

PROYECTO FIN DE CARRERA

**APLICACIÓN DE CONCEPTOS Y
HERRAMIENTAS LEAN EN MRO DE UNA
EMPRESA DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO**

Autor: *David Rodríguez Amor*

Director: *Bernardo Prida Romero*

RESUMEN.

El presente documento trata sobre la aplicación de los Conceptos y Herramientas genéricos de la teoría Lean en el entorno del MRO, iniciales inglesas para Maintenance, Repair and Overhaul (Mantenimiento, Reparación e Inspección).

En este caso, además se va a aplicar sobre el entorno concreto del MRO Aeronáutico en Aviación Comercial. Los motivos que me han llevado a analizar esta aplicación particular de la teoría Lean, es su todavía reciente aplicación en este ámbito y, por tanto, el previsible camino de mejora que queda por recorrer hasta perfeccionarlo, a semejanza de lo que ha sucedido con la aplicación del Lean Manufacturing en la fabricación dentro del sector automovilístico.

De esta manera en este documento, primeramente presento una introducción teórica a los Conceptos y Herramientas genéricos que constituyen la teoría Lean, así como al procedimiento estándar seguido en el mantenimiento de los aviones para uso comercial, de forma que el lector adquiera los conocimientos básicos para entender el proyecto real en el que he podido participar durante la Beca que he realizado en la empresa de Ingeniería Sisteplant S.L.

A lo largo del documento el lector podrá adquirir no sólo los conocimientos teóricos básicos sobre la teoría genérica de Lean, sino también conocer los retos y particularidades que implica su aplicación en el entorno del MRO.

También realizo una introducción sobre dos temas que considero deben formar parte de futuros desarrollos relacionados con el entorno del MRO Aeronáutico, como son, La Mejora de la Cadena de Suministro en entorno MRO mediante Lean, y la Mejora en la Gestión y Organización de Piezas, Repuestos y Herramientas en MRO, dada la todavía poca optimización que tienen en su aplicación en el sector aéreo comercial

PALABRAS CLAVE DENTRO DEL DOCUMENTO:

MRO (Maintenance, Repair and Overhaul), Lean, Valor, Flujo de Valor, Mapa del Flujo de Valor (Value Stream Mapping, VSM), Flujo Continuo, Flujo Pull, Mejora Continua (Perfección).

AGRADECIMIENTOS.

- ❖ *Sisteplant S.L.* por darme la oportunidad de disfrutar de una Beca, así como de poder participar en un proyecto real de aplicación Lean MRO.

- ❖ *David López*, Ingeniero Industrial, Director de Proyectos en Sisteplant S.L. por facilitarme toda la información que he requerido para la elaboración del documento, así como por haberme ayudado a exponer el proyecto real Lean MRO de la forma más clara y concisa posible.

- ❖ *Bernardo Prida Romero*, Ingeniero Industrial, Catedrático del Departamento de Organización Industrial en la Universidad Carlos III de Madrid, por ayudarme a enfocar el documento desde un punto de vista didáctico, así como en la construcción y redacción del mismo.

CONTENIDOS.

Capítulo 1: Introducción	
1.1. Introducción	7
1.2. Objetivos del Proyecto	8
1.3. Estructura del Documento	9
1.4. Plan del Proyecto	11
Capítulo 2: Breve descripción del mantenimiento de un avión	
2.1. Introducción	13
2.2. Tipos de Mantenimiento	16
2.2.1. Mantenimiento del Avión	16
2.2.2. Mantenimiento de Componentes del Avión	27
2.2.3. Mantenimiento del Motor del Avión	29
Capítulo 3: Introducción al Lean Manufacturing	
3.1. Origen del término “Lean Manufacturing”	33
3.2. Definición del Lean Manufacturing	34
3.3. Proceso de transformación Lean: Principios Lean	39
3.3.1. Identificación del Valor	40
3.3.2. Identificación de la Cadena de Valor	43
3.3.3. Instaurar un Sistema en Flujo Continuo	58
3.3.3.1. 5S's	59
3.3.3.2. TPM	71
3.3.3.3. Takt Time	72
3.3.3.4. Fabricación Celular	73
3.3.3.5. SMED	76
3.3.3.6. Trabajo Estandarizado	77
3.3.3.7. Gestión Visual	78
3.3.3.8. Equipos autónomos	81
3.3.3.9. Jidoka o automatización	84
3.3.3.10. Poka-Yoke	84
3.3.4. Flujo Tenso	85
3.3.4.1. Kanban	91
3.3.4.2. Supermercados, Líneas FIFO, ConWip, POLCA, Bola de Golf	96
3.3.4.3. Nivelado-Heijunka	97
3.3.4.4. Integración de proveedores/Milkrun	101
3.3.5. Mejora Continua	102
3.3.5.1. Kaizen	102
3.3.5.2. PDCA	103
3.3.5.3. AMFE	104
3.3.5.4. 6Sigma	105
Capítulo 4: Metodología sobre la aplicación de conceptos y herramientas Lean en el ámbito del MRO	
4.1. Fases de la transformación Lean MRO	107
4.2. Diferencias entre Lean MRO y otros ámbitos de aplicación de la teoría Lean	142

Capítulo 5: Análisis de aplicación de técnicas Lean al MRO Aeronáutico	
5.1. Situación del Mercado Aéreo Comercial en la actualidad	145
5.2. Revisión de experiencias de aplicación de Lean en el Mantenimiento de Aeronaves: Shannon Aerospace	156
5.2.1. Introducción	156
5.2.2. Proyecto de aplicación Lean MRO llevado a cabo por Shannon Aerospace	158
5.2.3. Logros alcanzados	185
Capítulo 6: Proyecto Real de aplicación Lean MRO	
6.1. Introducción	187
6.2. Objetivos del Proyecto	189
6.3. Desarrollo del Proyecto	190
6.3.1. P1: VSM del Programa de MRO del Avión	209
6.3.1.1. P1.1: Subproyecto de Mejora en la gestión y tratamiento de los defectos	262
6.3.1.2. P1.2: Subproyecto de Estandarización de las reparaciones	271
6.3.1.3. P1.3: Subproyecto de Formación en función de Matrices de Polivalencias	283
6.3.1.4. P1.4: Subproyecto sobre el Panel Visual para el seguimiento del Programa de MRO	304
6.3.2. P2: Equilibrado y Programación a pulsos en el Programa de MRO	320
6.3.3. P3: Control de la Producción	355
6.3.4. P4: Equipos de Respuesta Rápida	356
6.3.5. P5: Sistema de Mejora Continua	365
6.4. Resumen: Resultados del Proyecto	408
6.5. Retos/Próximos pasos	409
Capítulo 7: Conclusiones y Futuros Desarrollos	
7.1. Conclusiones	411
7.2. Futuros Desarrollos	422
7.2.1. Mejora de la Cadena de Suministro en entorno MRO mediante Lean	423
7.2.2. Mejora en la gestión y organización de piezas, repuestos y herramientas en MRO	434
ANEXOS	449

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

Este proyecto es el resultado de un trabajo de colaboración realizado en la empresa de ingeniería industrial Sisteplant, donde el proyectista ha disfrutado de una beca.

Si bien el trabajo realizado en Sisteplant ha consistido en labores de apoyo para la realización de proyectos de implantación de herramientas lean en empresas de diversos sectores como automoción, aeronáutico o medicina, mi objetivo es tratar de aprovechar los conocimientos adquiridos en estos estudios para aplicar los conceptos de la teoría Lean en la mejora de las actividades de MRO (Maintenance, Repair & Overhaul) en el sector aeronáutico.

Por tanto, en este proyecto se presentan todos los conceptos y herramientas derivados de la metodología Lean con el fin de aplicarlas al ámbito de las actividades de MRO. También se detalla el proyecto real de aplicación de herramientas Lean en MRO en la que el autor de este proyecto pudo colaborar durante su estancia en Sisteplant.

Todo el proyecto es la preparación para la aplicación de estas herramientas en el proceso de mantenimiento aeronáutico.

1.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo final del proyecto es establecer los procedimientos generales a seguir para realizar las actividades de MRO en el sector aeronáutico de la forma más eficaz y eficiente posible.

Para ello en el proyecto se trata de elaborar un manual en el que se muestren las herramientas Lean, que son aplicables para potenciar las actividades MRO orientadas a maximizar su aporte de valor sobre el producto final, minimizando al mismo tiempo los costes de llevar a cabo tales actividades.

1.3.- ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento se estructura en 7 capítulos. El primer capítulo sirve de introducción al lector, de tal forma, que pueda ubicarse sobre los temas a tratar en este documento.

En los capítulos 2 y 3, se presenta el marco teórico necesario para poder entender con mayor facilidad el proyecto de Lean MRO en el que el autor de este documento ha podido participar. En el capítulo 2 se describen, de forma muy resumida, las principales características y pasos de que consta el proceso de mantenimiento de una aeronave, y, a continuación, en el capítulo 3, se presenta la Teoría Lean, formada por una serie de conceptos y herramientas, que se explican, esta vez sí, de forma más detallada.

El capítulo 4, presenta la Metodología a seguir para poder acometer con orden y acierto el proceso de transformación e implementación de los conceptos y herramientas Lean en el ámbito del MRO. También se resumen las principales diferencias entre el Lean MRO y los diferentes ámbitos de aplicación de la teoría Lean más utilizados en la actualidad.

En el capítulo 5 se analiza la aplicación de la Teoría Lean y la Metodología anteriormente explicadas, a través de la revisión del programa de MRO que llevó a cabo una de las empresas líderes a nivel mundial en MRO Aeronáutico, como es Lufthansa, a través de una empresa subsidiaria de ésta, Shannon Aerospace.

En el capítulo 6 se detallada el Proyecto Real Lean MRO en el que el autor de este documento pudo participar durante su estancia en Sisteplant.

Para finalizar, en el capítulo 7, se presentan las principales Conclusiones sobre los retos y necesidades que conlleva la aplicación de Lean al MRO. También se realiza una introducción a los temas que deben formar parte de Futuros Desarrollos en la aplicación de Lean al entorno del MRO.

1.4.- PLAN DEL PROYECTO

El trabajo realizado para la consecución del presente manual se estructura en el tiempo tal y como se indica en la siguiente figura:

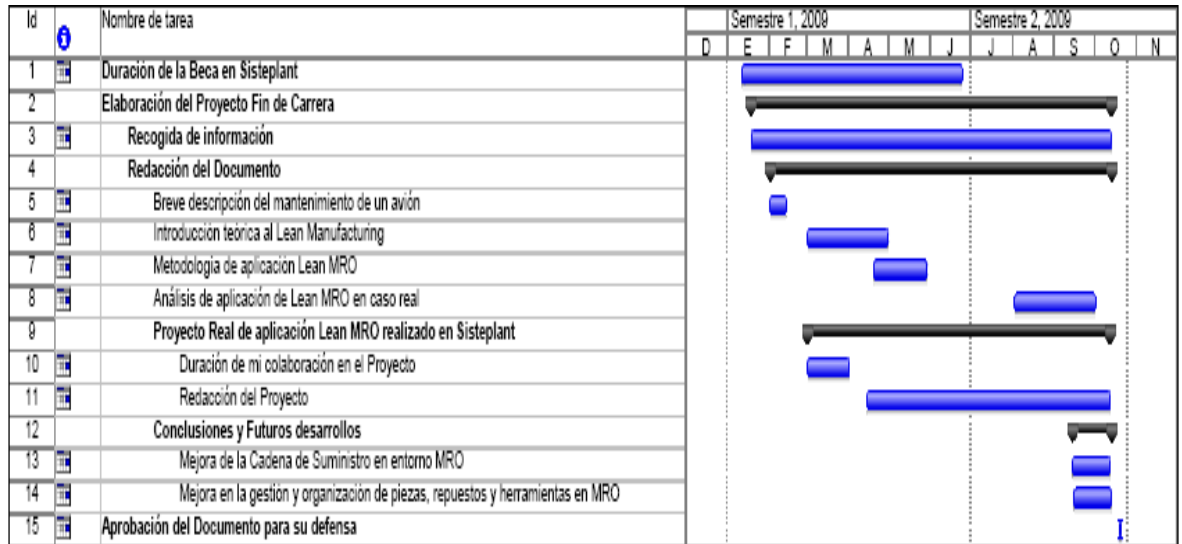


Figura 1.1. Plan de elaboración del Proyecto de Fin de Carrera

Mi Beca de colaboración con Sisteplant S.L., de 6 meses de duración, comenzó el 12 de Enero de 2009. Si bien a lo largo de la misma pude participar en tres proyectos diferentes, en este documento sólo expongo uno de ellos, proyecto real de aplicación Lean en MRO Aeronáutico.

En primer lugar mi tarea fue la de recopilar y estudiar la teoría genérica de Lean, a través de Metodologías proporcionadas por Sisteplant S.L., previo al inicio de mi participación en el proyecto, colaboración que duró dos meses hasta su finalización en Abril.

A partir de este momento el trabajo sobre este documento se enfocó en presentar los Conceptos y Herramientas de Lean que se emplearon en el proyecto de Lean MRO, de la forma más clara y concisa posible, para no hacer un documento excesivamente extenso, así como en la explicación del propio proyecto en el que pude participar.

A parte de la explicación del proyecto Lean MRO, también he decidido hacer una breve descripción del procedimiento estándar seguido en el mantenimiento de las flotas de aviones para uso comercial, y explicar en detalle un ejemplo de éxito en la aplicación de Lean al MRO Aeronáutico. Todo ello para que el lector puede entender mejor el propósito final de este documento: cómo se puede aplicar Lean al MRO Aeronáutico, y qué resultados permite obtener.

CAPÍTULO 2: BREVE DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO DE UNA AERONAVE

2.1.- INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento Aeronáutico es el conjunto de actividades dirigidas a permitir que las aeronaves operen con seguridad, eficiencia y dentro de las pautas que marca para cada caso la Regulación Aeronáutica vigente en cada momento.

De esta forma, el Mantenimiento Aeronáutico tiene unas características muy concretas, que le diferencian a otros sectores:

- La seguridad y el servicio al pasajero son aspectos prioritarios.
- Una regulación de carácter internacional muy rigurosa.
- Los costes han de estar controlados y deben ser lo más bajos posible con el fin de que la operación de la aeronave sea rentable.
- La utilización diaria de las aeronaves es muy alta dado que cada una de ellas supone una inversión muy elevada.

En la definición clásica de los principios que inspiran el transporte aéreo, las prioridades a atender son, por orden:

- Seguridad
- Puntualidad
- Regularidad
- Economía

Bajo el marco general de no comprometer en absoluto la seguridad de las operaciones, el mantenimiento participa de forma importante en la economía de las organizaciones dedicadas a la aviación tanto a nivel comercial como militar, por su coste (típicamente un 10% de los ingresos deben dedicarse a este concepto), por los requerimientos que establezca de inmovilización de los aviones para tareas de mantenimiento y, por último, por la calidad de servicio que se dé al pasajero en cuanto al cumplimiento de los horarios programados.

Las tareas de mantenimiento necesarias para conseguir que la operación de los aviones sea segura y eficiente, se agrupa en las siguientes categorías:

Mantenimiento Programado:

Es aquél que se realiza para mantener la Aeronavegabilidad de los aviones y/o restaurar el nivel especificado de fiabilidad. Para ello existe un programa de mantenimiento en el que se recoge el total de las tareas que deben realizarse así como los intervalos correspondientes en que deben llevarse a cabo. Dicho programa y cualquier modificación del mismo deben ser sometidos a la aprobación del organismo competente, Aviación Civil, en el caso de aviación comercial.

Mantenimiento No Programado:

Así se denomina a la resolución de cualquier avería surgida en un punto y momento determinado mientras la aeronave está en servicio. El mantenimiento no programado supone aproximadamente un 22% (fuente: Iberia Mantenimiento) del total del gasto de mantenimiento con un impacto elevado sobre el nivel de servicio, dada la imprevisibilidad de las averías que lo requieren.

Al margen de las revisiones programadas, el resto de componentes (rampas, butacas, bombas hidráulicas, flaps, tren de aterrizaje...) y motores tienen su propio mantenimiento en taller.

A parte de estas dos categorías de mantenimiento, Programado y No Programado, enfocadas a conservar la fiabilidad inherente al diseño, se suele incluir dentro del mismo concepto la realización de modificaciones, si bien éstas responden a un objetivo de mejorar las características de diseño sobre la base de la experiencia acumulada por los fabricantes a través de los operadores. Estas modificaciones pueden llegar a ser mandatorias (es decir, de cumplimiento exigido por la Autoridad Aeronáutica) y la no incorporación de las mismas hace perder aeronavegabilidad al avión.

2.2.- TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento del avión se organiza por un lado a partir del avión como sistema complejo y, por otro, considerando individualmente a sus componentes.

2.2.1.- Mantenimiento del avión

Se puede dividir en distintos escalones en función del nivel de profundidad con que se realizan las revisiones.

Cada una de las categorías cubre inspecciones determinadas y sus intervalos y tareas van siendo progresivamente más extensas:

Mantenimiento en Línea:

Cubre la atención de forma programada al avión durante la operación diaria (inspecciones prevuelo y de final de etapa) y la resolución de las averías que se van presentando a lo largo de la misma. Tiene por tanto, una componente muy significativa de mantenimiento no programado, de cuya eficiencia depende en gran medida reducir el impacto que dichas averías pueden producir en la operación.

Precisamente por ello se presta especial atención al soporte de este escalón de Mantenimiento, tanto desde el punto de vista humano como técnico. En concreto es fundamental la formación y capacidades específicas del personal en procedimientos de análisis de averías (trouble-shooting), así como el apoyo documental para ello. En este momento se dispone de manuales en soporte digital a los que se puede acceder en el mismo avión de forma rápida para seguir las guías del fabricante.

En paralelo, los fabricantes de avión han ido desarrollando sistemas embarcados, es decir, ordenadores de mantenimiento integrados en los sistemas de avión, cuya función es proporcionar en tiempo real información adicional sobre el comportamiento de los mismos que completan el reportaje de la avería realizado por la tripulación y permiten una identificación más segura, rápida, precisa del origen de la avería.

Por último, es fundamental para reducir el impacto del mantenimiento no programado sobre la operación, que la información fluya de forma rápida y se reciban en las bases de mantenimiento lo antes posible. Tanto es así, que ya no es necesaria la intervención de la tripulación para comunicar averías por frecuencia de radio. Los mismos sistemas antes citados, junto con los de comunicaciones aire-tierra del avión, permiten que de forma automática los mismos datos que se pueden obtener en tierra desde los ordenadores de mantenimiento, sea transmitidos desde el avión en el mismo momento en que se produce un fallo. Ello permite adelantar el análisis de una avería y realizar las consultas adicionales que sean necesarias de modo que cuando el avión llega a tierra se puede tener todo dispuesto para tomar las acciones necesarias, con el consiguiente beneficio en reducción de tiempo necesario para devolver el avión al servicio.

El Mantenimiento en Línea se estructura de la siguiente forma:

- **Tránsito:** antes de cada vuelo
- **Diaría:** antes del primer vuelo de cada día.
- **Revisión S:** cada 100 horas de vuelo.

Una explicación más detallada de la estructura del Mantenimiento en Línea se muestra a continuación:

- **Inspección de Tránsito o Prevuelo:** se realiza en la escala entre cada aterrizaje y el siguiente despegue del avión. Es llevada a cabo por el piloto o un técnico de mantenimiento, el cual revisa el estado general de motores (si hay alguna pérdida de combustible), de otros mandos e instrumentos de vuelo (timones de dirección y profundidad, tren de aterrizaje, flaps...) y vigila que no haya algún registro abierto.
- **Inspección diaria:** se realiza como máximo cada 47 horas y 59 minutos, se inspecciona de forma detallada el exterior del avión, incluyendo estado de ruedas y frenos, lubricación de amortiguadores de trenes de aterrizaje, comprobación de niveles de aceite, hidráulico, presión de oxígeno de sistema auxiliar de tripulación técnica y revisión de equipo de emergencia a bordo. Su duración aproximada es de dos horas.
- **Inspección semanal (revisión S):** se realiza cada cien horas de vuelo, o 7 días de calendario. Se inspeccionan aspectos más detallados relacionados con la seguridad alrededor del avión. Su duración es de unas tres horas y es llevada a cabo por técnicos de mantenimiento de vuelo calificados en los hangares/ propia pista.

Mantenimiento Menor:

Se realiza a través de inspecciones de distinta profundidad (A y C) a intervalos mensuales y anuales respectivamente (aunque varían para las distintas flotas), según indican los Programas de Mantenimiento de cada una.

Consisten en la realización de servicios y engrases a aquellos componentes que lo necesitan, así como de pruebas funcionales a los diferentes sistemas que permiten verificar que los mismos operan dentro de las tolerancias fijadas por el fabricante.

Con objeto de dar una idea de la intensidad de estas revisiones, y aunque depende mucho del modelo de aeronave de que se trate, las inspecciones tipo A requieren entre 300 y 900 horas/hombre, mientras que las de tipo C varían entre 3.000 y 5.000 horas/hombre (Fuente: *Iberia Mantenimiento*). De estas, y aunque el factor antigüedad de flota afecta significativamente a esta proporción, aproximadamente el 60% del trabajo corresponde a la resolución de las anomalías encontradas durante la inspección.

Estas paradas programadas se aprovechan además para ir incorporando las modificaciones menores o boletines de servicio de poca envergadura, y que tienen como objetivo actualizar la condición técnica de la aeronave con el paso del tiempo para mejorar su fiabilidad y comportamiento.

En concreto el Mantenimiento Menor se estructura de la siguiente forma:

- **Revisión R:** mantenimiento de rutina, inspección de seguridad alrededor del avión.

- **Revisión A:** realizada mensualmente, comprende la inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad.
- **Revisión B:** realizada semestralmente, también comprueba seguridad de sistemas, componentes y estructura, pero con mayor alcance y profundidad que el anterior.
- **Revisión C:** realizada anualmente, se lleva a cabo una inspección, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

Mantenimiento Mayor: También denominada, Revisión D

Se denomina así al escalón de mantenimiento más profundo, que en su momento llegó a denominarse “revisión general” o “gran parada”, y que viene a realizarse en períodos de aproximadamente 5 o 6 años. Si bien el contenido de este tipo de revisiones ha evolucionado con el tiempo dependiendo de cuando fue diseñado cada modelo de avión, sigue siendo conceptualmente el momento en que se realiza una inspección estructural profunda, habida cuenta el nivel de desarme del avión. Así mismo se aprovecha esta parada para la realización de modificaciones y reparaciones estructurales de gran envergadura.

Es sin duda la revisión más completa y también la más espectacular que se realiza a los aviones. Una revisión técnica de estas características engloba trabajos como:

- Decapado completo de la pintura exterior del avión
- Bajada de motores, trenes de aterrizaje y mandos de vuelo.
- Desmontaje, inspección, reparación (si es necesaria) y posterior montaje de un importante número de elementos del avión, pintura completa del mismo y, para acabar, pruebas funcionales en las que se incluye un vuelo en pruebas.
- Desarmado completo de la cabina de pasajeros y sustitución de la gran mayoría de los elementos decorativos y de confort.

Una vez revisados el fuselaje, los elementos estructurales y distintos componentes del avión, y sustituidos los necesarios, se instalan de nuevo y se vuelve a pintar. Más de una tonelada de pintura se emplea para el exterior, mientras que el interior requiere entre 120 y 150 kilos (Fuente: *Iberia Mantenimiento*).

Una vez finalizado el trabajo en tierra, es preciso después realizar un vuelo de verificación que demuestra la efectividad del mismo, muy similar a la que se realiza en la fábrica cuando se prueba el avión por primera vez. Durante seis horas continuas la tripulación técnica y personal de mantenimiento, someten al avión a condiciones de vuelo límite, conforme a protocolos previamente establecidos, que es prácticamente imposible que se produzcan en la realidad.

Durante este vuelo de verificación, se paran motores (nunca simultáneamente) y se vuelven a poner en marcha en pleno vuelo; se realizan virajes pronunciados; se reduce la velocidad al mínimo y se eleva al máximo permitido y se prueban los trenes de aterrizaje y el resto de sistemas y componentes.

El tiempo necesario para llevar a cabo el Mantenimiento Mayor se aproxima al mes y medio. Requiere la dedicación de entre 15.000 y 20.000 horas de trabajo de los técnicos de mantenimiento. (Fuente: *Iberia Mantenimiento*)

El coste total de esta operación de mantenimiento supera los 1,3 millones de euros en el caso de un avión de largo alcance, y los 500.000 € en el caso del corto alcance. (Fuente: *Iberia Mantenimiento*)

El Mantenimiento Mayor o “Gran Parada” se estructura de la siguiente forma:

a) Remolque del avión hasta el Hangar:

Se realiza con tractores “towing” ya que el piloto tiene poca visibilidad

- Apagado de motores
- Calzado del avión
- Retirada del tractor “towing”
- Acondicionamiento térmico del avión
- Colocación de andamios y plataformas

b) Tarjeta de Entrada:

1.) Alimentación eléctrica a través de conectores de potencia exterior

2.) Abrir los CB (Circuit Breakers) que vengan especificados en la tarjeta de entrada para desconectar:

- Sistema antihielo de:
 - Borde de ataque
 - Motores
- Calefacción de tubos “pitots” (miden la velocidad)
- Sondas estáticas (miden la presión)

3.) Protección de tubos exteriores:

- “Pitots”
- Sondas estáticas

4.) Pruebas determinadas por el departamento de ingeniería, fabricante y pilotos, sobre los diferentes sistemas.

5.) Desconexión eléctrica total

6.) Iluminación exterior e interior con tubos fluorescentes

c) Proceso de Mantenimiento:

1.) Inspección de corrosiones en zonas próximas a:

- Galleys
- Lavabos
- Tubos de drenaje

Pasos a seguir:

- 1.- Desconectar eléctricamente las butacas
- 2.- Desmontar butacas
- 3.- Sacar del avión butacas
- 4.- Desconectar eléctricamente galleys y lavabos
- 5.- Desmontar galleys y lavabos
- 6.- Sacar del avión galleys y lavabos

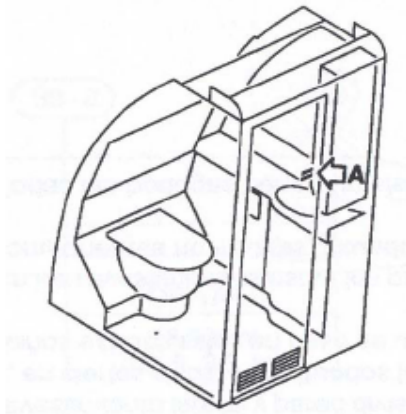
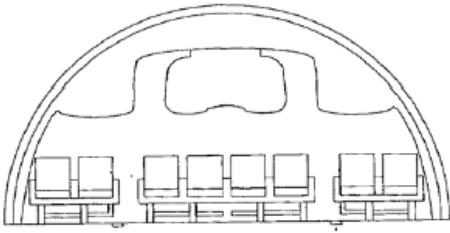


Figura 2.1. Imagen de Galleys y Lavabos de un avión. Fuente: Iberia Mantenimiento

7.- Quitar moqueta del suelo del avión

8.- Quitar suelo de la cabina de pasajeros

9.- Colocar un suelo auxiliar de trabajo a base de paneles deslizantes: montados sobre una estructura metálica reticular. Los paneles del suelo van recubiertos con moqueta resistente al fuego, antideslizante y aislante acústico. La moqueta se pega al suelo con adhesivo de doble cara, rematando los bordes con un protector de plástico para uniones entre moqueta y protectores del suelo no textiles. Se une con un sellado de silicona y un protector de acero inoxidable.

2.) Sustitución de piezas dañadas

3.) Decapado: quitar la pintura del fuselaje

4.) Análisis exhaustivo de:

- Mandos
- Tren de aterrizaje
- Planos
- Timón
- Estabilizadores

5.) Boletines de mejora: vienen especificados por el fabricante, autoridades aeronáuticas y empresas operadoras. Indican la mejora y/o sustitución de piezas o elementos con objeto de mejorar la seguridad y el confort.

6.) Montaje

7.) Pintura

8.) Pruebas de todos los sistemas (tanques de combustible, planos, rack de computadores...)

9.) Rodaje de motor

10.) Vuelo de prueba

2.2.2.- Mantenimiento de Componentes

Una aeronave está integrada por estructura, motores y sistemas, que a su vez contienen un elevado número de componentes distintos y de la más variada naturaleza: mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos, etc. Ello lleva a que, mientras que en el caso de avión y motor, la especialización es por producto, en el caso de los talleres de componentes la división se hace precisamente en función de su naturaleza: hay pues sectores dedicados únicamente a la gama de elementos con el mismo fundamento operativo, independientemente de la flota o flotas en la que vayan instalados.

También en el mundo de los componentes, la evolución de los fabricantes ha llevado a variar de forma notable la proporción de cada uno de los grupos antes citados. Mientras que en aviones diseñados hasta los años 70 el porcentaje de componentes electrónicos era muy minoritario, a partir del desarrollo de los sistemas “fly by wire”, así como de la tecnología de los microprocesadores, ha llevado a que la integración en casi todos los sistemas del avión de este tipo de componentes sea masiva. Este hecho tiene un impacto inmediato en la superior fiabilidad de los equipos, en la necesidad de dotar de la tecnología adecuada a los talleres asociados y en los requerimientos de formación del personal, lo que ha obligado a la Dirección de Material a adaptarse a este nuevo entorno con la incorporación masiva de flotas de este tipo de tecnología.

El otro aspecto importante que, desde el punto de vista de mantenimiento, tiene la incorporación de componentes electrónicos, es su capacidad de registrar en memorias no volátiles los fallos internos del equipo y la posibilidad del uso intensivo de los equipos automáticos de prueba o ATE (Automatic Test Equipment). Con ellos es posible probar, antes de iniciar un circuito de reparación, si el componente presenta realmente la avería que originó su desmontaje y si tiene algún otro fallo oculto.

Ello simplifica notablemente el trabajo del taller permitiéndole reparar únicamente aquello que es necesario, con el consiguiente ahorro de tiempo y reducción del gasto asociado. Al mismo tiempo, estos equipos permiten la verificación exhaustiva de todas y cada una de las funciones del componente, garantizando su perfecto funcionamiento al ser devuelto al almacén.

Como dato, a modo de ejemplo, se puede citar el de la Compañía Iberia, sobre el volumen de trabajo en esta área de mantenimiento durante 1999, en el que se procesaron alrededor de 60.000 componentes, de los que unos 23.000 fueron de naturaleza electrónica.

2.2.3.- Mantenimiento del Motor

El motor es, sin duda, el componente más caro desde el punto de vista de mantenimiento, alcanzando el conjunto de la planta de potencia instalada más del 50% del coste total de mantenimiento por cada hora de vuelo del avión (Fuente: *Iberia Mantenimiento*). Ello es debido en gran medida a que también es el elemento técnicamente más complejo, con un mayor nivel de exigencia y que requiere para su reparación la tecnología más avanzada.

Independientemente de que la arquitectura del motor sea de diseño más antiguo o completamente modular, el paso del conjunto o de los módulos que lo integran por el taller para revisión general (o “Engine performance restoration”) requiere el desarmado completo de los mismos y la aplicación de todas y cada una de las piezas recuperables de un proceso de reparación específico o de su sustitución en caso de que no sea posible devolverla a las especificaciones de diseño. Para ello se aplican las técnicas más complejas (tratamientos térmicos, baños, soldaduras especiales, proyección de plasma, mecanizado por control numérico,...) para el tratamiento de metales y aleaciones muy específico de esta industria.

Estas piezas no se reparan en ciclo cerrado, es decir, no vuelven al mismo conjunto principal del que fueron desmontadas dado que los tiempos de recorrido por taller son muy dispares. Conforme va disponiéndose de las piezas necesarias, se comienza el proceso de armado del motor o módulo correspondiente. Este trabajo requiere ajustes con tolerancias muy estrechas, que obliga a seguir procedimientos de control y verificación muy estrictos, probablemente de muy difícil comparación con trabajos de mantenimiento realizados en otros sectores industriales.

A los motores se les revisan diariamente los niveles, se les hace una inspección detallada de la zona de entrada y escape vigilando que no tengan pérdidas.

Con intervalos variables dependiendo de la flota se somete al **motor en ala** a inspecciones boroscópicas, que permiten ver el interior del mismo en detalle en una pantalla, para inspeccionar cualquier daño, y en algunas flotas se procede a un lavado del motor en ala para aumentar su eficiencia.

Nota: La inspección boroscópica es utilizada en programas de mantenimiento de aeronaves y motores. Los motores de turbina tienen puertos de acceso que son especialmente diseñados para los boroscopios. Los boroscopios son herramientas ópticas de alta calidad diseñadas para penetrar en lugares donde el ojo humano no puede ir. Son auto iluminados, y entregan una luz brillante para suministrar una imagen magnificada del área inspeccionada en la pieza de observación. Éstos a su vez, también son utilizados para determinar la aeronavegabilidad de distintos componentes mediante la inspección del interior de los cilindros hidráulicos y las válvulas por picaduras, porosidad, marcas de herramientas, reventaduras en los cilindros, inspeccionar las palas de la turbina de un motor turbojet, verificar la correcta colocación y ajuste de los sellos y partes en áreas de difícil acceso. La inspección boroscópica también es utilizada para localizar objetos extraños en el motor.

Los diseños típicos de los boroscopios son rígidos o flexibles para ajustarlos a cualquier necesidad según sea el objetivo.

Ahora bien, la mayoría de los componentes de un motor, como los álabes de turbina, son de muy alta fiabilidad y sólo requieren desmontaje cada tres o más años. Ése es, más o menos, el intervalo para el desmontaje pieza a pieza de un motor y su posterior revisión.

Finalmente, una vez finalizadas en el taller las tareas correspondientes, en función de cual fue el motivo de la entrada del motor al taller, así como de que el programa de mantenimiento indicase como trabajo programado en función de la actuación del motor y su degradación en el momento del desmontaje, antes de su instalación en ala se realiza una prueba en banco del mismo. A través de ella se comprueba, no sólo que se ha conseguido restaurar el nivel de “performance” del motor y por lo tanto se garantiza la efectividad del mantenimiento realizado, sino que una vez instalado sobre el avión, su correcta operación está asegurada.

Procesos parecidos son los seguidos para el mantenimiento y reparación de otros componentes, que por sus condiciones de alta exigencia y materiales de tecnología avanzada, así lo requieren.

Por todo ello, el estricto programa de mantenimiento al que se ven sometidos los aviones, hace que se puedan mantener en servicio con seguridad aunque hayan pasado muchos años desde su fabricación y hayan acumulado muchas horas de vuelo.

CAPÍTULO 3: INTRODUCCIÓN AL LEAN MANUFACTURING

3.1.- ORIGEN DEL TÉRMINO “LEAN MANUFACTURING”

El término “Lean” fue creado en 1987 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology, Boston MA.)

Un equipo del MIT estaba estudiando el sistema de Toyota de diseño, producción, aprovisionamiento y servicio al cliente. Como parte del análisis, escribieron en una pizarra todos los elementos que lo diferenciaban respecto del sistema tradicional de producción en masa:

- Necesita menos recursos humanos para diseñar, fabricar y servir los productos.
- Necesita un menor volumen de inversión para conseguir un volumen determinado de capacidad productiva.
- Fabrican productos con un menor nivel de defectos y retrabajos.
- Utilizan menos proveedores pero más cualificados.
- Pueden fabricar una mayor gama de productos con menor coste para mantener precios y ganar cuota de mercado.
- Necesita menos nivel de inventario en cada fase del proceso.

Analizando todos los elementos descritos llegaron a la conclusión de que necesitaban “menos de todo” para crear una cantidad determinada de valor, lo definieron por tanto como una organización “esbelta” (lean).

Por lo tanto el “Lean Manufacturing” recoge las técnicas desarrolladas en el sistema de producción de Toyota.

3.2.- DEFINICIÓN DEL LEAN MANUFACTURING

El “Lean Manufacturing” es en definitiva una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuándo son requeridos, en la cantidad requerida y sin defectos.

Aplicar las prácticas Lean es una forma de reducir costes, mejorar los resultados así como la reactividad y flexibilidad frente a cambios externos y crear valor para la empresa; en definitiva, una forma de hacer más con menos recursos para acercarse cada vez más a las necesidades exactas del cliente.

<p>LEAN = ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO Y CREACIÓN DE VALOR, MAYOR REACTIVIDAD A LOS CAMBIOS</p>
--

Definición alternativa propuesta por Jim Womack (coautor del célebre libro de referencia en Lean Manufacturing, Lean Thinking):

- Siempre empieza situándose en la posición del cliente.
- El cliente quiere valor: El producto-servicio adecuado, en el momento adecuado, en el lugar adecuado, con un precio adecuado y con una calidad perfecta.
- Valor es el resultado de una serie de actividades o procesos: Diseño, producción, servicio a clientes externos y procesos de negocio para clientes internos.
- Cada proceso está formado por una serie de pasos que hay que dar según una secuencia adecuada y en el momento adecuado.

- Para maximizar el valor de los clientes, estos pasos tienen que darse con “cero” desperdicios (Waste en Inglés o el término Muda Japonés).
- Para conseguir evitar los desperdicios es necesario que cada paso en el proceso de creación de valor sea capaz (consiga las tolerancias especificadas), esté disponible (no tenga paros) y flexible (capaz de adaptarse a los cambios en los requerimientos de los clientes).
- Los pasos se tienen que ejecutar de manera nivelada (cantidades constantes de trabajo por periodo de tiempo) y pasando de forma rápida de un paso al siguiente en función de los requerimientos aguas abajo en la cadena de valor (pull). Esta es la forma de eliminar los 7 desperdicios identificados por Toyota.
- Un proceso verdaderamente lean es un proceso que tiende a la perfección: Satisface de forma perfecta los deseos del cliente en cuanto a la percepción de valor y con “cero” desperdicios. El lean manufacturing busca la perfección, que por supuesto, es inalcanzable.
- Objetivos del “Lean”: Un mayor nivel de calidad, un coste menor y un Lead Time más corto.
- Métodos generales: Just-in-time y Jidoka (Autonomatización).
- Herramientas específicas: Kanban, poka-yoke, SMED,...
- Base: TPM, Heijunka (Nivelado), trabajo estandarizado y Kaizen.

Una organización “Lean” tiene que incluir todos estos elementos, cada uno de ellos no puede trabajar por separado, es decir, es necesario utilizar los objetivos, los métodos, las herramientas y la base de forma combinada. Por ejemplo, un proceso no puede ser “capaz”, disponible o en flujo nivelado sin estándares de trabajo.

Lean es una metodología de trabajo que permite trabajar sobre la cadena de valor del producto/servicio o de una familia de productos/servicios. Una empresa que trabaja según los principios de lean, **busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones / pasos del proceso que no generan valor.**

La teoría del Lean Manufacturing está estructurada en una serie de Principios & Conceptos y Herramientas & Técnicas, las cuales de muestran a continuación:

PRINCIPIOS & CONCEPTOS	HERRAMIENTAS & TÉCNICAS
<u>VALOR</u>	Los 7 desperdicios
<u>CADENA DE VALOR</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mapa de la Cadena de Valor Actual y Futuro - Búsqueda de desperdicios 	VSM – Value Stream Mapping
<u>FLUJO CONTINUO</u> <ul style="list-style-type: none"> - 0 defectos - Flexibilidad & Reactividad - Trabajo “pieza a pieza” - Fábrica visual - Implicación del Personal - Estandarización - Orden y Limpieza 	5S – Housekeeping TPM – OEE Trabajo al Takt-time (TT) OPF- One-piece-flow (celulación/células virtuales) Equilibrado Lay-out estándar orientado a flujo SMED Gestión visual - Indicadores Equipos autónomos / Calidad integrada / Polivalencia Autonomation (Jidoka) Poka-yoke- Sistemas anti-error
<u>PULL FLOW</u> <ul style="list-style-type: none"> - Flujo tirado por el Cliente - Reducción de tamaño de lotes (fab. y transferencia) - Nivelado 	Kanban Supermercados, FIFO, ConWip, POLCA, “bola de golf” Secuenciación (Heijunka) Integración de proveedores –Milk-run
<u>PERFECCIÓN</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora continua - Repetitividad de los procesos sin errores 	Mejora Continua (Kaizen – MC y MR) PDCA AMFE 6SIGMA (DMAIC)

Tabla 3.1. Conceptos y Herramientas Lean. Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla resume la totalidad de los conceptos y herramientas genéricos propios de la teoría Lean, la cual tiene aplicación en múltiples sectores industriales, como pueden ser: automoción, aeronáutico, médico, alimentación..., a la vez que en el sector servicios (Lean Service), procesos de diseño (Lean Design) y la cadena de suministro de un proceso productivo (Lean Supply Chain); si bien cada uno de ellos introducirá una serie de particularidades (ver cap.6).

En el caso del presente documento, se va a ver la aplicación particular de la teoría Lean dentro de las actividades del mantenimiento (Lean MRO) de aviones comerciales.

Previo a desarrollar esta aplicación particular de Lean, se va a exponer cómo debe ser el proceso de aplicación de la teoría Lean, para convertir un sistema productivo genérico de una empresa en un Sistema Lean de Producción, o en el caso concreto de este documento, un Sistema Lean de Mantenimiento.

3.3.- PROCESO DE TRANSFORMACIÓN LEAN: PRINCIPIOS LEAN

Lo que se conoce por “Principios lean” es la secuencia lógica que hay que seguir para transformar el Sistema de Producción de una empresa a un Sistema Lean. Para conseguir este objetivo es necesario aplicar los diferentes conceptos y herramientas propios de la teoría Lean, mostrados en la tabla 3.1.

Nota: *Dado que el objetivo primordial de este documento es el de mostrar la aplicación de los conceptos y herramientas genéricos de la teoría Lean en el ámbito de MRO, se van a detallar en este punto sólo aquellos conceptos y herramientas de Lean que han sido aplicados en el proyecto real en el que el autor pudo participar, que se detalla en el Capítulo 6 de este documento, así como en el ejemplo de aplicación mostrado en el Capítulo 5 (punto 5.2), de tal forma que aquellos que no han sido empleados serán brevemente definidos en esta sección, y se dará al lector una referencia para acudir al anexo correspondiente para una explicación más detallada de los mismos.*

Por supuesto, las herramientas que no han sido aplicadas en estos casos son perfectamente aplicables a entornos MRO, de tal forma que dependerá del alcance de cada tipo específico de proyecto, la necesidad de aplicar unas u otras herramientas.

Como un primer paso en la transformación, es necesario identificar las fuentes actuales/potenciales de desperdicio del sistema productivo de la empresa para así lograr eliminarlas.

A continuación se detallan los pasos a seguir:

3.3.1.- Identificación del Valor

Valor es un concepto de percepción de un producto o servicio. Es todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado y por el cual está dispuesto a pagar el Cliente.

Herramienta para la identificación de valor:

Todo aquello que no es valor o no ayuda a incrementarlo de forma directa y supone un coste para la empresa se denomina Desperdicio.

En la teoría Lean se identifican 7 desperdicios básicos;

LOS 7 DESPERDICIOS:

Los 7 desperdicios fueron definidos por el responsable de establecer el sistema de producción en Toyota, Taiichi Ono.

Desperdicio (“Waste” en Inglés y “Muda” en Japonés) es toda actividad que no aporta valor al producto o servicio pero que consume recursos.

Los 7 desperdicios son los siguientes:

- **SOBREPRODUCCIÓN:** Producción de referencias antes de que sean requeridas en el proceso cliente.
- **TIEMPOS DE ESPERA:** Recursos sin utilizar esperando a poder realizar una actividad.
- **TRANSPORTE Y ALMACENAJE:** Tiempo invertido en transportar y almacenar materiales o documentos.

- **TIEMPOS DE PROCESO INNECESARIOS:** Procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido.
- **INVENTARIOS:** Acumulación de materia prima, producto en curso o producto terminado.
- **MOVIMIENTO:** Cualquier movimiento (método) que no es necesario para completar una operación de valor añadido.
- **DEFECTOS:** Utilizar, generar o suministrar productos que no cumplen las especificaciones.

Es posible sin embargo identificar otro tipo de desperdicios incluidos en los 7 mencionados anteriormente o diferentes:

- Se suele incluir la “falta de seguridad” como un desperdicio más.
- Otro desperdicio que se suele incluir es el de no aprovechar las ideas de mejora de las personas de la organización.
- Otro desperdicio identifica los errores en el diseño de procesos (En la fase de ingeniería – diseño).

Niveles de desperdicios.

A la hora de detectar los desperdicios es necesario observar los procesos desde distintos niveles:

- A nivel macro (Flujo de materiales a lo largo de una planta o varias plantas): Stock o inventario, lay-out ineficiente, áreas de inspección, devoluciones de clientes, lotes de transferencias, flujo intermitente...

- En el ámbito de proceso (En una máquina o línea): Tiempo de preparación, desequilibrios entre operaciones, averías, chatarra, mermas...
- A nivel micro de operaciones (El método): Agacharse, coger y dejar, desplazarse, búsquedas,...

LA MEJORA Y LOS DESPERDICIOS:

En la base del Lean Manufacturing está el establecimiento de un proceso de mejora basado en:

- Saber qué aporta valor y qué no lo aporta.
- Eliminar o reducir las actividades que no aportan valor.

Traducido a una tarea concreta:

- Identificar el desperdicio: Del tiempo total dedicado a la tarea, habrá parte en la que se aporte valor y parte en la que no.
- Mejorar (cambiar cosas) para eliminar tiempo que no aporte valor.
- Asignar operaciones que aporten valor.

3.3.2.- Identificación de la Cadena de Valor

La cadena de Valor es una secuencia de actividades o pasos (con y sin aporte de valor) desarrolladas para conseguir un determinado producto o servicio a través de las tres tareas típicas de gestión de un negocio:

- Tareas de resolución de problemas: Desde el diseño hasta el lanzamiento de un producto
- Tareas de gestión de la información: Desde la recepción de pedidos hasta la planificación de la expedición.
- Tareas de transformación física: La transformación desde materias primas hasta producto terminado.

El análisis lleva a identificar los desperdicios actuales y definir la cadena de valor futura objetivo.

La herramienta de Lean asociada al concepto de Cadena de Valor es:

Cadena de Valor: Value Stream Mapping (VSM)

El VSM es una herramienta utilizada para analizar de forma global la cadena de valor, más allá del análisis de un único proceso y recogiendo únicamente ciertos datos generales de las distintas operaciones que se realizan. El objetivo del mapeado de la cadena de valor es obtener una perspectiva general del conjunto, no sólo de los procesos individuales, y mejorar todo, no sólo optimizar las partes. A partir de la información recopilada se debe establecer cuál es la situación objetivo con el mapa futuro de la cadena de valor.

