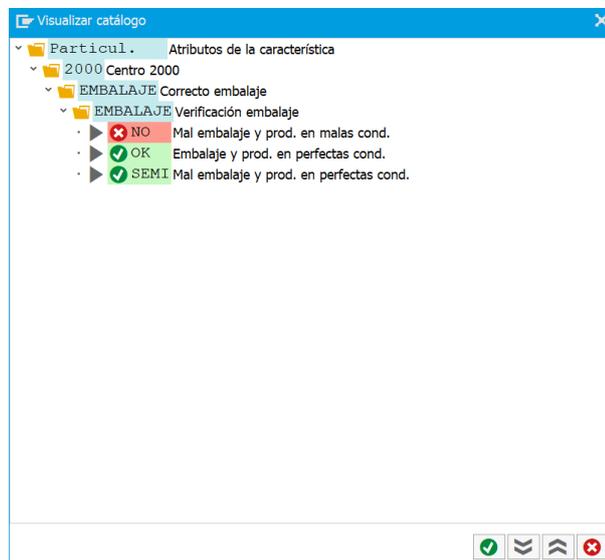


Figura 40. Catálogo para la característica de embalaje.

Fuente: Elaboración propia.

Tras la definición de los parámetros anteriormente mencionados, se procede a detallar el flujo de ventas en SAP en la Figura 41. Flujo de ventas en SAP.

:



Figura 41. Flujo de ventas en SAP.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Certificados de calidad

La calidad de las mercancías viene acreditada por los certificados de calidad, los cuales registran los resultados de inspección y las características del lote.

El sistema de Gestión Documental será el encargado del idioma del certificado y de su impresión, además de cargar un formato de Certificado por material. Dicho documento PDF cargado en Gestión Documental se puede recuperar con la información del material y de la orden de venta/entrega. Para imprimir los certificados a través de las transacciones de SAP se necesitará información de la orden de entrega/venta, del material y el número de Lote.

Aún existiendo certificados estándar para un amplio grupo de clientes, ciertos clientes pueden ajustar los certificados a sus necesidades, requiriendo unos certificados particulares.

Los certificados son creados de forma automática y serán expedidos únicamente cuando el lote correspondiente esté liberado y se imprimirán desde Garantía de Calidad cuando Ventas lo requiera expedición. La expedición de los certificados se hará por email y deberán ir acompañados obligatoriamente por el albarán de salida.

En la *Figura 42. Creación de modelo de certificado.* se muestra la creación de un modelo de certificado donde se incluyen las operaciones anteriormente relacionadas con sus respectivas características, desde las cuales se crearán los certificados que posteriormente se imprimirán y serán enviados al cliente junto con el producto final.

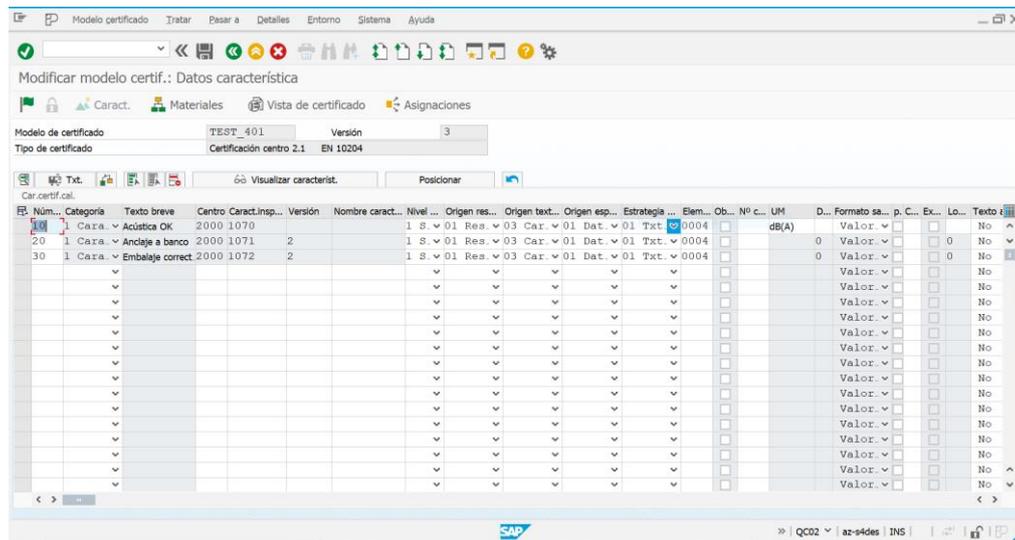


Figura 42. Creación de modelo de certificado.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Reclamaciones y devoluciones de clientes

Proceso de reclamaciones y/o devoluciones se sigue la *Figura 43. Flujo de reclamaciones.*



Figura 43. Flujo de reclamaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Los avisos se clasifican en observaciones y reclamaciones cuando llegan al departamento de Ventas. Quien se encarga de abrir la reclamación de cliente es el departamento de Ventas, notificando a Calidad de su existencia para ser tratado. Tras ello, Calidad coordina la investigación de las causas de la reclamación asignándola al departamento implicado.