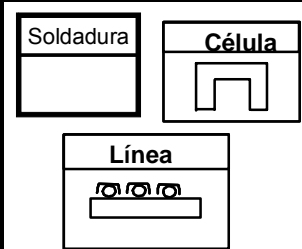
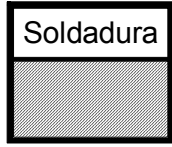

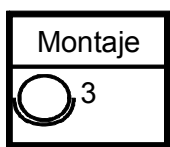
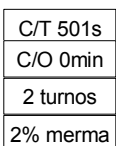
Por último se establecerá un plan de acciones donde se especificarán los cambios que es necesario realizar y los encargados de los mismos.


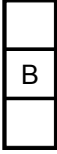


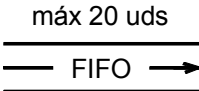
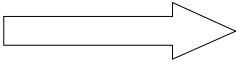

El objetivo puede ser el obtener una visión del flujo de producción “de puerta a puerta” en una planta, incluyendo la expedición del producto al cliente de la planta y la entrega de piezas y el material; o, en el caso de empresas grandes, el estudio de la cadena de valor de un producto que pasa por varias instalaciones.


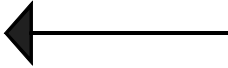

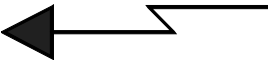

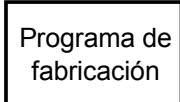

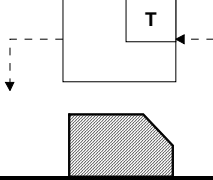
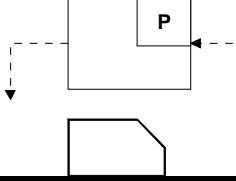

El análisis se centra particularmente en la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información. Normalmente el estudio de la cadena de valor se centra en la optimización del flujo de los materiales a lo largo de todo el proceso productivo. En la producción lean, el flujo de información se considera tan importante como el de material. De manera general el proceso de mapeado debe realizarse con el objetivo de responder la pregunta ¿cómo se puede hacer fluir la información de tal forma que un proceso haga solamente lo que necesita el próximo proceso y cuando lo necesita?

Simbología del VSM:

La metodología VSM se basa en una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados, los cuales se muestran a continuación:

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	<p>Proceso de fabricación dedicado a la familia de productos analizada</p> <p>Puesto – Célula - Línea</p>	<p>Representa un <u>área de flujo continuo</u>. Puede incluir una máquina o una célula.</p>
	<p>Proceso de fabricación compartido con otras familias de productos que no estén analizando.</p>	<p>Las conclusiones que se adopten sobre este proceso hay que contrastarlas con el resto de productos.</p>
	<p>Proceso origen o destino de la cadena de valor.</p> <p>Normalmente, el proveedor o el cliente.</p>	
	<p>Proceso de fabricación con 3 operarios asignados por turno.</p>	
	<p>Caja de parámetros. Se incluye la información que define el proceso.</p> <p>C/T (Tiempo de ciclo), C/O (Tiempo de cambio). Turnos, mermas, disponibilidad, tamaño de lote...</p>	<p>Se representa en la parte inferior del proceso.</p>

SIMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	<p>Inventario. Un punto de acumulación de material por interrupción de flujo.</p>	<p>Se anota la cantidad de unidades y los días de stock.</p>
	<p>Punto de acumulación de material. BUFFER</p> <p>Es una protección a variaciones EXTERNAS: Variación en la demanda.</p>	<p>Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo variaciones. Se puede eliminar con flexibilidad en capacidad productiva.</p>
	<p>Punto de acumulación de material. STOCK DE SEGURIDAD.</p> <p>Es una protección a problemas INTERNOS: Defectos, Averías,...</p>	<p>Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo problemas internos. Se puede eliminar resolviendo las incidencias internas.</p>
	<p>SUPERMERCADO. Dispone de una cantidad por referencia que se reponen en función del consumo registrado.</p>	<p>Se utiliza en los puntos de la cadena de valor en los que no se puede establecer un flujo continuo.</p>
	<p>Punto de acumulación de material. Sale lo primero que ha entrado. Está limitada la capacidad, si se alcanza el tope de capacidad se interrumpe el proceso de cabecera.</p>	<p>Alta variedad de productos. No se puede establecer un Super. Protege el proceso de salida.</p>
	<p>Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.</p>	
	<p>Flujo de materiales PUSH.</p>	<p>El material avanza independientemente del consumo registrado.</p>

	<p>Flujo de materiales PULL</p>	<p>El material avanza porque se ha producido un consumo de productos.</p>
<p>SÍMBOLO</p>	<p>REPRESENTA</p>	<p>OBSERVACIONES</p>
	<p>Flujo de información suministrada de forma manual (Papeles, documentos,...)</p>	
	<p>Envío por transporte de carretera.</p>	<p>Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.</p>
	<p>Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, e-mail...)</p>	
	<p>Proceso de Control. Recibe información (previsiones, consumos...), la procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.</p>	
	<p>Información. Previsiones, órdenes de fabricación...</p>	
	<p>Sistema informático (Base de Datos)</p>	<p>Sistemas ERP,...</p>
	<p>Kanban de transporte: Indica el número de componentes a retirar de un Supermercado.</p>	
	<p>Kanban de producción. Indica el número de productos a fabricar para reponer un consumo de materiales.</p>	
	<p>Tarjetero Kanban</p>	

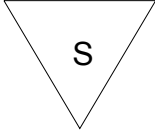
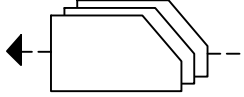
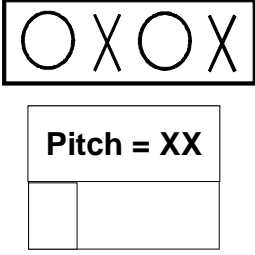

	<p>Señal Kanban. Indica el número de componentes a fabricar en un proceso que fabrique por lotes.</p>	<p>La señal kanban genera un orden de fabricar un lote para reponer un consumo (Punto de pedido).</p>
SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	<p>Lote de tarjetas kanban</p>	<p>Señal kanban: Representa un lote. (Punto de pedido)</p> <p>Lote de tarjetas: Es una acumulación de tarjetas. (Periodo)</p>
	<p>HEIJUNKA BOX. Representa una nivelación del flujo de materiales.</p>	<p>Pitch = XX (Ej, 30).</p> <p>La secuenciación está realizada en base a cantidades de trabajo fijas de 30min de duración.</p> <p>15 uds para un Takt de 2min.</p>
	<p>Acción KAIZEN.</p>	

Tabla 3.2 Simbología Estándar del VSM. Fuente: Value Stream Management; by Don Tapping, Tom Luyster and Tom Shuker.

Creación del mapa actual:

Todo mapa de cadena de valor debe comenzarse por el lado de las necesidades del cliente.

Para poder abordar cualquier tipo de mejora es necesario tener la especificación precisa del valor de un producto tal y como lo recibe el cliente. De lo contrario se corre el riesgo de mejorar una cadena de valor que en realidad suministra al cliente algo que no había pedido. Por ello es importante comenzar el mapa por las necesidades del cliente.

El siguiente segmento es el de los procesos básicos de producción. Para representar un proceso, usamos la casilla de proceso. Usamos la casilla de proceso para representar un segmento de flujo de material que sea continuo. La casilla de proceso termina donde los procesos se desconectan y se interrumpe el flujo del material.

En cada proceso deberemos cumplimentar la información siguiente:

- Tiempo de ciclo
- Tiempo de cambio
- Número de trabajadores
- Tiempo de trabajo disponible
- Tiempo de funcionamiento

A medida que se recorre el flujo de material del producto en la fábrica, se irán descubriendo los puntos donde se acumula el inventario.

Es importante dibujar estos puntos en el mapa de estado actual de la cadena de valor, porque indican dónde se detiene el flujo.

Una vez definidos los procesos por los que pasa la familia de piezas seleccionada para el análisis, procedemos a dibujar la expedición de material y la recepción del mismo, señalando los almacenes y la cadencia de expedición y entrada de ellos.

Debemos indicar el modo de transporte en el que estos materiales se transportan. Como normalmente se realizan en transporte por carretera, lo más habitual es utilizar el icono del camión, pero si las materias primas o productos terminados se transportaran de otra forma inventaríamos un icono que representara este modo de transporte (ferrocarril, barco,...).

Una vez representado el mapa de flujos de material se procederá al análisis y representación de los flujos de información.

Para ello se diferenciarán las informaciones que se realicen por vías electrónicas de las que se realicen por papel.

Es posible encontrar situaciones en las que la información se realiza verbalmente, esto es, echando un vistazo al almacén y dando orden de producir determinada cantidad en función de cálculos mentales sobre las existencias.

Se deben conectar los procesos, ya sea mediante pull, push o FIFO, para que se conozca la forma en que el material pasa a través de los procesos.

Con los datos obtenidos de la observación de las operaciones actuales dibujadas en el mapa, se puede sintetizar el estado actual de la cadena de valor.

Se dibuja una línea de tiempos por debajo de las casillas de procesos y de los triángulos de inventario para calcular el plazo de entrega de la producción, que es el tiempo que necesita una pieza para recorrer el taller de un extremo a otro, desde la llegada de la materia prima hasta la expedición del producto al cliente.

En la parte superior queda reflejado el tiempo que el inventario queda retenido en los puntos de acumulación de existencias, calculado en función de las necesidades diarias que el cliente tiene de ese producto.

En la parte inferior se reflejan los tiempos de transformación a los que se somete la pieza, esto es, el tiempo en el que se está agregando valor al producto.

Sumando tanto las partes superiores de la línea de tiempos como las inferiores, obtenemos de forma bastante precisa el tiempo de paso a través de la fábrica, esto es, el tiempo que tarda una pieza en recorrer todos los procesos y salir expedida a cliente. Este indicador se denomina *Dock to Dock* (DtD).

Si se suman únicamente las partes inferiores de la línea de tiempos se obtiene el tiempo que una pieza permanece en actividades que generan valor en la pieza, transformándola.

Si por último comparamos ambos valores suele destacar la diferencia tan grande que hay entre el tiempo que las piezas están en espera de ser procesadas y almacenadas y el tiempo que las piezas son procesadas, es decir, el tiempo en que las piezas permanecen en actividades de valor añadido.

Esta comparación en tanto por ciento es el indicador que se ha definido como Ratio de Valor Añadido (RVA).

Pasos a seguir en el proceso de mapeado:

- 1. Seleccionar la cadena de valor a analizar. Establecer objetivos.**
 - Producto o familia de productos.
 - Establecer tabla de indicadores clave de la cadena de valor.
 - Fijar objetivos principales para la cadena de Valor.
 - Desde: Proceso proveedor.
 - Hasta: Proceso cliente.
- 2. Representar el proceso cliente y sus requerimientos de flujo de materiales.**
 - Demandas medias. Lotes de transferencia.
 - Frecuencia de envíos.
- 3. Representar el proceso básico de producción. Redistribuir el mapa.**
- 4. Incluir los parámetros básicos de cada proceso.**
- 5. Representar los puntos de inventario. Unidades y días.**
- 6. Representar el proceso proveedor y sus parámetros de flujo de materiales.**
 - Frecuencia de envíos.
 - Lotes de envío.
- 7. Enlazar los procesos con los flujos de materiales.**
- 8. Completar los datos de proceso que sean necesarios.**

9. Representar el flujo de información que gestiona el flujo de materiales.

- ¿Cómo se sabe qué hay que producir, en qué cantidad y cuándo?
- ¿Cómo es la comunicación con el proceso cliente? ¿Y con el proveedor? ¿Y con el proceso interno?

10. Revisar todo. Completar los datos que sea necesario. Bajar a planta para aclarar dudas.

11. Representar la línea de tiempos.

12. Establecer Lead Time y Ratio de Valor Añadido.

Creación del mapa futuro:

Es fundamental para la consecución de una manufactura Lean eliminar las fuentes de desperdicio. La fuente más importante es la sobreproducción, es decir, producir más, más rápido y más pronto de lo que exige el proceso subsiguiente.

Lo que caracteriza a la manufactura Lean es la conexión de los procesos hacia atrás desde adelante, desde el consumidor final hasta la materia prima, a lo largo de un flujo uniforme y recto que favorezca plazos de entrega más cortos, mejor calidad y costo mínimo. Para ello se pueden asumir una serie de reglas:

Regla 1: Adaptar el ritmo de producción al takt del cliente.

El takt es la frecuencia con la que se debe fabricar una pieza o un producto en función del ritmo de ventas, para satisfacer las necesidades de la clientela.

El takt del cliente se calcula como el tiempo de trabajo disponible por turno, dividido por el volumen de la demanda (en unidades) por turno.

Es un número de referencia que da una idea de a qué ritmo debe producir un proceso. Ayuda a evaluar lo que se está haciendo y a determinar lo que se debe mejorar.

Regla 2: Crear un flujo continuo siempre que sea posible.

El flujo continuo se refiere a la producción de piezas una por una, pasando cada una de ellas inmediatamente de un paso del proceso al siguiente, sin que se atasquen las piezas entre pasos.

Como esto en muchos casos no es posible de forma inmediata se puede comenzar con un flujo FIFO “first in first out” para la interconexión de procesos,

Regla 3: Utilizar supermercados para controlar la producción cuando el flujo no se prolongue hacia atrás

Suele haber puntos en la cadena de valor donde se necesita producir por lotes, en lugar de prolongar el flujo continuo. Hay que resistir la tentación de programar estos procesos por medio de una función independiente, puesto que la programación sirve solamente para estimar lo que va a necesitar el proceso siguiente.

Para ello es posible controlar la producción encadenando los procesos a los clientes del proceso, mediante un sistema de supermercados, regulado por tarjetas Kanban.

Regla 4: Tratar de insertar la programación del cliente en un solo proceso de producción

Cuando se recurre al flujo de material por supermercados, se programará la producción en un solo punto de la cadena de valor dentro de la fábrica.

Este punto se llama proceso marcapaso, porque marcará el ritmo de todo el proceso anterior, controlando la producción.

La transferencia de material hacia a delante del proceso marcapaso a los productos terminados deben hacerse en flujo continuo, por ello el proceso marcapaso suele ser el proceso de flujo continuo que está más atrás de la cadena de valor.

En el mapa de estado futuro el proceso marcapaso será el que reacciona directamente a las órdenes externas de los clientes.

Regla 5: Nivelar la combinación de la producción

Para la mayoría de los talleres de montaje sería más fácil la planificación por largos periodos de tiempo de un mismo producto, para evitar cambios, pero esto supondría graves problemas para el resto de la cadena de valor.

Agrupar los mismos productos y fabricarlos al mismo tiempo hace difícil atender a los clientes que desean un artículo que no sea del lote que se está produciendo en ese momento.

El montaje por grandes lotes también significa que los componentes fabricados se consumirán por lotes grandes, lo cual infla los inventarios en los supermercados intercalados en la cadena de valor.

La nivelación de la combinación de productos implica distribuir la fabricación de distintos productos uniformemente a lo largo de un periodo.

Por ejemplo, en vez de ensamblar los productos “A” durante un turno completo, y los de tipo “B” en el turno siguiente, se nivelarán alternando repetidamente lotes pequeños del tipo “A” y lotes pequeños del tipo “B”.

A medida que se nivele la combinación de productos en el proceso marcapaso, se reducirá el plazo de entrega, a la vez se conseguirá tener inventarios con pocos productos terminados almacenados.

Esto permitirá también la posterior reducción de las cantidades almacenadas en los supermercados intermedios.

Pero se debe tener en cuenta que la nivelación de la producción complica el trabajo de montaje, multiplicando los cambios entre productos y obligándolo a adoptar medidas para conservar, en lo posible, una reserva permanente de todas las variaciones de componentes en un lugar cercano a la cadena. La recompensa es la eliminación de buena parte del desperdicio en la cadena de valor.

Regla 6: Nivelar el volumen de producción

La forma de comenzar con una nivelación del volumen de producción podría hacerse dando órdenes de fabricación al proceso marcapasos muy frecuentemente (cada 45 ó 60 minutos).

De la misma forma, con la misma frecuencia con que se dan las órdenes al proceso marcapaso, se retirará el mismo volumen de productos terminados. Esta práctica se llama “retiro a ritmo”.

Se llama paso de producción (o pitch) al aumento uniforme de trabajo con el cual se controla la producción.

Para calcular el paso de producción se multiplica el ciclo de producción hasta que alcance la cantidad de productos terminados que se van a transferir al proceso marcapaso. Esta cantidad se convierte en la unidad básica de su programa de producción para una familia de productos dada.

Hay muchas formas de retirar pequeñas cantidades regulares de trabajo. Una herramienta muy usada es la caja de nivelación o Heijunka. Esta caja nivela de forma conjunta la combinación y el volumen de producción.

La caja tiene una columna de casillas para tarjetas Kanban para cada intervalo de paso de producción, y la hilera de casillas Kanban para cada tipo de producto.

Las tarjetas Kanban se colocan en la secuencia deseada para la combinación y el tipo de producto.

El manipulador de este dispositivo retirará estas tarjetas y las llevará al proceso marcapaso, una por una, con cada paso de producción.

A partir de estas reglas cada empresa deberá realizar su propio análisis y definir sus objetivos a alcanzar. El diseño del estado futuro será particular de cada empresa y dependerá del grado Lean que se quiera alcanzar y de los medios de que disponga para su consecución.

3.3.3.- Instaurar un Sistema en Flujo Continuo

Definición y comparación con el flujo por lote:

La actuación más efectiva de cara a reducir “desperdicios” en una cadena de valor es la creación de flujos continuos. Se entiende por flujo continuo la integración de procesos de acuerdo a la secuencia de fabricación de manera que los productos avanzan en lotes de transferencia unitarios (aunque el lote de fabricación sea de 1000 piezas). Por el contrario, en un flujo intermitente, los procesos están aislados y la conexión entre los mismos se realiza por medio del transporte de materiales en lotes de transferencia de varias unidades.

El siguiente concepto que utiliza el lean en la creación de un flujo continuo es el Takt-time. La idea es que si todos los procesos (establecidos en flujo continuo o trabajando de forma aislada) se diseñan para trabajar al mismo ritmo que la demanda, se conseguirá que el material avance al mismo ritmo a lo largo de toda la cadena de valor y por lo tanto la acumulación de material será menor. Esto es lo que se conoce como “Sincronización”.

Beneficios esperados del flujo continuo:

- El flujo pieza a pieza elimina tiempos sin Valor añadido
- El flujo pieza a pieza reduce la necesidad de espacio
- El flujo pieza a pieza limita el stock en curso
- El control del stock en curso reduce la dispersión al sistema de producción y controla el Lead time.

A continuación se detallan las herramientas para poder lograr introducir flujo continuo en el sistema productivo:

3.3.3.1.- 5S's

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5'S, aunque no nos demos cuenta. Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri
- Ordenar: Seiton
- Limpieza: Seiso
- Estandarizar: Seiketsu
- Disciplina: Shitsuke

“Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce”

Objetivos de las 5'S:

El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo

Beneficios de las 5'S:

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que genera la estrategia de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad
- Tiempos de respuesta más cortos
- Aumenta la vida útil de los equipos
- Genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos

Definición de las 5'S :

Clasificar (seiri)

Clasificar consiste en marcar en el área o puesto de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es el llamado "etiquetado en rojo". Se coloca una tarjeta roja (de expulsión) a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Posteriormente, se llevan estos artículos a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirma que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados.

Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de la planta desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Clasificar consiste en:

- Separar en el puesto de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven
- Diferenciar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo
- Organizar las herramientas en ubicaciones donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías
- Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación

Beneficios de clasificar:

Al clasificar se preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura.

Clasificar permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos
- Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaquetamiento, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros
- Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que se requieren para el proceso en un turno, etc.
- Preparar el áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos

Ordenar (seiton)

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintar el suelo delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estanterías modulares y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como botes de basura, escobas, trapos, cubetas, etc., es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

El ordenar permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo del día a día facilitando su acceso y retorno al lugar
- Disponer de un sitio identificado para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles...
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción

Beneficios de ordenar:

Beneficios para el trabajador:

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad
- La presentación y estética de la planta se mejora, dando una imagen de orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo
- Se libera espacio
- El ambiente de trabajo es más agradable
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los lugares de la planta y a la utilización de protecciones transparentes

Beneficios organizativos:

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso
- Eliminación de pérdidas por errores
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa
- Mejora de la productividad global de la planta

Limpieza (seiso)

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga (defecto). Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Para aplicar la limpieza se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección"
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Beneficios de la limpieza:

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad

- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo (OEE)
- Se reducen los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque

Estandarizar (seiketsu)

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. La estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.

- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)

Beneficios de estandarizar:

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente
- Los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta

Disciplina (shitsuke)

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Sólo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás, mejor calidad de vida laboral, además de:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás

Beneficios de la disciplina:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas
- La moral en el trabajo se incrementa

- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegara cada día

Según Masaaki Imai (creador de la filosofía Kaizen), los 3 pilares de la mejora continua o Kaizen son:

1. La estandarización.
2. Las 5S's.
3. La eliminación de la muda o desperdicio.

Define Kaizen como el camino a la mejora de bajo coste.

1. Seiri: Organización. Distinguir entre lo necesario e innecesario.
2. Seiton: Orden. Ordenar todos los elementos que han quedado después de eliminar lo innecesario.
3. Seiso: Limpieza. Mantener las máquinas y el puesto limpio.
4. Seiketsu: Estandarización. Mantener las tres primeras S's.
5. Shitsuke: Disciplina. Construir la autodisciplina por medio del mantenimiento de los estándares.

La visión Americana es:

1. Sort: Organización. Separar lo innecesario y eliminarlo.
2. Straighten: Orden. Poner lo necesario en orden para facilitar su localización y acceso.

3. Scrub: Limpieza. Limpiar todo (herramientas y puesto) eliminando las fuentes de contaminación.
4. Systematize: Sistematizar. Rutinas de limpieza e inspección.
5. Standardize: Estandarizar. Hacer estándares que mantengan las 4S’s anteriores. Esta fase nunca finaliza.

Otro punto de vista son las 5C’s:

1. Clear out: Eliminar innecesarios.
2. Configure: Establecer un lugar de trabajo seguro y ordenado.
3. Clean and check: Puesta a cero de las máquinas. Limpiar para inspeccionar. Inspeccionar para corregir.
4. Conform: Establecer estándares de limpieza y mantenimiento, formar y mantener.
5. Custom and practice: Desarrollar el hábito del mantenimiento rutinario y la mejora continua.

3.3.3.2.- TPM (Total Productive Maintenance)

Nota: *A partir de este punto, algunas de las técnicas Lean más importantes, comenzando por el TPM, se explicarán en Anexos, con el fin de no hacer el proyecto excesivamente largo.*

El Mantenimiento Productivo Total¹ es más que un sistema o programa de mantenimiento. Es un compromiso de parte de todos los integrantes en la empresa por involucrarse en el mantenimiento y mejora de los equipos.

La palabra “total” en Mantenimiento Productivo Total tiene tres significados relacionados con tres importantes características del TPM:

- Eficacia total: la búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.
- Mantenimiento preventivo total: mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- Participación total: el mantenimiento autónomo por parte de los operarios o de pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

Así como el TQM (Total Quality Management) se esfuerza por conseguir cero defectos, TPM se esfuerza por lograr cero fallos y detenciones en los equipos. Esto se intenta lograr con técnicas de Mantenimiento Preventivo y mediante una mayor participación de los operarios.

¹ Véase Anexo 1

3.3.3.3.- Trabajar al ritmo del Takt Time (TT)

Takt-time: *El ritmo de la demanda*. El concepto del TT pretende que todos los procesos funcionen al mismo ritmo y que este ritmo sea coincidente con el ritmo de expedición (Sincronizar).

Para calcular el takt-time es necesario establecer el tiempo total disponible que equivale al nº de turnos x horas por turno y restando las paradas programadas. En ningún caso hay que restar tiempos de cambio, averías,...

No hay que confundir el takt-time con el tiempo de ciclo:

- Takt Time (TT): ¿Cada cuánto necesitan los clientes un producto?
- Tiempo de Ciclo (C/T): ¿Cada cuánto se fabrica un producto?

El tiempo de ciclo siempre será igual o inferior al takt-time. Es inferior para poder absorber tiempos de cambio, averías, sobrecapacidad, etc. Cuanto mas lejano esté el C/T del TT, mayores serán las ineficiencias del sistema productivo.

3.3.3.4.- OPF (One Piece Flow). Flujo pieza a pieza (Fabricación celular).

A la hora de diseñar el nuevo lay-out, hay que olvidarse del número de piezas que se transferirán entre procesos y el número de personas asignadas a la célula.

Hay que diseñar el lay-out como si fuese para que una única persona fabrique una única pieza desde el inicio hasta el final. De esta forma se empieza por optimizar los desplazamientos y se prescinde de zonas para acumular material. Según se avance en el diseño de la célula es posible que sea necesario ajustar el diseño inicial, pero se parte del óptimo.

Reglas para diseñar el lay-out:

- Priorizar la seguridad y la ergonomía.
- Aproximar los puestos y las máquinas para minimizar los desplazamientos.
- Eliminar obstáculos del recorrido del operario.
- Reducir el entorno de trabajo del operario para permitir la asignación de distintas tareas a distintos operarios (Célula en U).
- Eliminar espacios en donde se pueda acumular el exceso de inventario.
- Establecer alturas de trabajo adecuadas (Mesas, máquinas, puntos de carga y descarga...).
- Establecer el punto de entrada y de salida de la célula lo más cerca posible.
- Reducir el desplazamiento de retorno para iniciar un nuevo ciclo.

- Permitir asignar al mismo operario el proceso inicial y final de manera que pueda controlar en todo momento el funcionamiento de la célula.
- Evitar cargas y descargas de máquinas en sentido “de arriba abajo” o de “delante hacia atrás”.
- Hay que procurar dejar libres los laterales de las máquinas para establecer la transferencia entre puestos en el tramo mas corto.
- Utilizar la gravedad para la carga y descarga de materiales.
- Diseñar las instalaciones energéticas (aire, electricidad...) con elementos modulares situados sobre la célula para permitir futuras modificaciones y evitar la interferencia con el trabajo de la célula.
- Establecer la posición de las herramientas lo más cerca posible de su punto de uso e incorporar elementos como tensores para asegurar el retorno a su posición original una vez utilizadas.
- Retirar del entorno de trabajo manual las máquinas automáticas o en flujo continuo. Lo único que tiene que quedar dentro del entorno de trabajo son las entradas y salidas manuales.

Reglas para la gestión de materiales en la célula:

- Ubicar los materiales lo más cerca posible del punto de utilización pero sin obstaculizar el trabajo.
- Colocar el material de manera que el operario pueda utilizar las dos manos simultáneamente.

- Considerar posiciones de espera para anticipar el suministro de materiales a la célula para no retrasar las operaciones de preparación:
- Cuando en una célula se utilicen componentes diferentes en función del producto a fabricar, es especialmente importante la adopción de sistemas que eviten la posibilidad de error.
- Optar por aprovisionadores (milkrun) para realizar las tareas de aprovisionamiento. Las personas de la célula se tienen que dedicar a aportar valor.
- Reducir al mínimo las horas de material disponible en la célula.
- Utilizar sistemas pull para gestionar la producción y el aprovisionamiento de la célula.
- Diseñar los contenedores (monoreferencia o multireferencia) pensando en facilitar la labor de los operarios de la célula.
- No interrumpir el trabajo de la célula por el proceso de aprovisionamiento o retirada de contenedores.

3.3.3.5.- SMED (Single Minute Exchange of Die)

El SMED² es una técnica empleada para reducir el tiempo de máquina parada en las preparaciones. Fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en los años 70. Establece una forma de analizar las preparaciones diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

² Véase Anexo 2

3.3.3.6.-Trabajo estandarizado (SOP)

El trabajo estandarizado es un sistema de gestión para las células de fabricación. Es la clave para la productividad de la cadena de valor.

Hay tres elementos clave en el trabajo estandarizado:

- Takt-time: Es el “ritmo” de la célula.
- Secuencia de trabajo: ¿Quién hace qué? (Una secuencia para cada persona).
- WIP (Work In Process) estándar: ¿Cuál es el mínimo WIP requerido y dónde está?

El trabajo estandarizado tiene un sistema de documentación estandarizado. Tiene que ser simple, tiene que actualizarse según se introduzcan mejoras y tiene que mantenerse su cumplimiento para eliminar la variabilidad.

Utilizando el sistema de trabajo estandarizado, los responsables de las células pueden gestionar visualmente la célula. Empieza definiendo el número de personas adecuado en la célula de acuerdo al takt-time del periodo.

Hay tres herramientas visuales que facilitan la visualización de los problemas para poder resolverlos:

- Paneles de control de la producción: Producción horaria con registro de las incidencias que han originado el incumplimiento del plan.
- Niveles estándares de WIP: ¿Dónde están el WIP, dónde debería de estar, por qué no está en su sitio? Desequilibrios, averías...
- Paneles de estándares: Documentación de los estándares

Beneficios de la estandarización:

- Mejora la seguridad del operario y la eficiencia en el trabajo, estudiando con detalle los movimientos humanos.
- Asegura la calidad de los productos
- Ayuda a tener un mismo criterio entre turnos y compartir las mejoras en otras áreas
- Provee al operario la oportunidad de definir y mejorar su trabajo
- Es la base para el entrenamiento
- Controla la variabilidad
- Asegura compartir las mejoras en otras áreas

3.3.3.7.- Gestión visual

El concepto de “Fábrica Visual” refleja la transmisión del desarrollo progresivo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación que posibilite una mejora de las prácticas.

Con éste nuevo modelo de organización, se consigue que todos los detalles sean evidentes, de manera que cualquier error se hace perfectamente visible y permite detectar los problemas en su fase inicial. Se obtiene información del proceso en tiempo real y permite la realimentación on-line del sistema.

Un buen indicativo de la “Fábrica Visual” es el que transmite al instante su estado y progresión a un hipotético visitante que, de otra manera, tendría que examinar la documentación de oficina para conseguir la misma información

¿Cuáles deben ser las características de los sistemas de gestión visual?

- **SIMPLICIDAD:** No sacrificar la facilidad de uso por la funcionalidad del sistema.
- **APOYO:** Hay que proporcionar el control sobre el sistema al usuario y suministrarle asistencia para facilitar la realización de las tareas.
- **FAMILIARIDAD:** Construir el producto según el conocimiento previo del usuario, lo que le permitirá progresar rápidamente.
- **EVIDENCIA:** Hacer los objetos y sus controles visibles e intuitivos. Emplear siempre que se pueda representaciones del mundo real en la interfaz.
- **ESTÍMULO:** Hacer las acciones previsibles y reversibles. Las acciones de los usuarios deberían producir los resultados que ellos esperan.
- **SATISFACCIÓN:** Crear una sensación de progreso y logro en el usuario.
- **DISPONIBILIDAD:** Hacer todos los objetos disponibles de forma que el usuario pueda usar todos sus objetos en cualquier secuencia y en cualquier momento.
- **SEGURIDAD:** Evitarle errores al usuario proporcionándole diferentes tipos de ayuda bien de forma automática o bien a petición del propio usuario.
- **VERSATILIDAD:** Soportar diversas técnicas de interacción, de forma que el usuario pueda seleccionar el método de interacción más apropiado para su situación.

- **PERSONALIZACIÓN:** Permitir a los usuarios adaptar la interfaz a sus necesidades.
- **AFINIDAD:** Permitir, con un buen diseño visual, que los objetos sean afines a otros de la realidad cotidiana.

¿Para qué sirve la gestión visual?

1. Indicar al operario sus objetivos de producción en cada momento, teniendo en cuenta lo producido en el pasado y la capacidad futura.
2. La comunicación visual, al contrario que un traspaso de información individualizado, es común a un grupo de personas con las ventajas (sinergia del procesado común de la información) e inconvenientes que ello implica (posibles repercusiones negativas que puede generar la puesta en común de un conocimiento en concreto → precaución):
3. La transmisión de información de forma visual conlleva una autogestión implícita que puede variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades:
4. Indicadores de producción:
 - i. Indicadores de RESULTADOS: nº de referencias producidas, ventas,... → CONTROL
 - ii. Indicadores de PROCESO: % de retrabajo, nivel de calidad de los materiales utilizados, WIP,... → AUTOCONTROL. La gestión visual se decanta por este segundo tipo de indicadores

5. Fomento del trabajo en equipo:
6. Impulso a la estandarización:
 - i. Una terminología común: Permite a los diseñadores discutir con los mismos conceptos y hacer valoraciones comparativas
 - ii. El mantenimiento y la evolución: Todos los sistemas tienen la misma estructura y el mismo estilo
 - iii. Una identidad común: Lo que hace que todos los sistemas sean fáciles de reconocer
 - iv. Reducción en la formación: Los conocimientos son más fáciles de transmitir de un sistema a otro
 - v. Salud y seguridad: Si los sistemas han pasado controles de estándares es difícil que tengan comportamientos inesperados
7. La consecución de la “Fabrica visual” es un paso hacia la implantación de la filosofía Lean y la aplicación de técnicas como el Kanban o la Autonomatización

3.3.3.8.- Equipos autónomos

La organización de la producción mediante equipos autónomos, o equipos autogestionados es un sistema de gestión avanzado para la mejora continua de la actividad diaria (mantener y mejorar) que aplica los principios de calidad total (TQM) y pretende acercar la unidad de referencia organizativa a la persona.

La producción se estructura en equipos con actividades homogéneas en las que existe una gran autonomía para la gestión y la mejora en el trabajo, haciendo a cada persona “gerente” de su puesto de trabajo. Lo que se pretende es definir un marco para que las personas, a través de equipos con dimensión “humana”, se comprometan con un proceso completo de trabajo y se sientan protagonistas de sus éxitos y fracasos.

La organización de la producción en equipos autónomos consiste en transferir el máximo de responsabilidades a los trabajadores, que son quienes añaden valor al producto en las actividades productivas, desarrollando el concepto de autogestión para que cada persona pueda aportar todas sus capacidades y sea autosuficiente en su puesto, aprovechando su conocimiento y experiencia acumulada, incorporando mecanismos para detectar de forma rápida los defectos y herramientas para analizar la causa última del problema y tomar las acciones adecuadas.

Es importante destacar que la autonomía del equipo no se extiende a la toma de decisiones sobre los objetivos o la evaluación del rendimiento, que vienen direccionadas por otras áreas de la empresa aunque internamente debe existir cierta autoevaluación de los resultados obtenidos.

Características de una organización con equipos autónomos:

- El equipo es la unidad elemental de gestión.
- Un grupo de trabajadores asume la responsabilidad de la gestión de un área de trabajo con un significado propio y de su mejora.
- Recibe sentido desde el cliente o, en su caso, desde la unidad de generación de valor.
- Intenso contacto entre sus miembros: contacto visual, comunicación cara a cara siempre que sea posible.

- Interrelacionados con otros equipos, con quienes comparten objetivos (objetivos comunes) de cara a los clientes.
- Tienen un líder, que emerge de manera natural o es designado por la organización, común a todos los miembros del grupo, que participa en los trabajos del grupo como un miembro más del mismo.
- Necesitan un área/proceso/producto capaz de generar significado propio, diferenciador.
- Tienen los mismos clientes y proveedores. Mejor si están directamente conectados con clientes externos. Si no, aclarar quiénes son sus clientes internos.
- Óptimos:
 - Dimensión humana: 5-8 personas.
 - Estabilidad de los miembros del equipo.
 - Complejidad que reta la capacidad de las personas.
 - Donde la persona influye en el resultado.
- Deben negociar sus relaciones (bajo un prisma común) con el resto de áreas que les dan apoyo.
- Seguimiento del programa, participando (en la medida que sea posible) en su entrega.
- Cambios de serie dentro del programa.
- Gestión de los materiales en el área de trabajo, tanto los consumibles como repuestos, incluyendo útiles y herramientas.
- Autocontrol de la calidad y análisis y resolución de problemas.

- Mantenimiento de primer nivel.
- 5S al completo y TPM.
- Gestión de la información: recogida de datos y análisis para la mejora continua y el sistema de respuesta rápida.

3.3.3.9.- Jidoka, o automatización

La palabra "Jidoka"³ significa verificación en el proceso; cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso.

3.3.3.10.- Poka-yoke

El término "Poka Yoke"⁴ viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

³ Véase Anexo 3

⁴ Véase Anexo 4

3.3.4.- Flujo Tenso

A la hora de organizar la cadena de valor, la prioridad es establecer flujos continuos (pieza a pieza) en todos los puntos en los que sea posible. Sin embargo, hay situaciones que imposibilitan el establecimiento de un flujo continuo:

- Procesos que trabajan por lotes: Hornos, baños...
- Procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo o tiempos de preparación
- Procesos con ineficiencias en averías o defectos.
- Procesos no dedicados que sirven a distintas líneas de productos.
- Procesos alejados en los que es necesario acumular un lote de transferencia lo suficientemente grande como para optimizar el transporte.

En estos casos hay que adoptar distintos sistemas logísticos que tienen como objetivo controlar el nivel máximo de stock en curso (lead time) y generar señales de producción en función de los consumos reales en los siguientes procesos (Pull): Supermercados, líneas FIFO o CONWIP.

Hay varios conceptos alrededor de lo que se conoce como “Estrategia de producción y gestión de materiales” que es importante tener claros. Un aspecto a tener en cuenta es la forma en la que se planifica la producción:

- En función de los pedidos recibidos y conocidos. CONTRA PEDIDO.
- En función de las previsiones realizadas sobre las ventas futuras. CONTRA PREVISIÓN.
- En función de los consumos registrados en un stock. CONTRA DEMANDA.

Por último, hay una serie de parámetros o elementos que condicionan la estrategia de producción y la forma en la que se planifica:

- Plazo de entrega comprometido con los clientes.
- Lead time del proceso.
- Estructura de componentes: Modularidad y comunalidad,

Comparación sistema PUSH y PULL:

Sistemas Push.

Lanzamientos programados de trabajos basados en previsiones de la demanda. En los sistemas Push, un proceso fabrica independientemente de las necesidades que tenga el proceso siguiente.

Sistemas ligados a la utilización de MRP:

- Sobre la base de previsiones de realiza un plan de fabricación de productos finales: Plan Maestro (MPS).
- A partir de la estructura de productos, los plazos de compras y producción y la disponibilidad de recursos se explosiona el MPS para planificar los órdenes de aprovisionamiento y producción de componentes y productos finales. MRP (Materials Requirement Planning).

Reglas de la previsión de la demanda:

- Las previsiones siempre son erróneas.
- Las previsiones hay que revisarlas continuamente y cambiarlas.

- Cuanto mas lejano sea el horizonte de previsión menor será la fiabilidad del plan maestro.

Sistemas Pull.

La producción se realiza sobre la base de autorizaciones por medio de señales que se generan con el consumo real.

A corto plazo, no se realiza previsiones de la demanda. Se fabrica según la demanda real. Sí se utilizan las previsiones de la demanda y la cartera de pedidos para establecer la capacidad de la planta y dimensionar parámetros logísticos (takt-time, número de tarjetas Kanban,...).

En un sistema productivo poco flexible, con producción en lotes altos y capacidad productiva constante, la única forma de responder a la demanda es con niveles altos de stock de seguridad y puntos de pedido altos.

Requerimientos para establecer un sistema Pull en entornos de demanda variable:

- Sistema productivo flexible para poder realizar lotes pequeños y conseguir una rápida adaptación a cambios en la demanda.
- Capacidad productiva flexible para poder adaptarse a variaciones en la carga de trabajo.

Ventajas de los sistemas Pull:

- Únicamente se fabrica lo que se necesita
- Planificación automática
- Sincroniza el trabajo a lo largo de la cadena de valor

- Controla el WIP: Límite máximo.
- Controla el LT: Menor dispersión.
- Rápida respuesta a cambios en la demanda.

Necesita:

- Mejora de la calidad. Calidad en el origen.
- Reducción de tiempos de cambio
- Mantenimiento proactivo de los equipos.
- Flujo pieza a pieza

Control del flujo de materiales con sistemas Pull:

En el proceso de transformación de una cadena de valor, hay que procurar siempre que se pueda crear flujos continuos o pieza a pieza. Sin embargo, hay situaciones que impiden establecer un flujo pieza a pieza:

- Procesos que trabajan por lotes (Hornos, Baños...).
- Conexión entre procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo en los que no es posible alcanzar un equilibrado.
- Procesos no dedicados que sirven a distintas líneas de productos.
- Procesos que por la distancia es necesario crear un lote de transferencia suficientemente grande como para realizar el transporte.

- A la salida de procesos que no se pueden establecer con otros procesos en flujo continuo por problemas de pérdidas de disponibilidad (averías, tiempos de cambio altos, microparos, defectivo...)

En estos casos hay que establecer puntos de almacenaje que permitan controlar el flujo limitando el stock acumulado y generando señales pull para gestionar el flujo de materiales:

- Supermercados.
- Líneas FIFO.
- ConWip.

Las células necesitan información. La información más importante que necesitan las células es conocer qué tienen que hacer en el siguiente periodo. Los sistemas Pull son una alternativa simple que ayuda a las células a servir a sus clientes mientras se elimina la necesidad de disponer de sistemas de información complejos y caros. Los sistemas Pull se sitúan entre la célula y sus clientes y sirven para activar el trabajo que hay que hacer en la célula.

Los sistemas Pull son una de las claves del Just-in-time: Producir lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita. Los sistemas Pull existen porque no es posible establecer un flujo continuo a lo largo de toda la cadena de valor. Los sistemas Pull enlazan células o procesos por medio de señales generadas en función de un consumo registrado (o un pedido firme).

Todos los sistemas Pull tienen tres elementos:

1. LOS PRODUCTOS DE LOS PROCESOS ANTERIORES ESTÁN LISTOS: Los procesos aguas arriba han completado los productos que son necesarios en la célula. Estos productos se almacenan dónde se han fabricado y se cogen (pull) cuando se necesitan.
2. PRODUCTOS UTILIZÁNDOSE EN EL PROCESO: Son los productos retirados de los procesos anteriores y que están en proceso en la célula.
3. DISPARADOR O SEÑAL: Las señales informan de que es lo que hay que fabricar, cuándo hacerlo, dónde hay que coger los materiales, dónde hay que dejar los productos y cuantos productos son necesarios.
4. Puede ser algo tan sencillo como un contenedor vacío con una etiqueta ocupando un espacio marcado en el suelo:
 - Espacio marcado en el suelo: Indica que es un contenedor a llenar de productos. (Autoriza la fabricación de los productos por estar es esa zona).
 - Etiqueta: Indica qué productos y en qué cantidad.

Herramientas necesarias para establecer Flujo Tenso:

3.3.4.1.- Kanban

El sistema Kanban, es un sistema de información para controlar de modo armónico las cantidades producidas en cada proceso. Es una de las herramientas empleadas en la gestión de una producción “Lean”.

Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. La tarjeta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, ésta es su función principal, en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo. Se trata normalmente de una tarjeta en una funda de plástico, o de una tarjeta plastificada.

A cada tipo de pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se especifica la referencia (máquina, descripción de pieza, etcétera), así como la cantidad de piezas que ha de esperar cada contenedor para ser llenado antes de ser trasladado a otra estación de trabajo. Como regla, todos y cada uno de los procesos deberán ir acompañados de su tarjeta Kanban.

El sistema Kanban funciona bajo ciertos principios, que son los que a continuación se enumeran:

1. Eliminación de desperdicios.
2. Mejora continua
3. Participación plena del personal
4. Flexibilidad de la mano de obra.
5. Organización y visibilidad

Este sistema tiene el beneficio añadido de simplificar la burocracia, ya que, cuando la producción se ejecuta pasando instrucciones a cada proceso, algunos de estos pueden retrasarse, o la producción especulativa puede generar inventarios innecesarios. El sistema Kanban previene este despilfarro.

El sistema de producción intenta minimizar los inventarios de trabajos en proceso, así como los stocks de productos acabados. Por esta razón, requiere una producción en pequeños lotes, con numerosas entregas y transportes frecuentes.

No se utilizan las tarjetas de instrucción de trabajo y transferencia de los procesos convencionales de control. En vez de ello, los tiempos y los lugares de las entregas se especifican en detalle. El sistema se establece como sigue:

- Las entregas se realizan varias veces al día.
- Los puntos de entrega física se especifican en detalle para evitar colocar piezas en almacén y tener después que retirarlas para transferirlas a la línea.
- El espacio disponible para la colocación de piezas se limita para hacer imposible acumular excesos de stocks.

El movimiento de los Kanban regula el movimiento de los productos. Al mismo tiempo, el número de Kanban restringe el número de productos en circulación. El Kanban debe moverse siempre con los productos. El Kanban se utiliza como herramienta para la optimización de la productividad.

Funciones del Kanban:

Las funciones que el Kanban debe cumplir son las siguientes:

- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
- Dar instrucciones basadas en las condiciones actuales del área de trabajo
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas.
- Prevenir el exceso de papeleo innecesario.

La tarjeta Kanban siempre debe acompañar al material para que se puedan lograr también los siguientes puntos:

- Eliminar la sobreproducción.
- Establecer una prioridad en la producción, para que el Kanban con más importancia se anteponga a los demás.
- Facilitar el control del material.

Reglas del Kanban:

Regla 1: El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno.

Regla 2: El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Regla 3: Los productos defectuosos nunca deben pasar al procedimiento siguiente.

Regla 4: El número de Kanban debe minimizarse.

Regla 5: El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Regla 6: Kanban es un medio para evitar especulaciones.

Tipos de tarjetas Kanban:

En forma general, se acepta por lo menos 3 tipos de Kanban, que varían de acuerdo a su necesidad, y que se han denominado como sigue:

- Kanban de Producción.
- Kanban de Transporte de material.
- Kanban de proveedor.

Información necesaria en una etiqueta Kanban:

La información en la etiqueta Kanban debe ser tal, que satisfaga tanto las necesidades de manufactura como las del proveedor del material.

La información necesaria en una etiqueta Kanban es la siguiente:

- Número de referencia del componente y su descripción
- Nombre del producto completo
- Cantidad requerida
- Tipo de manejo del material requerido
- Donde debe ser almacenado cuando sea terminado

- Secuencia de ensamblaje/producción del producto

Los Kanban son tarjetas que indican u ordenan, que se vuelva a servir un nuevo pedido. Éstas describen su origen, destino, cantidad e identidad de los productos a servir. Por lo que cada componente deberá estar bien definido o clasificado por una referencia, que podrá estar compuesta por números o letras, o una combinación de estos.

Limitaciones del Kanban:

El Kanban es factible en prácticamente toda fábrica que haga artículos por unidades completas, pero no en las industrias de proceso. Sólo rinde beneficios en ciertas circunstancias:

- El Kanban debe ser una herramienta dentro de un sistema JIT
- Las partes incluidas en el sistema Kanban deben ser usadas cada día.
- Las unidades muy costosas o muy grandes no se deben incluir en el Kanban Su almacenamiento y manejo son costosos. Por lo tanto, su solicitud y entrega deben ser reguladas con precisión bajo la vigilancia de un planificador o agentes de compras.

3.3.4.2.- “Supermercados”, FIFO, CONWIP, POLCA, Bola de golf

Supermercados.

Los Supermercados⁵ son almacenes con ubicaciones predefinidas por cada referencia en los que hay un tope máximo de stock por referencia (estándar de stock). Dado que nunca se rebasa dicho tope, los Supermercados sirven para controlar el stock en curso y por derivación el lead time.

Líneas FIFO.

Las líneas FIFO⁵ son zonas de acumulación de stock que enlazan dos procesos que no puedan establecerse en flujo continuo.

ConWIP. Constant Work in Process.

Las líneas FIFO controlan el stock en curso entre dos procesos consecutivos. ¿Pero que ocurre si se quiere controlar el stock en curso acumulado en una zona de la cadena de valor con distintos procesos y rutas?

La solución es lo que se conoce como ConWIP⁵ o stock en curso constantes. En el ConWIP se establecen dos puntos de control dentro de la cadena de valor.

POLCA (Paired Overlapping Loops of Cards with Authorization)

En el POLCA⁵ el reaprovisionamiento está basado en la capacidad disponible por el proceso cliente.

BOLA DE GOLF

La Bola de Golf⁵ se utiliza para sincronizar una línea principal multiproducto con las líneas auxiliares que la abastecen, generalmente a través de la creación de kits.

⁵ Véase Anexo 5

3.3.4.3.- Nivelado – Heijunka

La adopción de sistemas Pull con Supermercados o líneas FIFO sirve para gestionar de forma automática el flujo de materiales en función del consumo registrado o los pedidos firmes.

Se define como proceso “MARCAPASOS” o “LÍNEA PRINCIPAL” al proceso situado al final de la cadena de valor y que está establecido en flujo continuo (o con sistemas de línea FIFO o Conwip) hasta el almacén de producto terminado o la expedición.

Este proceso es el que recibe los pedidos a servir o el consumo del almacén final. A partir de lo que produzca este proceso, se autoplanifica toda la cadena de valor.

A la hora de programar la fabricación, más allá de atender las necesidades netas de producción, hay que procurar nivelar el flujo de materiales evitando en la medida de lo posible la fabricación en lotes.

La fabricación en lotes parte del concepto de agrupar cantidades de la misma referencia para optimizar el proceso productivo:

- Menor número de cambios.
- Logística de aprovisionamiento mas sencilla.
- Problemas originados por la fabricación en lotes:
 - No existen los conceptos de Takt Time o Pull a los cuales la cadena de valor pueda responder. Es necesaria mayor labor de gestión.
 - El producto se mueve en “oleadas” que provocan sobrecargas o periodos ociosos.
 - Es difícil monitorizar el flujo productivo.

- Cambios continuos en secuencias de órdenes de fabricación.
- Lead time alto, retrasos en órdenes: Necesidad de un mayor stock de producto terminado para cumplir con el nivel de servicio.
- Reacción complicada ante cambios en los pedidos.

La nivelación del flujo de materiales implica distribuir la fabricación de distintos productos de manera uniforme a lo largo de un periodo.

Para poder nivelar el flujo de materiales es necesario aumentar la flexibilidad de los procesos, esto es, la capacidad para realizar cambios entre referencias con mayor frecuencia.

- La nivelación del flujo de materiales en el proceso “marcapasos” permite:
- Que el proceso se adapte mejor a la demanda y que sea más ágil ante variaciones en la demanda.
- La fabricación de todas las referencias en un intervalo menor de tiempo permite reducir el stock en curso y el Lead Time.
- Permite reducir el tamaño del Supermercado de productos terminados.
- Aplanar la demanda de los procesos anteriores.

Una de las consecuencias más típicas de no aplicar un correcto nivelado en la gestión de la producción se manifiesta en el denominado Efecto “Ola”.

El Efecto “Ola”.

Se conoce como Efecto “Ola” a la distorsión que se crea a lo largo de la cadena de valor en la cantidad de materiales demandados por no funcionar con un flujo nivelado.

A continuación se muestra un ejemplo explicativo de este efecto:

CASO 1: Cada parte de la cadena de valor trabaja contra la reposición de un stock máximo de 300 uds. El proceso final se ajusta a lotes unitarios mientras que el resto de procesos trabaja con lotes mínimos de 5,50 y 100 uds.

	Tienda: 1			DC: 5			Planta: 50			Proveedor: 100		
Periodo	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6
Ventas / Salidas	100	101	94	100	105	90	100	150	50	100	200	0
Inventario inicial	300	300	304	300	300	345	300	300	350	300	200	0
Inventario final	200	199	210	200	195	255	200	150	300	200	0	0
Inventario objetivo	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Cantidad pedido	100	105	90	100	150	50	100	200	0			

Tabla 3.3: *Ejemplo explicativo del Efecto “Ola”. Fuente: Sisteplant.*

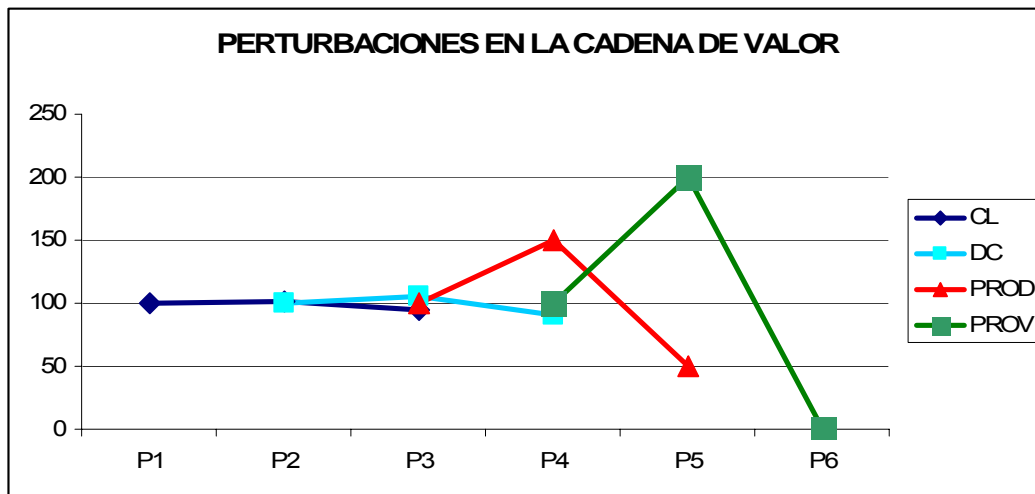


Figura 3.1: Gráfico explicativo del Efecto “Ola”. Fuente: Sisteplant

Por tanto una variación de 1 a 6 unidades en los pedidos de los clientes provoca variaciones de 200 uds en los proveedores.

¿Por dónde empezar para establecer un correcto Nivelado?

Es conveniente empezar a nivelar la producción en el proceso que activa las necesidades del resto de la cadena de valor, el proceso “MARCAPASOS”.

Una vez desarrollada la capacidad de fabricar lotes lo más pequeños posibles y de forma secuenciada, será necesario extender el nivelado a los procesos inmediatamente anteriores.

El nivelado se alcanza desarrollando la capacidad de fabricar lotes cada vez menores. A su vez se va actuando sobre la flexibilidad de los equipos (tiempos de preparación), la logística,... para conseguir el ideal de lote unitario.

3.3.4.4.- Integración de los proveedores / Milkrun

El sistema de reposición de material mediante milkrun⁶ se usa en fabricación para abastecer un área de montaje, en la que el ritmo de producción es prácticamente constante., por lo que no es necesario prever las necesidades del periodo de fabricación.

El milkrun recorre la línea de producción en unos horarios predeterminados, con una trayectoria definida, recogiendo los embalajes vacíos que se va encontrando y depositando embalajes llenos de material en los puntos en los que retiró material en su anterior ruta.

⁶ Véase *Anexo 6*

3.3.5.- Mejora Continua

3.3.5.1.- Kaizen

La palabra Kaizen proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”. El pilar fundamental que sustenta el Kaizen son los equipos de trabajo, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de producción mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación de desperdicio, identificado como “muda”, en cualquiera de sus seis formas.

La estrategia de Kaizen implica la involucración del personal. Mediante el Kaizen, la dirección guía a las personas para mejorar sus habilidades y aumentar sus expectativas en cuanto a alta calidad, bajos costes, y entrega a tiempo.

Pasos para implantar Kaizen:

El Plan de Implantación Kaizen⁷ se puede ver en el Anexo correspondiente

⁷ Véase Anexo 7

3.3.5.2.- PDCA – Rueda de Deming

A pesar de ser conocido por Deming, su principal impulsor, en realidad fue definido por Shewhart, quien lo considera como: “*un proceso metodológico elemental, aplicable en cualquier campo de la actividad, con el fin de asegurar la mejora continua de dichas actividades*”.

El PDCA⁸ analiza los datos centrándose en unas pocas prioridades. Investiga las causas de las ineficiencias aplicando la estadística y propone soluciones, orientadas preferentemente a la prevención antes que al remedio. El sistema de análisis PDCA se puede aplicar a cualquier problema de la empresa (simple o complejo) y en cualquier nivel.

El PDCA es un proceso que se realiza a través de una acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales:

- P = *Plan* = Planificar, preparar a fondo.
- D = *Do* = Efectuar, hacer. Realizar
- C = *Check* = Verificar. Comprobar
- A = *Act* = Actuar

⁸ Véase Anexo 8

3.3.5.3.- AMFE

AMFE⁹ es el acrónimo de: Análisis Modal de Fallos y sus Efectos. Es un método de prevención que mediante un análisis sistemático contribuye al esfuerzo de identificación de las causas potenciales de los problemas de mantenimiento de los equipos desde el primer momento, basándose en:

- El análisis de los posibles modos de fallo que pueden aparecer en un producto o en un proceso.
- La evaluación de la gravedad de los efectos del fallo.
- El análisis de las posibles causas que pueden generar cada uno de los modos de fallo y la evaluación de la probabilidad de que se den las causas.
- El análisis de las medidas que hay establecidas para detectar la causa antes de que origine el fallo y la evaluación del potencial de detección.

⁹ Véase Anexo 9

3.3.5.4.- 6SIGMA

Seis Sigma¹⁰ implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión. Seis Sigma es una forma de dirigir un negocio o un departamento enfocada a la calidad total. Seis Sigma pone primero al cliente y usa cálculos estadísticos y datos para impulsar una mejora en los resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se enfocan en tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
2. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
3. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

¹⁰ Véase Anexo 10

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA SOBRE EL PROCESO A SEGUIR PARA LA TRANSFORMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE CONCEPTOS LEAN GENÉRICOS EN EL ÁMBITO DEL MRO.

4.1.- Fases de la transformación Lean MRO

Para la aplicación de forma correcta de los Conceptos y Herramientas de Lean en entornos MRO, al igual que ocurre con cualquier sistema productivo, hay que seguir los pasos generales conocidos como “Principios Lean”.

En este caso se trata de transformar un sistema productivo de Mantenimiento, Reparación e Inspección (MRO) en un sistema productivo Lean MRO.

Los Principios Lean, tal y como se han presentado en el Capítulo 3, establecen la secuencia lógica que se debe seguir a la hora de implementar los conceptos y herramientas de Lean en un sistema productivo. Por tanto, el proceso de transformación Lean MRO debe seguir los siguientes pasos: en primer lugar se debe definir o tener claro cuál es el Valor principal de la actividad concreta de MRO que se está llevando a cabo; a continuación hay que establecer la Cadena de Valor que permite aportar valor al producto. Por último hay que asegurar que el sistema productivo de Mantenimiento opera en Flujo Continuo, con dicho flujo “tirado” por el cliente y en continua búsqueda de la Perfección a través de la Mejora Continua.

Para llevar a cabo estos pasos se presentan a continuación una serie de fases, que establecen el orden lógico a seguir para lograr con éxito esta transformación:

Fase 0: Adoptar el paradigma **Lean Management**. Construir la visión (directivos senior) y fijar la estrategia, se crea el equipo y se fijan las responsabilidades.

Fase 1: Definir el **Valor** de la actividad del Mantenimiento

Fase 2: Identificar la **Cadena de Valor** mediante VSM. Conocer cuándo y dónde se añade valor para identificar los desperdicios a lo largo del Programa de MRO.

Fase 3: Diseñar el sistema de producción, que en este caso se puede definir como: “MRO Production System”. De esta forma se establecerá un diseño global, teniendo en cuenta que habrá distintas fases de implementación, que normalmente son:

- a) Planificación de las actividades de Mantenimiento
- b) Diseño del proceso del Programa de MRO
- c) Diseño de Layout orientado a flujo (las operaciones basadas en el flujo):

Diseño de líneas principales y auxiliares garantizando la FLEXIBILIDAD.
- d) Equilibrado de operaciones
- e) Estandarización de las actividades
- f) Definición de líneas auxiliares y principales dentro del Programa de MRO
- g) Ubicación en punto de uso de herramientas y materiales

- h) Sistemas Pull, o flujo de las actividades de mantenimiento “tiradas” por el cliente, tanto el cliente final, como el siguiente proceso (cliente interno).
- i) Sincronización de actividades, para evitar esperas entre tareas.
- j) Poka Yokes, que ayuden a minimizar los errores en la ejecución de las tareas.
- k) Gestión visual para el seguimiento de los trabajos.
- l) Células virtuales que ayuden a lograr flujo continuo
- m) Equipos de Respuesta Rápida para resolución de problemas de la forma más rápida y eficaz posible.
- n) Organización del trabajo, cooperación y liderazgo
- o) Estabilización del sistema productivo para evitar variaciones en plazos y calidad.

Fase 4: Comunicación de la iniciativa, capacitación de cada agente de cambio.

Fase 5: Implantación.

Fase 6: Gestión de Polivalencias de los trabajadores

Fase 7: Perseguir la perfección. Asegurar la continuación de la **Mejora Continua**.

A continuación voy a exponer con mayor detalle en qué consiste cada una de estas Fases:

Fase 0: Adoptar el paradigma Lean Management.

Implica construir la visión (directivos senior) y fijar la estrategia; para a continuación crear el equipo fijar las responsabilidades.

Es necesario desarrollar dimensiones interdependientes encaminadas a lograr flujo continuo y eliminar el despilfarro. Para ello se debe involucrar a los diferentes departamentos de la organización:

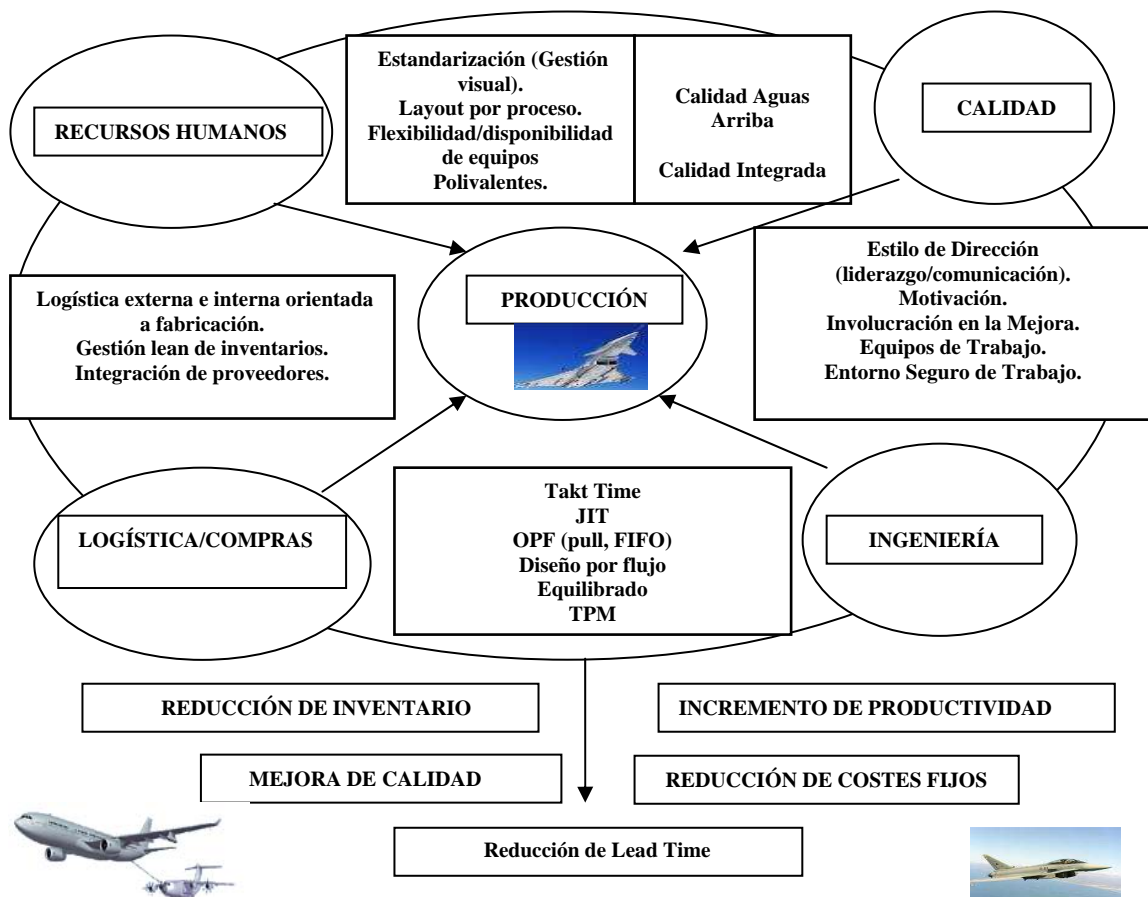


Figura 4.1. Gráfico explicativo de Lean Management. Fuente: Sisteplant

El objetivo que persigue la implantación del Lean Management es:

- Agilidad como base: mínimo lead time

- Orientación a costo; mínimo desperdicio:
 - Identificación y eliminación de trabajos sin Valor Añadido.

 - Optimizar el uso de los recursos:
 - Nivelando la carga de trabajo para reducir picos.

 - Evitando retrabajos.

 - Mejorar la eficiencia de aquellos recursos críticos.

¿Qué puede conseguir la organización con este tipo de iniciativas?

- Asegurar un sistema de mejora operativa mediante nuevos procesos y procedimientos optimizados.

- Asegurar la mejora continua de los procesos y productos, de la eficiencia, y la satisfacción de trabajadores y clientes receptores del servicio.

- Extender las mejores prácticas a lo largo de la organización, promoviendo la productividad e incrementando la motivación así como la participación de todos los implicados en el proceso:
 - Construyendo procesos y procedimientos más claros.

 - Eliminando problemas recurrentes.

Requisitos para el éxito del Lean Management:

- La implantación del Sistema Lean Management requiere la creación de un estado de opinión positivo, pasando por una fase de información y comunicación intensa.
- Lean no es un proceso más, exige un cambio de comportamientos, de mentalidad y de actuación.
- La Dirección tiene un fuerte liderazgo en todo el cambio y esto incluye la Comunicación.
- Es fundamental entender que la participación y la implicación de las personas son una vía estratégica para reducir los costes de no valor añadido y por ende la mejora de la Productividad. La toma de decisiones para la generación de las mejoras debe estar ubicada en donde se genera la actividad de cada centro, y fundamentalmente por quienes lo ejecutan.

Fase 1: Definir el valor de la actividad para el cliente (externo/interno)

Valor es un concepto de percepción de un producto o servicio. Es todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste y en un plazo de tiempo esperado y por el cual está dispuesto a pagar el cliente.

El valor lo define el cliente y lo genera la empresa; y es toda característica por la que el cliente está dispuesto a pagar dinero.

Las necesidades de los clientes son cada vez más exigentes y por lo tanto es necesario adaptar los procesos de MRO a dichas exigencias:

- Los clientes exigen cada vez un mayor nivel de calidad: Es necesario establecer un proceso de MRO con un nivel máximo de calidad.
- Los procesos de MRO tendrán que poder actuar sobre un mayor número de productos en menos tiempo, lo que equivale a una mayor exigencia en cuanto a flexibilidad (tiempos de preparación de equipos).
- Los clientes quieren productos renovados que incorporen nuevas o mejores características y funcionalidades.
- La creciente competencia hace que sea necesario realizar un esfuerzo en reducción o mantenimiento de los precios para lo cual es imprescindible abordar una reducción de costes en los procesos de MRO.
- La tendencia de los clientes es a exigir la entrega de los productos en el momento exacto en el que son requeridos, en la cantidad exacta, en el sitio exacto y en la secuencia exacta de su utilización. Esto supone que cada vez habrá entregas más frecuentes, de menor cantidad y secuenciadas.
- El tiempo de respuesta que está dispuesto a asumir el cliente cada vez es menor, por lo tanto, será necesario reducir plazos de entrega por medio de la reducción de los lead time de proceso de MRO.

Fase 2: Identificar la cadena de valor mediante VSM.

La cadena de valor es una secuencia de actividades o pasos (con y sin aporte de valor) desarrolladas para conseguir un determinado producto o servicio a través de las tres tareas típicas de gestión de un negocio:

- Tareas de resolución de problemas: desde el diseño hasta el lanzamiento de un producto.
- Tareas de gestión de la información: desde la recepción de pedidos hasta la planificación de la expedición.
- Tareas de transformación física: la transformación desde la materia de entrada hasta el producto terminado.

La herramienta VSM se utiliza para analizar de forma global la cadena de valor, más allá del análisis de un único proceso y recogiendo únicamente ciertos datos generales de las distintas operaciones que se realizan. El objetivo del mapeado de la cadena de valor es obtener una perspectiva general del conjunto que nos permita conocer cuándo y dónde se añade valor a lo largo de la cadena de valor para identificar desperdicios.

El análisis se centra particularmente en la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información. Normalmente el estudio de la cadena de valor se centra en la optimización del flujo de materiales a lo largo de todo el proceso productivo. En la producción Lean, el flujo de información se considera tan importante como el de material. De manera general el proceso de mapeado debe realizarse con el objetivo de responder la pregunta ¿cómo se puede hacer fluir la información de tal forma que un proceso haga solamente lo que necesita el próximo proceso y cuando lo necesita?

La identificación de la Cadena de Valor mediante VSM debe ser el primer paso para generar un plan agresivo orientado a la eliminación de operaciones de No valor añadido y lograr un flujo lo más continuo posible.

La metodología VSM en entornos MRO tiene la particularidad de que debe tener en cuenta el análisis de tareas no planificadas:

- Modificaciones de ingeniería, incidencias en vuelo.

- Flujo de información y de procesos generados por los defectos, en función de:
 - Categoría del defecto: menor/mayor

 - Necesidad de material (de compra, MPT, de fabricación)

- Impacto sobre el lead time.

A su vez la incertidumbre asociada a todo proceso MRO se tiene en cuenta en el VSM considerando, para cada proceso, un rango de tiempos: mínimo, medio y máximo. Así, el Lead time asociado a un proceso concreto dentro del programa de MRO vendrá determinado por los siguientes tiempos:

Proceso	
CT	Tiempo mínimo de proceso
	Tiempo medio de proceso
	Tiempo máximo de proceso
NT	Número de turnos
QT	Tiempo de cola
ST	Tiempo de preparación
DT	Tiempo de parada

Tabla 4.1. *Tiempos en procesos de MRO. Fuente: Sisteplant*

También se debe anotar la causa de la variabilidad de los tiempos:

- Disponibilidad de los recursos
- Destreza de los operarios
- Falta de estandarización
- Particularidades del proceso
- Otros

De esta forma el Lead time total de una determinada actividad de MRO será la suma de los tiempos de:

- Cola
- Preparación

- Proceso
- Parada
- Proceso
- Espera

Fase 3: MRO Production System

a) Planificación

La Planificación en entornos MRO supone:

- Una fase de preparación dedicada (la carga frontal) para cada avión y cada ciclo, con un equipo dedicado al pedido, proceso y distribución anticipada de información de necesidades.
- Sincronización de actividades.
- Lanzamiento anticipado de materiales planificados (concepto de reserva) y la creación de kits.
- Capacidad de vinculación y uso de la planificación.

b) Diseño del proceso

- La organización del proceso de mantenimiento debe contar con hitos definidos y ciclos rítmicos (takt time).
- El Camino crítico debe estar identificado en todo momento.
- Integración de todos los proveedores de servicios.

d) Equilibrado de Operaciones

El equilibrado de operaciones hace referencia a la necesidad de equiparar los tiempos de ciclo de los diferentes procesos que se llevan a cabo en las actividades de MRO para fomentar el flujo continuo, de tal forma que se minimicen los tiempos de espera entre procesos y las necesidades de inventario a lo largo de los mismos.

Para el establecimiento de un conjunto de procesos lo más equilibrados posible, se debe partir del cálculo del contenido de trabajo de cada operación, así como del cálculo del Takt Time o ritmo de producción que debe seguir el proceso de MRO para alcanzar la demanda establecida por el cliente.

Como ejemplo de equilibrado de operaciones, se presenta el siguiente gráfico, en el que se muestran 5 operaciones distintas con sus respectivos tiempos de realización.

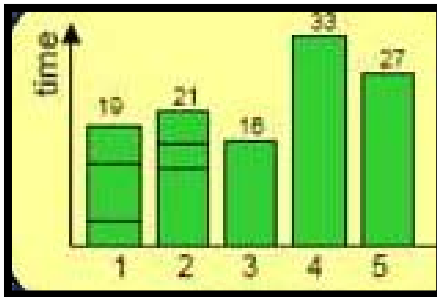


Figura 4.2. Conjunto de operaciones desequilibradas. Fuente: Sisteplant

Una vez determinado el ritmo al cual debe operar el proceso, Takt time, que en este caso son 43 segundos, se agrupan las distintas operaciones y se establecen las subdivisiones necesarias según el Takt time, como se muestra en el siguiente gráfico:

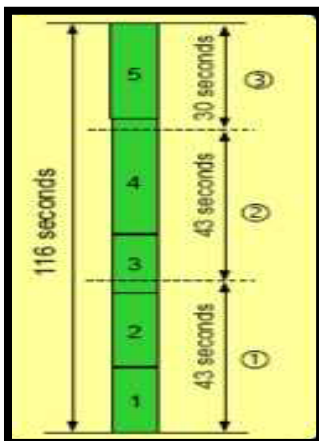


Figura 4.3. Equilibrado de operaciones. Fuente: Sisteplant

A continuación, se procede al establecimiento de la nueva distribución de trabajo, más equilibrada, para estas operaciones:

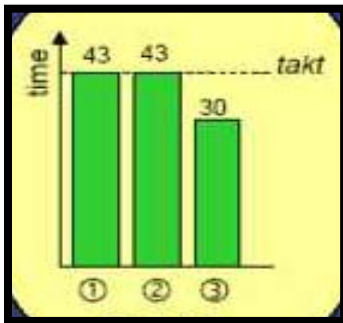


Figura 4.4. *Equilibrado de operaciones. Fuente: Sisteplant*

De esta forma se está evitando, como ocurría al principio, que haya tiempos de espera entre los procesos, y por consiguiente, la existencia de tiempos ociosos en los procesos de menor duración.

Con esta medida también se logra optimizar el número de operarios necesarios para llevar a cabo las operaciones de MRO. El número de trabajadores óptimo viene dado por la siguiente expresión:

$$n^{\circ} \text{trabajadores} = \frac{\text{TrabajoTotal}}{\text{TaktTime}}$$

La problemática principal inherente a los procesos de MRO estriba en el carácter manual de la mayoría de operaciones que se llevan a cabo en este entorno, lo cual se traduce de forma casi inevitable en tiempos de ciclo variables en los diferentes procesos, debido a que influyen de gran manera la destreza de los operadores y otras condiciones de contorno.

Para minimizar este problema, se proponen las siguientes medidas:

- Definir la secuencia óptima de operación y trabajar en estandarización.
- Identificar y reducir la variación de la duración de las tareas mediante:
 - Actividades Kaizen
 - Implantación de Poka Yokes

e) Estandarización:

Proporciona una referencia común para todos sobre la mejor forma de realizar una operación “best practice”.

Ventajas:

- Mantiene un nivel alto de calidad repetitiva.
- Contribuye a la ejecución segura y efectiva de operaciones.
- Es el punto de partida para balancear un proceso de acuerdo al Takt Time.
- Es la base para mejorar los procesos.

MRO es un entorno difícil de estandarizar, aún así un % alto de operaciones se pueden considerar repetitivas y por supuesto estandarizables.

Partiendo de los procesos que están inicialmente definidos, observamos los procesos para poder clasificar las operaciones en estándares y no estándares.

Se observan tanto los procesos de operación en la aeronave como los procesos de soporte:

- Ingeniería
- Logística y aprovisionamientos
- Calidad

Revisando las operaciones con criterios ergonómicos y de Seguridad y Salud.

f) Definición de las Líneas Principales y Líneas Auxiliares

Línea principal del proceso:

Es el conjunto de etapas que representan el camino crítico del mismo, es decir, el retraso de sus tareas condiciona el retraso global del proceso.

Línea auxiliar:

Son actividades que no forman parte del camino crítico y que se integran en el flujo del proceso mediante una señal de sincronización (bola de golf). Un ejemplo claro son los talleres auxiliares: motores, hidráulica, etc...

Buffer de seguridad:

Los Buffer de seguridad se introducen como consecuencia de que es necesario prever en la programación para las tareas críticas con recursos asignados.

El objetivo es definir un proceso relativamente predecible y repetitivo (Lead Time bajo control), para ello es necesario:

- Evitar paquetes de trabajo altos, normalmente generados por una gestión del proceso en base a hitos: la solución es contenidos de operación y transferencia reducidos.
- Reducir los efectos ola (distorsión creada a lo largo de la cadena de valor en la cantidad de materiales demandados por no funcionar con un flujo nivelado) para minimizar una posible congestión del sistema
- Soportarlo por un Layout Flexible orientado a flujo

El uso de líneas auxiliares permite:

- Reducción de stock en curso, que deben estar clasificados, premontados y estandarizados.
- Recepción sincronizada en la línea principal
- Flexibilidad a la hora de adaptarse a la llegada de una nueva aeronave.

El siguiente gráfico muestra una línea principal de ensamblado, a la que dan soporte una serie de líneas auxiliares, en donde la sincronización entre las mismas se establece a través del sistema denominado: Bola de Golf, de tal forma que las líneas auxiliares abastecen a la línea principal a través de la creación de kits para su posterior montaje.

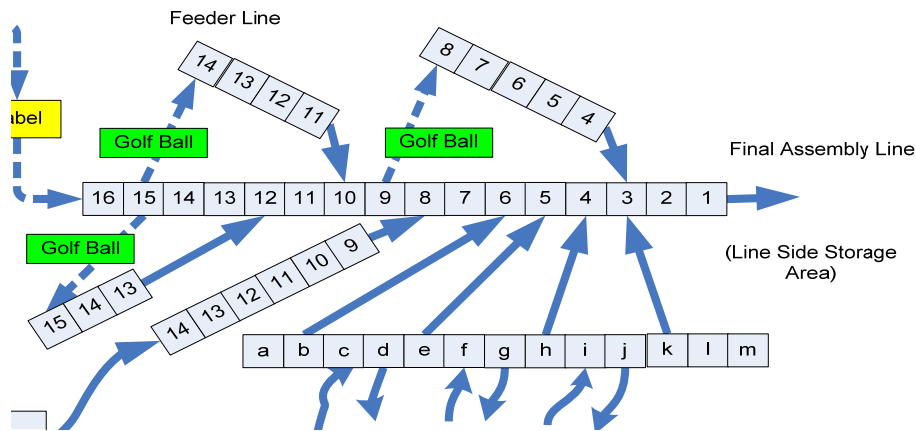


Figura 4.5. Línea Principal y auxiliares en proceso de ensamblado. Fuente: Sistepiant

g) Ubicación en Punto de Uso

La implantación de un sistema de Ubicación en Punto de Uso, implica:

- Tener los materiales preparados previamente.
- Disponer de Kits preparados en células de espera junto a la línea de montaje.

Esto nos permite evitar esperas, y una mayor sincronización entre las actividades de la Línea Principal y Auxiliares.

h) Sistemas Pull, para establecer flujo productivo “tirado” por el cliente

La producción se realiza sobre la base de autorizaciones por medio de señales que se generan con el consumo real.

A corto plazo, no se realizan previsiones de la demanda. Se fabrica según la demanda real. Sí se utilizan las previsiones de la demanda y la cartera de pedidos para establecer la capacidad de la Planta y para dimensionar los parámetros logísticos.

Los Requerimientos para establecer un Sistema Pull en entornos de demanda variable:

- Sistema productivo flexible para poder realizar lotes pequeños y conseguir una adaptación rápida a cambios en la demanda.
- Capacidad productiva flexible para poder adaptarse a variaciones en la carga de trabajo.

Ventajas de los Sistemas Pull:

- Únicamente se fabrica lo que se necesita
- Planificación automática
- Sincroniza el trabajo a lo largo de la cadena de valor
- Controla el WIP: Límite máximo
- Controla el Lead Time: Menor dispersión
- Rápida respuesta a cambios en la demanda

Necesita:

- Sistema de mejora de la calidad: calidad en la fuente. (TQM)
- Reducción de los tiempos de cambio: (SMED)
- Mantenimiento proactivo de los equipos: (TPM)
- Flujo pieza a pieza: One Piece Flow (OPF)

En el proceso de transformación de una cadena de valor, hay que procurar siempre que se pueda crear flujos continuos o pieza a pieza. Sin embargo hay situaciones que impiden establecer un flujo pieza a pieza:

- Procesos que trabajan por lotes (Hornos, Baños...)
- Conexión entre procesos con diferencias importantes en tiempos de ciclo en los que no es posible alcanzar un equilibrado
- Procesos no dedicados que sirven a distintas líneas de productos
- Procesos que por la distancia es necesario crear un lote de transferencia suficientemente grande como para realizar el transporte.
- A la salida de procesos que no se pueden establecer con otros procesos en flujo continuo por problemas de disponibilidad (averías, tiempos de cambio altos, micropagos, defectivo...)

Las células necesitan información. La información más importante que necesitan las células es conocer qué tienen que hacer en el siguiente período. Los Sistemas Pull son una alternativa simple que ayuda a las células a servir a sus clientes mientras se elimina la necesidad de disponer de sistemas de información complejos y caros. Los Sistemas Pull se sitúan entre la célula y sus clientes y sirven para activar el trabajo que hay que hacer en la célula.

Los Sistemas Pull son una de las claves del Just- in- time: Producir lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita. Los Sistemas Pull existen porque no es posible establecer un flujo continuo a lo largo de toda la cadena de valor. Los sistemas Pull enlazan células o procesos por medio de señales generadas en función de un consumo registrado (o un pedido firme).

Todos los Sistemas Pull tienen tres elementos:

- Los productos de los procesos anteriores están listos: los procesos aguas arriba han completado los productos que son necesarios en la célula. Estos productos se almacenan donde se han fabricado y se cogen (pull) cuando se necesitan
- Productos utilizándose en el proceso: son los productos retirados de los procesos anteriores y que están en proceso en la célula.
- Disparador o Señal: las señales informan de qué es lo que hay que fabricar, cuándo hacerlo, dónde hay que coger los materiales, dónde hay que dejar los productos y cuántos productos son necesarios.
- Puede ser algo tan sencillo como un contenedor vacío con una etiqueta ocupando un espacio marcado en el suelo:

- Espacio marcado en el suelo: indica que es un contenedor a llenar de productos (autoriza la fabricación de productos por estar en esa zona)
- Etiqueta: indica qué productos y en qué cantidad.

En el entorno del MRO la aplicación de los sistemas Pull fundamentalmente se centra en asegurar la presencia de repuestos así como aquellos materiales de mayor utilización en las reparaciones, por lo cual el empleo de sistemas de aprovisionamiento basado en consumos reales a través de sistemas Kanban con proveedores va a tener su principal aplicación.

Por tanto se debe trabajar en el aseguramiento del suministro de material y su disponibilidad, lo que implica:

- Estructurar las necesidades de material: identificación temprana de rupturas de stock
- Gestión optimizada de rupturas de stock: inventario optimizado
- Kits: necesidad de ordenar y entregar los materiales (Just in Time)
- Visibilidad de la disponibilidad y la ubicación de los materiales, equipamiento y componentes.
- Participación interna de la obtención de materiales e intercambiabilidad de los materiales.

i) Sincronización de actividades

La Sincronización de actividades es una herramienta de visualización de las actividades desarrolladas por la Línea Principal y Líneas Auxiliares.

También es una herramienta que garantiza la recuperación de los retrasos.

Posibles problemas de la sincronización de tareas:

- Las tareas de la línea principal pueden resultar retrasadas debido a esperas a tareas de las líneas auxiliares.
- El sistema de seguimiento de la evolución y problemática del programa más la replanificación, puede resultar poco ágil.
- Es clave la gestión de los hitos de interface entre líneas.

A su vez es muy importante el aseguramiento de la coordinación de actividades desarrolladas por las diferentes áreas dentro de la planta de MRO.

j) Poka Yokes

Los Poka Yokes son mecanismos que ayudan a prevenir los errores antes de que sucedan, o que hacen que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de la inspección, así como una reacción inmediata en el momento en que ocurren los defectos o errores. Este enfoque resuelve los problemas asociados a la vieja creencia de que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, lo que conlleva un costo muy alto.

Un sistema Poka Yoke tiene dos funciones:

- Posibilitar la inspección del 100% de las piezas producidas
- En caso de que se produzcan anomalías puede provocarse una reacción y acción correctiva.

En el caso concreto del entorno MRO para el sector aeronáutico, la estadística de errores en mantenimiento de aeronaves es la siguiente:

- Omisiones: 56%
- Instalación incorrecta: 30%
- Repuestos equivocados: 8%
- Otros aspectos: 6%

(Fuente: Sisteplant)

A la hora de intentar minimizar los errores es imprescindible tener en cuenta las fuentes de error, ya sean de tipo técnico o humano. Para ello se deben tomar las siguientes medidas:

- Componente Técnico:
 - Evaluaciones del riesgo de las condiciones de trabajo
 - Adecuación del tooling
 - Control de las condiciones de trabajo
 - Revisión de los procedimientos de trabajo
 - Revisión de las tareas y verificación de sus etapas
 - Ensayos funcionales y operacionales tras efectuar la tarea
- Componente Humano:
 - Revisiones periódicas de salud
 - Reuniones para realizar una valoración del trabajo
 - Entrevistas personales para detectar o informar sobre posibles problemas
 - Implantación de procedimientos internos

k) Gestión Visual

El concepto de “Gestión Visual” refleja la transmisión del desarrollo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación hacia prácticas deseadas:

- Todos los errores son evidentes, de manera que cualquier error se hace perfectamente visible
- Permite detectar los problemas en su fase inicial
- Se obtiene información del proceso en tiempo real y permite la realimentación on-line del sistema
- Se aprovechan sinergias al procesar la información de forma común
- Implica autogestión implícita que permite variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades.

Dentro de las actividades de la Gestión Visual, es muy importante la participación de todos los integrantes de la organización:

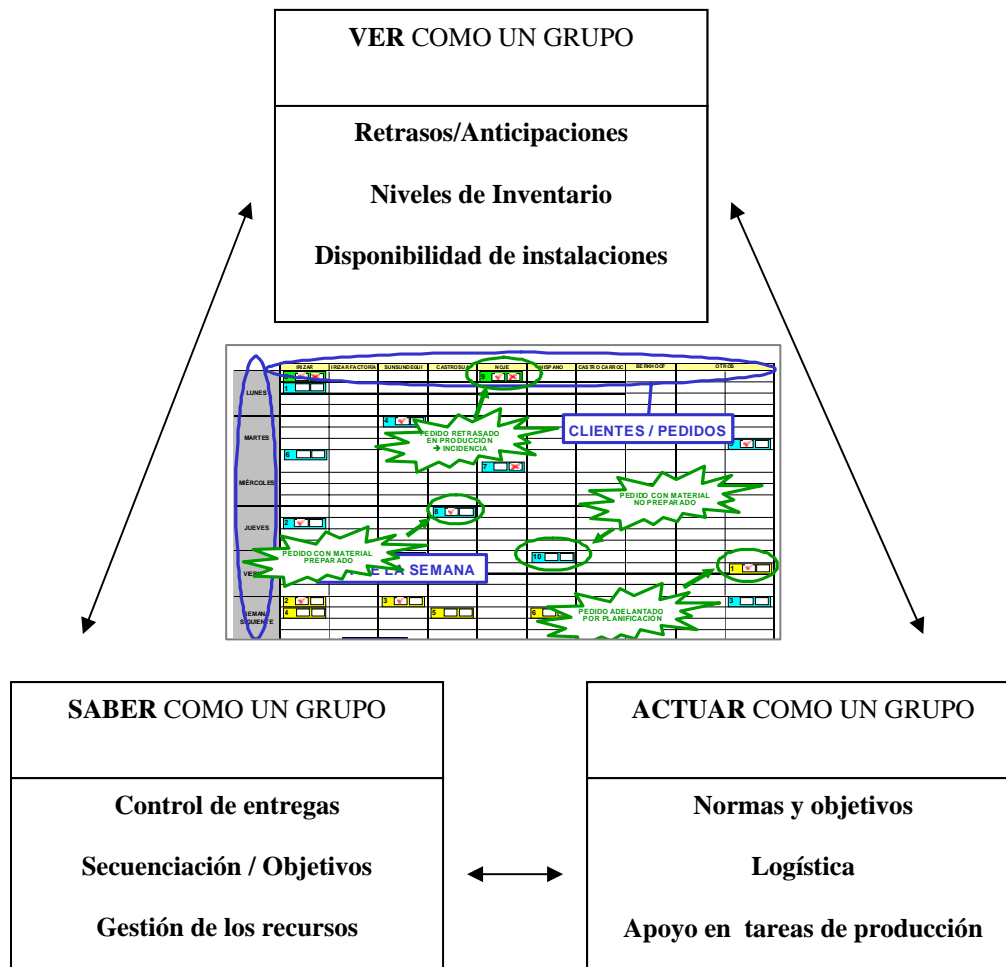


Figura 4.6. *Requerimientos de la Gestión Visual. Fuente: Sisteplant*

I) Células Virtuales (aplicación en talleres auxiliares)

Las Células Virtuales constituyen un modelo organizativo que permite gestionar instalaciones compartidas por varios productos en entornos SCAVA (Series Cortas de Alto Valor Añadido).

Consiste en gestionar dichas instalaciones como si se trataran de células reales y dedicadas a un producto seriado pero de manera flexible, es decir, permitiendo una reconfiguración rápida de las mismas.

A continuación se muestra un gráfico en el que ven las diferencias entre dos casos extremos de organización de procesos como son: Grupo Funcional y el concepto de Célula Virtual.

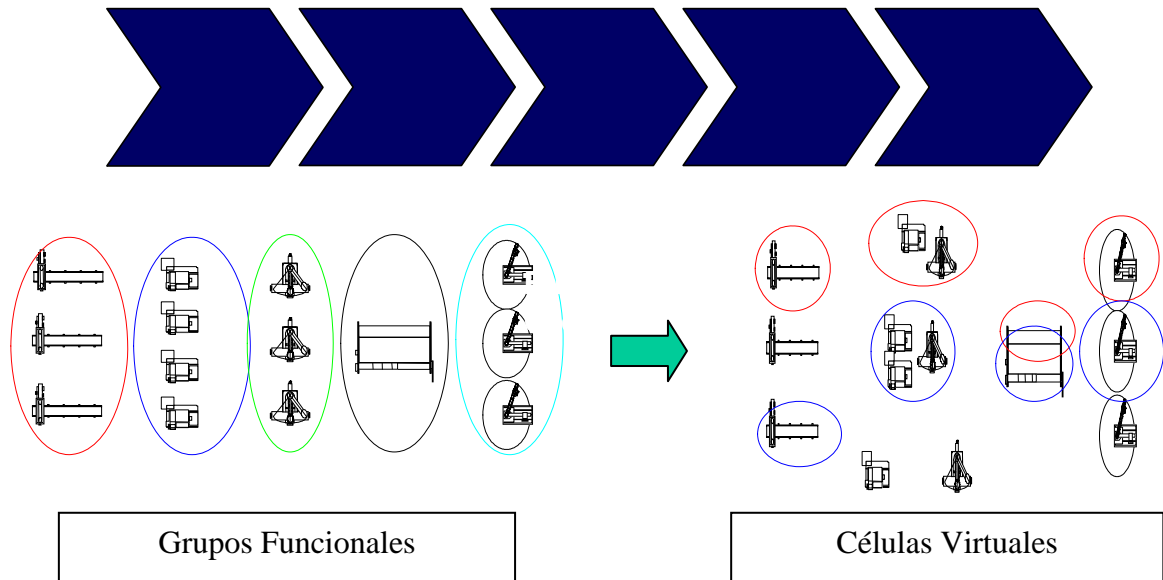


Figura 4.7. Comparativa entre Grupo Funcional y Célula Virtual.

Fuente: Sisteplant

m) Equipos de Respuesta Rápida

Los Equipos de respuesta rápida son Equipos Cross Funcional ubicado en una célula próxima a la línea de montaje que actúa como soporte siempre que se interrumpe la cadena de suministro.

Se apoyan en paneles Andon visibles desde la propia célula y desde el área de operación.

Realizan atención de la incidencia en el momento en que ocurre: permite averiguar la causa y establecer acciones de contención y mejora inmediatas.

n) Organización del trabajo, cooperación y liderazgo

Implica:

- Equipo integrado de trabajo del avión ubicado a pie de grada, establecida con miembros dedicados y responsabilidad global de la fabricación del avión.
- Reuniones de estatus regulares.
- Establecer visualización estructurada y fácil del avance de trabajo.
- Fomentar la cooperación y cultura interna de liderazgo.

o) Estabilización del sistema productivo

Para ello se requiere:

- Llegadas segura de aviones, programa de planificación estable
- Asignación de empleados flexible y mejorada
- Disponibilidad de suministro de servicios estable y recursos para cuellos de botella.
- Puesto de trabajo optimizado, incluyendo materiales operativos y herramientas.

Fase 6: Mejora de la polivalencia del equipo y polivalencia técnica

La polivalencia del equipo ayuda a la hora de optimizar la plantilla para la consecución de los objetivos de mantenimiento.