Cuando se establecen las causas de la reclamación, Calidad será quien propondrá las acciones necesarias, definirá los catálogos de las causas, las medidas para facilitar la generación de avisos y finalmente procederá a cerrar el informe remitiéndolo al departamento de Ventas.

Los departamentos de Ventas y de Calidad se encargarán de dar respuesta al cliente, con actividades como enviar al cliente un abono o efectuar un descuento en futuras mercancías.

6 Conclusiones

Tras la redacción del presente Trabajo de Fin de Máster, se pueden extraer ciertas conclusiones en relación a la implantación de SAP en una empresa aeronáutica de ensamblaje de motores de aviación.

En primer lugar, la implantación de SAP en este sector aumentará la productividad de la empresa, pudiendo asumir mayores cargas de trabajo debido a la informatización y automatización de los procesos de abastecimiento, fabricación y ventas. Esto puede ser un gran impulso para la compañía de cara a un crecimiento a medio plazo, permitiendo a largo plazo entrar a producir o ensamblar otro tipo de partes de las aeronaves, ampliando así su modelo de negocio.

En segundo lugar, la sustitución del papel por los sistemas informáticos para la recopilación de todo tipo de datos relacionados con el área de calidad en abastecimiento, producción y ventas va a generar una gran agilización en la toma de datos por parte del cliente. Además, los registros informáticos serán más seguros y requerirán de menor espacio físico que los registros en papel que actualmente la compañía posee.

Por último, las ventajas de la implantación de SAP en QM dará un salto de calidad a la compañía de cara a sus clientes, permitiendo a medio plazo ganar contratos con más y mejores clientes, debido al reconocimiento de esta herramienta alrededor de todo el mundo.

7 Alcance y presupuesto

Para la implantación del módulo de QM, se ha valorado la implementación de los siguientes puntos del módulo:

- ✓ Gestión de datos maestros de calidad.
- ✓ Inspecciones durante la cadena de suministro para materias primas y materiales comprados.
- ✓ Inspección en el proceso de fabricación.
- ✓ Inspección para productos terminados.
- ✓ Inspección para el proceso de expedición.
- ✓ Gestión de no conformidades, tanto internas como de proveedor.
- ✓ Gestión de certificados
- ✓ Homologación de proveedores
- ✓ Reclamación de proveedores
- ✓ Evaluación de proveedores

Fases	Jornadas
Análisis	25
Parametrización y desarrollo	30
Arranque y soporte	5
Total	60

Perfil Consultor	Jornadas	Coste jornada (€/jornada)	Total
Consultor Senior QM	60	470	28200

8 Bibliografía

- [1] Asociación Española de Tecnologías de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Estado (TEDAE), 2018. [En línea]. Available: <https://www.tedae.org/es/noticias/la-industria-de-defensa-aeronautica-y-espacio-facturo-11-180-millones-de-euros-en-2017#0>.
- [2] Gobierno de España, «Presentaciones sectoriales. Sector construcción aeronáutica y espacial.» 2016.
- [3] Ajuntament de Barcelona, «Industria Aeroespacial. Informe Sectorial,» Barcelona, 2013.
- [4] Hélice. Andalusian Aerospace Cluster, «Resumen Ejecutivo,» 2016.
- [5] Comunidad de Madrid, «Sector Aeronáutico en la Comunidad de Madrid,» 2014.
- [6] ASD. Aerospace and Defence Industries., «Facts & Figures,» 2017.
- [7] SAP, «www.sap.com,» 2019. [En línea]. Available: https://www.sap.com/spain/about/customer-testimonials/finder.html?sort=latest_asc#pdf-asset=ec9b00be-407d-0010-87a3-c30de2ffd8ff&page=1.
- [8] SAP, «www.sap.com,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.sap.com/spain/about/customer-testimonials/finder.html?tag=solution:manufacturing#pdf-asset=c0db7f45-6d7c-0010-82c7-eda71af511fa&page=2>.
- [9] SAP, PLM400-Quality Management, 2012.
- [10] SAP, PLM412-Quality Planning and Inspection, 2012.
- [11] SAP, PLM415-Quality Management Logistics, 2012.
- [12] SAP, PLM420-Quality Management in Production, 2012.