A continuación se muestran dos gráficos relacionados con el grado de aprendizaje de una nueva tarea por parte de un trabajador:

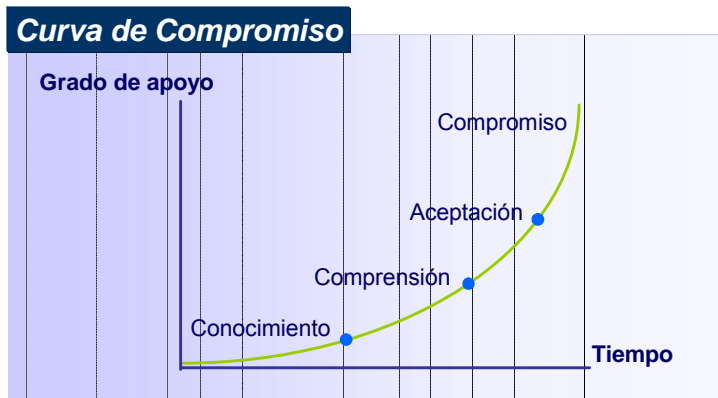


Figura 4.8. Curva de compromiso en el aprendizaje. Fuente: Sisteplant

Ejemplo de una matriz de polivalencias para la caracterización de la plantilla de trabajadores:

Fecha		MATRIZ DE POLIVALENCIA ILU - ÁREA XXXXX																																		
		Área 1										Área 2										Área 3														
COMPETENCIAS		Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy	Xxxxxx Yyyyyy		
AAAAAA	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
BBBBBB	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U				
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
DDDDDD	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
EEEEEE	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
FFFFFF	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U		
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
GGGGGG	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
	AAAAAA	U	U	U	U	L	L	L	U	U	U	U	U	L	L	L	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Figura 4.9. Matriz de polivalencias. Fuente: Sisteplant

Fase 7: Perseguir la perfección. Asegurar la continuación de la mejora continua

Mediante una correcta organización y una buena gestión del conocimiento.

Implica:

- Seguimiento del Servicio:
 - Visibilidad de avance e indicadores de evolución de objetivos

- Registro de Incidencias:
 - Análisis de riesgo y Plan de contingencias

- Gestión del Conocimiento:
 - Estandarización y mejores prácticas

 - Gestionar las lecciones aprendidas de cada proyecto permite retroalimentar a la organización que gestiona el conocimiento de la compañía y extrapolar mejoras a otras plantas

 - El conocimiento se genera en toda la organización:
 - Desviaciones en Coste y Lead Time.

 - Análisis de incidencias.

 - Gestión de No Conformidades y reclamaciones.

Subsistemas que componen el Sistema de Mejora Continua:

- **Despliegue estratégico anual.** Planes de acción para reconducir un mal comportamiento, planes de mejora para alcanzar los objetivos anuales de mejora de cada proceso:
 - Es el proceso de identificación y priorización de los proyectos de mejora continua que mejor puedan contribuir a los objetivos estratégicos de la unidad de negocio. Pretende convertir la ESTRATEGIA en ACCIÓN.
 - Busca alinear los objetivos de más alto nivel con las acciones de mejora realizadas en los niveles inferiores.
 - Está orientado a resultados cuantificables
 - Se hace anualmente

:

Ejemplo de un Despliegue anual:



Figura 4.10. Tabla indicativa de despliegue anual. Fuente: Sisteplant

- **Organización de personas** que monitorizarán el sistema a futuro y que serán los pilares de la organización para la mejora, dando soporte al resto de la organización.

- **Paneles de gestión de los procesos.**

Ejemplo de aplicación utilizado en Airbus:

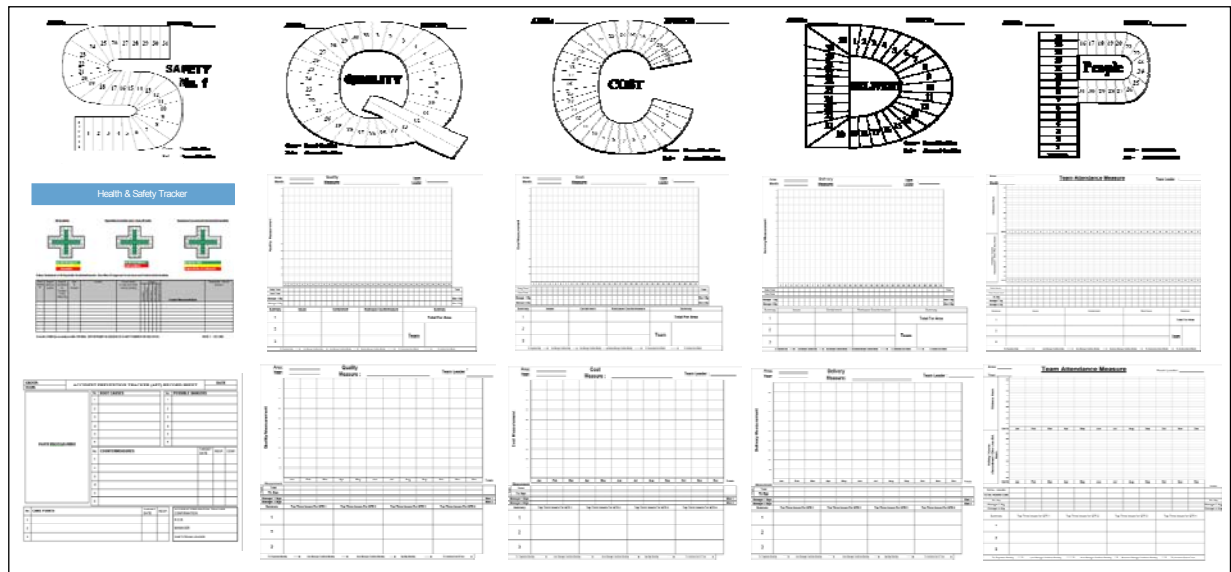


Figura 4.11. Panel de Gestión de Procesos. Fuente: Airbus

- **Foros de actuación** a diferentes niveles de la organización que garanticen una continuidad en el lanzamiento de acciones a futuro.
- **Sistemas de alarmas** y equipos de respuesta rápida.
- Herramientas que garanticen la extrapolación de buenas prácticas.

4.2.- DIFERENCIAS ENTRE LEAN MRO Y OTROS ÁMBITOS DE APLICACIÓN DE LA TEORÍA LEAN.

Los conceptos de Lean actualmente tienen aplicación en diversos ámbitos a parte del mencionado MRO:

Destacan los siguientes:

- **Lean Manufacturing:** Fabricación.
- **Lean Office:** Gestión de procesos de trabajo en oficinas.
- **Lean Services:** Gestión de procesos de trabajo en sector servicios, como Hospitales, Bancos...
- **Lean Design:** Aplicación de Lean en los procesos de Diseño.
- **Lean Logistics/Supply Chain:** Aplicación de Lean en la gestión de toda la cadena de valor de un sistema productivo, desde el cliente, transportes y almacenamiento, hasta el cliente final.

A nivel genérico los conceptos de Lean son idénticos para todas estas aplicaciones; la diferencia estriba en el ámbito y las coyunturas de aplicación propias de cada caso.

A continuación se muestra una tabla donde se pueden ver las diferencias que introduce el ámbito de aplicación, a los conceptos genéricos de la teoría Lean en tres casos concretos:

- Fabricación
- Mantenimiento
- Diseño

comparativa	Fabricación	MRO	Diseño
Definir valor	Visible y cuantificable en cada actividad	Visible y cuantificable en cada actividad	Mayor dificultad de visibilidad. Mayor sencillez de identificación de las actividades que no aportan valor.
Identificar la cadena de valor	Flujo de información y flujo de materiales a través de VSM	Flujo de información y materiales a través de VSM: identificación de la cadena crítica	Flujo de información y flujo de conocimiento a través de PDVSM
Continuidad en el flujo	Obsesión por el flujo continuo. Recursos dedicados	Lograr continuidad en el flujo a través de coordinación con líneas auxiliares y suministro de repuestos	Buscar continuidad en el flujo de información. La interacción entre recursos es, en este caso, positiva
El cliente “tira” del flujo	Flujo PULL a ritmo de la demanda (takt)	Flujo PULL a ritmo de la demanda	Cada tarea del proyecto tiene que ir dirigida por las necesidades del cliente interno (procesos eficientes) y externo (necesidades del mercado)
Perfección	Cultura de la mejora continua. Repetitividad del proceso sin errores.	Cultura de la mejora continua. Gestión del conocimiento adquirido para reducir el Lead Time de reparación.	Cultura de la mejora continua aplicada a proyectos de diseño. Gestión del conocimiento adquirido para acelerar la innovación.

Tabla 4.2. *Comparativa entre diferentes entornos de aplicación de Lean.*

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN A MRO AERONÁUTICO

5.1.- SITUACIÓN DEL MERCADO AÉREO COMERCIAL EN LA ACTUALIDAD

Previo a analizar en detalle un ejemplo de aplicación de Lean en entorno MRO (punto 5.2), así como el proyecto real en el que he podido participar en Sisteplant (Capítulo 6), me ha parecido conveniente comenzar por exponer, a modo de introducción, las principales características del sector aéreo comercial desde un punto de vista fundamentalmente económico, ya que éstas han propiciado la necesidad de introducir los Conceptos y Herramientas Lean en las actividades de mantenimiento de las flotas de aeronaves de las compañías aéreas en las últimas dos décadas.

Para la realización de esta breve introducción me he valido de dos fuentes distintas, por un lado, los datos proporcionados por la compañía Shannon Aerospace, de la que precisamente se detallará el ejemplo de aplicación Lean MRO antes mencionado, así como la Edición española de Foreign Policy (Aerolíneas), la cual describe el sector aéreo comercial desde un punto de vista económico dando respuesta a una serie de cuestiones o dudas que se han planteado sobre este sector en los últimos años.

Actualmente las empresas que obtienen un mayor beneficio en el sector aéreo comercial son:

- Los aeropuertos
- Las autoridades de aviación
- Los bancos y las empresas de leasing
- Las empresas fabricantes
- Las compañías de fuel

(Fuente: *Shannon Aerospace*)

Por contra las compañías aéreas están viendo reducidos sus márgenes de ganancia por cada “asiento” que venden.

De hecho, se ha llegado a una situación, fruto de la gran competencia reinante entre las diferentes líneas aéreas, en la que los precios ofertados por algunas compañías para diferentes vuelos han caído estrepitosamente.

Basta poner el ejemplo de la compañía aérea de bajo coste Ryanair, la cual ha ofertado para diferentes rutas y según qué fechas, asientos por valor de £0.99, excluidas las tasas propias del vuelo.

A continuación se describen las principales características económicas del sector aéreo comercial, dando respuesta a una serie de afirmaciones que se han planteado sobre él:

"La industria del transporte aéreo se hundirá"

Nunca. Nombres tan conocidos como Canadian, Swissair y TWA han desaparecido. En el último lustro ha habido una sangría de casi un millón de euros por hora y se han acumulado pérdidas de unos 36.000 millones de euros. Pese a esto, no parece probable el hundimiento total. Más de 2.000 millones de personas vuelan cada año, cifra que crece casi un 6% anual. Se transporta mercancía valorada en casi 3 billones de euros por vía aérea anualmente. De tal modo, la globalización, tal como la conocemos, se detendría sin la industria aeronáutica.

Sin embargo, es cierto que muchas compañías aéreas atraviesan dificultades. Hasta el momento, el 50% de las aerolíneas estadounidenses han presentado una declaración de quiebra, entre ellas Delta, Northwest y United Airlines. Sólo en 2007 perdieron casi 7.000 millones de euros. Pero en el resto del mundo el panorama no es tan negativo. Las líneas europeas cubren gastos y algunas incluso obtienen beneficios. Y las asiáticas están en su quinto año consecutivo de ganancias, con cerca de novecientos millones de euros en 2008. Lo que está claro es que, en una industria competitiva, todas se juegan el mantenerse a flote.

Muchos negocios se han fortalecido con la reducción de las barreras arancelarias, pero las compañías aéreas todavía deben hacer frente a enormes obstáculos. Esta industria fue una de las primeras en operar a escala mundial, pero aún espera recoger los beneficios de la globalización. ¿Adquirimos coches o medicamentos en función de la nacionalidad de los accionistas de una empresa?

Si un egipcio puede alojarse en un hotel singapurense de Hamburgo, ¿por qué no puede volar un australiano con una compañía aérea brasileña de México D.F. a Miami? Las aerolíneas dan trabajo a 29 millones de personas y representan casi 2,5 billones de euros en la actividad económica mundial. Muy pocas industrias tan vitales para la salud de la economía global siguen viéndose tan limitadas por reglas arcaicas sobre la propiedad.

"Las compañías nunca serán rentables"

No exactamente. Una compleja combinación de factores ha conducido al actual estado de crisis de la industria. Para empezar, gran parte de los costes de una aerolínea son fijos. El 10% de ellos van a parar a proveedores únicos, como los aeropuertos y los servicios de navegación aérea. La mano de obra es notablemente cara y supone una media del 20% de los costes en Asia, del 30% en Europa y del 38% en Estados Unidos. Y uno de los gastos más volátiles para las aerolíneas, el precio del petróleo, se ha disparado. Hoy día, el combustible representa un desembolso de más de 80.000 millones de euros, lo que supone una media del 25% del coste. Si el precio del *oro negro* en 2008 hubiera sido el de 2002, es decir, unos 20 euros el barril, las compañías aéreas habrían registrado unos beneficios del 5%. Las aerolíneas han respondido con una mayor reducción y racionalización de gastos, pero esto es como combatir una enfermedad grave con cirugía estética.

Las compañías aéreas serían rentables si se gestionaran como una industria global igualmente estratégica: la de las telecomunicaciones. Cuando este sector fue liberalizado en la década de los 90, mercados clave como los de Reino Unido, Alemania y Japón vieron bajar las tarifas que podían ofrecer a los consumidores un 30% o más. Las compañías aéreas experimentaron la misma caída de precios.

Entonces, ¿por qué la industria global de las telecomunicaciones goza de tan buena salud, mientras las aerolíneas siguen perdiendo miles de millones?

Una vez más, la respuesta es la consolidación. Unas pocas empresas del sector de las telecomunicaciones se han desarrollado hasta convertirse en multinacionales. Un ejemplo de ello es la compañía británica Vodafone, que opera con su propia marca en prácticamente todos los mercados importantes del mundo. A ninguna línea aérea se le permite acercarse lo más mínimo a ese modelo de éxito, hasta el momento.

"La demanda sigue siendo escasa"

No. Pese a los atentados del 11-S y los brotes de gripe aviar, la demanda del transporte aéreo ha alcanzado un nivel récord, y se espera que crezca una media del 6% anual. La gente necesita volar. Y lo que es más importante, la gente quiere volar. El flujo aéreo mundial sólo ha descendido dos veces en las tres últimas décadas. La primera, durante la guerra del Golfo, cuando quebraron cuatro importantes compañías estadounidenses; la segunda, de 2001 a 2003.

Si nos guiamos por la historia, el mercado mundial de las aerolíneas se duplicará en tamaño cada 15 años, lo que significa que, para 2020, el número de pasajeros crecerá de 2.000 a 4.000 millones. La cantidad de mercancía transportada por el aire aumentará de 39,5 a 79 millones de toneladas. Además, el tráfico aéreo suele crecer al doble de velocidad que el PIB. Por eso, en las economías emergentes, la demanda será particularmente elevada. Air India ha encargado 68 aviones Boeing, y nuevas compañías baratas, como Kingfisher y SpiceJet, han emprendido el vuelo en India, donde está previsto que la demanda aumente un 12% anual durante los próximos cuatro años. El ritmo de crecimiento será aún mayor en China.

Casi 30 millones de chinos viajaron al extranjero el año pasado; la Organización Mundial del Turismo calcula que esa cifra superará los 100 millones en 15 años. El volumen de pasajeros que el *gigante asiático* recibe también aumentará, a medida que se convierta en el primer destino turístico, con 137 millones previstos en 2020.

"Volar nunca ha sido tan seguro"

Sí, pero algunas zonas son menos seguras que otras. Pese a las dificultades financieras, las compañías aéreas siguen ofreciendo la fórmula más fiable de viajar. En 2004, 428 personas perdieron la vida en accidentes. Pero los aviones transportan 2.000 millones de pasajeros al año. Comparemos estas cifras con las de 1945, cuando el avión fue el medio elegido por nueve millones de personas y se registró un número de fallecidos similar al de 2004. Década tras década, las aerolíneas se han convertido en un medio para viajar cada vez más infalible.

Pero, hoy día, la realidad es que las cifras difieren mucho de una región a otra. La tasa de accidentes en África, por ejemplo, es casi siete veces más elevada que la media global. Los cielos africanos sólo son surcados por el 4,5% del tráfico mundial total, y, sin embargo, son el escenario del 25% de los accidentes aéreos. Como ocurre con otros sectores, muchos países en vías de desarrollo simplemente no disponen de los suficientes recursos económicos o humanos para invertir en seguridad. Asimismo, las aerolíneas con recursos limitados suelen operar con aviones más antiguos, lo que requiere un mantenimiento más riguroso. Pese a todo, en la mayor parte del mundo las garantías en este sentido nunca han sido tan buenas. La primera auditoría internacional de calidad en la gestión de la seguridad en las aerolíneas está consiguiendo mejoras en todo el planeta. Aunque sólo lleva funcionando dos años, 140 compañías, que representan el 70% del tráfico global, ya se han adherido a este programa puesto en marcha por la industria aeronáutica.

"El bajo coste salvará el sector"

No exactamente. Cualquier usuario frecuente de aerolíneas sabe que volar nunca ha sido tan barato. Las compañías relativamente nuevas como la estadounidense JetBlue, la malaisia Air Asia y la brasileña Gol han irrumpido en escena en medio de la crisis financiera más importante de la industria y han tenido éxito. Southwest es la línea aérea con mayores beneficios de EE UU, y la irlandesa Ryanair registra sistemáticamente unos márgenes de beneficios netos de más del 20%. Estas empresas han forzado cambios beneficiosos para los consumidores y para el sector.

Las aerolíneas están inmersas en la carrera para evolucionar hacia una industria de bajo coste, pero las compañías baratas por sí solas no dispondrán de los medios para llevarnos hasta cualquier lugar. Su modelo funciona con éxito sólo en los trayectos de duración inferior a tres horas. Asimismo, estos vuelos suelen evitar los aeropuertos más importantes. Y, al hacerlo, no pueden conectar con redes que se extienden por todo el mundo. Además, estas líneas comenzaron sus operaciones con una enorme ventaja en cuanto a los costes: no tenían el legado de décadas de negociaciones laborales. Estas diferencias se irán limando a medida que el tiempo pase, las operaciones ganen complejidad y los costos hagan su aparición en el proceso.

La diferencia de precios entre este tipo de compañías y las grandes aerolíneas se ha reducido de un 93% a un 66% en sólo tres años. El éxito de Southwest y Ryanair es una excepción en el sector. La mayoría de sus competidoras no generan el suficiente dinero como para cubrir sus costes de capital. Y, aunque algunas registren beneficios, muchas más entran en quiebra. Lo más probable es que este tipo de compañías y las aerolíneas tradicionales coexistan o se fusionen. Esto se hará cada vez más evidente a medida que aumente la competencia en la industria.

"No hay espacio para la innovación en el transporte aéreo"

Incorrecto. Ya hay nuevas ideas para hacer que volar sea una experiencia más agradable y eficiente en el futuro. El concepto de los vuelos que sólo oferten plazas en primera clase está ganando terreno. Las compañías tradicionales, como Lufthansa, así como las recién llegadas, como Eos y Maxjet, operan en rutas transatlánticas estratégicas con aviones que sólo ofrecen este tipo de asientos. Hace poco, Boeing realizó el vuelo sin escalas más largo del mundo: 23 horas de Hong Kong a Londres. Aerolíneas de 13 países distintos han encargado el Airbus A380, una aeronave de dos pisos y capacidad para 555 pasajeros, que tiene previsto iniciar sus vuelos comerciales en 2008. Es posible que algunos de estos aparatos dispongan de habitaciones privadas y servicios de belleza. El presidente de Virgin Atlantic, Richard Branson, ha propuesto llevar turistas al espacio, y planea utilizar algún día residuos de centrales como combustible para su flota. Y unas cuantas compañías nuevas están construyendo aviones ultraligeros con motor a reacción, que podrían dar servicio de taxi aéreo a pequeños aeropuertos regionales.

Hace 20 años, nadie hubiera imaginado que el aeropuerto de Dubai se convertiría en un epicentro de los desplazamientos globales. En 2025, los mercados con mayor movimiento podrían ser lugares que hoy están en la periferia. El tráfico aéreo en Asia sustituiría fácilmente al de América del Norte y Europa en tamaño e importancia. Es probable que, en un futuro, existan menos compañías aéreas. Y no todos los países tendrán su bandera impresa en la cola de un avión. Si se permite que actúen con libertad, las fuerzas del mercado encontrarán la mejor fórmula de transportar personas y mercancías de forma segura y barata por todo el mundo. En última instancia, ésa será la única manera de volar para la industria de las aerolíneas.

Fuente: *Foreign Policy, Aerolíneas, (edición española)*

A modo de resumen simplificado, se muestra la siguiente figura, que muestra las principales variables que afectan a este sector:

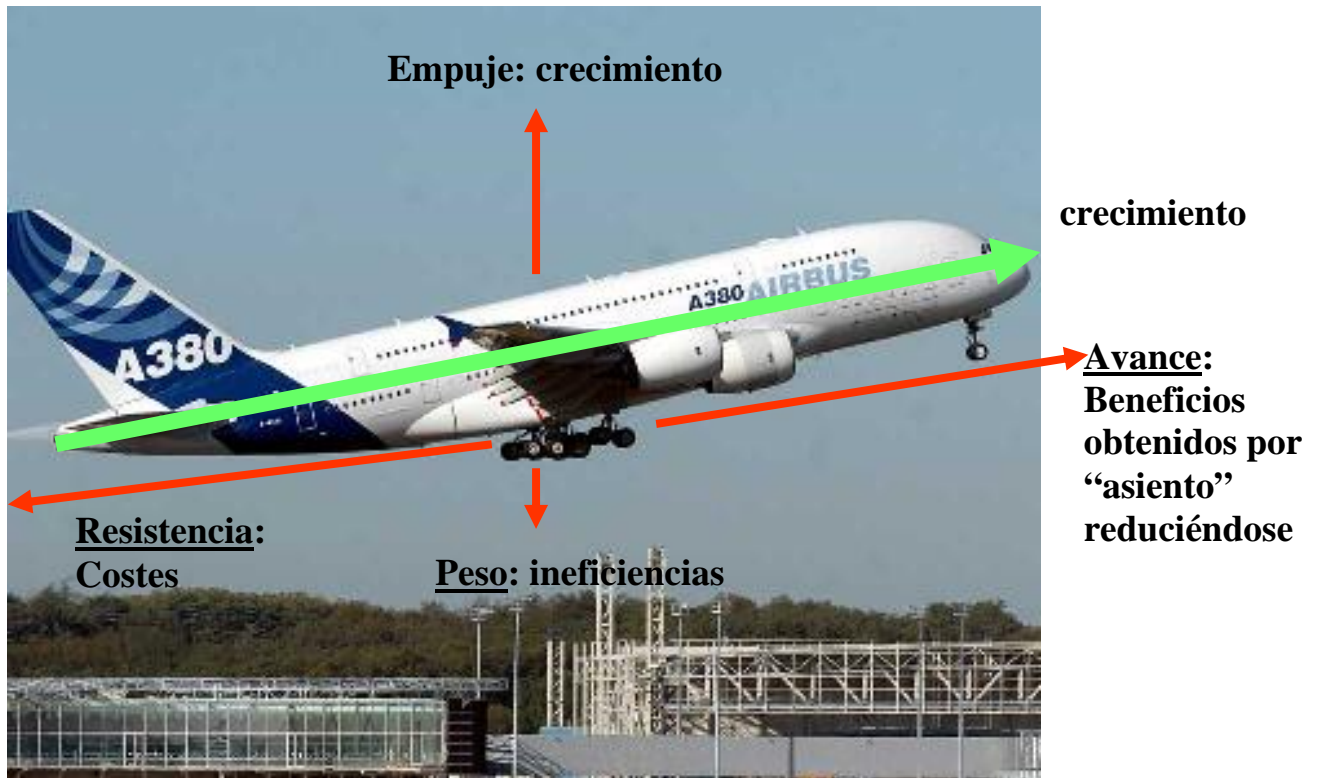


Figura 5.1. Analogía de variables que afectan al sector aéreo comercial.

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, las dos opciones PRINCIPALES que tienen las compañías aéreas para aumentar sus beneficios son, fundamentalmente, dos:

- Aumentar su flota de aviones
- Incrementar su disponibilidad

La segunda opción es más barata y por lo tanto en la que deben concentrarse los esfuerzos.

De esta forma la aplicación de los conceptos y herramientas Lean ayudará en esta labor: reducir los tiempos y costes de las actividades de inspección y mantenimiento, para maximizar la disponibilidad de la flota.

La necesidad de aplicar metodología Lean en las actividades de MRO se fundamenta en:

- Un contexto caracterizado por:
 - La necesidad de obtener una agilidad extrema de respuesta
 - Recesión y eliminación radical de despilfarros
 - Sofisticación tecnológica de equipos
 - Deficiencia en el nivel de formación
- Las necesidades relativas a este entorno, a su vez, son:
 - Anticipación y planificación para demanda variable en operaciones complejas
 - Comunicación ágil y trabajo en equipo para lograr una mejor adaptación a nuevos procesos
 - Reducción continua de los tiempos de respuesta
 - Identificación y eliminación de los cuellos de botella

- Transformación de la cultura de la empresa, para reducir costos, mejorar el producto de salida y mejorar la competitividad
- Mejora de la eficiencia operacional y minimización del downtime del servicio

¿Qué es lo que se pretende obtener a través del Lean MRO?:

- Reactividad del servicio frente a imprevistos.
- Costes de mantenimiento reducidos y reduciéndose.

5.2.- REVISIÓN DE EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE LEAN EN EL MANTENIMIENTO DE AERONAVES

Shannon Aerospace para Lufthansa:

5.2.1.- Introducción

A continuación se detalla un ejemplo de éxito en la aplicación de Lean al MRO aeronáutico, llevado a cabo por la empresa irlandesa Shannon Aerospace. En este ejemplo voy a detallar cómo en Shannon Aerospace han aplicado los diversos Conceptos y Herramientas de Lean para lograr mejoras en los programas de mantenimiento de las flotas de aviones de sus clientes.

También me sirve para mostrar al lector cómo, efectivamente, han ido siguiendo los pasos de la metodología expuesta en el capítulo anterior, a la hora de implementar las mejoras mediante Lean en el ámbito del MRO aeronáutico.

Shannon Aerospace es una empresa subsidiaria al 100% de Lufthansa Technik AG, empresa, líder mundial, en actividades de MRO, la cual tiene su principal base en Hamburgo, Alemania.

Por su parte, Shannon Aerospace, tiene su planta de producción en Dublín, Irlanda, y ésta se especializa en actividades de inspección y mantenimiento estructural intensivo en los aviones de los fabricantes: Airbus, Boeing y McDonnell Douglas.

Datos adicionales sobre Shannon Aerospace:

- Shannon Aerospace realizó su primera actividad de inspección y mantenimiento sobre un avión en el año 1992.

- Su carga de trabajo se distribuye actualmente de la siguiente forma:
 - 40%: aviones de la compañía Lufthansa
 - 60%: aviones de otras compañías

- En la actualidad da empleo a 815 trabajadores

- Capacidad de trabajo actual:
 - 40 revisiones tipo D al año
 - 20 revisiones tipo C al año

5.2.2.- Proyecto de aplicación Lean MRO llevado a cabo por Shannon Aerospace

En primer lugar, en Shannon Aerospace fijaron un objetivo principal a la hora de implementar las mejoras en las actividades de mantenimiento de las aeronaves a través de Lean:

Maximizar la disponibilidad de las flotas de aviones para sus clientes

Las actividades concretas que realizan en la planta de Shannon Aerospace son las siguientes:

- Revisión tipo D: también denominada, Gran Parada
- Revisión Estructural tipo C
- Programas frente al envejecimiento de los aviones
- Operaciones estructurales
- Modificaciones de equipos
- Renovado de interiores
- Prevención y control frente a corrosión
- Completo desmantelado y pintura

En Shannon Aerospace siguieron una secuencia lógica a la hora de llevar a cabo la transformación Lean MRO. Esta secuencia se corresponde en gran parte, con la Metodología de transformación Lean MRO expuesta en el capítulo anterior.

A continuación se muestran las fases de dicha transformación:

En primer lugar fijaron una serie de Estrategias a la hora de realizar esta transformación:

Fase 0: Lean Management, fijación de la estrategia

Las estrategias marcadas por Shannon Aerospace fueron:

- Visión lean: No trabajando más duro: identificar y eliminar desperdicios
- Establecer método Shannon Aerospace, propio, para integrar Lean en las actividades de inspección y mantenimiento.
- Obtención de resultados y mejor ambiente de trabajo
- Hacer crecer el negocio del MRO en el sector aeronáutico
- Utilizar una herramienta de fabricación (Lean Manufacturing) en una aplicación de servicios IMPREDECIBLE, como es el mantenimiento aeronáutico.
- Introducción en entornos MRO de Cadena de Suministro y Lean Enterprise
- El dividendo de calidad
- ¿Qué piensan los clientes después de todo?

Una vez establecida la estrategia, definieron cuál es el principal Valor de la actividad realizada por Shannon Aerospace:

Fase 1: Propuesta de valor/ Identificación del Valor

En Shannon Aerospace enumeraron las siguientes tres propuestas de Valor referidas a sus actividades de mantenimiento:

Propuesta 1: Mejorar la disponibilidad de la flota de aviones de sus clientes.

Propuesta 2: Ofrecer valor en áreas de coste bajo el control de las compañías aéreas.

Propuesta 3:

- Aumentar el grado de Previsibilidad de las tareas de mantenimiento que deben llevar a cabo.
- Fiabilidad del producto final obtenido
- Autorización para transportar

Fase2: Identificación de la Cadena de Valor, Eliminar desperdicios

El procedimiento habitual o secuencia de pasos (Cadena de Valor), que seguían en la planta de Shannon, previo a la introducción de las mejoras mediante Lean, para la realización de las reparaciones era la siguiente:

- Diagnóstico de fallos
- Administración: *¿es imprescindible?*
- Desplazamientos: *desperdicio*
- Almacenamiento: *desperdicio*
- Desplazamientos: *desperdicio*
- Adquisición de herramientas: *desperdicio*
- Desplazamientos: *desperdicio*
- Reparaciones

La herramienta que utilizaron para la detección de dichos desperdicios a lo largo del proceso de MRO, fue: Identificación de la Cadena de Valor y su representación a través del VSM (VSM Actual).

Esta herramienta garantiza, a través de su análisis, preservar el valor de la actividad, estandarizar el proceso lo más posible y eliminar los desperdicios.

En la figura 5.2 se muestra una imagen de un VSM Actual elaborado por Shannon Aerospace. Esta imagen sirve para ilustrar cómo se confecciona en la realidad, un VSM (actual o futuro), en este caso Actual.

Si bien en esta imagen que proporciona Shannon Aerospace no deja claro qué tareas son y a qué actividad de mantenimiento se refieren, sí que es útil para que el lector adquiera una idea general del procedimiento de elaboración y análisis del VSM:

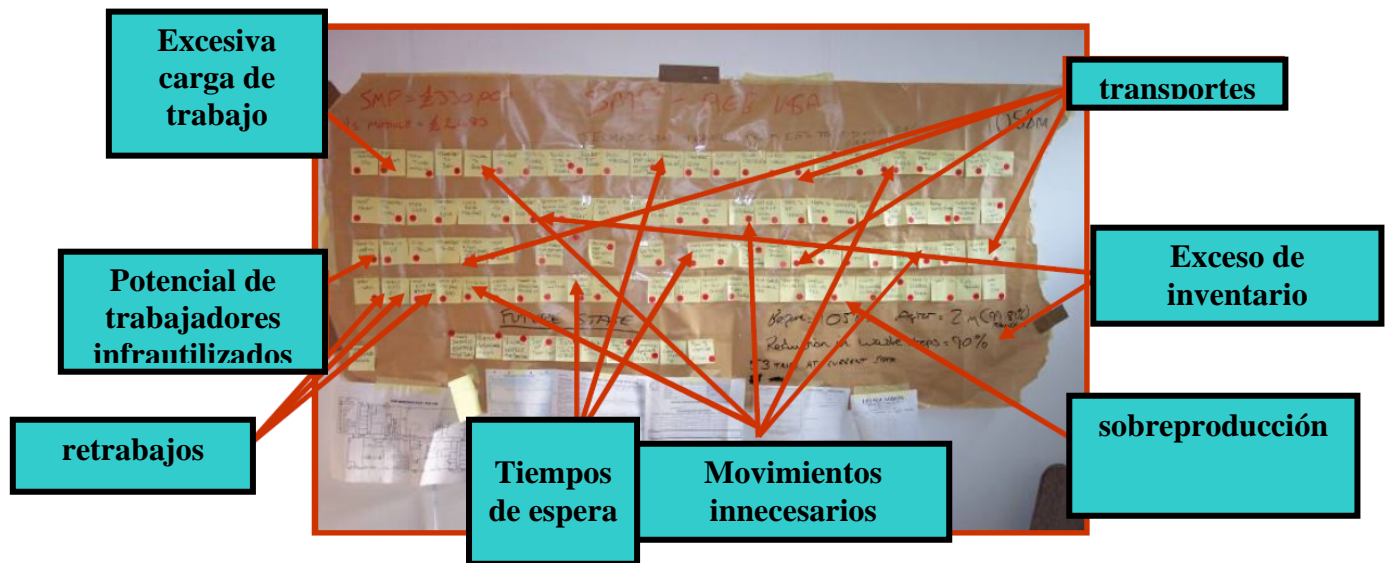


Figura 5.2. VSM de una actividad de MRO en Shannon Aerospace. Fuente: Shannon Aerospace

De esta forma, se indican las diversas tareas del Programa de MRO por separado, en cartulinas amarillas, en las que se indica el nombre de la tarea y sus principales características: tiempo de ciclo, número de turnos, tiempo de cola, tiempo de preparación y tiempo de parada. En la figura 5.3, perteneciente al proyecto real de Lean MRO que se detalla en el siguiente capítulo, se puede ver con mayor claridad este concepto:



Figura 5.3 Imagen real del VSM de una actividad del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

En esta imagen se puede ver cómo se representan cada una de las tareas individualmente, indicando sus principales características, siguiendo el formato de tabla estándar (explicada en el Capítulo 4, Fase 2): para las tareas de un Programa MRO:

Proceso	
CT	Tiempo mínimo de proceso
	Tiempo medio de proceso
	Tiempo máximo de proceso
NT	Número de turnos
QT	Tiempo de cola
ST	Tiempo de preparación
DT	Tiempo de parada

Tabla 5.1. *Tabla estándar para la indicación de las características en tareas de MRO.*

Fuente: Sisteplant

A la hora de elaborar el VSM tanto Actual como Futuro, es muy importante emplear el tipo de simbología estándar para VSM que se ha mostrado anteriormente en este documento (Capítulo 3, Tabla 3.2), de tal forma que toda la información que se refleja en él pueda ser entendida por todos los interesados de la misma forma.

De esta manera una vez elaborado el VSM se procede a analizar e indicar todos los desperdicios que actualmente están presentes en el Programa de MRO. En la figura 5.2 también se puede ver como en Shannon Aerospace resaltaron los desperdicios que están presentes en la actividad de MRO que representan en el VSM Actual.

Por otro lado, también elaboraron los denominados Diagramas de Spaghetti para analizar los desplazamientos y transportes a lo largo de las diferentes actividades del mantenimiento. Al igual que en el caso del VSM, esta herramienta también permite preservar el valor, estandarizar el proceso y eliminar los desperdicios, que en este caso son desplazamientos y transportes en exceso.

A continuación se muestra un ejemplo de Diagrama de Spaghetti que realizaron en Shannon:

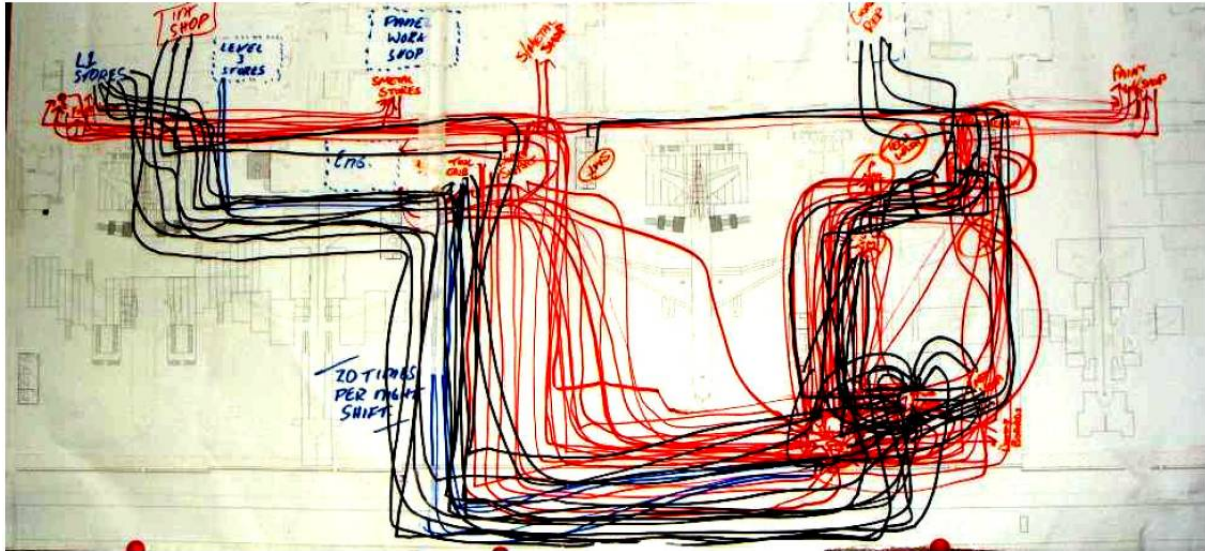


Figura 5.4. Diagrama de Spaghetti de una actividad de MRO en Shannon Aerospace.

Fuente: Shannon Aerospace

A partir del VSM actual y habiendo analizado los desplazamientos a través del Diagrama de Spaghetti se configura el VSM Futuro que representa la situación a la cual se pretende llegar, y que por lo tanto, refleja las mejoras introducidas.

En Shannon elaboraron el siguiente:

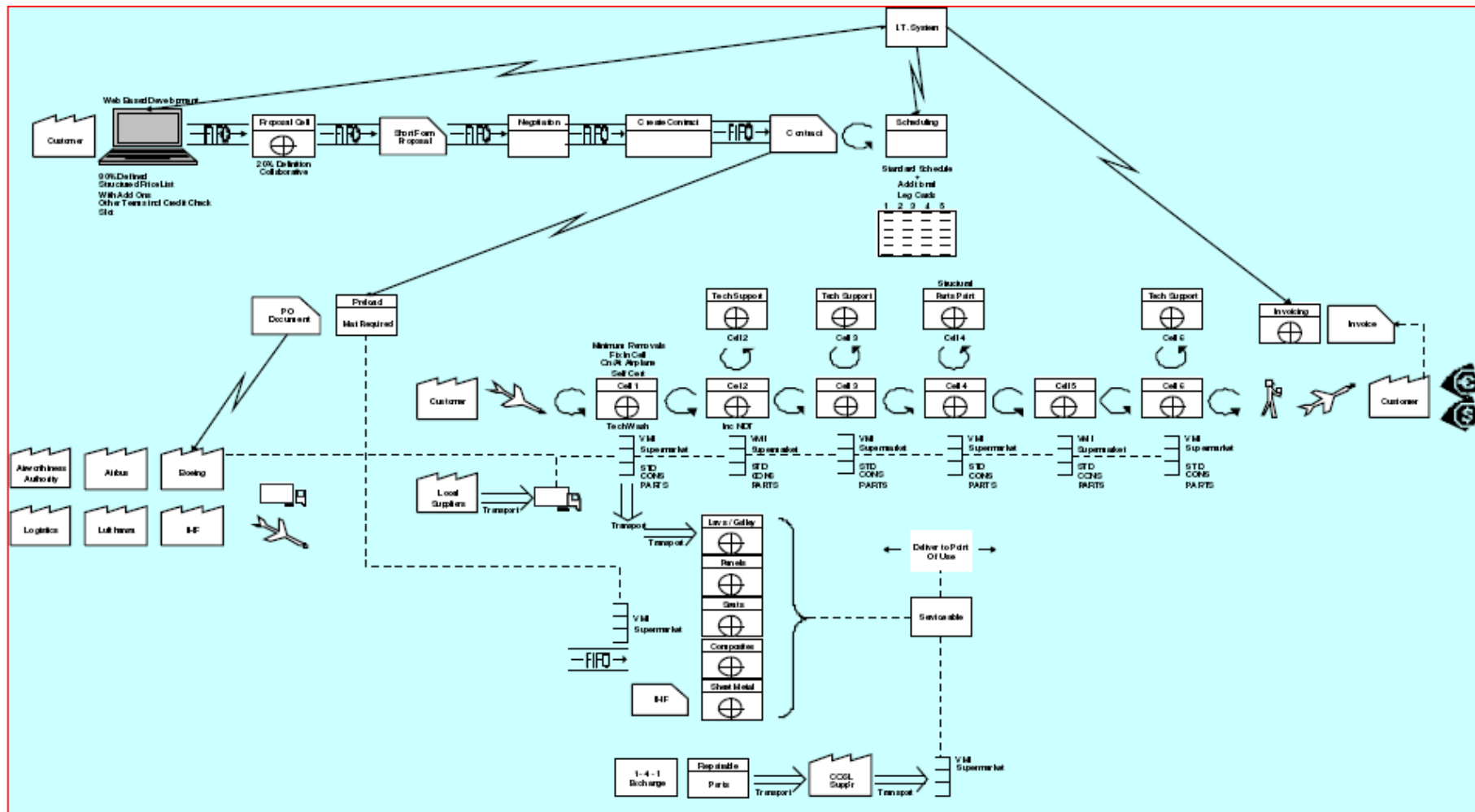


Figura 5.5. VSM Futuro del Programa de MRO en Shannon Aerospace. Fuente: Shannon Aerospace

A continuación voy a analizar en detalle este VSM Futuro, para que el lector vea sobre un ejemplo real cómo se elabora un VSM y la información que permite representar:

En el VSM Futuro elaborado por Shannon se representan 4 cadenas de procesos claramente diferenciados:

1.-Negociación y establecimiento del contrato con el cliente en función de las necesidades de mantenimiento a llevar a cabo.

2.- Programación de los trabajos de mantenimiento

3.-Flujo de materiales y componentes del avión: asientos, paneles, planchas metálicas, composites, lavavos y galleys, así como los componentes que se pueden reparar, para en último término asegurar su disponibilidad en el Punto de Utilización correspondiente.

4.-Sucesivas células de fabricación, las cuales se relacionan entre ellas mediante flujo PULL en las que se llevan a cabo las distintas fases del mantenimiento.

A continuación se resalta en el VSM Futuro estos procesos:

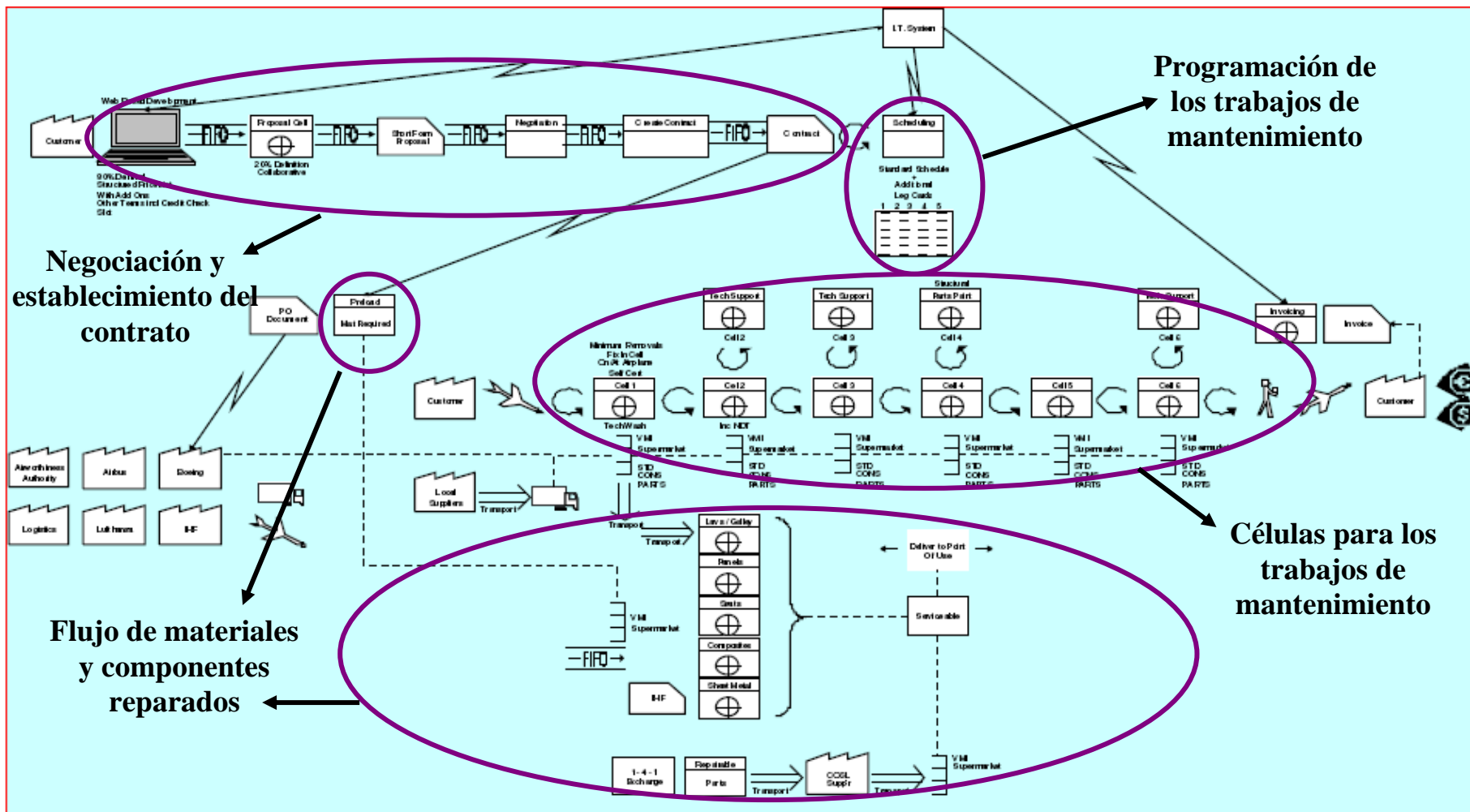


Figura 5.6. Cadenas de Procesos en el VSM Futuro del Programa de MRO en Shannon Aerospace. Fuente: Shannon Aerospace

Analizando en detalle el VSM Futuro, se puede ver que han utilizado los elementos estándar de representación, según la teoría del VSM, para indicar los diferentes procesos de su Programa de MRO, desde la llegada del avión a la planta, hasta la entrega final al cliente:

1) En primer lugar en el VSM deben figurar los procesos de origen y destino de la cadena de valor, es decir, quién es el proveedor y el cliente final.

A su vez debe representarse en qué etapas a lo largo de todo el programa de MRO entran en disposición ambos agentes.

El formato de representación para los procesos Proveedor y Cliente es el mismo:



Indicando, eso sí, dentro del gráfico, si se trata de un cliente o un proveedor determinado.

A continuación se resalta en el VSM Futuro ambos conceptos:

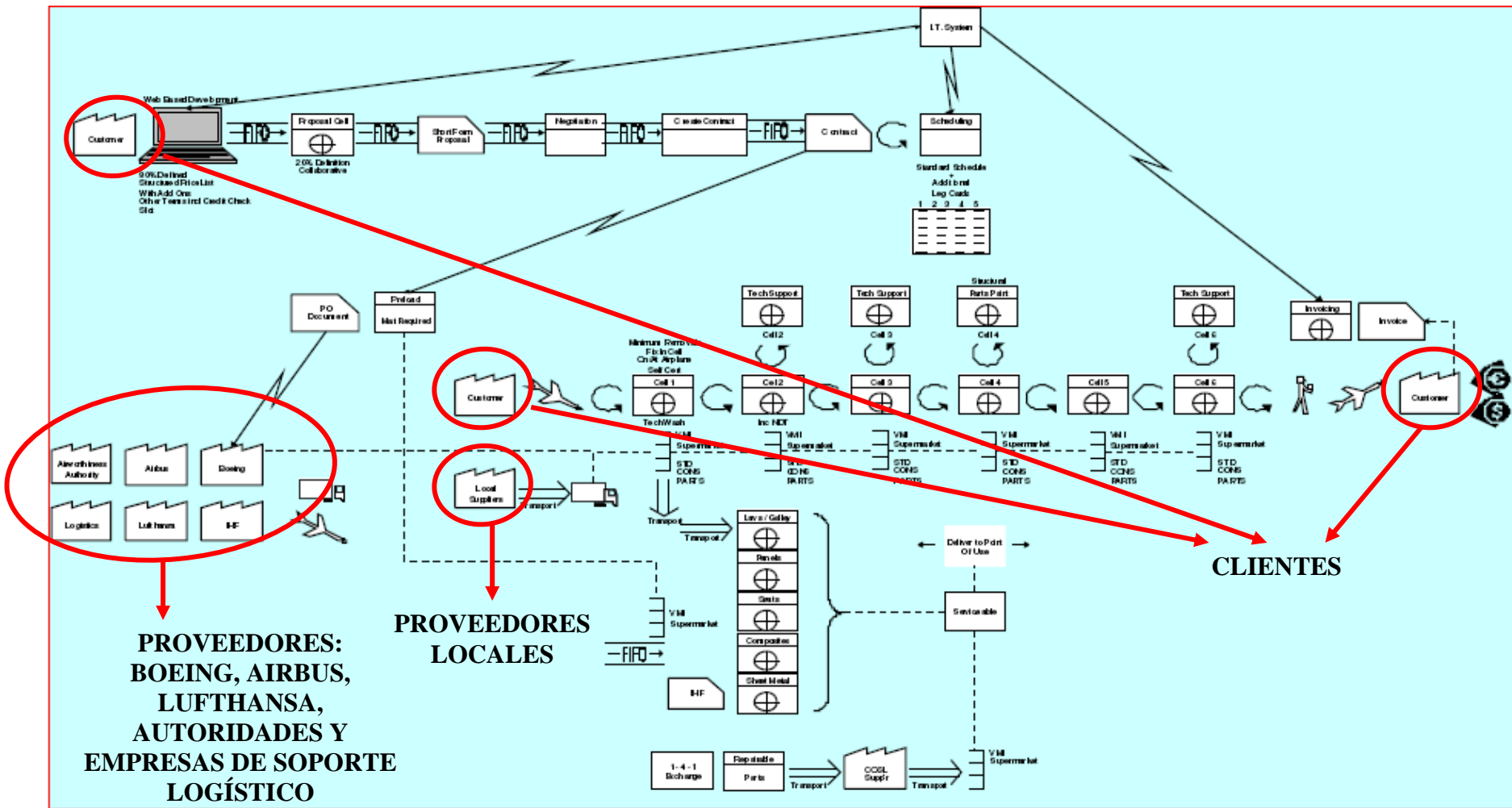


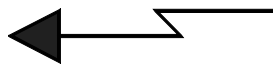
Figura 5.7. Proveedores y Clientes en el VSM Futuro del Programa de MRO en Shannon Aerospace. Fuente: Shannon Aerospace

2) Han representado tanto los flujos de información como los de materiales, ambos igual de importantes.

En el caso del flujo de materiales han implementado flujo Pull entre los sucesivos procesos de mantenimiento, de tal forma que sólo se realizan los trabajos en función de los requerimientos del proceso cliente, tanto interno (siguiente proceso del programa de mantenimiento) como externo. Para ello han empleado el formato estándar para indicar Flujo Pull de Materiales, que es el siguiente:



En el caso del flujo de información, el formato estándar de representación es:



A continuación se enmarcan ambos conceptos en el VSM Futuro:

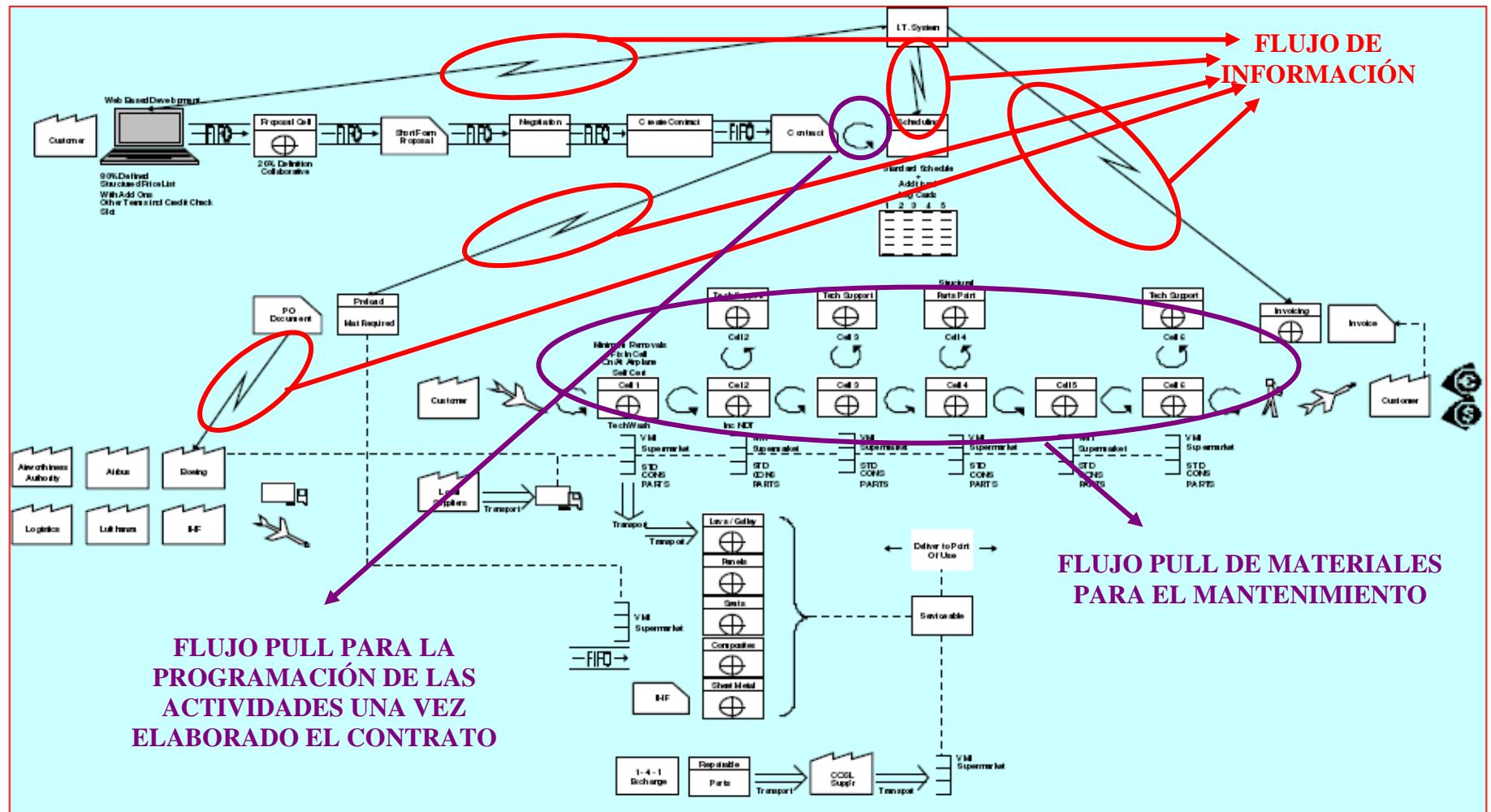


Figura 5.8. Flujo de Información y Materiales en el VSM Futuro del Programa de MRO. Fuente: Shannon Aerospace

3) Han empleado también dos herramientas Lean para garantizar la continuidad del flujo productivo cuando se trabaja según flujo Pull, como son:

- Supermercados, cuyo formato estándar de representación es:



Notar que se ha dotado a cada célula del proceso de mantenimiento, de un Supermercado individual, para asegurar que no falte en ningún momento el material o componente necesario para cada célula y asegurar así la continuidad en los trabajos.

- Líneas FIFO; cuyo formato estándar de representación es:



Ambas herramientas se enmarcan a continuación en el VSM Futuro:

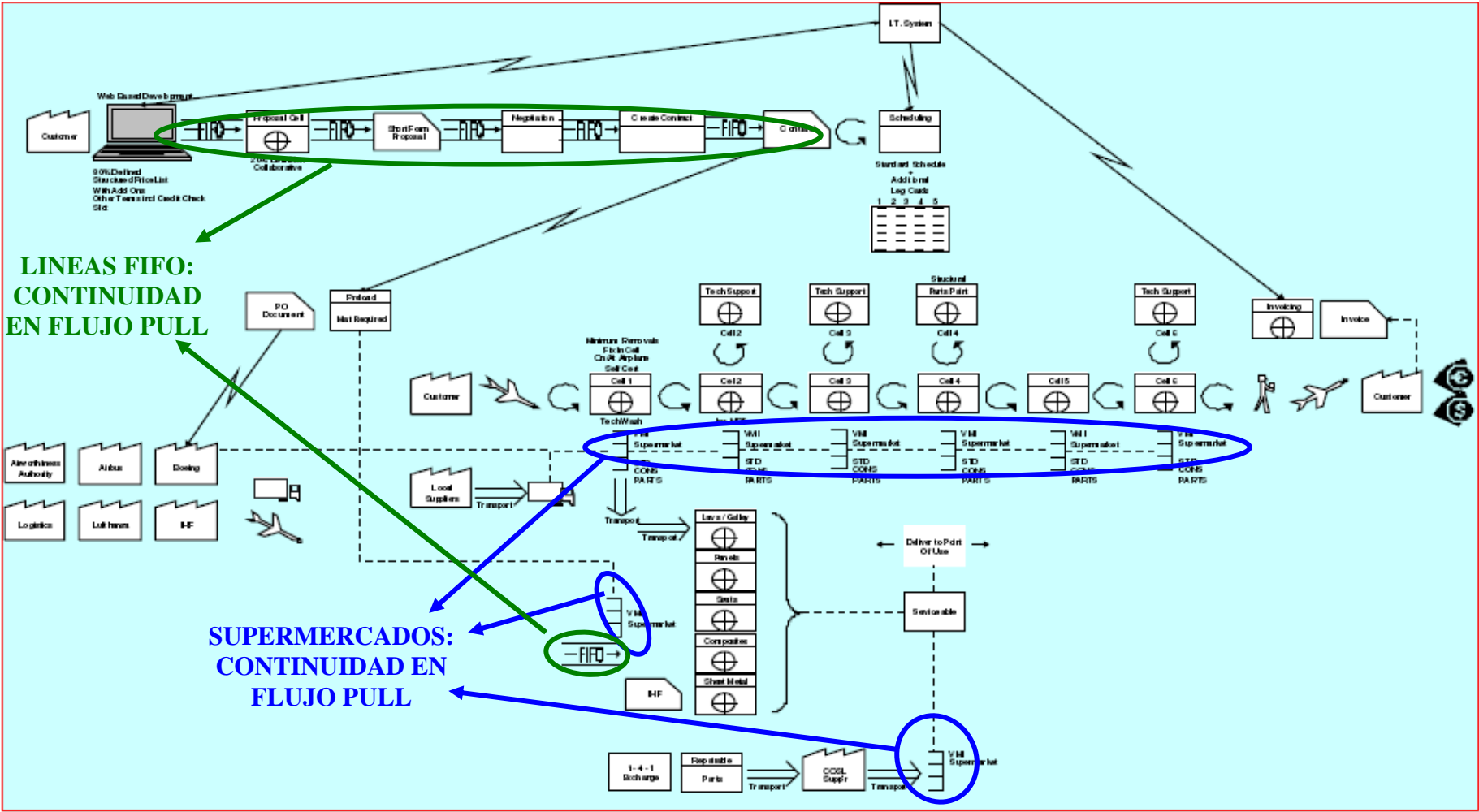


Figura 5.9. Líneas FIFO y Supermercados en el VSM Futuro del Programa de MRO. Fuente: Shannon Aerospace

Fase 3: MRO Production System /Flujo Continuo

En Shannon recalcan también la importancia de establecer Flujo Continuo en las operaciones de MRO, como parte fundamental para lograr un crecimiento en las mejoras.

Herramientas para lograr el Flujo Continuo utilizadas en la planta de Shannon:

a) Takt Time

En Shannon elaboraron el gráfico de la Figura 5.10, en el cual muestran la introducción del concepto de Pulso de Fabricación, marcado por la demanda, para lograr flujo continuo en las actividades de mantenimiento.

Para poder establecer el número de Pulsos de que va a constar el Programa de MRO, es preciso definir previamente el Takt time. Teniendo en cuenta el número de aviones que necesitan inspeccionar, según lo establece la demanda, se define el Takt time o tiempo que debe transcurrir entre la finalización de los trabajos en aviones sucesivos:

$$TaktTime = \frac{DíasLaborablesAño}{n^{\circ} aviones}$$

Una vez obtenido el Takt time, se obtiene el número de Pulsos de que consta el Programa de MRO:

$$N^{\circ} pulsos = \frac{DíasLaborablesAño}{TaktTime}$$

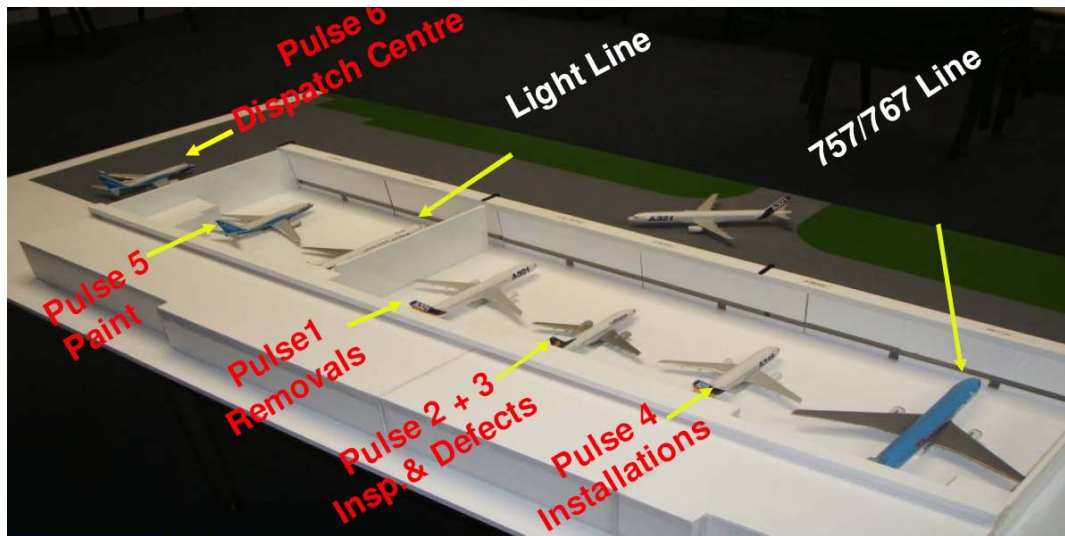


Figura 5.10. Pulsos de fabricación en el programa de MRO de Shannon Aerospace.

Fuente: Shannon Aerospace

A través del cálculo del número de Pulsos del Programa de MRO, pueden establecer qué tareas deben realizarse en cada Pulso, de tal forma que no se produzcan esperas o tiempos muertos entre tareas.

Como se puede ver en el ejemplo mostrado en la anterior imagen, definieron 6 pulsos a lo largo de todo el Programa de MRO de los diferentes aviones:

- Pulso 1: eliminación y extracción de componentes
- Pulso 2 y 3: Inspección y detección de defectos
- Pulso 4: Instalaciones
- Pulso 5: Pintura
- Pulso 6: Centro de expediciones

De esta forma las diferentes áreas trabajan de forma sincronizada y por tanto en Flujo Continuo.

b) 6S

Otra herramienta necesaria para conseguir Flujo Continuo que emplearon en Shannon fue las 6S's, denominado así porque incluyeron la S de Seguridad, al concepto tradicional de 5S's.

A continuación se muestran tres ejemplos de los trabajos que realizaron en la planta de Shannon, para incorporar mayor orden y limpieza.

Ejemplo 1:

3ºS: limpieza



2ºS: orden (señalización)



Figura 5.11. Ejemplos de actividades relacionadas con 5S's. Fuente: Shannon Aerospace

Ejemplo 2:

Antes



Después



Figura 5.12. Ejemplo de mejora en taller interior a través de 5S's. Fuente: Shannon Aerospace

Ejemplo 3: Transformación en el Pulso 6: Zona de Expediciones:

Antes:



Después:



Figura 5.13. Ejemplo de mejora en Zona de Expediciones a través de 5S's. Fuente: Shannon Aerospace

c) Trabajo Estandarizado y Gestión Visual

Otra herramienta necesaria para conseguir Flujo Continuo, son la Estandarización del Trabajo y la Gestión Visual mediante paneles de seguimiento de los trabajos realizados en la planta.

A continuación se muestran dos imágenes obtenidas de la Planta de Shannon que ilustran ambos conceptos:



Figura 5.14. *Procedimientos de Estandarización y Panel de Seguimiento. Fuente: Shannon Aerospace.*

Resultados obtenidos en el taller interior:

- Flujo (días transcurridos) de 10 días a 5 días: reducción del 50%
- Optimización de los espacios: 1890 m²
- Horas por hombre:
 - 2283 a 1365 (avión A320): reducción del 40%
 - 2460 a 1329 (avión B737): reducción del 46%
- Introducción de trabajo estandarizado: Si
- Herramientas en Punto de Utilización: Si

A continuación se muestran dos imágenes de uno de los talleres de Shannon, que ilustra el concepto de Punto de Utilización de Herramientas:



Figura 5.15. Ejemplos de Herramientas en Punto de Utilización. Fuente: Shannon Aerospace

- Punto de Utilización de Materiales: Actualmente lo están implementando.

d) Estandarización en las operaciones de MRO:

Si bien Lean es una herramienta que tiene sus orígenes en entornos de Fabricación, que son más predecibles que los de MRO, experiencias en Shannon Aerospace han demostrado una elevada tasa de repetición en los defectos encontrados en los aviones, de tal forma que en gran medida se trata de trabajo estándar.

Los eventos de trabajo estandarizado han supuesto según sus datos: 15,000,000 horas por hombre hasta el momento.

En los datos sobre la revisión realizada en 10 aviones Boeing737 y 10 Airbus320 sobre defectos estructurales:

- Los mismos defectos tuvieron lugar en el 80% de las aeronaves, y supusieron un 60% de las horas/hombre.
- Las actividades de MRO son fundamentalmente Trabajo Estándar, por tanto se debe Planificar.

A continuación se muestran dos ejemplos de Flujo Continuo empleado en la fabricación de aviones:

Boeing:



Figura 5.16. *Proceso de Ensamblaje de aviones Boeing, Flujo Continuo.*

Fuente: Boeing USA.

Airbus:



Figura 5.17. *Proceso de Ensamblaje de aviones Airbus; Flujo Continuo.*

Fuente: Airbus.

Y como estamos viendo el Flujo Continuo es también necesario en las actividades de MRO, para optimizar su rendimiento.

Fase 4: Establecimiento de una Cultura Lean: compañerismo y unión

En Shannon Aerospace saben que pueden reparar cualquier aeronave eventualmente.

De esta forma la Excelencia sostenida debe ser un hábito. Ésta se consigue a través del Trabajo Estandarizado junto con la unión de la planificación y preparación de los trabajos.

En Shannon Aerospace detectaron, que el trabajo delegado en las instalaciones de los clientes, había demostrado que:

- Comparten el mismo objetivo.
- Cuanto antes ambas partes hagan frente a las problemáticas reales, más fácil será la planificación de los trabajos de mantenimiento.
- La resolución conjunta es más simple cuando ambos se anticipan a los posibles problemas, en vez de reaccionar una vez han ocurrido.

Trabajando de esta forma, en Shannon Aerospace consiguen establecer una cultura Lean para efectuar los trabajos de mantenimiento.

Fase 5.- Integración de MRO dentro de la Cadena de Suministro

Una de las estrategias que trazaron en Shannon Aerospace inicialmente para la realización del proyecto Lean MRO, fue la necesidad de integrar las actividades de MRO dentro de una Cadena de Suministro.

De esta forma consideraron la necesidad de unir las actividades de:

- Proveedores/OEM (Original Equipment Manufacturing)
- Aerolíneas
- Datos, y Especificaciones de Trabajo

Fase 6: Mejora Continua/Perfección

Para la introducción de las mejoras utilizaron la técnica descrita en el Capítulo 3 sobre el Proceso de transformación Lean, Principios Lean: Eventos de mejora rápida, Blitz Kaizen:

Dividieron las acciones de mejora en dos:

Preparación:

La cual se lleva a cabo a lo largo de tres semanas:

- Semana 1: Trazar ESTADO ACTUAL
- Semana 2: Recopilar datos
- Semana 3: Planificar y preparar cambios

Mantenimiento:

Hasta la séptima semana:

- Semana 4: Implementar cambios
- Semana 5: Finalizar cambios
- Semana 6: Mantenimiento del nuevo proceso
- Semana 7: Consolidación de los cambios

5.2.3 Logros alcanzados

A continuación se muestra un resumen de las mejoras que obtuvieron en la planta de Shannon Aerospace como consecuencia del proyecto de transformación Lean MRO:

ANTES	DESPUÉS
Total horas/hombre B737: 1106 h/hombre	190h/hombre (82% reducción)
Total horas/hombre Airbus :906 h/hombre	190 h/hombre (79% reducción)
Fase de entrega sin definir	Programa de entrega definido
El cliente carece de un sistema claro de calificación	Establecido un sistema de calificación (marzo de 2006)
27 SMT (Surface Mount Technology) inspecciones pre-cierre	2 SMT inspecciones pre-cierre

Tabla 5.2. Logros del Programa Lean MRO en Shannon Aerospace. Fuente: Shannon Aerospace

CAPÍTULO 6: PROYECTO REAL DE APLICACIÓN LEAN MRO

6.1.- INTRODUCCIÓN

A continuación se va a explicar de forma detallada el proyecto real en el que el autor del presente documento, ha podido participar a través de la elaboración de diversas tareas, que se expondrán a lo largo de este capítulo.

El proyecto se encuadra dentro de la aplicación de Principios y Herramientas de Lean para la mejora de las actividades de MRO en un avión comercial.

Estas mejoras serán llevadas a cabo sobre uno de los modelos de avión pertenecientes a la empresa contratante, el Airbus A330.

Se muestra un gráfico explicativo de la Planificación¹¹ seguida a lo largo del proyecto; en él se pueden ver los distintos proyectos que lo forman y los plazos en que se llevaron a cabo.

En el momento del inicio de este proyecto, la empresa contratante, estaba desarrollando 4 programas distintos relacionados con las actividades de mantenimiento de su flota de aviones. Estos cuatro programas se indican a continuación:

- MLU (Mid - Life - Update) – Inspección que se lleva a cabo aproximadamente en la mitad de vida estimada de una aeronave, e incluye la sustitución de determinados componentes que se hayan podido quedar obsoletos, y por tanto sus sustitución por otros más modernos, así como llevar a cabo las reparaciones estructurales que sean necesarias.

¹¹ Véase Anexo 11

- Electrónica de mando – En adición a las actividades del programa de MLU, se incluye la instalación de determinados equipos de hardware y software que están en muchos casos en fase de prototipo. Hasta la fecha del comienzo de este proyecto, dichas mejoras se habían introducido en 8 aviones.
- PMM (Plan Mayor Mantenimiento) – Inspección completa. La aeronave es desmontada por completo, incluido la pintura y equipos, alas y trenes de aterrizaje, de tal forma que la totalidad de la aeronave recibe una inspección detallada. Todas aquellas áreas que no se ajusten a las nuevas especificaciones son reparadas o sustituidas y la aeronave es reconstruida completamente.
- MIDS (Multi – Information Data System) – En la fecha de inicio de este proyecto estaban siendo testeados dos prototipos, pero no se van a llevar a cabo por el momento en el avión sobre el que se van a implementar las mejoras, a través de este proyecto.

El campo de acción del proyecto realizado por Sisteplant, se va a centrar en dos de estas áreas:

- Proceso de PMM
- Proceso de MLU

6.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos fundamentales del proyecto se resumen en dos:

- Reducción del Lead Time de la fase de PMM
- Reducción del Lead Time de la fase de MLU

para uno de los tipos de avión de la flota, el A330, el cual tiene una demanda de actividades de MRO de 10 aviones/año, en el momento del inicio del proyecto, pero con una previsión de crecimiento para el año 2010 de 2 aviones más.

Estos objetivos serán llevados a cabo por medio del desarrollo de 5 proyectos:

- **P1:** VSM (Value Stream Mapping); análisis de la cadena de valor y ejecución de 5 subproyectos de mejora
- **P2:** Equilibrado y Programación a pulsos en el Programa de MRO
- **P3:** Control de la producción
- **P4:** Equipos de respuesta rápida
- **P5:** Mejora Continua

6.3.- DESARROLLO DEL PROYECTO

En discusiones con el equipo responsable del mantenimiento de este modelo de avión, se identificaron las siguientes áreas susceptibles de ser mejoradas:

- 1.-Elaboración del Value Stream Mapping de la situación actual y futura para el Programa de MRO del avión.

- 2.-Establecimiento de Workshops para mejorar el proceso de programación y visibilidad de los hitos alcanzados, así como mostrar el proceso según el cual se van alcanzando los diversos hitos.

- 3.-Establecimiento de Workshops para mejorar el control del proceso productivo en planta.

- 4.-Workshop para identificar y desarrollar Planes de Contingencia.

- 5.-Proyecto para introducir una estructura formal en el proceso de Mejora Continua.

Estas áreas de mejora dan lugar a los 5 proyectos que se han comentado anteriormente en los Objetivos del Proyecto.

A continuación se realiza una introducción a estas áreas de mejora y los proyectos a los que dan lugar. Me sirve también para que el lector entienda la estructura que se va a emplear a la hora de exponer los cinco proyectos en este capítulo.

1.-Elaboración del Value Stream Mapping de la situación actual y futura para el Programa de MRO del avión.

Esta área de mejora da lugar al primer proyecto, P1: *VSM del Programa de MRO del avión*, denominado así dado que la herramienta fundamental que se emplea es el Value Stream Mapping (VSM).

El VSM del Programa de MRO refleja mediante símbolos estandarizados, la cadena de valor del Programa de MRO, desde la llegada del avión a la planta de MRO, hasta su entrega al cliente una vez finalizadas todas las tareas de mantenimiento.

Para la elaboración de este proyecto se han seguido los siguientes pasos:

1º) Representación de la Cadena de Valor Actual del Programa de MRO del Airbus A330 mediante la herramienta VSM, con el fin de poder identificar Problemas u Oportunidades de mejora.

2º) Una vez representado el VSM Actual del Programa de MRO, se identifican un total de 65 Oportunidades de Mejora. A partir de aquí se definen una serie de Acciones de Mejora para solventar estos problemas; en concreto se definen 15 Acciones de Mejora.

3º) Dado que la totalidad del Proyecto tiene un plazo y presupuesto acotados, se decidió ejecutar sólo 5 de las 15 Acciones de Mejora, las cuales dan lugar a los 5 Subproyectos de P1, que son:

- P1.1: Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos
- P1.2: Estandarización de las Reparaciones
- P1.3: Formación basada en Matrices de Polivalencias
- P1.4: Planteamiento del Panel Visual para el Seguimiento del Programa de MRO
- P1.5: Equilibrado y Programación a pulsos en el Programa de MRO

Esta decisión se fundamentó en el Potencial de Mejora de cada Acción de Mejora, el cual se determinó mediante dos criterios:

- Cuantitativo: potencial de reducción del Lead Time del Programa de MRO Actual.
- Cualitativo: Viabilidad en la implantación.

Se decidió incluir estos 5 Subproyectos dentro de P1, ya que sus mejoras tienen como resultado final una reducción en el Lead Time del Programa de MRO, que se representa a través del VSM.

A continuación se realiza una breve introducción de estos 5 Subproyectos, donde se comentan los objetivos de cada uno así como la estructura empleada en su elaboración:

➤ P1.1: Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos

Este Subproyecto, supone la primera Acción de Mejora que se llevó a cabo.

El objetivo fundamental de este Subproyecto es mejorar el procedimiento que hasta el momento utilizan en el Programa de MRO, para gestionar y tratar los defectos encontrados durante las diferentes inspecciones del avión.

Para ello se instauran las siguientes medidas:

- Implantar Flujo Continuo en el tratamiento de los defectos
- Determinar qué defectos son críticos y en qué inspección se detectan para establecer una secuencia de inspecciones prioritarias, de tal forma que se puedan detectar los defectos críticos lo antes posible. Para implementar esta medida se diseñó una herramienta denominada: Matriz de Prioridades en Inspecciones.
- Definición de la secuencia FIFO (First-in First-out) para la reparación de los defectos

La correcta implementación de esta Acción de Mejora va a permitir reducir un 9% el Lead Time Actual del Programa de MRO del avión.

➤ P1.2: Estandarización de las Reparaciones

Este Subproyecto surge a consecuencia del elevado tiempo de reparación de los defectos en cuya disposición se identifica la necesidad del aprovisionamiento de materiales que no son kits.

Por tanto el objetivo fundamental es reducir el ciclo de aprovisionamiento de materiales mediante la generación de nuevos kits de reparaciones.

Previamente a introducir los kits estándares, se realiza una labor de definición de los defectos repetitivos con material asociado de largo plazo de aprovisionamiento. Para ello se crea una Base de Datos de soluciones estándares a defectos.

El potencial de mejora de este Subproyecto es el mayor de todos los realizados en este Proyecto, con una mejora estimada del 11% sobre el Lead Time Actual del Programa de MRO.

➤ P1.3: Formación basada en Matrices de Polivalencias

Este Subproyecto surge a consecuencia de los problemas relacionados con la plantilla de operarios del Programa de MRO del avión:

- Pérdida de Know – How en procesos específicos, que actualmente están en manos de personal próximo a la jubilación
- Se está perdiendo calidad debido a la jubilación de personal sin sustitución
- Se produce variabilidad en los tiempos de ejecución de ciertas actividades en función de la diferente experiencia de los operarios.

Para minimizar el impacto que estos problemas puedan tener en el futuro, se decidió definir e implantar una Metodología consistente en 9 puntos, donde se establecen los pasos a seguir para aumentar la polivalencia de los operarios.

Para la implementación de esta Metodología se diseñaron dos herramientas:

- Formulario de Valoración de las Habilidades de los operarios
- Matriz de Polivalencias para el seguimiento de la evolución en las aptitudes de las personas evaluadas

En este caso, la justificación de la elaboración de este Subproyecto está en el aseguramiento de la calidad en los trabajos de mantenimiento para el futuro, ya que a corto plazo, la reducción de Lead Time del Programa de MRO que produce es pequeña, en torno al 1%.

➤ P1.4: Planteamiento del Panel Visual para el Seguimiento del Programa de MRO

La Mejora a través del planteamiento del Panel Visual para el seguimiento de las actividades de mantenimiento es la cuarta Acción de Mejora que se llevó a cabo.

El Panel Visual es una herramienta que permite dotar al Programa de MRO de una visión global del estado y avance de todas las actividades productivas que se llevan a cabo.

Su elaboración viene refrendada por su potencial de mejora, ya que permite una reducción del Lead Time del 4%, respecto al Lead Time Actual del Programa de MRO del avión.

➤ P1.5: Equilibrado y Programación a pulsos en el Programa de MRO

Como el Subproyecto P1.5, es el más importante, se ha decidido presentarlo como un proyecto a parte; de esta forma será presentado como el Proyecto 2, P2.

2.- Establecimiento de Workshops para mejorar el proceso de programación y visibilidad de los hitos alcanzados, así como mostrar el proceso según el cual se van alcanzando los diversos hitos.

Esta área de mejora da lugar al segundo Proyecto, P2: *Equilibrado y Programación a pulsos en el Programa de MRO.*

Hemos denominado a este proyecto de esta forma fruto de las dos herramientas o conceptos principales que se van a emplear:

- Equilibrado
- Programación a Pulsos

El Equilibrado hace referencia a la necesidad de equiparar los tiempos de ciclo de los diferentes procesos que se llevan a cabo en el Programa de MRO, para fomentar el Flujo Continuo. De esta forma se pretende minimizar los tiempos de espera entre procesos y las necesidades de inventario a lo largo de los mismos.

Por su parte la **Programación a Pulsos**, la cual se define a partir del Takt Time, visto en la Introducción al Lean Manufacturing, establece la cadencia a la cual deben realizarse las tareas de mantenimiento para lograr una sincronización entre ellas y por tanto también Flujo Continuo. Trabajando de esta forma se consigue cumplir con la demanda establecida por el cliente.

3.- Establecimiento de Workshops para mejorar el control del proceso productivo en planta.

A partir de esta área de mejora se define el tercer proyecto, P3: *Control de la Producción*.

En este caso se procede a:

- Revisar las órdenes de trabajo de los Desmontajes, en función de la secuencia establecida en el Equilibrado.
- Verificar el procedimiento de los Desmontajes, mediante la medición del Lead Time.

Con estas medidas se pretende:

- Optimizar la asignación de tareas
- Optimizar la identificación de desviaciones, en función de costes y Lead Time.

4.- Workshop para identificar y desarrollar Planes de Contingencia.

El proyecto asociado a esta área de mejora se denomina, P4: *Equipos de Respuesta Rápida*, ya que serán éstos los encargados de llevar a cabo los Planes de Contingencia para la resolución de los problemas críticos.

Los Planes de Contingencia son estándares de actuación para el Equipo de Respuesta Rápida. En este proyecto se va a definir un Plan de Contingencia para cada uno de los problemas críticos del Programa de MRO.

Por su parte los Equipos de Respuesta Rápida están compuestos por personas de diferentes departamentos de la empresa, cuya función es la de solucionar lo más rápidamente posible los problemas de producción que se producen en el día a día, y evitar que estos problemas vuelvan a aparecer.

5.- Proyecto para introducir una estructura formal en el proceso de Mejora Continua.

Esta área de mejora da lugar al último proyecto que se realiza y que denominamos P5: *Sistema de Mejora Continua*.

Un Sistema de Mejora Continua se instaura para establecer unos estándares que permitan comparar la ejecución actual en el Programa de MRO con respecto a dichos estándares, a la vez que involucra a los empleados en una dinámica de mejora continua.

En este proyecto, para la implementación del Sistema de Mejora Continua se van a llevar a cabo dos medidas:

- Definición de KPI's(Key Performance Indicators)

- Establecer un Plan de Mejora Continua

Los KPI's son métricas, financieras o no, definidas en el plan estratégico y que tienen como objetivo permitir la evaluación del rendimiento de una organización.

Los KPI's empleados en este proyecto son los establecidos por el estándar de Airbus:

- S: Seguridad, Salud Laboral y Medio Ambiente
- Q: Calidad
- C: Coste
- D: Entrega
- P: Personas

Para el seguimiento de los KPI's se emplea un panel visual, que denominamos Panel por Posición, el cual consta a su vez de tres paneles:

- Panel de Procesos
- Panel de Seguimiento de KPI's
- Panel de Seguimiento

En el proyecto se hará especial hincapié en el Panel de Seguimiento de los KPI's, mediante la explicación detallada de su estructura.

Para el Plan de Mejora Continua se siguen los siguientes pasos:

- Definir la operativa del Panel por Posición
- Establecer el Plan de Reuniones
- Confirmación del Proceso

Por último se elabora una Matriz de Riesgos de Implantación que nos sirve para:

- Establecer un estudio pormenorizado de los riesgos de implantación del modelo de panel elegido, así como recomendaciones a tener en cuenta.
- Análisis del proceso por Recursos, Procedimiento y Soporte Material.

Previo a la exposición pormenorizada de los 5 proyectos, se va a detallar, a continuación, el análisis que nos ha permitido establecer estos 5 proyectos a lo largo del Proyecto de Lean MRO del Airbus A330:

1) Value Stream Mapping del proceso de MRO del avión

Consiste en completar el Value Stream Map actual y futuro, que refleje la totalidad del proceso de MRO del avión, basándose en ODM's (Original Design Manufacturer) y las diversas rutas, pero presentados en un nivel de detalle apropiado.

La elaboración del VSM del programa de MRO del avión, nos va a permitir:

- Establecer un equilibrio para alinear las diferentes operaciones que conforman el programa de mantenimiento del avión.
- Identificar cuellos de botella a lo largo de las operaciones de ensamblado y desensamblado.
- Identificar los flujos de materiales críticos para el proceso de mantenimiento.
- Identificar posibles interrelaciones y superposiciones entre las diferentes tareas de ensamblaje.
- Optimizar el flujo de trabajo, mediante el estudio de las asignaciones de trabajo, así como facilitar los procesos de trabajo a través de la identificación de oportunidades de establecer grupos de trabajo multifuncionales.
- Posibilidad de establecer varios ritmos de trabajo, así como implementar herramientas visuales para asignar tareas a lo largo del proceso productivo.
- Identificación de tareas de no valor añadido y sus causas, para así llevar a cabo mejoras orientadas a eliminarlas.

2) Programación y progreso para la consecución de los hitos

En cada avión se realiza un seguimiento del progreso de las tareas de mantenimiento a través de la consecución de una serie de hitos fundamentales.

Para ello la organización contratante tenía establecido, previo a la realización del proyecto, un sistema de medición, que se iba concretando y actualizando en función de las necesidades surgidas durante la realización del mantenimiento. Para su estimación tenían en cuenta el trabajo remanente y la fecha prevista para la consecución de los trabajos. Así se explica que el progreso en las tareas de mantenimiento no puede ser determinado por las órdenes de trabajo que quedan pendientes de cubrir, por ejemplo.

A partir de este diagnóstico, se llegó a la conclusión de la necesidad de llevar a cabo las siguientes mejoras:

- Oportunidad de mejora de la fiabilidad de estas estimaciones, así como la necesidad de crear una herramienta que permita mejorar la comunicación para poder relacionar una única orden de trabajo con la consecución de varios hitos dieferentes.
- Las listas de trabajo deben ser generadas a través de órdenes de trabajo, las cuáles deben ser completadas para la consecución de un cierto hito, lo que asegura que todos los departamentos están al tanto de las actividades remanentes, y que estas órdenes están siendo priorizadas y seguidas correctamente.
- Estas órdenes de trabajo deben ser programadas, para así dotar al sistema de medición, de una mayor precisión a la hora de estimar la fecha de consecución de los objetivos.

- Se debe instalar un Panel de Comunicación en cada estación de trabajo, el cual, debe contener elementos clave para la Gestión Visual (ver capítulo 3, Herramientas para instaurar un Sistema Productivo en Flujo Continuo) como son los KPI's (Key Performance Indicators, son métricas financieras o no financieras, definidas para poder evaluar cuantitativamente el rendimiento de una organización) y las órdenes de trabajo, relevantes para conseguir llevar a cabo los diferentes objetivos. Este Panel de Comunicación formará la columna vertebral de los esfuerzos de Mejora Continua para el futuro.

3) Organización y Control en la planta

Se detectó una oportunidad para optimizar el rendimiento en la planta mediante la modificación de la forma en que se asignan las órdenes de trabajo así como la forma de efectuar su seguimiento.

A continuación se enumeran los problemas que fueron detectados en la fase inicial de diagnóstico:

- Hay una única orden de trabajo para cada operación; la orden de trabajo también indica una estimación de su duración para completarse. A pesar de esto, los tiempos no son asignados a las mismas operaciones, sino que son asignados según un código de límites de costes. Por tanto es imposible analizar desviaciones u operaciones problemáticas.
- Las asignaciones de trabajo se realizan basándose en la experiencia, en lugar de realizarlas según un método objetivo de capacidad de cargas de trabajo.
- Las necesidades de materiales no están indicadas en las órdenes de trabajo, sino que están contenidas en una lista única, junto con todos los componentes que están disponibles para su utilización.

La visión futura debería ser, por tanto, tener definidos claramente las órdenes de trabajo junto con un Estándar de Tiempos, Lista de materiales requeridos, Lista de materiales disponibles y Tiempo actual hasta la finalización de la actividad.

Trabajando de esta forma, los supervisores podrán asignar trabajo a los operarios, sabiendo que todo el material está disponible para comenzar y finalizar la tarea; a su vez, podrán saber cuánto debería tardar el operario en realizar la tarea y serán capaces de analizar desviaciones significativas con respecto a lo planeado.

Si el trabajo no es monitorizado de esta forma, no será posible determinar dónde deben ser empleados los recursos para resolver los problemas recurrentes.

4) Planes de Contingencia

Por definición, dos aeronaves no son iguales a la hora de efectuar las operaciones de mantenimiento. Las acciones que cada operador y departamento deben realizar, dependen de las condiciones específicas de cada avión en particular y son generalmente imposibles de predecir.

Se detectó una oportunidad para reducir el Lead Time, a través de:

- Establecimiento de Planes de Contingencia (estándares de actuación para la resolución de problemas críticos) comprensibles, para capturar un porcentaje (X%) de los problemas más comunes y repetitivos. Esto permitirá reducir tiempos de espera para la resolución de problemas, y liberará recursos para su utilización en aquellas tareas más complejas.
- Formación de Equipos de Respuesta Rápida (equipo de personas pertenecientes a diferentes departamentos de la empresa, cuya función es aportar una solución lo más rápida posible a los problemas de producción que se producen en el día a día y evitar que estos problemas vuelvan a aparecer) con reglas asociadas de operación, para minimizar el tiempo necesario para la resolución de las tareas.

5) Mejora Continua

La base para un programa de mejora continua está en el establecimiento de estándares y en la comparación del rendimiento actual con dichos estándares. Los proyectos 1, 2 y 3 anteriores, nos proporcionarán los datos necesarios para, objetivamente, medir el rendimiento actual y así, ayudar en la identificación de las áreas que requieren un análisis más profundo.

Los KPI's deben ser establecidos para ayudarnos en la medición de los niveles actuales de rendimiento, así como en el seguimiento de la evolución de éste. Mediante la selección cuidadosa de los KPI's, podemos ayudar en la mejora de los comportamientos de los distintos procesos así como en la alineación de los diferentes proyectos para así alcanzar los objetivos comunes.

Se detectó, por tanto, una oportunidad de introducir un programa formal de mejora continua, comenzando con encuentros diarios, de corta duración, para mejorar la comunicación y recopilar datos que permitieran establecer el curso a seguir en los procesos de mejora continua.

También semanalmente se realizaron encuentros coordinados para priorizar las oportunidades de mejora identificada, y así asignar recursos, y poder continuar con el progreso de mejora.

A continuación se van a detallar cada uno de los 5 proyectos, así como las mejoras que permitieron implantar.

6.3.1.- P1: VSM DEL PROGRAMA DE MRO DEL AVIÓN

Para la realización de este proyecto hay que tener en cuenta una serie de conceptos previos referentes a las particularidades del VSM en entornos MRO:

- El punto de partida es un producto ya terminado que ha de experimentar diferentes transformaciones para asegurar su funcionamiento, fiabilidad y durabilidad.
- Parte de las rutas de los procesos y materiales necesarios están definidos y planificados, pero existe un número indeterminado de procesos no planificados que surgen de forma aleatoria como consecuencia de los primeros: Incertidumbre.
- Los tiempos del proceso completo son difíciles de determinar desde el inicio, debido al factor de incertidumbre que introducen las tareas no planificadas.
- Existen dos flujos de información que gobiernan el flujo de materiales y procesos:
 - Información de tareas definidas y planificadas
 - Información de tareas no planificadas

La incertidumbre asociada a todo proceso MRO se tiene en cuenta en el VSM considerando, para cada proceso, un rango de tiempos: mínimo, medio y máximo, de tal forma que la duración de una determinada tarea vendrá definida por los datos que refleja la siguiente tabla:

Proceso	
CT	Tiempo mínimo de proceso
	Tiempo medio de proceso
	Tiempo máximo de proceso
NT	Número de turnos
QT	Tiempo de cola
ST	Tiempo de preparación
DT	Tiempo de parada

Tabla 6.1. Tabla estándar para la indicación de las características en tareas de MRO.

Fuente: Sisteplant

A su vez se debe anotar la causa de la variabilidad de los tiempos:

- Disponibilidad de los recursos
- Destreza de los operarios
- Falta de estandarización
- Particularidades del proceso
- Otros

De esta forma el Lead time total de una determinada actividad de MRO será la suma de los tiempos de:

- Cola
- Preparación
- Proceso

- Parada
- Proceso

Para la realización del VSM del programa de MRO del avión, se siguieron las siguientes **fases**:

a) Recogida, preparación y verificación de datos básicos para el VSM

b) Análisis de tareas no planificadas:

- Flujo de información y de procesos generados por los defectos
- Impacto sobre el Lead Time del Programa de MRO del Airbus A330

c) Construcción del diagrama de flujo de valor de la situación de partida (VSM actual):

- Desde: Recepción del avión
- Hasta: Entrega del avión apto para las condiciones de vuelo

Una vez obtenido el VSM actual se acometen los siguientes puntos:

- Identificación del Camino Crítico del programa de MRO del avión.
- Cálculo de Indicadores:
 - Lead Time según VSM actual
 - Ratio de Valor Añadido (RVA)
- Identificación de desperdicios y oportunidades de mejora (acciones Kaizen)
- Estimación del potencial de mejora de las oportunidades de mejora previamente identificadas
- Establecimiento de prioridades para llevar a cabo las Acciones de Mejora, en función de su potencial de mejora: priorización de acciones.

- Lanzamiento de 4 grupos de trabajo (subproyectos):
 - Mejora en la gestión y tratamiento de los defectos (P1.1)
 - Estandarización de los defectos (P1.2)
 - Formación básica en matrices de polivalencias (P1.3)
 - Panel Visual (P1.4)

d) Elaboración del VSM Futuro en función de los resultados del proyecto P2: *Programación a Pulsos*, que a su vez incluye las mejoras derivadas del resto de subproyectos (P1.1, P1.2, P1.3, P1.4) que se van a desarrollar dentro de P1.

A continuación se detallan las fases para llevar a cabo el proyecto 1: P1

a) *Recogida, preparación y verificación de datos básicos para el VSM*

Las fuentes empleadas para la toma de los datos necesarios para la realización del VSM fueron:

- Establecimiento de reuniones del equipo del proyecto con los responsables del mantenimiento del avión.
- Sistema informático: Pelicano, empleado por la organización contratante, consiste en un software para gestión de bases de datos.
- Entrevistas con personas de diferentes departamentos: Materiales, Calidad, Producción, etc.

A continuación se puso a disposición de los responsables de mantenimiento del avión, un modelo de tabla para que reflejaran las principales características de todas las tareas que forman parte del programa de MRO del avión.

Se muestra a continuación, el modelo de tabla que se les proporcionó:

Proceso:		Nº personas	Observaciones
CT	Tiempo mínimo de proceso		
	Tiempo medio de proceso		
	Tiempo máximo de proceso		
QT	Tiempo de cola		
ST	Tiempo de preparación		
DT	Tiempo de parada		
Proceso:		Nº personas	Observaciones
CT	Mínimo		
	Medio		
	Máximo		
WT	Tiempo de espera		
OEE	Tiempos muertos		
ST	Tiempo de preparación		

Tabla 6.2. Tabla para indicar las características de las tareas del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Una vez obtenidas las características de todas las tareas según este modelo de tabla, nosotros confeccionamos una tabla resumen, la Tabla 6.3, que recoge todas las tareas que forman parte del programa de MRO del avión, ordenadas de forma cronológica según se realiza el mantenimiento:

En esta tabla hemos agrupado todas las tareas en 14 grandes grupos, los cuales se destacan en negrita. Éstos son por orden de ejecución:

- Recepción
- Decapado
- Inspección Rayos X
- Desmontajes en Hangar
- Inspección Rayos X en Hangar
- Inspecciones
- Defectos con Disposición y Material Pedido
- Reparaciones/Modificaciones
- Montaje de cabinas
- Montajes finales
- Pruebas
- Línea de vuelo
- Pintura
- Trabajos finales en Línea de Vuelo

En la Tabla 6.3 se indican, para todas las tareas, las siguientes características:

- Lead Time de realización para las tareas más relevantes, teniendo en cuenta que el Takt Time (Tiempo entre la finalización del mantenimiento de dos aviones consecutivos) con el que está trabajando la organización al comienzo del Proyecto es de 21 días:

El Takt Time para el Programa de MRO se determina mediante la siguiente expresión:

$$TaktTime = \frac{DiasLaborables}{Demanda(n^{\circ} aviones)}$$

En este caso los días laborables a lo largo de un año son 210 días, y la demanda es de 10 aviones/año al comienzo del Proyecto:

$$TaktTime = \frac{DiasLaborables}{Demanda(n^{\circ} aviones)} = \frac{210días}{10aviones} = 21días$$

- Tiempo de ejecución: min, medio y máx.
- N° de Operarios empleados según los anteriores tiempos de ejecución:
En la tabla se indica como “Pmax” o número de personas máximo dedicadas a la tarea.
- Tiempos de Espera, Parada y Preparación.
- N° de turnos que se emplean para cada tarea
- Se indica también la posibilidad de poder establecer doble turno, para tenerlo en cuenta en caso de que se necesite en el futuro, por un aumento de la demanda, por ejemplo.
- Una serie de observaciones dignas de tener en cuenta sobre la tarea.

Por tanto en esta tabla se indican, para todas las tareas que forman el Programa de MRO del avión, las características necesarias para su correcta definición, según hemos visto en la Tabla 6.1: *Tabla estándar para la indicación de las características en tareas de MRO.*

A continuación se muestra la primera parte de la Tabla 6.3. La totalidad de la tabla¹² se encuentra en el anexo correspondiente.

¹² Véase Anexo 12

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
1	Recepción	7														
1.1	Post Vuelo		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op	3,0 op	3,0 op	0,0 h	1,0 h	0,0 h	El verificador no está las 4 h	1,0	S	2 mecánicos 1 verificador	
1.2	Rodaje recepción		3,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 op	3,0 op	3,0 op	0,0 h	0,2 h	0,5 h		1,0	S	3 mecánicos	
1.3	Pruebas eléctricas recepción		4,0 h	4,0 h	8,0 h	2,0 op.	2,0 op.	1,0 op.	0,0 h	1,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos	
1.4	Preparación preservación de depósitos		0,2 h	0,2 h	0,2 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,5 h	0,0 h	0,0 h	Espera a conductor	1,0	S	2 mecánicos + 2 eléctricos	
1.5	Preservación depósitos		4,0 h	4,0 h	5,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	8,0 h	0,8 h	0,0 h	8 horas espera por recurso compartido	1,0	S	2 calibración	
1.6	Mapa de fugas		1,0 h	2,0 h	3,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	12,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 calibración	
1.7	Vaciar avión		2,0 h	2,0 h	2,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 calibración	
1.8	Drenar avión		6,0 h	6,0 h	6,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	24,0 h	0,0 h	0,0 h	Espera por hangar compartido (ocupado por otro avión)	1,0	S	1 calibración	
1.9	Inspección juego libre		6,0 h	8,0 h	10,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h	Variabilidad de tiempos en función de la experiencia de los operarios	1,0	S	3 mecánicos + 1 verificador Pueden hacerlo hidraulistas	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

b) Análisis de tareas no planificadas:

Las tareas no planificadas, surgen a consecuencia de defectos imprevistos o poco comunes que se producen en el avión.

El análisis de las tareas no planificadas nos va a permitir dos cosas:

- Conocer cuál es el flujo de información y los distintos procesos que son generados una vez se detecta un defecto de este tipo en el avión.
- Cuál es el impacto que dichos procesos tienen sobre el Lead Time del programa de MRO del avión.

De esta forma confeccionamos un Flujograma de Gestión de Defectos que reúne ambas informaciones, el cual se indica en la siguiente figura:

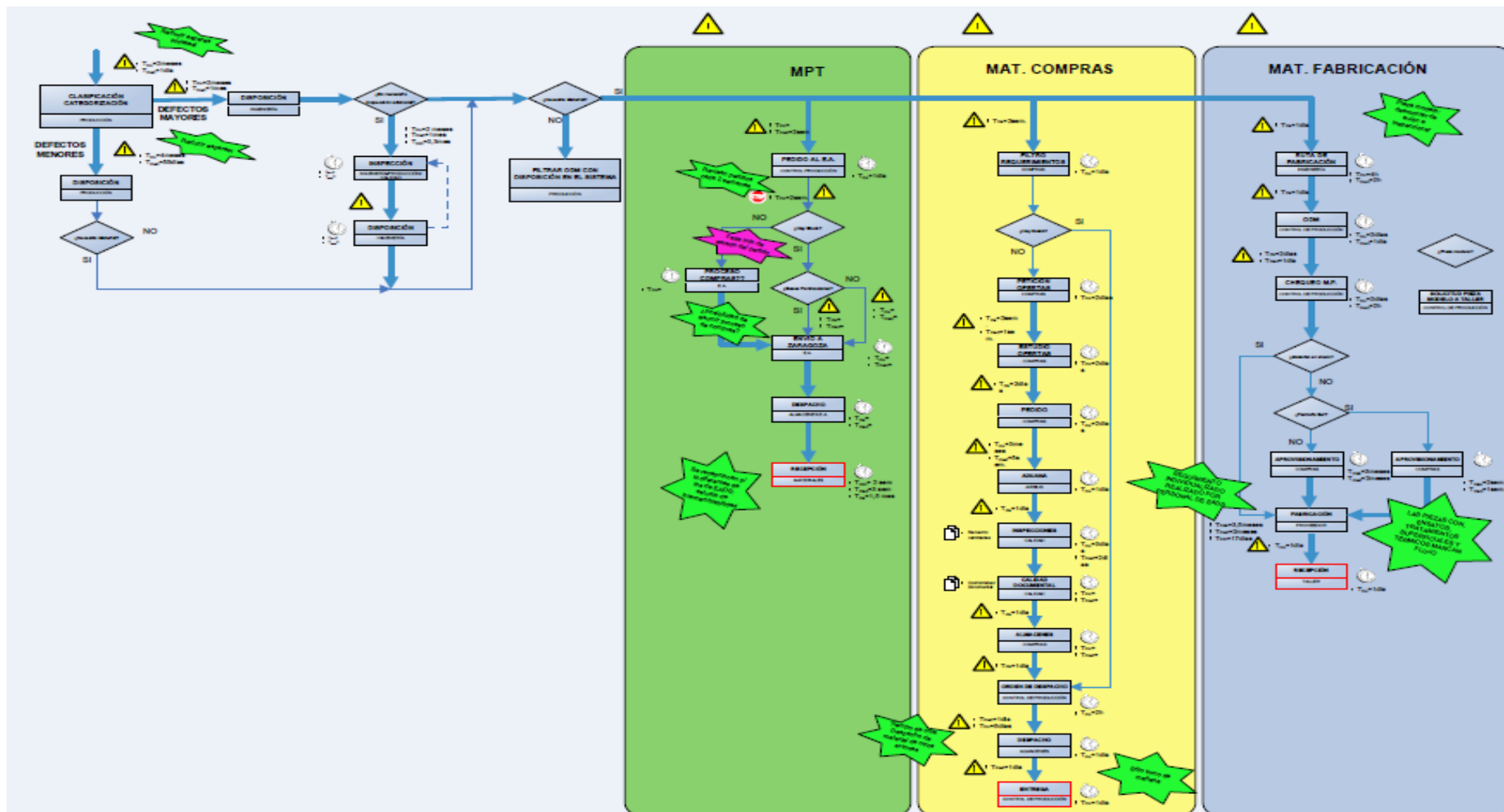


Figura 6.1. Flujograma de Gestión de Defectos en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

En este flujograma:

1.) Se procede a categorizar los defectos en dos tipos:

- Defectos mayores
- Defectos menores

En función de su impacto sobre el programa de MRO. En este caso el impacto hace referencia al tiempo necesario para solventar el defecto.

2.) Se representa el flujo de información y de procesos que tienen lugar una vez se ha detectado y categorizado un defecto.

3.) Se indican los Lead Time de todos los procesos que tienen lugar, desde que se detecta el defecto, hasta que se dispone del material necesario para repararlo.

Destacar las tres fuentes de obtención de material que se utilizan en el programa de MRO del Airbus A330, que son las indicadas en dicho flujograma:

- **MPT:** Material que es pedido a diferentes proveedores de Airbus.
- **Material de Compras:** Material que es necesario comprar.
- **Material de Fabricación:** Material que es fabricado por la propia organización.

c) Construcción del diagrama de flujo de valor de la situación de partida (VSM Actual):

- **Desde: Recepción del avión**
- **Hasta: Entrega del avión apto para condiciones de vuelo**

En este paso, y una vez conocidas todas las tareas (y sus características) que forman el Programa de MRO del avión, se procedió a elaborar el VSM Actual de dicho programa.

Se muestra una vista general del VSM Actual en la Figura 6.2. En él he enmarcado 7 grupos de tareas distintos según el tipo de Hangar donde se realizan. Estos 7 grupos de tareas, así como los distintos tipos de Hangares que se emplean en este Programa de MRO, se explicarán y mostrarán en detalle a continuación.

También veremos que estos 7 grupos de tareas, forman el denominado Camino Crítico del Programa de MRO del avión.

:

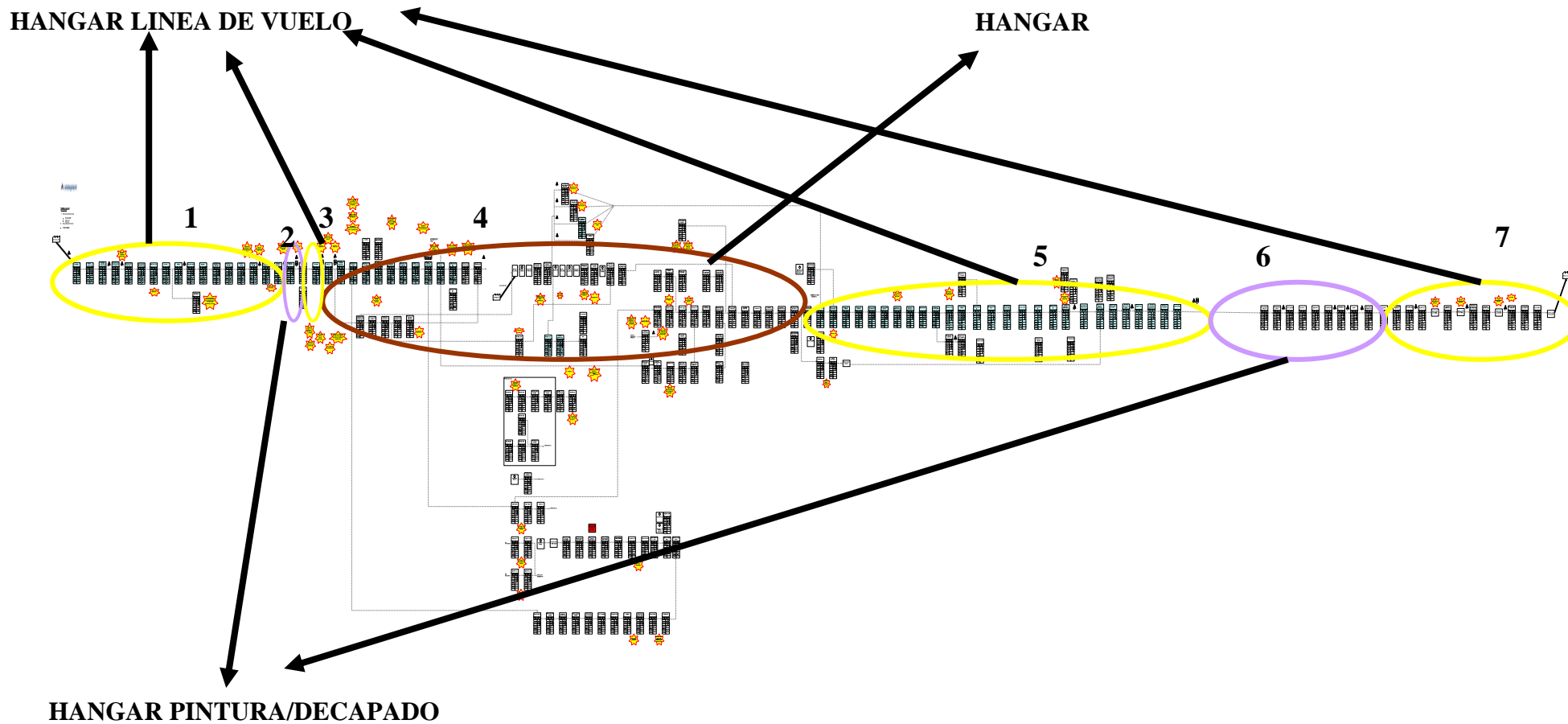


Figura 6.2. VSM Actual del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistepiant.

Las instalaciones para el Programa de MRO de las diferentes flotas pertenecientes a la organización contratante, están formadas por 3 Hangares:

Hangar, propiamente dicho, donde se llevan a cabo tanto los Desmontajes como Montajes de los diferentes componentes estructurales del avión, así como los diferentes tipos de Inspección necesarios para detectar los defectos, ya sean Visuales, Dimensionales, Inspecciones no Destructivas (NDI) y Rayos X.

Hangar de Línea de Vuelo: donde se llevan a cabo las primeras operaciones del mantenimiento una vez se inicia el Programa de MRO, las cuales se engloban bajo el nombre de Operaciones de Recepción del avión (se incluye dentro de estas operaciones una primera inspección a través de Rayos X), y los reglajes finales una vez ha sido montado de nuevo el avión.

Hangar de Pintura/Decapado: en este Hangar se realizan tanto las operaciones de Pintura como de Decapado, es decir, es un recurso compartido por ambas actividades.

Una vez enumerados los diferentes Hangares por los que va pasando el avión a lo largo del Programa de MRO, voy a explicar a continuación, de forma sencilla los 7 grupos que he definido en el VSM Actual, para posteriormente mostrar con detalle las tareas por las que están formados cada uno de ellos:

1.- Hangar Línea de Vuelo: Operaciones de Recepción del avión, comenzando por Post – Vuelo hasta el Desmontaje de la Cúpula, como puede verse en la Tabla 6.3.

2.- Hangar Decapado: Operaciones de Preparación y elaboración del Decapado del avión.

3.- Hangar Línea de Vuelo: Primera inspección a través de Rayos X

4.- Hangar: Operaciones de Desmontaje – Inspección – Montaje de los diferentes componentes estructurales del avión.

5.- Hangar Línea de Vuelo: Elaboración de reglajes y primeras pruebas, para verificar que los montajes previos se han realizado correctamente.

6.- Hangar de Pintura: Proceso de preparación y pintado del avión

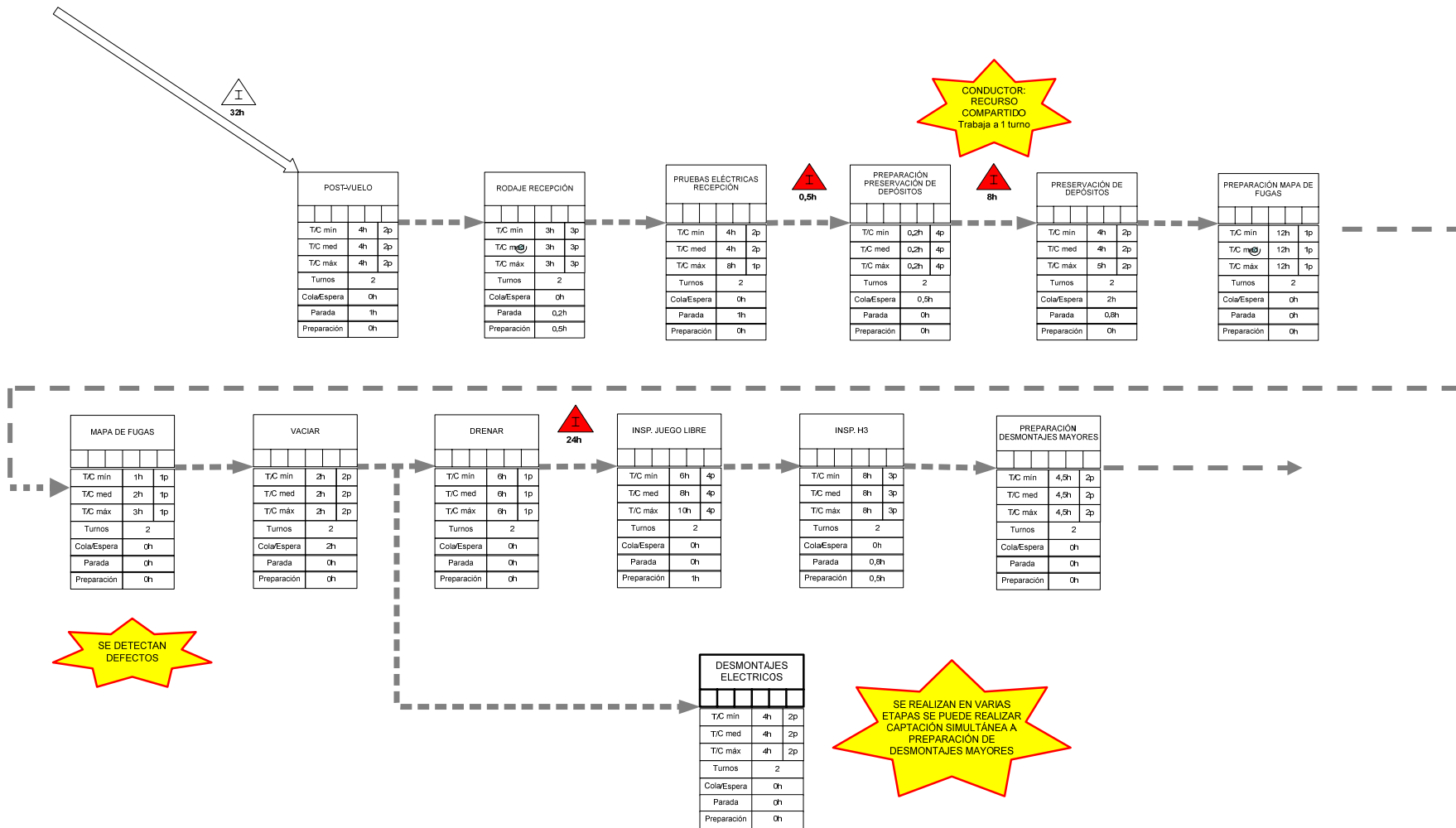
7.- Hangar Línea de Vuelo: Pesada del avión, preparación de documentación y primeros vuelos de prueba hasta la entrega final al cliente.

A continuación voy a presentar el VSM Actual dividido en las 7 etapas definidas anteriormente:

1.- Hangar Línea de Vuelo:



Figura 6.3. VSM Actual: Tareas de Recepción en el Hangar de Línea de Vuelo. Fuente: Sisteplant



1.- Hangar Línea de Vuelo:

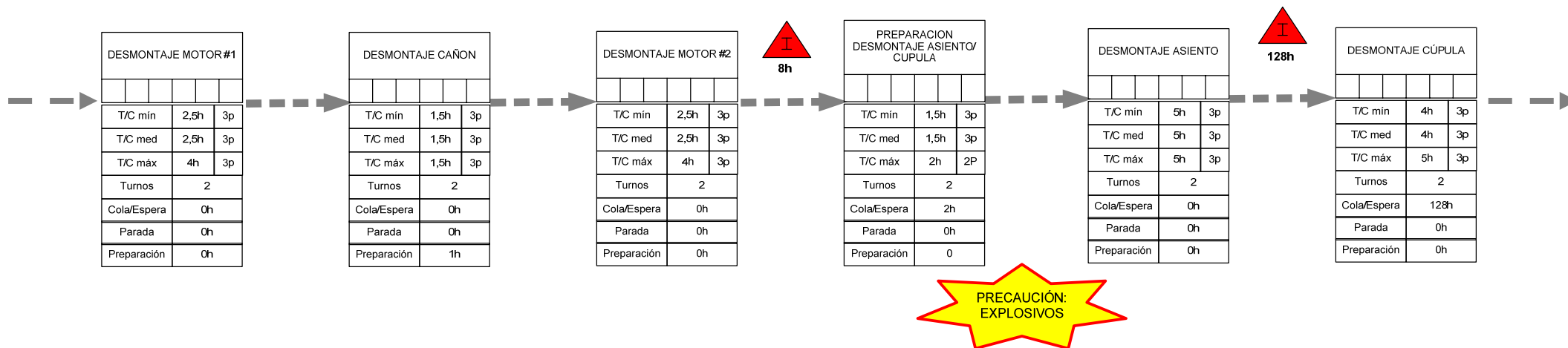


Figura 6.4. VSM Actual: Desmontajes realizados en el Hangar de Línea de Vuelo en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sistaplant

2.- Hangar Decapado:

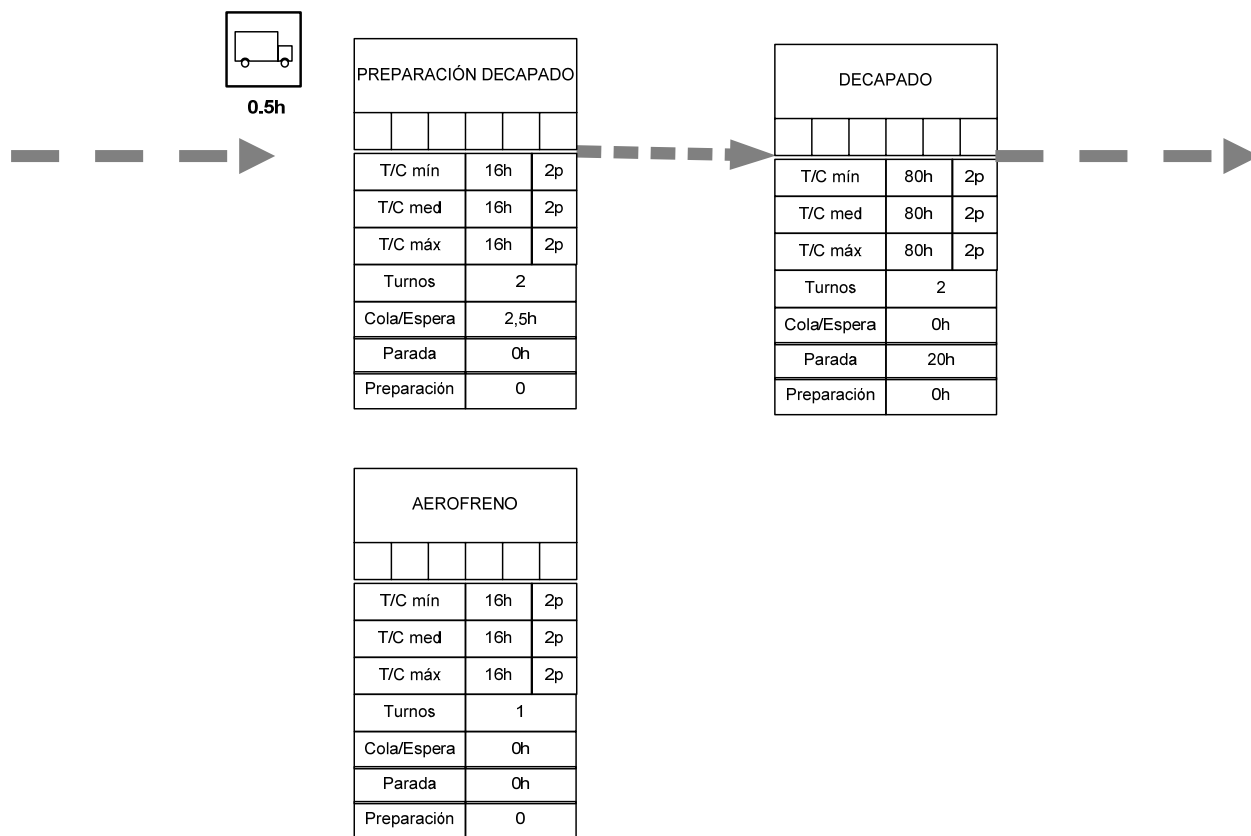


Figura 6.5. VSM Actual: Tareas en el Hangar de Decapado en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

3.- Hangar Línea de Vuelo:

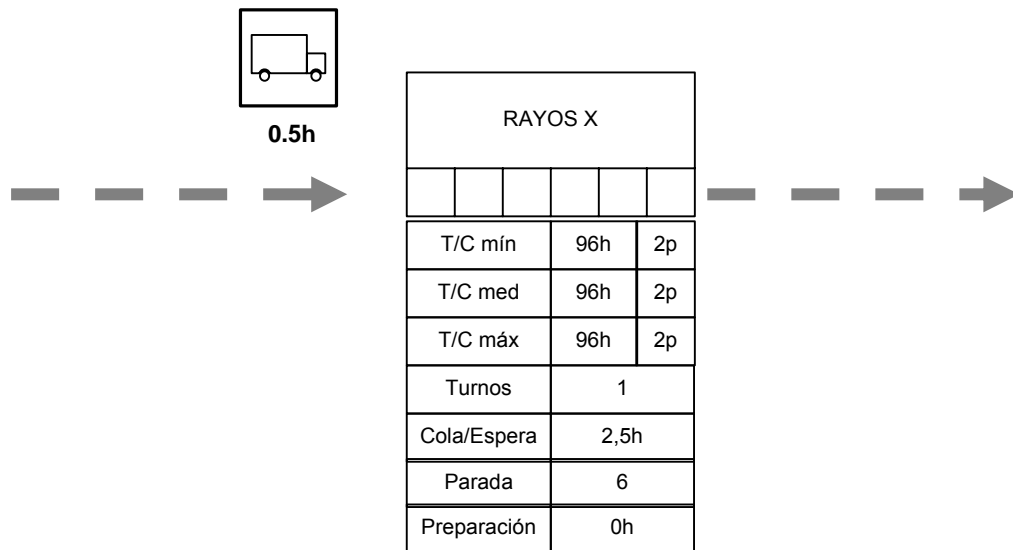


Figura 6.6. VSM Actual: Inspección de Rayos X que se realiza en el Hangar de Línea de Vuelo en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

4.- Hangar:

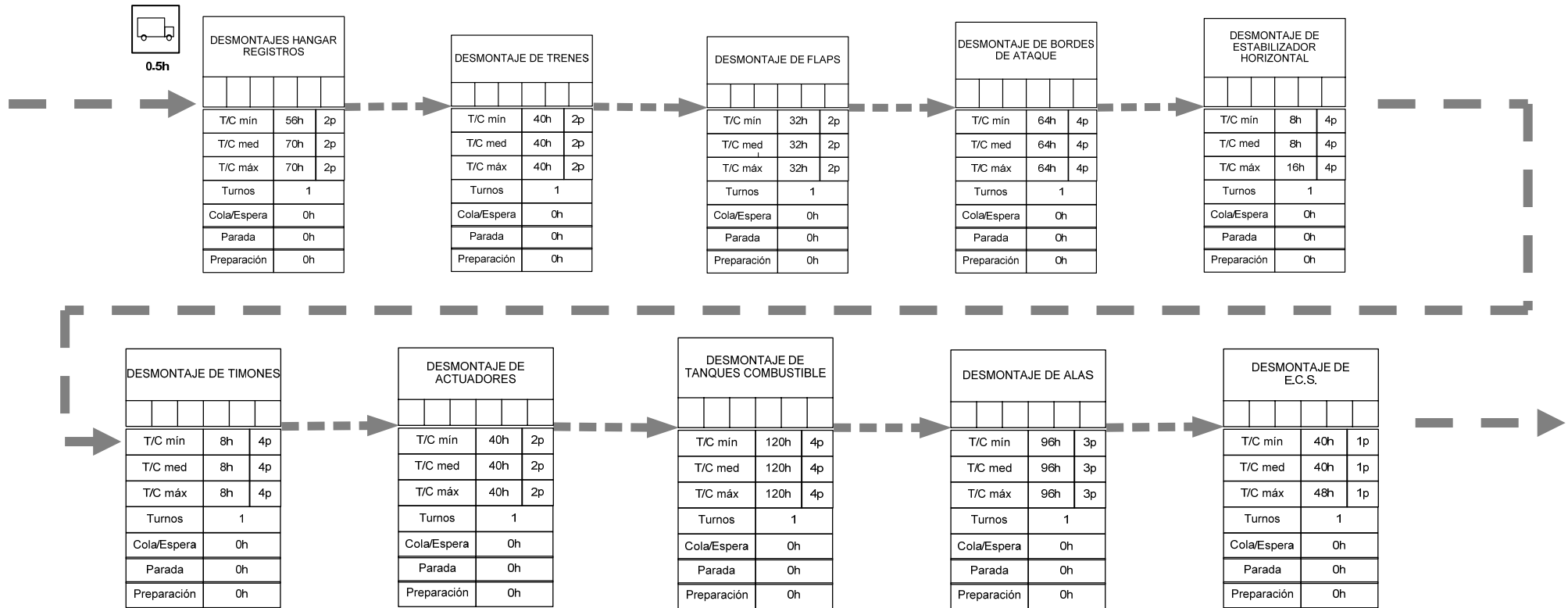
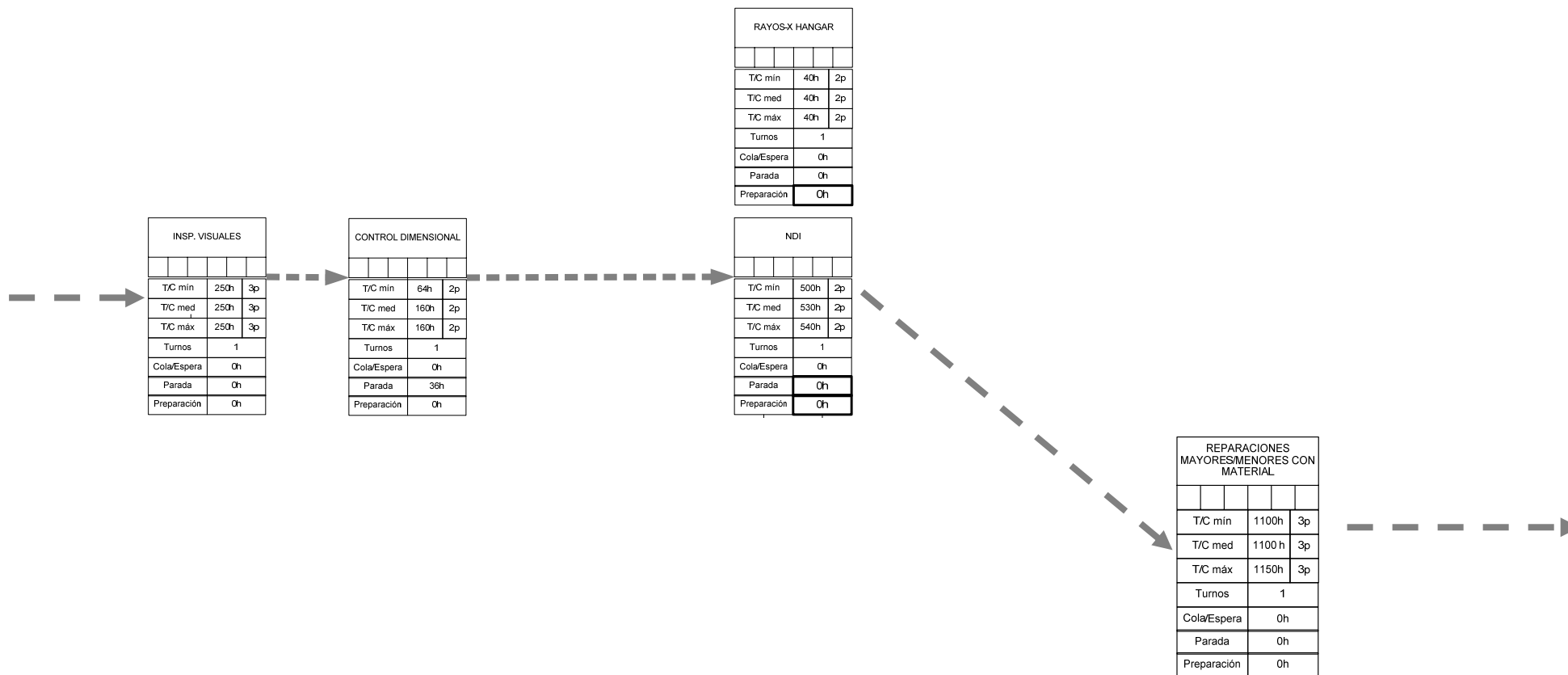


Figura 6.7. VSM Actual: Desmontajes realizados en el Hangar, en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

4.- Hangar:

Figura 6.8. VSM Actual: Inspecciones en el Hangar, en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant:



4.- Hangar:

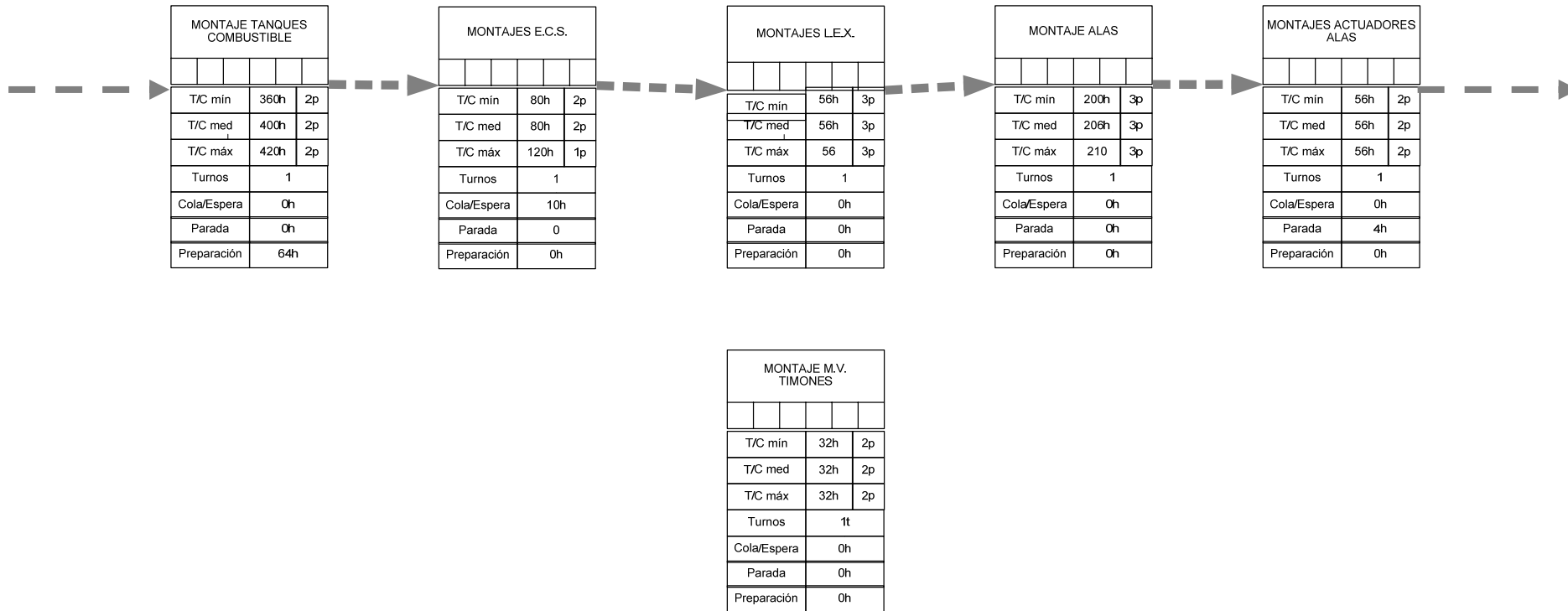


Figura 6.9. VSM Actual: Montajes realizados en el Hangar, en el Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sistepplant.

4.- Hangar:

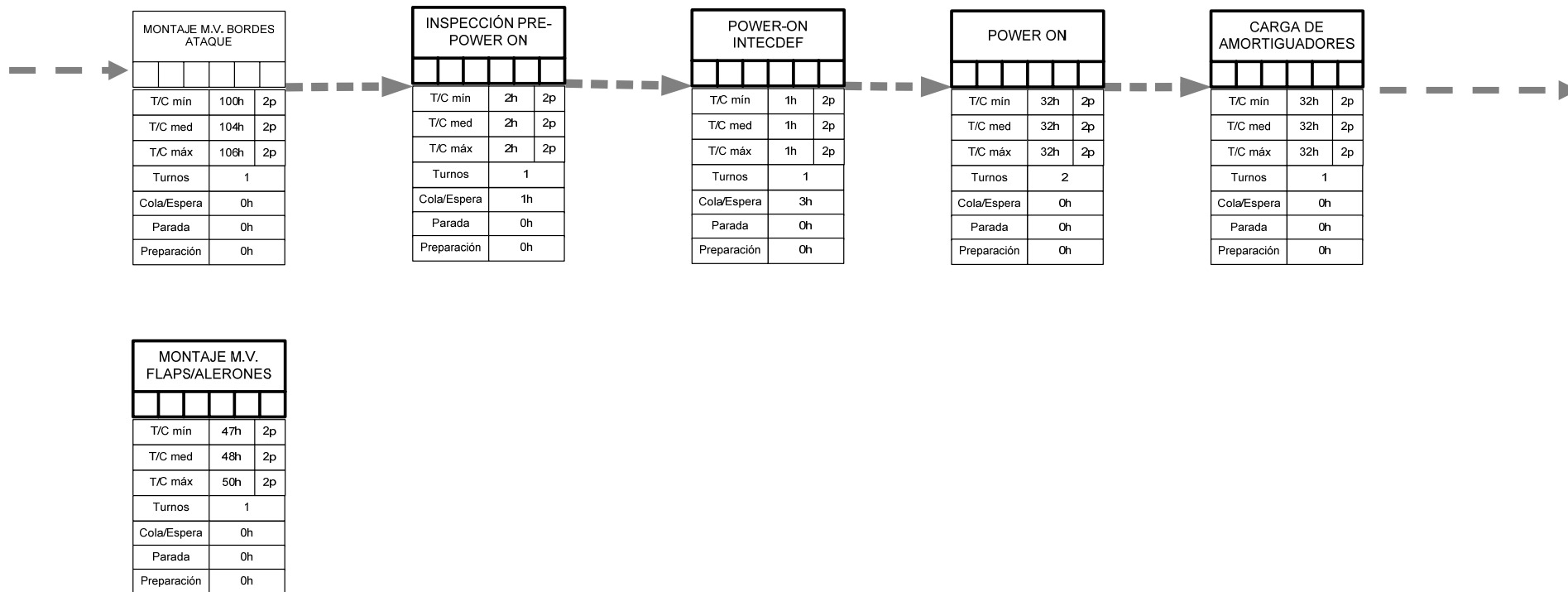


Figura 6.10. VSM Actual: Tareas realizados en el Hangar, en el Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sistaplant

5.- Hangar Línea de Vuelo:

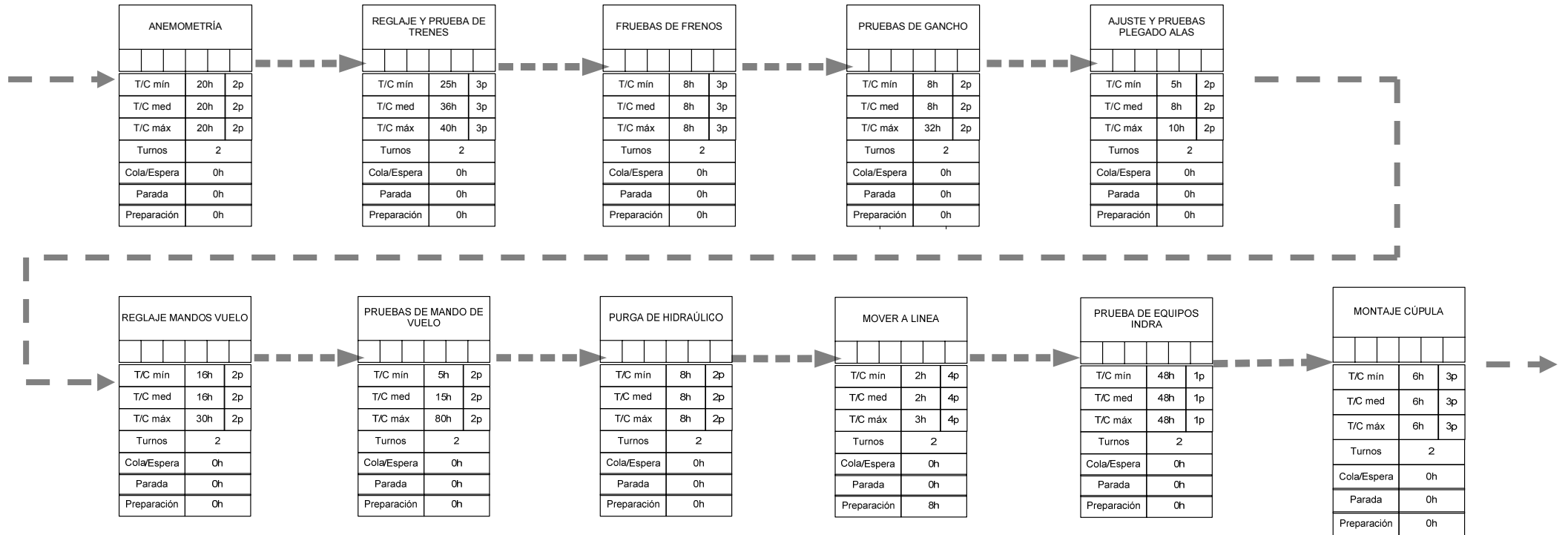


Figura 6.11. VSM Actual: Reglajes y Pruebas realizados en el Hangar de Línea de Vuelo en el Programa de MRO del Airbus A 330.

Fuente: Sistplant

5.- Hangar Línea de Vuelo:

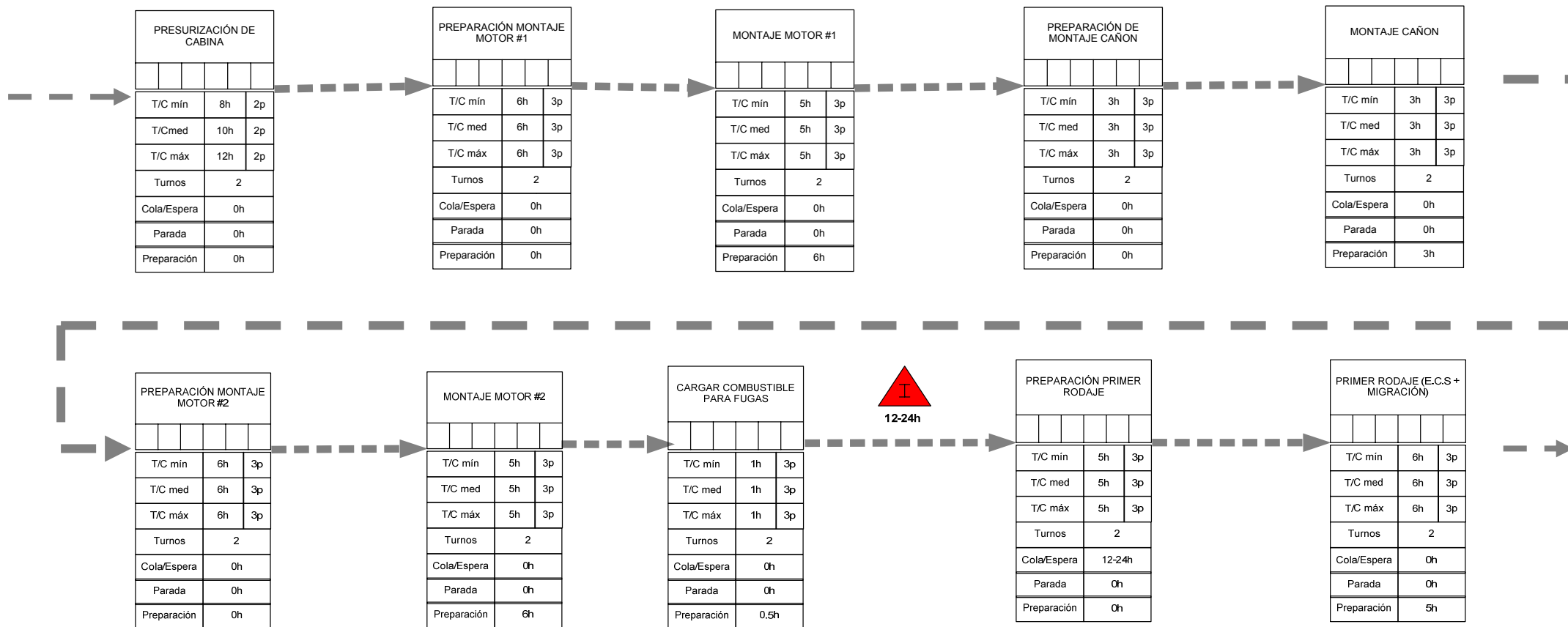


Figura 6.12. VSM Actual: Preparaciones en Hangar de Línea de Vuelo, en el Programa de MRO del Airbus A330 Fuente: Sisteplant

5.- Hangar Línea de Vuelo:

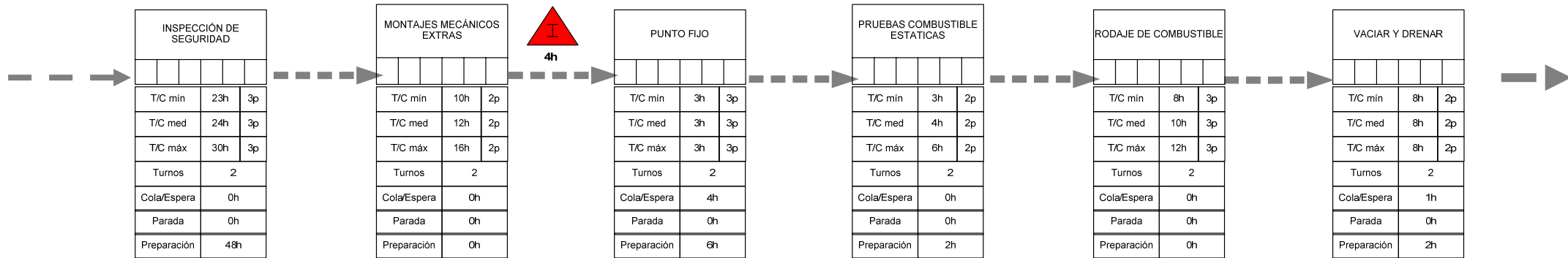


Figura 6.13. VSM Actual: Inspecciones y Pruebas realizados en el Hangar de Línea de Vuelo perteneciente al Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sisteplant

6.- Hangar de Pintura:

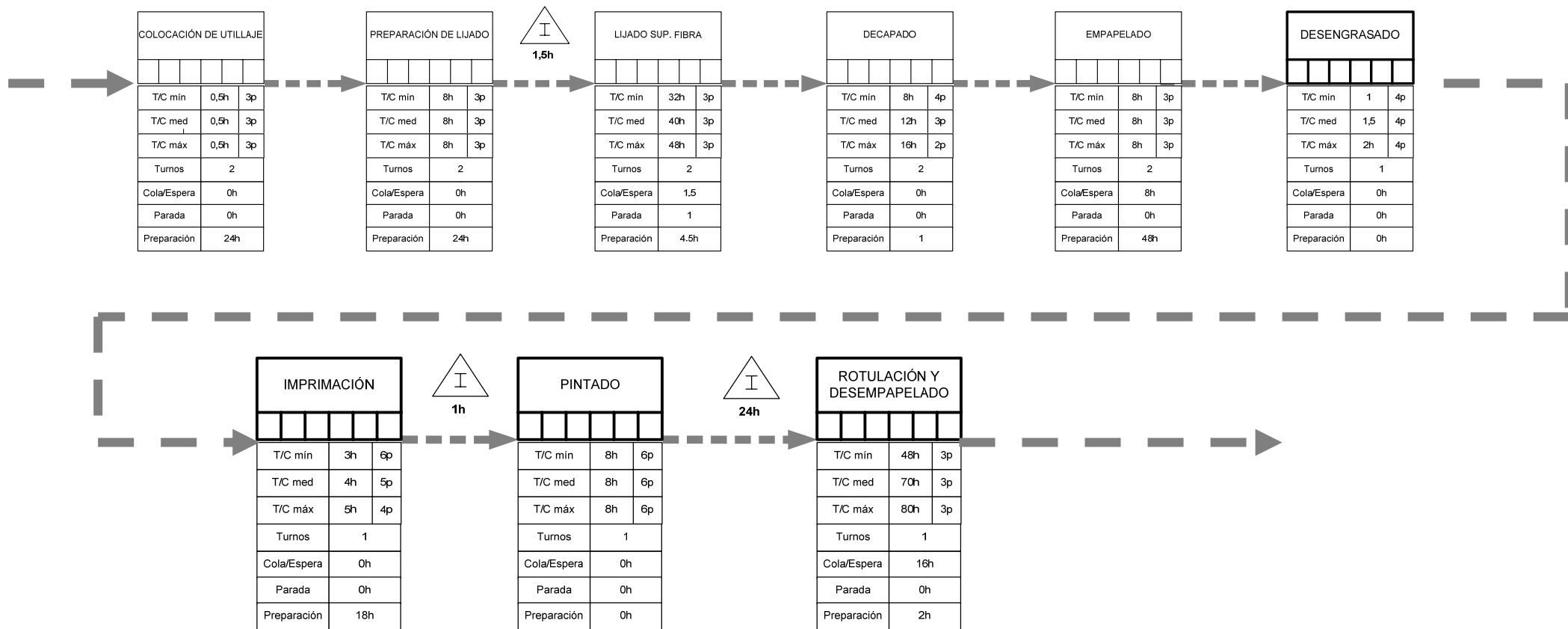


Figura 6.14. VSM Actual: Tareas realizadas en el Hangar de Pintura, en el Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sisteplant

7.- Hangar Línea de Vuelo:

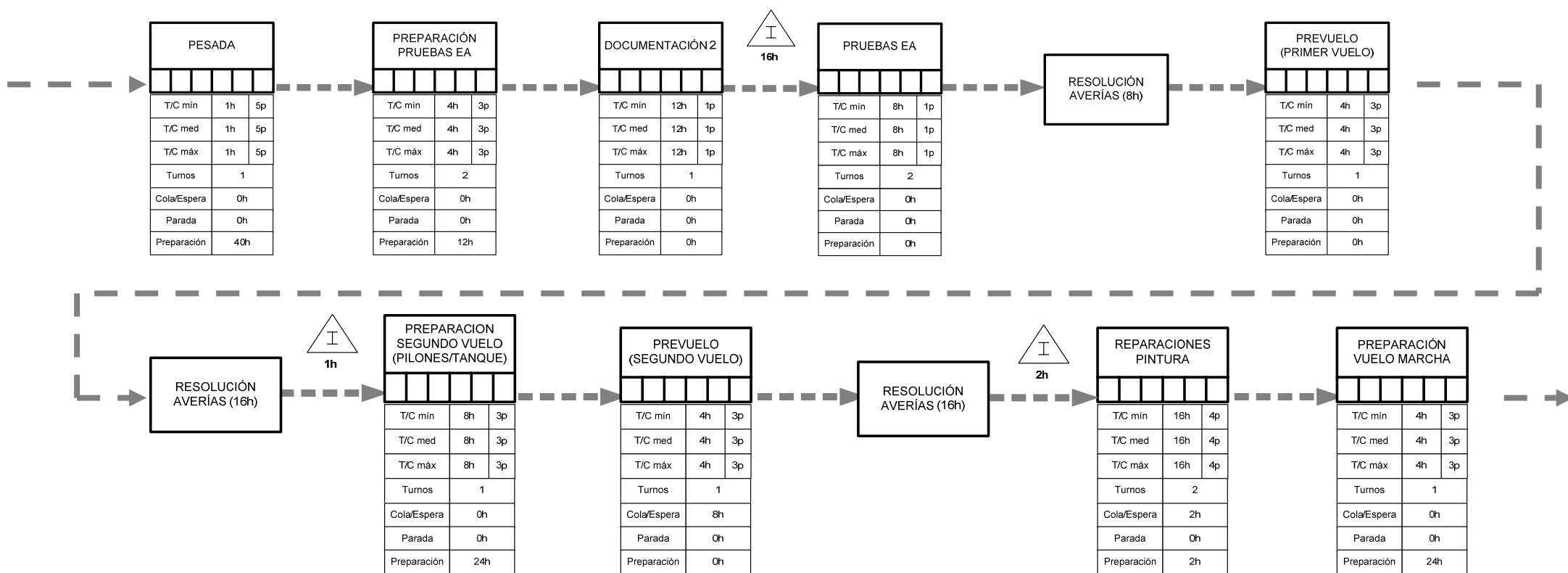


Figura 6.15. VSM Actual: Vuelos de Prueba en Hangar de Línea de Vuelo, en el Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sisteplant

7.- Hangar Línea de Vuelo:

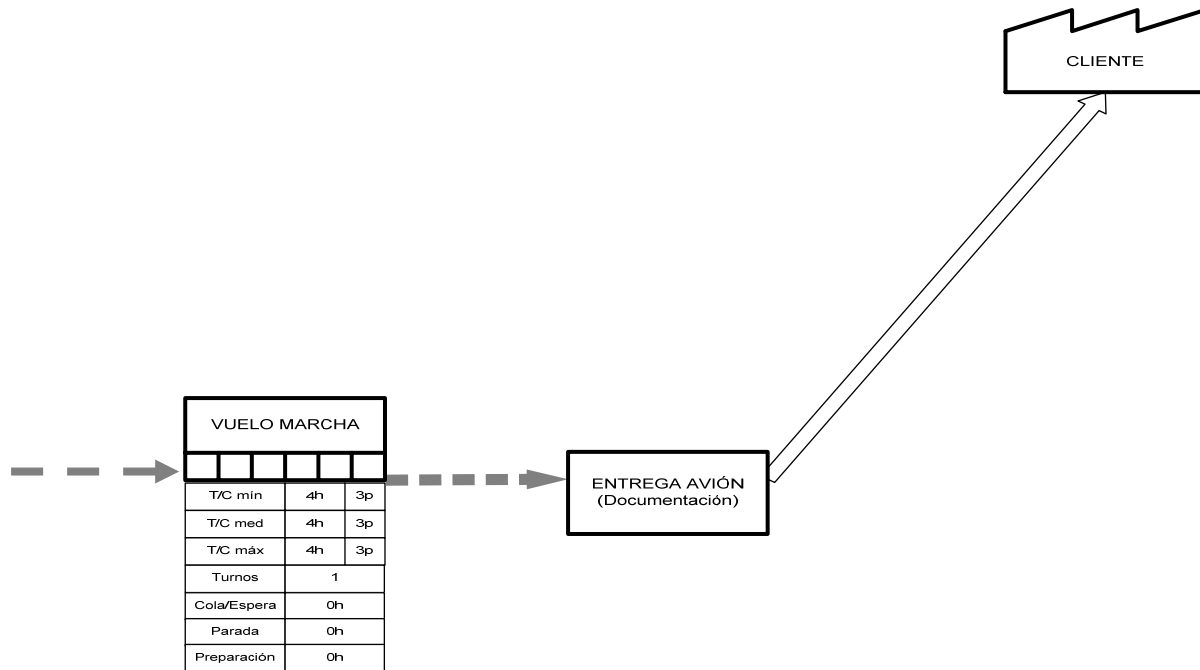


Figura 6.16. VSM Actual: Entrega del avión reparado al cliente, en el Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Sisteplant

Una vez representado el VSM Actual de la cadena de valor del Programa de MRO del avión, estamos en disposición de poder identificar el Camino Crítico de este proceso. En este caso el Camino Crítico está formado por las siguientes tareas generales:

Recepción – Decapado – Desmontajes – Inspecciones – Reparaciones – Pruebas – Pintura - Trabajos finales

Que coinciden con los 7 grupos anteriormente definidos en el VSM Actual.

Cada uno de ellos se realiza en los siguientes hangares:

- Recepción: Hangar Línea de Vuelo
- Decapado: Hangar Pintura/Decapado
- Desmontajes: Hangar
- Inspecciones: Hangar
- Reparaciones: Hangar
- Pruebas: Hangar Línea de Vuelo
- Pintura: Hangar Pintura/Decapado
- Trabajos Finales: Hangar Línea de Vuelo

La necesidad de tener que identificar el camino crítico en todo proceso productivo, y por supuesto, en procesos de mantenimiento como el de este proyecto, estriba en que éste nos fija el Lead Time del proceso.

También nos sirve para definir cuáles son las principales tareas del programa de mantenimiento, y por tanto poder establecer de forma más precisa las acciones de mejora sobre las principales tareas.

De esta forma procedimos a elaborar la Tabla 6.4, en la que se muestra las principales características de las tareas que forman el camino crítico:

En esta tabla se indica para cada tarea las siguientes características:

- TVA: Tiempo de Valor Añadido empleado en realizar la tarea
- TNVA: Tiempo de No Valor Añadido en los que se incurre durante la realización de la tarea.

Este tiempo se ha desglosado en dos partes:

- Tiempo debido a Colas o Esperas
- Tiempo debido a la Preparación para poder realizar la tarea.

- Nº de turnos dedicados para la realización de la tarea.
- Días de: Nº de horas diarias que se le puede dedicar como máximo a la tarea
- Lead Time: Nº de días que se emplean para la realización de la tarea

El cual se ha calculado mediante la siguiente expresión:

$$LT_i = \frac{TVA_i + TNVA_i}{Díasde_i}$$

Como ejemplo, se muestra el cálculo para la primera tarea, Post Vuelo:

$$LT_i = \frac{TVA_i + TNVA_i}{Díasde_i} = \frac{4h + 32h}{16h} = 2,3días$$

- Lead Time acumulado: Suma el lead time de las sucesivas tareas que forman el Camino Crítico de tal forma que se obtenga finalmente el Lead Time total del Programa de MRO del avión.
- Nº de personas: nº de trabajadores empleados en la realización de la tarea

Area	Operación	TVA	TNVA		Nº turnos	Días de:	Lead Time	Lead Time acumulado	Nº personas
			Cola/Espera	Preparación					
Recepción	Post-Vuelo	4,0 h	32,0 h		2	16,0 h	2,3 d	2,3 d	3
	Rodaje y recepción	3,0 h			2	16,0 h	0,2 d	2,4 d	3
	Pruebas eléctricas	4,0 h			2	16,0 h	0,3 d	2,7 d	2
	Preparación preservación de depósitos		0,5 h	0,2 h	2	16,0 h	0,0 d	2,7 d	4
	Preservación de depósitos	4,0 h	8,0 h		2	16,0 h	0,8 d	3,5 d	2
	Preparación de mapa de fugas		12,0 h		2	16,0 h	0,8 d	4,2 d	1
	Mapa de fugas	2,0 h			2	16,0 h	0,1 d	4,4 d	1
	Vaciar	2,0 h			2	16,0 h	0,1 d	4,5 d	2
	Drenar	6,0 h			2	16,0 h	0,4 d	4,9 d	1
	Inspección de juego libre	8,0 h	24,0 h		2	16,0 h	2,0 d	6,9 d	4
	Inspección H3	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	7,4 d	3
	Preparación de desmontajes mayores	4,5 h			2	16,0 h	0,3 d	7,6 d	2
	Desmontaje motor #1	2,5 h			2	16,0 h	0,2 d	7,8 d	3
	Desmontaje cañón	1,5 h			2	16,0 h	0,1 d	7,9 d	3
	Desmontaje motor #2	2,5 h			2	16,0 h	0,2 d	8,0 d	3
Preparación de desmontaje de asiento/cúpula		8,0 h	1,5 h	2	16,0 h	0,6 d	8,6 d	3	

Tabla 6.4. Tabla resumen de las tareas que forman el Camino Crítico del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Área	Operación	TVA	TNVA		Nº turnos	Días de:	Lead Time	Lead Time acumulado	Nº personas
			Cola/España	Preparación					
Decapado	Preparación de decapado		2,5 h	16,0 h	2	16,0 h	1,2 d	18,4 d	2
	Decapado	80,0 h			2	16,0 h	5,0 d	23,4 d	2
R X	Rayos X	96,0 h	2,5 h		1	8,0 h	12,3 d	35,7 d	2
Desmontajes	Desmontajes de registros	70,0 h	4,5 h		1	8,0 h	9,3 d	45,0 d	2
	Desmontaje de trenes	40,0 h			1	8,0 h	5,0 d	50,0 d	2
	Desmontaje de flaps	32,0 h			1	8,0 h	4,0 d	54,0 d	2
	Desmontaje de bordes de ataque	64,0 h			1	8,0 h	8,0 d	62,0 d	4
	Desmontaje de estabilizador horizontal	8,0 h			1	8,0 h	1,0 d	63,0 d	4
	Desmontaje de timones	8,0 h			1	8,0 h	1,0 d	64,0 d	4
	Desmontaje de actuadores	40,0 h			1	8,0 h	5,0 d	69,0 d	2
	Desmontaje de tanques de combustible	120,0 h			1	8,0 h	15,0 d	84,0 d	4
	Desmontaje de alas	96,0 h			1	8,0 h	12,0 d	96,0 d	3
	Desmontaje de ECS	40,0 h			1	8,0 h	5,0 d	101,0 d	1

Tabla 6.4. Tabla resumen de las tareas que forman el Camino Crítico del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Área	Operación	TVA	TNVA		Nº turnos	Días de:	Lead Time	Lead Time acumulado	Nº personas
			Cola/Espera	Preparación					
Inspecciones	Inspecciones visuales	250,0 h			1	8,0 h	31,3 d	132,2 d	3
	Control dimensional	160,0 h			1	8,0 h	20,0 d	152,2 d	2
Reparaciones	Reparaciones estructurales	367,0 h	560,0 h		1	8,0 h	115,9 d	268,1 d	3
Pruebas	Anemometria	20,0 h			2	16,0 h	1,3 d	269,4 d	2
	Reglajes/pruebas trenes	36,0 h			2	16,0 h	2,3 d	271,6 d	3
	Pruebas de frenos	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	272,1 d	3
	Pruebas de gancho	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	272,6 d	2
	Pruebas plegado alas	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	273,1 d	2
	Reglaje mandos vuelo	16,0 h			2	16,0 h	1,0 d	274,1 d	2
	Pruebas mandos vuelo	16,0 h			2	16,0 h	1,0 d	275,1 d	2
	Purga de hidráulico	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	275,6 d	2

Tabla 6.4. Tabla resumen de las tareas que forman el Camino Crítico del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Area	Operación	TVA	TNVA		Nº turnos	Días de:	Lead Time	Lead Time acumulado	Nº personas
			Cola/Espera	Preparación					
Línea de vuelo	Mover a línea			2,0 h	2	16,0 h	0,1 d	275,7 d	4
	Prueba de equipos INDRA	48,0 h			2	16,0 h	3,0 d	278,7 d	1
	Montaje de cúpula	6,0 h			2	16,0 h	0,4 d	279,1 d	3
	Presurización de cabina	10,0 h			2	16,0 h	0,6 d	279,7 d	2
	Montaje motor #1	5,0 h		2,0 h	2	16,0 h	0,4 d	280,2 d	3
	Montaje de cañón	3,0 h		1,0 h	2	16,0 h	0,3 d	280,4 d	3
	Montaje motor #2	5,0 h		2,0 h	2	16,0 h	0,4 d	280,9 d	3
	Carga de combustible para fugas	1,0 h		0,5 h	2	16,0 h	0,1 d	281,0 d	3
	Primer rodaje	6,0 h	12,0 h	5,0 h	2	16,0 h	1,4 d	282,4 d	3
	Inspección de seguridad	24,0 h		16,0 h	2	16,0 h	2,5 d	284,9 d	3
	Montajes mecánicos extras	12,0 h			2	16,0 h	0,8 d	285,6 d	2
	Punto fijo	3,0 h	4,0 h	2,0 h	2	16,0 h	0,6 d	286,2 d	3
	Pruebas estáticas de combustible	4,0 h			2	16,0 h	0,3 d	286,5 d	2
	Rodaje de combustible	10,0 h			2	16,0 h	0,6 d	287,1 d	3
	Vaciar y drenar	8,0 h		1,0 h	2	16,0 h	0,6 d	287,6 d	2

Tabla 6.4. Tabla resumen de las tareas que forman el Camino Crítico del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Área	Operación	TVA	TNVA		Nº turnos	Días de:	Lead Time	Lead Time acumulado	Nº personas
			Cola/Espera	Preparación					
Pintura	Colocación de utillaje			8,0 h	2	16,0 h	0,5 d	288,1 d	3
	Preparación de lijado			8,0 h	2	16,0 h	0,5 d	288,6 d	3
	Lijado de superficies de fibra	48,0 h			2	16,0 h	3,0 d	291,6 d	3
	Lijado de partes sin decapar	16,0 h			2	16,0 h	1,0 d	292,6 d	4
	Empapelado		8,0 h	16,0 h	2	16,0 h	1,5 d	294,1 d	3
	Desengrasado	2,0 h			1	8,0 h	0,3 d	294,4 d	4
	Imprimación	3,0 h			1	8,0 h	0,4 d	294,8 d	6
	Pintado	8,0 h			1	8,0 h	1,0 d	295,8 d	6
	Rotulación y desempapelado	64,0 h	16,0 h	1,0 h	1	8,0 h	10,1 d	305,9 d	2
Trabajos finales de línea de vuelo	Pesada	1,0 h		8,0 h	1	8,0 h	1,1 d	307,0 d	3+2
	Preparación de pruebas EA	4,0 h		4,0 h	2	16,0 h	0,5 d	307,5 d	3
	Documentación			12,0 h	2	16,0 h	0,8 d	308,3 d	1
	Pruebas EA	8,0 h			2	16,0 h	0,5 d	308,8 d	1
	Resolución de averías	8,0 h			1	8,0 h	1,0 d	309,8 d	
	Pre-vuelo	4,0 h			1	8,0 h	0,5 d	310,3 d	3
	Resolución de averías	16,0 h	4,0 h		1	8,0 h	2,5 d	312,8 d	
	Preparación de 2º vuelo	8,0 h		8,0 h	1	8,0 h	2,0 d	314,8 d	3
	2º pre-vuelo	4,0 h	8,0 h		1	8,0 h	1,5 d	316,3 d	3
	Resolución de averías	16,0 h	4,0 h		1	8,0 h	2,5 d	318,8 d	
	Reparaciones pintura			16,0 h	2	16,0 h	1,0 d	319,8 d	4
	Preparación vuelo marcha	4,0 h		8,0 h	1	8,0 h	1,5 d	321,3 d	3

$$\sum TVA = 2011,0h \quad \sum TNVA = 976,2h$$

Tabla 6.4. Tabla resumen de las tareas que forman el Camino Crítico del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

De esta forma el Lead Time total del Camino Crítico, y por tanto del programa de mantenimiento actual es:

$$LT_{TOTAL} = \sum LT_i = 321,3días$$

Que como puede verse coincide con el valor final del Lead Time Acumulado a lo largo de todas las tareas, el cual se ha resaltado en negrita en la columna correspondiente.

Por otro lado también es necesario estimar un ratio que nos muestre el porcentaje de tiempo con respecto del total, en el que se están realizando tareas de valor añadido a lo largo de todo el programa de mantenimiento; de esta forma hemos definido un Ratio de Valor Añadido (RVA), de la siguiente forma:

$$RVA = \frac{\sum TVA_i}{\sum TVA_i + \sum TNVA_i}$$

Que en nuestro caso da un valor de:

$$RVA = \frac{2011,0h}{2011,0h + 976,2h} = 67\%$$

Una vez obtenidos estos datos, es momento de identificar los desperdicios que se están cometiendo actualmente, a lo largo del Programa de MRO del avión. Es muy importante realizar esta labor después de obtener los valores del Lead Time y el RVA, y no antes, para así saber con mayor exactitud el potencial de mejora que va a tener cada una de las resoluciones de los problemas o desperdicios que se están cometiendo.

De esta forma hemos procedido a enumerar, como puede verse en la Tabla 6.5, todos los Problemas u Oportunidades de Mejora, por Áreas, que se vieron a lo largo del programa de MRO, a la vez que se presenta una propuesta de Acción de Mejora (acciones Kaizen) para cada uno de ellos.

En dicha tabla se cataloga cada una de las Acciones de Mejora, en la columna Denominación, acompañada de un identificador, según la herramienta Lean conveniente en cada caso.

También se indica su Potencial de Mejora según su capacidad para la reducción del Lead Time del Programa de MRO.

A continuación se explica, a modo de ejemplo, cómo se detectaron los dos primeros Problemas que aparecen en la Tabla 6.5. Ambos guardan relación con la gestión de los Defectos No Planificados, Mayores, con necesidad de Material (Ver Figura 6.1: Flujograma de Gestión de Defectos):

1.- Una vez que en ingeniería han detectado y categorizado un Defecto No Planificado, como Mayor, se comprobó que hasta los 20 días siguientes a este primer diagnóstico, no se comenzaba a estudiar este defecto y cómo llevar a cabo su gestión para solventarlo. A su vez la gestión de estos defectos se realizaba por lotes, de tal forma que no se seguía una secuencia de resolución de los defectos en flujo continuo según se iban detectando.

Una gestión en flujo continuo de los defectos Mayores implica que es imprescindible elaborar un listado en el que se contemple los defectos y acciones de mejora pendientes de llevarse a cabo.

Este problema impacta directamente sobre el Área bajo la responsabilidad del Departamento de Ingeniería; y en concreto sobre:

- Área de Recepción: detección de los defectos y sus registros
- Gestión de Defectos con necesidad de Material Pedido (ver figura: Flujograma de Gestión de Defectos)

Por tanto, los resultados de esta mejora se estiman de la siguiente forma:

- Reducción de Lead Time: 20 días, ya que se elimina dicha espera fruto del trabajo en Flujo Continuo.
- Porcentaje de mejora respecto del Lead Time Total del Programa de MRO:

$$\%mejora = \frac{20días}{321,3días} = 6.2\%$$

2.- A su vez carecían, en el Área de Inspecciones, tanto Visuales como de Control Dimensional, de una secuencia de inspecciones prioritarias que permita identificar lo antes posible los defectos críticos, que son los Defectos Mayores con Necesidad de Material. Éstos se consideran críticos dado su elevado plazo hasta que se consigue solventarlos, debido a la necesidad de pedir material.

Estas inspecciones prioritarias, deben fundamentarse en un histórico, obtenido de inspecciones en aviones anteriores, de las zonas del avión donde hay mayor probabilidad de encontrar este tipo de defectos.

Por otro lado se debe instaurar Flujo Continuo desde la inspección hasta la reparación del defecto, basándose en una lógica FIFO (First in-First out), de tal forma que lo primero que entra de la operación anterior es lo primero que se procesa y, por tanto, lo primero que sale de la siguiente operación.

En este caso las Áreas responsables de implantar estos cambios son:

- Calidad: Instaurar sistema de gestión de defectos basado en prioridades
- Ingeniería: Instaurar Flujo Continuo (lógica FIFO) desde la inspección hasta la reparación de los defectos.
- Producción: Llevar a cabo las inspecciones y reparaciones según lógica FIFO.

Por tanto, los resultados de esta mejora se estiman de la siguiente forma:

- Potencial de Reducción de Lead Time: 30 días, tiempo medio empleado hasta el momento a través de las inspecciones, para la detección de Defectos Mayores con Necesidades de Material
- Porcentaje de mejora respecto del Lead Time Total del Programa de MRO:

$$\%mejora = \frac{30\text{días}}{321,3\text{días}} = 9.3\%$$

A continuación se muestra la primera parte de la tabla. La totalidad de la tabla¹³ se encuentra en el anexo correspondiente.

¹³ Véase Anexo 13

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
1	Al generarse un defecto mayor, existe una espera de aproximadamente 20 días hasta que Ingeniería comienza a estudiar la disposición. Ingeniería trabaja por lotes.	Implantar filosofía de trabajo de flujo continuo "uno a uno" en Ingeniería (One Piece Flow). (Importante: Contemplar acúmulo de acciones pendientes)	INGENIERÍA	20 d	6,2%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
2	No se marcan prioridades ni en Inspecciones (por zonas críticas en las que es probable, por experiencia, encontrar los defectos de más larga resolución) ni en Ingeniería.	Definir, en Inspecciones, un mapa de prioridades, de modo que siempre se empiece a inspeccionar la zona en la cual exista más probabilidad de extraer defectos mayores con material. (Funcionamiento FIFO a Ingeniería) REVISIÓN PERIÓDICA DE LA PRIORIZACIÓN.	PRODUCCIÓN CALIDAD INGENIERÍA	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
3	Recurso compartido: conductor. 1 conductor por turno.	Formación 1 mecánico por turno	FORMACIÓN CALIDAD PRODUCCIÓN	2 d	0,6%	4	Plan de formación. Matriz de polyvalencias.
4	Revisión de secuencia en Línea de Vuelo: Los desmontajes eléctricos de LV se realizan actualmente en etapas. Se podrían realizar simultáneamente a preparación de desmontajes mayores.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE VUELO;INGENIERIA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Una vez identificados los problemas u oportunidades de mejora del programa de MRO del avión, es momento de establecer una priorización de las Acciones de Mejora, de tal forma que se lleven a cabo primeramente, aquellas que permitan reducir mayor número de días en el programa de MRO.

De este modo en la Tabla 6.7 aparecen las diversas Acciones de Mejora mostradas anteriormente en la Tabla 6.5, junto con su potencial de mejora (reducción del Lead Time) total a lo largo del programa de MRO.

Nota: *Notar que en los criterios de prioridad, además de los cuantitativos que proceden de la Tabla 6.5 (reducción de Lead Time), aparecen otros de carácter cualitativo, los cuales se muestran a continuación:*

Criterios cualitativos				
Valoración	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas
4	Inmediato (<=2 semanas)	Nula	Baja	Nula
3	Corto plazo (2 - 4 semanas)	Baja (hasta 3.000 €)	Media	Baja
2	Medio plazo (4 - 16 semanas)	Media (3.000-10.000 €)	Alta	Media
1	Largo plazo (>16 semanas)	Alta (>10.000 €)	Muy alta	Alta

Tabla 6.6. *Tabla indicativa de los criterios cualitativos para la selección de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.*

También se indican los KPI's asociados a las acciones que lo requieren:

Descripción de la mejora			Criterios de prioridad						KPI's ASOCIADOS	
Id.	Acción de mejora		Cuantitativos		Cualitativos: Viabilidad					
			Reducción LT (d)	Reducción LT (% sobre total:321 d)	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas		Promedio
1	Secuenciación de tareas y equilibrado.		21,0 d	7%	2	4	2	4	3,0	Lead Time total de proceso Horas-Hombre
2	Panel Visual.		13,0 d	4%	2	4	3	2	2,8	-
3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.		30,0 d	9%	2	4	2	4	3,0	Tiempo de respuesta (desde detección de defecto hasta generación de disposición) ante defectos menores y mayores. Ratio Tiempo de resolución/Tiempo de respuesta --> Número de problemáticos frente a número total --> Determinar tiempos de resolución estándares para defectos.

Tabla 6.7. Tabla indicativa del potencial de mejora de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora		Criterios de prioridad							KPI's ASOCIADOS
Id.	Acción de mejora	Cuantitativos		Cualitativos: Viabilidad					
		Reducción LT (d)	Reducción LT (% sobre total:321 d)	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas	Promedio	
4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.	2,0 d	1%	1	3	4	3	2,8	Nivel de polivalencia. Horas extras reales frente a horas extras planificadas, por secciones.
5	Gestión de faltantes de materiales. Distribución de materiales a taller.	10,0 d	3%	3	4	3	4	3,5	
6	Gestión y organización de herramientas y útiles.	7,0 d	2%	2	1	2	2	1,8	

Tabla 6.7. Tabla indicativa del potencial de mejora de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora		Criterios de prioridad							KPI's ASOCIADOS
Id.	Acción de mejora	Cuantitativos		Cualitativos: Viabilidad					
		Reducción LT (d)	Reducción LT (% sobre total:321 d)	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas	Promedio	
7	Estandarización de reparaciones. Kit de reparación.	35,0 d	11%	2	4	2	4	3,0	Suma de tiempo de resolución de defectos estándares (futuro) / Suma de tiempos de resolución de defectos estándares (actual). Número de defectos con reparación estándar / Número total de defectos
8	Análisis de los retrabajos en montaje ECS.	0,0 d	0%	3	4	3	4	3,5	
9	Junta autoconformable.	1,0 d	0%	4	4	4	4	4,0	

Tabla 6.7. Tabla indicativa del potencial de mejora de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sistepiant.

Descripción de la mejora		Criterios de prioridad							KPI's ASOCIADOS
Id.	Acción de mejora	Cuantitativos		Cualitativos: Viabilidad					
		Reducción LT (d)	Reducción LT (% sobre total:321 d)	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas	Promedio	
10	Estandarización de cierre de registros.	2,0 d	1%	3	4	4	4	3,8	
11	Mejora en el proceso de pintura.	1,0 d	0%	1	1	2	1	1,3	
12	Mejora en la gestión de MPT.	5,0 d	2%	3	4	2	3	3,0	

Tabla 6.7. Tabla indicativa del potencial de mejora de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora		Criterios de prioridad							KPI's ASOCIADOS
Id.	Acción de mejora	Cuantitativos		Cualitativos: Viabilidad					
		Reducción LT (d)	Reducción LT (% sobre total:321 d)	Plazo de ejecución	Inversión	Complejidad de ejecución	Interacción con otras áreas	Promedio	
13	Mejora en la gestión de material de fabricación.	7,0 d	2%	2	4	3	1	2,5	
14	Mejora en la gestión documental (apertura y cierre de órdenes).	0,0 d	0%	4	4	3	4	3,8	
15	Análisis de los retrabajos en pruebas y línea de vuelo.	0,5 d	0%	3	4	3	4	3,5	

Tabla 6.7. Tabla indicativa del potencial de mejora de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sistepplant.

De la Tabla 6.7 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1.- Reducción del Lead Time a través de todas las Acciones de Mejora:

$$\sum \text{reducc.LT} = 134,5\text{días}$$

2.- Estimación de potencial de mejora:

$$\text{Pot.mejora} = \frac{\sum \text{reducc.LT}}{LT_{TOTAL}} = \frac{134,5\text{días}}{321,3\text{días}} = 42\%$$

También realizamos un Grafo de Prioridades, Figura 6.17, el cual refleja de un modo gráfico el potencial de mejora de las diferentes Acciones de Mejora en función de los dos criterios de prioridad antes definidos:

- Cuantitativo: Reducción de Lead Time
- Cualitativo: Viabilidad

De esta forma procedimos a catalogar dichas Acciones de Mejora en tres Categorías, como puede verse en el mismo gráfico:

Ejecutar: Forman parte de este cuadrante, aquellas Acciones que cumplen al mismo tiempo:

- Potencial de reducción de Lead Time igual o superior al 4%
- Viabilidad igual o superior a 1.5

Analizar: Forman parte de este cuadrante, aquellas Acciones que cumplen al mismo tiempo:

- Potencial de reducción de Lead Time igual o superior al 4%
- Viabilidad igual o inferior a 1.5

ó

- Potencial de reducción de Lead Time igual o inferior al 4%
- Viabilidad igual o superior a 1.5

Descartar: Forman parte de este cuadrante, aquellas Acciones con:

- Potencial de reducción de Lead Time inferior al 4%
- Viabilidad inferior a 1.5

Nota: *Los valores límite que se han utilizado para obtener los cuatro cuadrantes del gráfico, se decidieron de mutuo acuerdo con el personal perteneciente al programa de MRO del Airbus A330, encargado de liderar este proyecto.*

Este gráfico tiene la utilidad de poder ayudarnos en identificar con mayor facilidad y de una forma más “visual” e intuitiva, respecto a la Tabla 6.7, cuáles son las Acciones de Mejora que nos pueden interesar implantar en función de si queremos dar prioridad a un criterio u otro, ya sea la Reducción del Lead Time que conlleva cada Acción, o su mayor o menor Viabilidad a la hora de llevarlas a cabo.

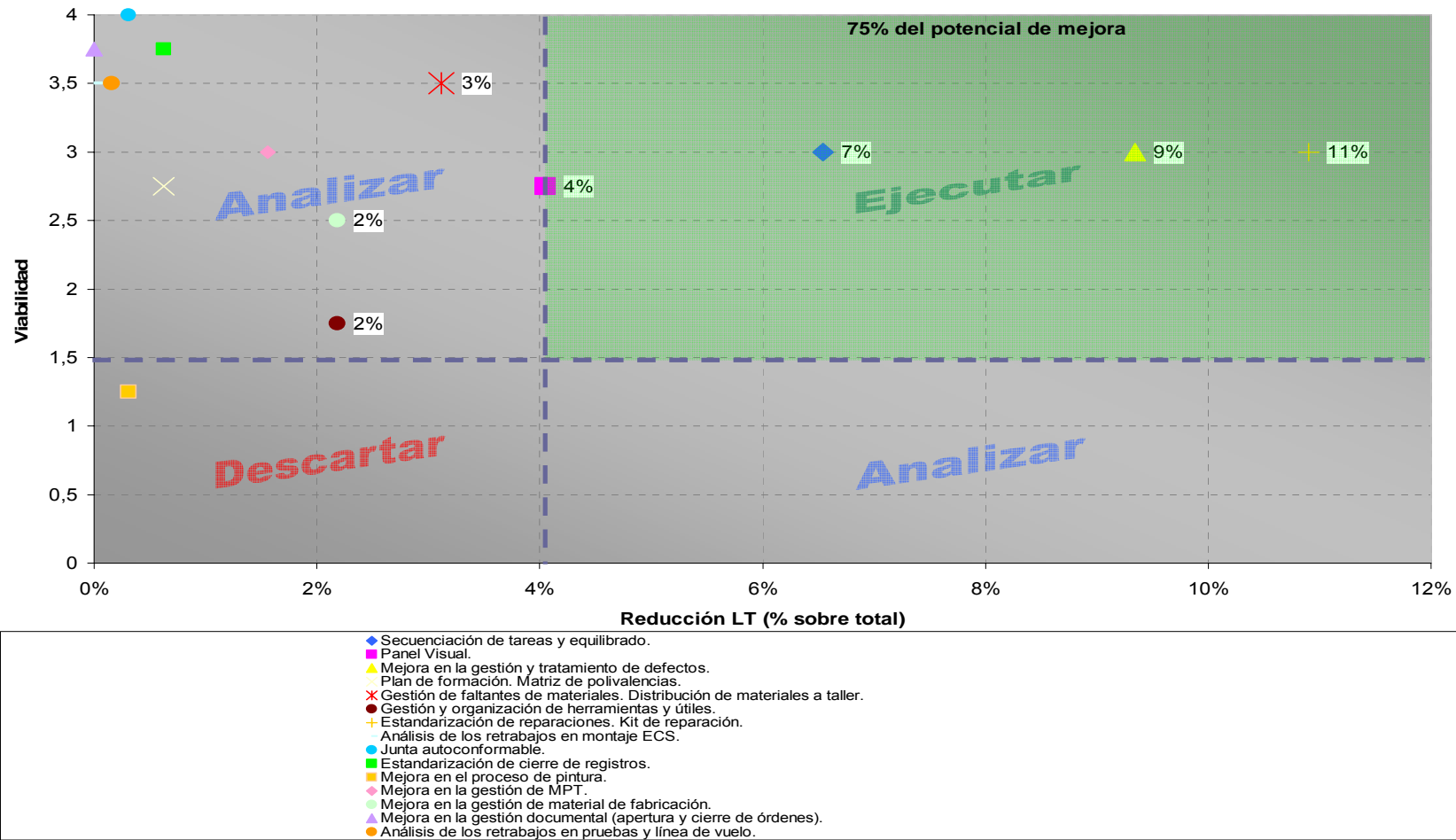


Figura 6.17. Grafo de prioridades de las Acciones de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

De este modo se tomó la decisión de llevar a cabo cinco de las Acciones de Mejora anteriormente definidas, que dan lugar a los cinco Subproyectos de P1:

- P1.1: Mejora en la gestión y tratamiento de los defectos
- P1.2: Estandarización de las reparaciones
- P1.3: Formación basada en matrices de polivalencias
- P1.4: Panel Visual
- P1.5: Secuenciación de Tareas y Equilibrado

Nota: Esta decisión se fundamentó en el tiempo de duración y presupuesto total del Proyecto, según se acordó con el cliente.

Como cabría de esperar, estas Acciones de Mejora son las que pertenecen al cuadrante Ejecutar, excepto el P1.3, que debido a su gran utilidad y elevada viabilidad para este proyecto, decidió llevarse a cabo.

El potencial de mejora de estos cinco proyectos es, por tanto:

Reducción del Lead Time:

$$\sum \text{reducc.LT}(P1.1 + P1.2 + P1.3 + P1.4 + P1.5) = (30 + 35 + 2 + 13 + 21)\text{días} = 101\text{días}$$

Potencial de Mejora:

$$\text{Pot.mejora} = \frac{101\text{días}}{321,3\text{días}} = 31,4\%$$

Nota: *Debido a la importancia que tiene el Subproyecto P1.5, éste será expuesto a parte, como el segundo proyecto, P2, según se definió en los Objetivos al principio de este Capítulo.*

A continuación se van a desarrollar estas cinco Acciones de Mejora:

6.3.1.1.- P1.1: SUBPROYECTO DE MEJORA EN LA GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS DEFECTOS

Introducción:

La Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos que se encuentran durante las diferentes inspecciones en el Programa de MRO del Airbus A330, es la primera de las Acciones de Mejora que se llevaron a cabo.

Esta Acción de Mejora surge fruto de haber realizado el VSM Actual del Programa de MRO del avión.

Se decidió incluir, por tanto, esta Acción de Mejora dentro del Proyecto P1: VSM DEL PROGRAMA DE MRO DEL AVIÓN.

El motivo fundamental por el cual se decidió llevar a cabo este Subproyecto de P1, es el elevado potencial de mejora que tiene, tal y como puede verse en la tabla 6.7:

- Potencial de Reducción de Lead Time: 30 días, lo que supone un potencial de mejora del 9% respecto al Lead Time inicial del Programa de MRO del avión.
- A su vez el promedio del criterio de Viabilidad es de 3, que es el doble del límite, 1.5, que se decidió establecer como mínimo, a la hora de considerar llevar a cabo una determinada Acción de Mejora, como puede verse en la Figura 6.17.

Se identificaron los siguientes problemas u oportunidades de mejora en relación con la Gestión y el Tratamiento de los Defectos (estos problemas/oportunidades de mejora son los que anteriormente se han mostrado en la tabla 6.5, y que aparecen asociados al Identificador 3, que es la Acción: Mejora en la Gestión y Tratamiento de defectos):

- Al generarse un defecto mayor, existe una espera de aproximadamente 20 días hasta que Ingeniería comienza a estudiar la disposición, debido a una lógica de trabajo por lotes.
- No se marcan prioridades en las inspecciones visuales, NDI (Non Destructive Inspection), Control Dimensional (por zonas críticas en las que es probable, por experiencia, encontrar los defectos de más larga resolución) ni en la generación de las disposiciones.
- Como consecuencia de lo anterior se producen retrasos en Control Dimensional, Rayos X y NDI.
- Falta de estandarización en las disposiciones.
- No está claramente definido, o no se aplica con rigor el criterio para diferenciar entre defectos mayores y menores.
- En ocasiones se evalúa el mismo defecto repetidas veces como consecuencia de una falta de identificación de las reparaciones, que permita poder estandarizarlas.

Como consecuencia de lo anterior, se consideró necesario lanzar un grupo de trabajo para mejorar la forma en la que se gestionan los defectos, una vez son identificados en planta.

Objetivo de la Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos:

El objetivo principal que se busca a través de esta Acción de Mejora es reducir el Lead Time desde la inspección hasta la reparación del defecto, el denominado, Tiempo de Respuesta.

Planteamiento:

A continuación se detalla el Planteamiento que se estableció a la hora de poder solventar las problemáticas anteriormente citadas:

Para ello se decidió establecer Flujo Continuo desde la inspección hasta la reparación, bajo una lógica FIFO (First-in First – out). De esta forma:

- Para establecer flujo continuo en el tratamiento de los defectos, es necesario establecer prioridades.
- El objetivo es determinar qué defectos son críticos y en qué inspección o actividad de la cadena de valor se detectan, con el fin de establecer una secuencia de inspecciones prioritarias que identifiquen con la mayor antelación posible dichos defectos críticos.
- La secuencia establecida para las inspecciones debe respetarse en la medida de lo posible en los siguientes pasos (disposición, aprovisionamiento, despacho y reparación), como puede verse en la Figura 6.18, siguiendo la norma: “lo primero que entra de la operación anterior, es lo primero que se procesa y, por tanto, lo primero que sale de la siguiente operación”



Figura 6.18. Imagen explicativa del procedimiento, FIFO, para la reparación de Defectos en el avión. Fuente: Sisteplant

Pasos a ejecutar:

A continuación se detallan los sucesivos pasos que se siguieron en la elaboración de este subproyecto, según el Planteamiento anterior:

1.- Estandarización de la categorización de los defectos, lo que implica:

- Establecer reglas claras y sin ambigüedades que permitan a todos los involucrados conocer si un defecto es mayor o menor.
- Conversión de defectos mayores en menores

2.- Recopilación de los defectos en los últimos 3 aviones

- Información a recabar:
 - 1.- Descripción del defecto
 - 2.- Categoría del defecto (menor/mayor)
 - 3.- Necesidad del material (de fabricación/MPT/compras)
 - 4.- Zona de detección
 - 5.- Tarjeta de inspección
 - 6.- Tiempo de inspección
 - 7.- Tiempo de aprovisionamiento
 - 8.- Tiempo total de resolución
 - 9.- Desmontaje necesario para la inspección
 - 10.- Operación de montaje o prueba que condiciona (si la condiciona)

A continuación se muestra un ejemplo de la Elaboración del Listado de Defectos de los últimos tres aviones: clasificación y asociación a tarjeta de inspección (Control Dimensional, Zonal, NDI):

Ref defecto	Avion	Matricula	Tipo defecto	Tarjeta	Clasificación
0080N0011	CE 15	01	Mayor	AF-002	MayorAF-002
006Z60101	C 15	25	Mayor	AF-002	MayorAF-002
006FL0091	C 15	14	Mayor	AF-002	MayorAF-002
0080N0174	CE 15	01	Mayor	AF-003	MayorAF-003
0076B0145	CE 15	03	Mayor	AF-003	MayorAF-003
006FM0040	C 15	24	Mayor	AF-003	MayorAF-003
006FM0041	C 15	24	Mayor	AF-003	MayorAF-003
006Z60082	C 15	25	Mayor	AF-003	MayorAF-003
005AD0111	C 15	36	Mayor	AF-003	MayorAF-003
007AW0042	C 15	38	Mayor	AF-003	MayorAF-003
006FL0082	C 15	14	Mayor	AF-003	MayorAF-003
006FL0083	C 15	14	Mayor	AF-003	MayorAF-003

Tabla 6.8. Ejemplo de listado de defectos en aviones. Fuente: Sistplant.

3.- Clasificación ABC de los defectos en función de los siguientes criterios:

- 1.- Repetitividad
- 2.- Lead Time total de resolución
- 3.- Lead Time de aprovisionamiento
- 4.- ¿Condiciona alguna operación crítica de montaje que se encuentre en la línea principal de la cadena de valor?

4.- Establecimiento de prioridades en las inspecciones en función de la clasificación ABC anterior:

Para ello establecimos la siguiente asignación de factores de ponderación:

- Experiencia (defectos históricamente problemáticos), teniendo en cuenta los puntos de vista de Producción, Ingeniería y Calidad.
 - Factor de ponderación del 50%
- Requerimientos de materiales y Lead Time de aprovisionamiento:
 - Factor de ponderación del 40%
- Zona de inspección:
 - Factor de ponderación del 10%

5.- Determinación de Inspecciones Prioritarias ordenadas en bloques de 1 semana de duración.

6.- Definición del sistema de gestión de defectos en Flujo Continuo

7.- Puesta en marcha del sistema

A continuación, en la tabla 6.9, se muestra un ejemplo de Matriz de Prioridades en Inspecciones que elaboramos, como parte del nuevo Sistema de Gestión y Tratamiento de los Defectos.

En esta matriz se muestra cómo a partir de esta mejora, van a definir y documentar cada defecto:

Tarjeta:

- 1.- Nº de tarjeta asociado al defecto
- 2.- Categorización del defecto según la Zona y Subzona donde se localice

Inspecciones:

- 3.- Nº horas/personas necesarias en el tipo de inspección que corresponda para cada defecto: NDI, Rayos X.

Priorización:

- 4.- Establecimiento de priorización en las inspecciones según los factores de ponderación previamente definidos.

Agrupación de inspecciones en semanas:

- 5.- Agrupación de las inspecciones a realizar cada semana.

Lead Times:

6.- Desglose del Lead Time total hasta que se dispone del material para iniciar la reparación.

Tarjeta			Inspecciones										Priorización						Agrupación de inspecciones en semanas				Lead Times							
Nª Tarjeta	Zona Mayor	Zona Avión, Subzona	H Inspección Producción (1p/turno)	H Inspección C. Calidad (1p/turno)	H Preparación P.Especiales	Personas P. Especiales/Turno	H Inspección NDI	Personas NDI/turno	Inspección RX (2p/turno)	Trabajos NDI	Trabajos IVD /CD	Media defectos MAYORES	Media Defectos menores	Prioridad Producción 1=Máx; 5= Mín	Prioridad Ing. 1=Máx; 5= Mín	Prioridad NDI-Calidad 1=Máx; 5= Mín	Agrupación Tarjetas NDI	Zona. Peso: 0,1 %	Prioridad experiencia. Peso: 0,5 %	Tiempo apro. Peso: 0,4 %	Tiempo reparación. Peso: 0,0 %	Resultado	Lead Time	LT Acumulado	Unidad de desglose: 5d	Ciclo	Tiempo de generación de disposición	Tiempo de gestión del aprovisionamiento	Tiempo de aprovisionamiento	Total
Z-010	FF	Tren Morro	16	0	0	0			0	0	2,8	7,3	5	2				3	2	1	1	1,7	2,0 d	2,0 d	5,0	5,0 d	5 d	5 d	128 d	138 d
Z-044	CF	Zona centro inferior	8	0	0	0			0	0	3,0	5,9	1	1				3	1	2	1	1,6	1,0 d	3,0 d	5,0	5,0 d	5 d	5 d	156 d	166 d
Z-018	W	Ala interior Sup. Interna, Costilla cierre	12	0	0	0			0	0	0,7	1,4	1	1				1	1	2	1	1,4	1,5 d	4,5 d	5,0	5,0 d	5 d	5 d	128 d	138 d
Z-021	W	Extrados Ala interior, Sup. Interior	12	0	32	2	0		0	0	6,9	6,6	1	1				1	1	2	1	1,4	1,5 d	6,0 d	5,0	10,0 d	5 d	5 d	257 d	267 d
Z-033	W	Extrados, Borde de ataque, exterior	5	0	0	0			0	0	3,6	4,0	1	1				1	1	2	1	1,4	0,6 d	6,6 d	5,0	10,0d	5 d	5 d	82 d	92 d
Z-002	FF	FF Externo	8	0	0	0			0	0	0,9	7,7	1	3				3	1	1	1	1,2	1,0 d	7,6 d	5,0	10,0 d	5 d	5 d	99 d	109 d
Z-048	CF	Lado Superior Interior	8	0	24	1	0		0	0	2,1	5,7	1	1				3	1	1	1	1,2	1,0 d	8,6 d	5,0	10,0 d	5 d	5 d	128 d	138 d

Tabla 6.9. Ejemplo de Matriz de Prioridades en Inspecciones en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

6.3.1.2.- P1.2: SUBPROYECTO DE ESTANDARIZACIÓN DE LAS REPARACIONES

Introducción:

La Mejora a través de la Estandarización de las Reparaciones que se llevan a cabo en el Programa de MRO del Airbus A330, es la segunda de las Acciones de Mejora que se llevaron a cabo.

Esta Acción de Mejora surge, al igual que la Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos, fruto de haber realizado el VSM Actual del Programa de MRO del avión.

Se decidió incluir, por tanto, esta Acción de Mejora dentro del Proyecto P1: VSM DEL PROGRAMA DE MRO DEL AVIÓN, denominándose así Subproyecto P1.2.

También en este caso, el motivo principal por el que nos decidimos a llevar a cabo este subproyecto, es su elevado potencial de mejora. De hecho, de todas las Acciones de Mejora que se realizaron en el Proyecto, ésta es la que tiene un mayor potencial de reducción del Lead Time del Programa de MRO del avión, como puede verse en la Tabla 6.7:

- Potencial de reducción de Lead Time: 35 días, lo que supone un potencial de mejora del 11% respecto al Lead Time inicial del Programa de MRO del avión.
- A su vez el promedio del criterio de Viabilidad es de 3, que es el doble del límite, 1.5, que se decidió establecer como mínimo, a la hora de considerar llevar a cabo una determinada Acción de Mejora, como puede verse en la figura 6.17.

Así, se identificó que aquellas reparaciones cuyo tiempo total de resolución era más elevado, estaban asociadas a defectos en cuya disposición se identifica la necesidad de aprovisionamiento de materiales (especialmente de materiales de fabricación) que no son kits.

Por tanto, evitar el ciclo de aprovisionamiento de materiales por medio de la generación de nuevos kits de reparaciones es una medida adecuada para incrementar la agilidad de las actividades y reducir el Lead Time total del proceso de MRO del avión.

Objetivo de la Estandarización de las Reparaciones:

El objetivo es la reducción del Lead Time, por medio de:

- La incorporación de nuevos kits estándares de reparación, asociados a defectos cuya resolución requiere actualmente del aprovisionamiento de materiales de largo plazo de entrega.
- La conversión de ciertas operaciones no sistemáticas en operaciones sistemáticas.

Planteamiento:

A continuación se presenta el Planteamiento que se decidió seguir para llevar a cabo la Estandarización de las Reparaciones:

- Transformación de reparaciones de defectos repetitivos (actividades no planificadas) en operaciones planificadas.
- Incorporación de nuevos kits de reparaciones, en el caso de defectos repetitivos con material asociado de largo plazo de aprovisionamiento.
- Estandarización del proceso de generación de disposiciones: creación de Base de Datos de soluciones estándares a defectos.

Pasos a ejecutar:

A continuación se detallan los sucesivos pasos que se siguieron en la elaboración de este subproyecto, según el Planteamiento anterior:

1.- Análisis de las reparaciones susceptibles de estandarización y de los trabajos no sistemáticos susceptibles de convertirse en trabajos sistemáticos.

Para ello se siguieron los siguientes pasos:

1.) Obtención de un listado de reparaciones de los últimos 5 aviones

A continuación se muestra un ejemplo de listado de reparaciones que se empleó:

PNR	ODM	TIPO SUJETO	OBJETO	INFO	DESCRIPCION / DISPOSICION
01926-5K4	006FF0057	A		Descrip 1 Disposición 1	BROCHES (43),MILSON P/N 01926-5k4,CON OXIDACIÓN EN TAPA DEL RG. 94 CAMBIAR
01926-5K4	006FH0029	A		Descrip 1 Disposición 1	BROCHES CON CORROSIÓN (43).EN LA TAPA DEL RG. 94. CAMBIAR
01926-5K4	006Z50030	A		Descrip 1 Disposición 1	BROCHES CON CORROSIÓN EN LA TAPA DEL RG.94 CAMBIAR
01926-5K4	007AV0038	A		Descrip 1 Disposición 1	BROCHES (43) OXIDADOS EN TAPA DEL RG.94. CAMBIAR
01926-5K4	0080U0046	A		Descrip 1 Disposición 1	TAPA DEL RG.94 CON LOS BROCHES CON OXIDACIÓN. CAMBIAR
01926-5K4	0084B0179	A		Descrip 1 Disposición 1	BROCHES OXIDADOS EN EL REGISTRO 94. CAMBIAR
01926-5K4	00BV20001	P	STOCK SEGURIDAD NORMALES MRO 99999		
11M932-1	004F40081	A	C15	Descrip 1 Disposición 1	DOS BURLETES FALTAN EN LOS SOPORTES DEL LADO IZQUIERDO Y DERECHO, CENTRAL SUPER CAMBIAR.
11M932-1	006FK0150	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN LA PARTE ANTERIOR DEL REGT 96 (CIERRE DE LA CUPULA) CAMBIAR
11M932-1	0084E0099	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE FALTA EN SOPORTE EN LA PARTE POSTERIOR IZQUIERDA DE LA CABINA ANTERIOR. CAMBIAR
11M932-1	0084E0126	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN LA PARTE ANTERIOR AL MARCO DEL RG. 96. CAMBIAR
11M932-1	008970001	P	LM-PMM-DESM(REV.2) 0117B		
11M951-1	007680071	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN CARENA DE LA TAPA DEL RG. 181 L/H. CAMBIAR
11M951-1	007680074	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN LA TAPA DEL RG.181 R/H. CAMBIAR
11M951-1	007AT0030	A		Descrip 1 Disposición 1	TAPA DEL RG. 181 R/H. CON BURLETE ROTO P/N.74A150775-2002. CAMBIAR
11M951-1	007AT0031	A		Descrip 1 Disposición 1	TAPA DE RG.181 L/H. CON BURLETE ROTO P/N.74A150775-2001. CAMBIAR
11M951-1	0080W0197	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN LA TAPA DEL RG. 181 L/H. CAMBIAR
11M951-1	0080W0200	A		Descrip 1 Disposición 1	TAPA DEL RG.181 R/H.CON EL BURLETE ROTO. CAMBIAR
11M951-1	0084C0092	A		Descrip 1 Disposición 1	BURLETE ROTO EN EL REGISTRO 181R. CAMBIAR
11M951-1	008FB0014	A		Descrip 1 Disposición 1	TAPA DEL REG.181 R/H,BURLETE ROTO CAMBIAR

Tabla 6.10. Ejemplo de Listado de Reparaciones llevados a cabo en Programas de MRO de aviones anteriores. Fuente: Airbus..

En lo referente a la definición de los defectos estándares, se realizó un análisis detallado de cada defecto teniendo en cuenta:

- Información considerada:
 - Tarjeta asociada al defecto, Zona de avión, Elemento de zona, Nombre del defecto, Descripción, Disposición, Material asociado (Fabricación local, de Compra o MPT), Cantidad.

2.) Filtrado de las reparaciones repetitivas, en dos tipos:

- 1.- Reparaciones con material
- 2.- Reparaciones sin material

3.) Análisis de los tiempos de reparaciones repetitivas con material:

- 1.- Clasificación ABC en función del tiempo de aprovisionamiento del material

4.) En función de lo anterior, generación de listados de:

- 1.- Reparaciones con nuevos kits estándares a definir
- 2.- Operaciones no sistemáticas actualmente a sistematizar

2.- Definición de kits asociados a reparaciones estándares, para ello:

- 1.- Identificación de los materiales
- 2.- Definición de la estrategia de aprovisionamiento y dimensionado:
 - 1.- Contra stock
 - 2.- Kanban

3.- Gestión de proveedores

1.- Negociación de precios y plazos

3.- Asignación de responsable de preparación del kit

4.- Introducción de trabajos sistemáticos en órdenes planificadas

Lo cual implica su inclusión en la Planificación Oficial y en el Panel Visual de seguimiento de la planificación.

Para ello se procedió a definir los trabajos sistemáticos y convertirlos en órdenes planificadas de la siguiente forma:

- Para cada reparación a sistematizar se ha considerado:
 - Tarjeta asociada, Zona, Elemento, Descripción, Disposición a convertir en operación planificada, Material (Fabricación Local, MPT, Compra), Con/Sin stock de seguridad, Designación, Cantidad, Documentación necesaria, necesidad de utillaje.
- Formalización en el software Pelicano de nuevas órdenes planificadas a partir de defectos a sistematizar

5.- Creación de base de datos de reparaciones estándares

Se procedió a generar una base de datos de reparaciones estándares en el programa Pelicano, teniendo en cuenta:

- Compatibilidad con la utilización de Hoja de identificación de defectos mediante lápiz digital.

- Introducción de flag de identificación de defecto estándar en la pantalla de generación de disposiciones (General Defecto)

A continuación se muestra un ejemplo de esta operativa:

- En la Tabla 6.11 se muestra una hoja Excell con información detallada sobre cada defecto estándar.
- En la Figura 6.19 se muestra un ejemplo de una Base de Datos que se generó en Pelicano.
- En la Figura 6.20 se muestra la Pantalla de generación de disposición en Pelicano.
- Por último en la Figura 6.21 se adjunta un Protocolo de identificación de defectos estándares.

<i>Tarieta</i>	<i>Programa</i>	<i>Zona</i>	<i>Elemento</i>	<i>Nombre defecto</i>	<i>Número de caracteres</i>	<i>Descripción</i>	<i>Disposición</i>	<i>Material</i>	<i>Cant.</i>	<i>MPT</i>	<i>OBSERVACIONES MA</i>
Z-005	C.15	2.1	Registro 3	Tal. Post RH reg.3	18	Se detecta grieta/muesca/corrosión en taladros de broches en la parte posterior del registro 3, RH	Realizar la reparación detallada en la O.T. A1-F18AC-SRM-221(SP) 013 00, Párrafo 13 y figura 3. Para ello: - Sanear la zona dañada de acuerdo al detalle D, de la documentación. - Construir 4 rellenos en mat. 7075-T6 espesor 0,125" (Detalle E, incluido en kit). - Construir un refuerzo en material 7075-T6 esp. 0,080" (Detalle E, incluido en kit, marcar taladros). - Construir un retenedor en mat. 7075-T6	74A313210-K1	1	ND	No comprar. Fabricación local
Z-005	C.15	2.1	Registro 3	Tal. Post LH reg.3	18	Se detecta grieta/muesca/corrosión en taladros de broches en la parte posterior del registro 3, LH	Realizar la reparación detallada en la O.T. A1-F18AC-SRM-221(SP) 013 00, Párrafo 13 y figura 3. Para ello: - Sanear la zona dañada de acuerdo al detalle D, de la documentación. - Construir 4 rellenos en mat. 7075-T6 espesor 0,125" (Detalle E, incluido en kit). - Construir un refuerzo en material 7075-T6 esp. 0,080" (Detalle E, incluido en kit, marcar taladros). - Construir un retenedor en mat. 7075-T6 espesor 0,090" (Detalle H, incluido en kit, marcar taladros)	74A313210-K1	1	ND	No comprar. Fabricación local
Z-005	C.15	2.1	Registro 3	Juntas Emi registro 3	21	Juntas EMI en mal estado (corrosión o dientes rotos), en el perímetro del registro 3	Cambiar juntas EMI dañadas a partir de ST9M622-4-2400, cortando a medida, de acuerdo a la O.T. A1-F18AC-SRM-221 (SP) 013 00, punto 22	ST9M622-4-2400	6	ND	
CD-004	C.15	13,7	Casquillos	R/H X: 56,80 0S	15	Diámetro interior del casquillo fuera de medida (0,255" +0,007/-0,000). Al desmontar el casquillo, diámetro de la orejeta del shroud del flap en X:56,80 mide 0,3123" +0,0005/-0,0000	Instalar casquillo nominal ST4M130-04027 (Utilizando nitrógeno líquido) en ambas orejetas en X:56,80. Escariar diámetro interior de casquillos en línea a 0,255" +0,007 / -0,000	ST4M130-04027	2	ND	
CD-004	C.15	13,7	Casquillos	R/H X: 56,80 1S	15	Diámetro interior del casquillo fuera de medida (0,255" +0,007/-0,000). Al desmontar el casquillo, diámetro de la orejeta del shroud del flap en X:56,80 mide más de 0,3123" y menos de 0,3281"	En la orejeta en X:56,80 realizar pre-escariado a 0,3161". Escariar a 0,3281" +0,0005 / -0,0000. Instalar casquillo 1º sobremedida 135091-11 (Utilizando nitrógeno líquido) en ambas orejetas. Escariar diámetro interior de casquillos en línea a 0,255" +0,007 / -0,000	135091-11	2	ND	
CD-004	C.15	13,7	Casquillos	R/H X: 56,80 2S	15	Diámetro interior del casquillo fuera de medida (0,255" +0,007/-0,000). Al desmontar el casquillo, diámetro de la orejeta del shroud del flap en X:56,80 mide más de 0,3281" y menos de 0,3437"	En la orejeta en X:56,80 realizar pre-escariado a 0,3317". Escariar a 0,3437" +0,0005 / -0,0000. Instalar casquillo 2º sobremedida 135091-12 (Utilizando nitrógeno líquido) en ambas orejetas. Escariar diámetro interior de casquillos en línea a 0,255" +0,007 / -0,000	135091-12	2	ND	
CD-004	C.15	13,7	Casquillos	R/H X: 56,80 3S	15	Diámetro interior del casquillo fuera de medida (0,255" +0,007/-0,000). Al desmontar el casquillo, diámetro de la orejeta del shroud del flap en X:56,80 mide más de 0,3437" y menos de 0,3594"	En la orejeta en X:56,80 realizar pre-escariado a 0,3474". Escariar a 0,3594" +0,0005 / -0,0000. Instalar casquillo 3º sobremedida 135091-13 (Utilizando nitrógeno líquido) en ambas orejetas. Escariar diámetro interior de casquillos en línea a 0,255" +0,007 / -0,000	135091-13	2	ND	

Tabla 6.11. Información detallada sobre defectos estándares. Fuente: Sisteplant.

Proyecto de Fin de Carrera: “Aplicación de Conceptos y Herramientas Lean en MRO de una Empresa de Mantenimiento Aeronáutico”

Criterios de selección

Avión: N° Defecto: Revisión:

Zona: Elemento:

Nombre: Estado: [No cancelados]

Tarjeta: SGM:

Pieza: Documento:

Fecha Alta
Desde: 00/00/0000
Hasta: 00/00/0000

Avión	N° Defecto	Revisión	Zona	Descripción Zona	Elemento	Nombre	Tarjeta	Estado	F. Alta	SGM	Descripción SGM
C15	0001	00	2.1	Fuselaje Anterior Externo	Registro 3	Tal. Suj. broch reg.	Z:005	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0002	00	2.1	Fuselaje Anterior Externo	Registro 3	Tal. Post RH reg.3	Z:005	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0003	00	2.1	Fuselaje Anterior Externo	Registro 3	Tal. Post LH reg.3	Z:005	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0004	00	2.1	Fuselaje Anterior Externo	Registro 3	Juntas Emi registro	Z:005	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0005	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 05	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0006	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 15	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0007	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 25	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0008	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 35	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0009	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 45	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0010	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 56,80 55	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0011	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 05	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0012	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 15	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0013	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 25	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0014	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 35	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0015	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 45	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0016	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 84,49 55	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0017	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 05	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0018	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 15	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0019	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 25	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0020	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 35	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0021	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 45	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0022	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	R/H X: 117,29 55	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0023	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 05	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0024	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 15	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0025	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 25	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0026	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 35	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0027	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 45	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0028	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillo	R/H X: 153,09 55	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0029	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	L/H X: 56,80 05	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0030	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	L/H X: 56,80 15	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos
C15	0031	00	13.7	"Shroud" del Flap	Casquillos	L/H X: 56,80 25	CD-004	Activo	22/04/2009	4147P5	Montajes Mecánicos / Mecánicos

Ind. MPT	N° de Pieza	C. Fabricante	Cant. Requerida	N° Document	Pag. Y/o Fig.	Observaciones
<input type="checkbox"/>	STM675-4-5	99999	4,00	(SP)A1-F18AC-SRM-20C(SP) 004 06		
<input type="checkbox"/>	STM675-4-6	99999	4,00			

Total Registros: 60

Preparado

Figura 6.19. Base de Datos creada en Pelicano. Fuente: Airbus

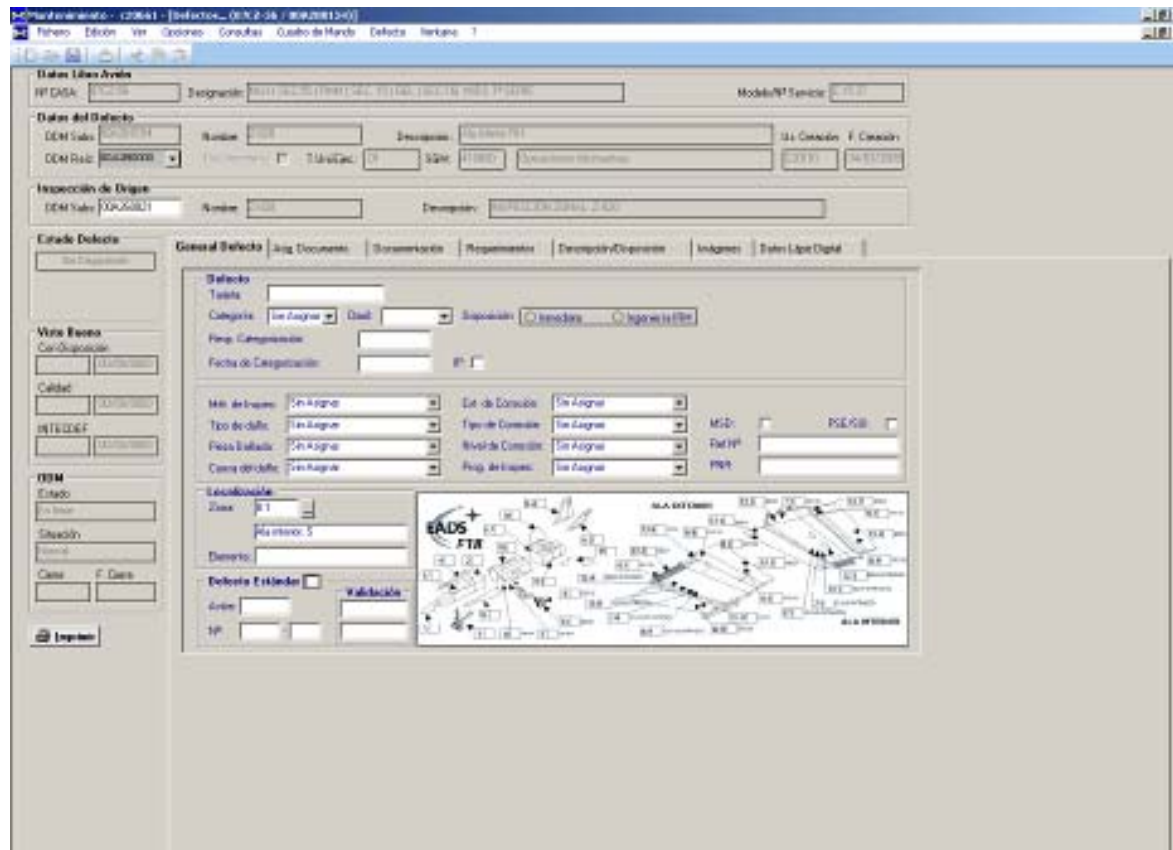


Figura 6.20. Pantalla de generación de disposición en Pelicano. Fuente: Airbus

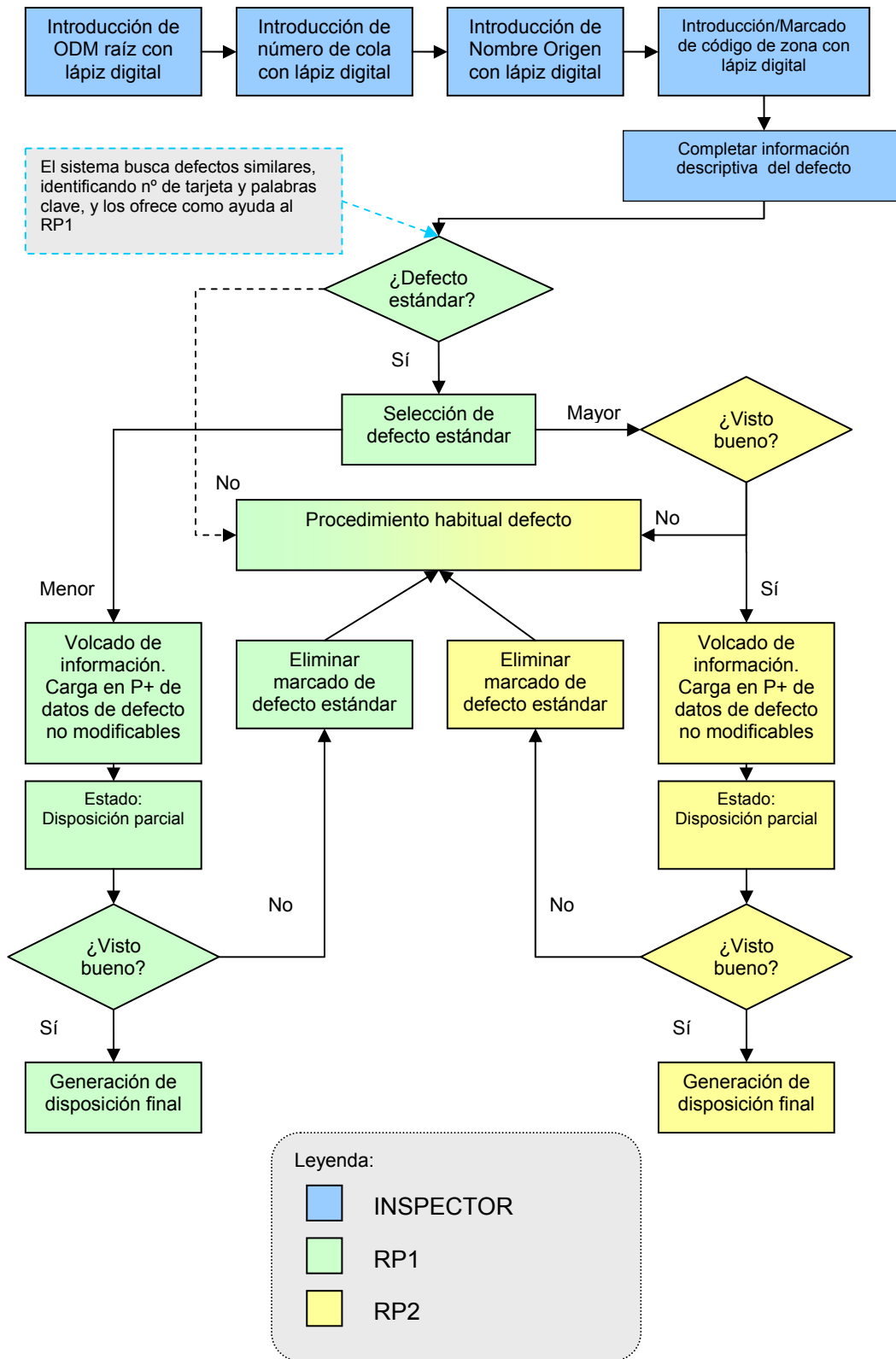


Figura 6.21. Protocolo de identificación de defectos estándares.

6.- Lanzamiento del aprovisionamiento de nuevos kits estándares

6.3.1.3.- P1.3: SUBPROYECTO DE FORMACIÓN EN FUNCIÓN DE MATRICES DE POLIVALENCIAS

Introducción:

La Acción de Mejora basada en la Formación en función de Matrices de Polivalencias de los operarios del Programa de MRO del Airbus A330, es la tercera de las Acciones de Mejora que se llevaron a cabo.

Esta Acción de Mejora surge, al igual que las dos subproyectos anteriores, fruto de haber realizado el VSM Actual del Programa de MRO del avión.

Se decidió incluir, por tanto, esta Acción de Mejora dentro del Proyecto P1: VSM DEL PROGRAMA DE MRO DEL AVIÓN, denominándose así Subproyecto P1.3.

En este caso la realización de este subproyecto no se fundamenta en su potencial de mejora del Lead Time, ya que como puede verse en la Tabla 6.7:

- Potencial de reducción de 2 días sobre el Lead Time inicial del Programa de MRO del avión, lo que supone una mejora esperada del 1%

En cambio se fundamenta en la siguiente problemática que se detectó inicialmente, y que puede tener graves consecuencias en el futuro:

- Pérdida de Know-How en procesos específicos de trabajo que requieren certificación y están en manos de personal próximo a la jubilación.
- En la gestión de reparaciones para la categorización de los defectos: Se está perdiendo calidad por jubilación de personal sin sustitución.

- En Planta, variabilidad de los tiempos de ejecución de las actividades en función de la experiencia de las personas.

Objetivos de la Formación en función de Matrices de Polivalencias:

En este caso hay un doble objetivo:

1. Medir de forma objetiva el nivel de conocimientos o capacidades (técnicos y de gestión) de las personas, como información de partida para el establecimiento de un plan de formación (interna o externa) que permita resolver las carencias observadas.
2. Estandarización del trabajo. La calidad del trabajo de una determinada actividad no ha de depender de la persona que la realice.
 - Como consecuencia de lo anterior, se ha de introducir una reducción de la variabilidad de las duraciones de las actividades.

Planteamiento:

A continuación se muestra la estrategia que se definió inicialmente para llevar a cabo este plan de formación:

- Definición de un sistema de evaluación de las habilidades.
- Elaboración de una matriz de polivalencias personalizada para cada persona evaluada.
- Elaboración de un plan de formación basado en los resultados de las matrices de polivalencias y enfocado a resolver las carencias prioritarias.

- Definición de un indicador de medida del grado de polivalencia (individual y global).

Pasos a ejecutar:

Para llevar a cabo el Plan de Formación se definió una Metodología en 9 pasos:

1.) Definición de competencias:

- Técnicas:

Ejemplos: diferentes labores de montaje; embalaje; etiquetado; resolución de temas de diseño; resolución de temas técnicos; verificación; improvisación de utillajes; interpretación de planos; reclamación de falta de material, etc.

- Gestión:

Ejemplos: asistencia y participación en reuniones de Mejora Continua; 5S's; automantenimiento; autocontrol y gestión de la calidad; gestión de materiales; gestión de herramientas; notificación de órdenes terminadas, etc.

2.) Definición de grados de competencias y escala de valoraciones:

En la tabla siguiente se muestran ambos conceptos:

Grado de competencia	Valoración	Definición
Desconoce	1	Desconoce por completo las labores de montaje y necesita aprendizaje
Necesita ayuda	2	Realiza las tareas, pero necesita consulta y ayuda
Realiza el trabajo normal	3	Cumple el estándar sin ayuda
Realiza trabajos complejos	4	Cumple el estándar sin ayuda y además realiza tareas difíciles

Tabla 6.12. Escala de valoración de los grados de competencia para los trabajadores de la planta de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

- Si, además, la persona tiene iniciativa y propone mejoras, su valoración será incrementada en 1 punto. Por ejemplo, una persona puede tener una valoración 4 por dos vías:
 - 1.- Realiza trabajos complejos (4)
 - 2.- Realiza el trabajo normal y además propone mejoras (3+1=4)
- El objetivo es dotar de mayor importancia a la iniciativa y proactividad en el trabajo.

3.) Valoración individual de cada persona por parte del responsable de la sección correspondiente.

4.) Auto-valoración individual por parte de cada persona cuyas capacidades se desean medir.

5.) Entrevista con cada persona valorada: puesta en común y conciliación de diferencias en las valoraciones.

6.) Elaboración de la matriz de polivalencias.

7.) Establecimiento de los objetivos de futuro:

- Plan de formación
- Introducción de nuevas competencias

8.) Ejecución del plan de formación.

9.) Revisión periódica de la matriz de polivalencias:

- Definición de período de revisión (típicamente 6 meses)
- Análisis de la evolución de las aptitudes de las personas evaluadas. Verificación del éxito del plan de formación desarrollado.
- Construcción de la nueva matriz de polivalencias: 9 pasos

Una vez definida la metodología estándar para llevar a cabo el Plan de Formación, se diseñaron las herramientas que nos permiten poder implementar dicha metodología. Estas herramientas son las siguientes:

- Matriz de Asociación de Habilidades a Secciones y Perfiles del Programa de MRO del Airbus A330.
- Formulario de Valoración de Habilidades de los operarios.
- Matriz de Polivalencias referidas a las Habilidades de los operarios.

A continuación se explican estas herramientas:

Matriz de Asociación de Habilidades a Secciones y Perfiles:

Esta matriz nos permite:

- Definir las Habilidades propias de cada Sección del Programa de MRO del avión
- Catalogar cada una de estas Habilidades
- Asociar las Habilidades a los Perfiles que están previamente definidos según el estándar de Airbus:

A su vez esta matriz es el paso previo necesario para poder elaborar la siguiente herramienta: Formulario de Valoración de Habilidades, como se verá a continuación.

Para la elaboración de esta matriz se siguieron los siguientes pasos:

- Elaboración de un listado de habilidades propias de los procesos de MRO; éstas pueden ser de tres tipos:
 - Habilidades certificables, calificables y básicas
- Asociación de las habilidades a los perfiles predefinidos en el estándar utilizado por AIRBUS.
- Asociación de las habilidades a las secciones definidas en el Programa de MRO del Airbus A330
- Construcción de matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles

A continuación se muestra dicha matriz:

HABILIDADES POR SECCIONES		Tipo de operación	PERFILES										
Sección	Habilidad		Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspección	Procesos de fabricación
Mecánicos	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Perma-swage	Calificable	X	X	X								
	Montaje de mandos de vuelo	Calificable	X	X	X								
	Montajes hidráulicos/neumático/ECS/tren	Calificable		X	X								
	Encasquillado / Instalación rótulas	Calificable	X	X									
	Montaje sistemas de combustible	Calificable		X	X								
	Montaje de depósitos flexibles	Calificable		X									
	Control dimensional	Calificable	X									X	
	Montaje de equipos/eléctrico/electromecánico	Básica		X									
	Grapado cables de mando	Certificable						X					
Aplicación de sellante y adhesivos	Certificable ?												
Estructurales	Taladrado, avellanado y remachado	Básica	X										
	Reparaciones estructurales	Calificable	X										
	Cold Working	Calificable	X										
	Encasquillado / Instalación rótulas	Calificable	X	X									
	Conformado de chapas	Calificable	X										
	Tratamiento de corrosión (mecánico)	Básica	X								X		
	Control dimensional	Calificable	X									X	
	IVD (Inspecciones Visuales Detalladas) estructurales	Certificable	X									X	
Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X		

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES		PERFILES											
Sección	Habilidad	Tipo de operación	Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/inspección	Procesos de fabricación
Eléctricos	IVD (Inspecciones Visuales Detalladas) eléctricas	Certificable					X						
	Grapado de terminales	Certificable		X			X						
	Soldadura de cables	Certificable		X			X						
	Pruebas de continuidad y resistencia	Básica		X	X		X						
	Reparaciones eléctricas	Calificable		X			X						
	Fibra óptica	Certificable		X									
	Montaje de equipos/eléctrico/electromecánico	Básica		X									
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Instalación de extensímetros	Calificable	X	X	X								
	Fabricación mazos	Certificable					X						
	Pruebas Eléctricas Guías de Onda y cables RF	Calificable											
	Instalación, preparación y conexión de cables de video	Calificable											
	Instalación, preparación, conexión y empalmes de cables de buses	Calificable											

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES			PERFILES										
Sección	Habilidad	Tipo de operación	Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado y tratamientos térmicos	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspección	Procesos de fabricación
Pruebas de aviónica	Grapado de terminales	Certificable		X			X						
	Soldadura de cables	Certificable		X			X						
	Pruebas de continuidad y resistencia	Básica		X	X		X						
	Reparaciones eléctricas	Calificable		X			X						
	Pruebas de aviónica y resolución de averías	Calificable			X								
	Prueba de buses	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Pruebas de armamento y radar	Calificable			X								
	Fibra óptica	Certificable		X									
	Carga de software y claves	Certificable			X								
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Colimación	Calificable			X							X	
	Montaje de equipos/eléctrico/electromecánico	Básica		X									
	Instalación, preparación y conexionado de cables de video	Calificable											
Instalación, preparación, conexionado y empalmes de cables de buses	Calificable												

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES		Tipo de operación	PERFILES										
Sección	Habilidad		Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspección	Procesos de fabricación
Verificadores	Control dimensional	Calificable	X									X	
	Nivelado, centrado y pesado	Certificable										X	
	IVD (Inspecciones Visuales Detalladas) estructurales	Certificable	X									X	
	IVD (Inspecciones Visuales Detalladas) eléctricas	Certificable					X						
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Documentación de entrega	Calificable										X	
	Configuración de producto	Calificable										X	
	Laser tracker	Certificable										X	
	Utillaje óptico	Certificable										X	
NDI	Rayos X	Certificable										X	
	Líquidos penetrantes	Certificable										X	
	Ultrasonidos	Certificable										X	
	Partículas magnéticas	Certificable										X	
	Corrientes inducidas	Certificable										X	
	Dureza y conductividad	Certificable										X	
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Tap Coin	Certificable											
	Inspección visual con Instrumentos de Visión	Calificable											

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES		Tipo de operación	PERFILES										
Sección	Habilidad		Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspcción	Procesos de fabricación
Pintura	Pintura	Certificable									X		
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Medición de espesores de acabados orgánicos	Certificable									X		
Procesos especiales	Aplicación de sellante	Certificable	X	X							X		
	Shot Peening	Certificable									X		
	Cadmiado/Anodizado	Certificable									X		
	Tratamiento de corrosión (mecánico)	Básica	X								X		
	Tratamiento de corrosión (químico)	Calificable									X		
	Plegado paracaídas	Certificable									X		
	Reparación de depósitos flexibles	Calificable									X		
	Guarnecido interiores	Básica									X		
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Tratamiento térmico de materiales	Básica								X			
Medición de espesores de acabados orgánicos	Certificable									X			

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES			PERFILES										
Sección	Habilidad	Tipo de operación	Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado y tratamientos térmicos	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspección	Procesos de fabricación
Materiales compuestos	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Reparación de fibras	Calificable							X				
Pruebas mecánicas	Montaje de mandos de vuelo	Calificable	X	X	X								
	Montajes hidráulicos/neumático/ECS/tren	Calificable		X	X								
	Carga de oxígeno y líquido gaseoso	Certificable			X								
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Perma-swage	Calificable	X	X	X								
	Montaje de Equipos/Eléctrico/Electromecánico	Básica		X									
	Conducción de aviones (remolcado)	Certificable			X								
	Grapado cables de mando	Certificable						X					
	Manejo de equipos de tierra	Certificable ?											

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES		Tipo de operación	PERFILES										
Sección	Habilidad		Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos y tratamientos	Tratamientos superficiales y	Verificación/inspección	Procesos de fabricación	
Pruebas Mecánicas	Pruebas/Reglajes de mandos de vuelo y resolución de averías	Calificable											
	Pruebas/Reglajes sistemas hidráulicos/trenes y resolución de averías	Calificable											
	Pruebas sistemas neumáticos/ECS/ y resolución de averías	Calificable											
	Reglaje Cúpulas	Calificable ?											
Combustible	Montaje sistemas de combustible	Calificable		X	X								
	Calibración, carga y pruebas de combustible y conductor de cisterna de repostado	Certificable											
	Asiento eyectable	Certificable											
	Manejo de explosivos	Certificable			X								
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Interpretación de esquemas de los sistemas relacionados	Calificable											
	Remolcado de aviones y útiles hasta 10 Tn	Certificable ?											
	Atención en línea, Carga/Descarga de SATIC	Certificable ?											

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

HABILIDADES POR SECCIONES		Tipo de operación	PERFILES										
Sección	Habilidad		Montaje estructural	Montaje de instalaciones	Pruebas funcionales	Mantenimiento aeronáutico	Fabricación eléctrica	Mecanizados	Materiales compuestos	Conformado y tratamientos térmicos	Tratamientos superficiales y pintura	Verificación/Inspección	Procesos de fabricación
Rampa-Línea de Vuelo	Montaje de mandos de vuelo	Calificable	X	X	X								
	Montajes específicos	Calificable											
	Carga de oxígeno y líquido gaseoso	Certificable			X								
	Conducción de aviones combate (remolcado)	Certificable											
	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Calificable	X	X	X		X		X		X	X	
	Prevuelo, postvuelo y recepción	Calificable											
Rodadores	Rodaje de motores	Certificable			X								
OCT	Rutas y procesos de fabricación	Calificable											X

Tabla 6.13. Matriz de asociación de habilidades a secciones y perfiles del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Formulario de Valoración de Habilidades de los operarios

La Matriz de Asociación de Habilidades a Secciones y Perfiles del Programa de MRO, nos sirvió como paso previo para elaborar una serie de Formularios para la Valoración de las Habilidades de los operarios. Estos formularios recogen las Habilidades que aparecen definidas en la matriz anterior, para cada sección. Así, se elaboró un formulario para cada una de las Secciones, que son:

- Mecánicos
- Estructurales
- Eléctricos
- Pruebas de aviónica
- Verificadores
- NDI
- Pintura
- Procesos especiales
- Materiales compuestos
- Pruebas mecánicas
- Combustible
- Rampa Línea de Vuelo
- Rodadores

Estos formularios tienen su aplicación en los pasos 3 y 4 de la Metodología propuesta, es decir, para la valoración individual del trabajador por parte del responsable de la sección correspondiente y para la auto-valoración del trabajador.

En la Figura 6.22 se muestra, a modo de ejemplo, el formulario referente a la sección de Combustible:

Proyecto de Fin de Carrera: “Aplicación de Conceptos y Herramientas Lean en MRO de una Empresa de Mantenimiento Aeronáutico”

NOMBRE Y APELLIDOS	
NÚMERO DE EMPLEADO	
SECCIÓN	COMBUSTIBLE

HABILIDADES AGRUPADAS	DETALLE HABILIDADES	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	TOTAL
Montaje sistemas de combustible	Montaje sistemas de combustible						
Calibración, carga y pruebas de combustible	Calibración, carga y pruebas de combustible y conductor de cisterna de repostado						
Asiento eyectable	Asiento eyectable						
Manejo de explosivos	Manejo de explosivos						
Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación	Manejo de grúa y elementos de elevación/manipulación						
Interpretación de esquemas de los sistemas relacionados	Interpretación de esquemas de los sistemas relacionados						
Remolcado de aviones y útiles hasta 10 Tn	Remolcado de aviones y útiles hasta 10 Tn						
Atención en línea, Carga/Descarga de SATIC	Atención en línea, Carga/Descarga de SATIC						

Marque con una X el nivel correspondiente a cada una de las habilidades listadas.

Descripción de niveles:

Nivel 1:	Persona de nuevo ingreso o cambiada a una nueva sección. Se encuentra en periodo de formación teórica y práctica. No es autónoma en el trabajo: debe ser tutelada.
Nivel 2:	Ejecuta las operaciones sin tutela, pero no puede verificar su trabajo (es necesaria la actuación de un verificador).
Nivel 3:	Ejecuta las operaciones sin tutela y se le delega la calidad en aquellas actividades de Calidad determina.
Nivel 4:	Puede tutelar a niveles 1 y/o verificar a otros (niveles 1 y 2)
Nivel 5:	Es un referente del área. Experto reconocido en la organización.

Figura 6.22. Formulario de Valoración de Habilidades de los operarios del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistepplant

Matriz de Polivalencias refereridas a las Habilidades de los operarios

El último paso fue el diseño de la Matriz Tipo de Polivalencias. Esta herramienta tiene su aplicación a partir del paso 6 de la metodología propuesta, y tiene las siguientes utilidades:

- Ofrecer los resultados del Plan de formación
- Permite analizar la evolución de las aptitudes de las personas evaluadas.
- Establecer los objetivos para las sucesivas revisiones del plan de formación

A continuación se muestra esta matriz en las tres páginas siguientes. En cada una de ellas se destaca una parte distinta para que el lector pueda ver con claridad las dieferentes partes de la misma:

En la primera se amplía la zona de la matriz donde deben figurar los nombres de los trabajadores que se evalúan así como la Sección a la que pertenecen.

En la segunda página se muestra el criterio de valoración a seguir para cada una de las Habilidades propias de cada Sección.

Finalmente, en la tercera página, se destaca un ejemplo en el que se muestran los resultados del plan de formación y los objetivos para la siguiente revisión.

COMPONENTE	SECCION	COMPETENCIAS PARALELAS (C.P.)										Valoración C.P.	P- % sobre estándares (30-100%)	Nivel						
		Puestos de montaje en cadena		Embalaje		Montaje de operadores Centrales		Situación de problemas de montaje		Reposición de materiales en cadena					Situación de problemas de diseño		Interpretación de planos		Desarrollo de utillajes y plantillas	
NOMBRE1	AM	Realiza trabajos complejos	3	Realiza trabajos complejos	3	Realiza trabajos complejos	4	Realiza el trabajo estándar	3	Realiza trabajos complejos	4	Realiza trabajos complejos	4	Lee planos normales	2	Necesita ayuda	1	24	70%	B
NOMBRE2	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE3	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE4	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE5	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE6	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE7	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
NOMBRE8	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Necesita ayuda	1	Lee planos normales	2	Fabrica utillaje	3	54	44%	C
Promedio:																		100	44%	C
COMPONENTE	SAG	Reacciones con Espiritu Autogestionado		Organización, Orden y Limpieza (OOL)		COMPONENTE	SECCION	Puestos de montaje en cadena		Embalaje		Valoración C.P.	P- % sobre estándares (30-100%)	Nivel						
NOMBRE1	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2			NOMBRE1	AM	Realiza trabajos complejos	3				Realiza trabajos complejos	3	13	50%	C	
NOMBRE2	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE3	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	13	50%	C						
NOMBRE3	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE4	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	13	50%	C						
NOMBRE4	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE5	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	13	50%	C						
NOMBRE5	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE6	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	13	50%	C						
NOMBRE6	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE7	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	13	50%	C						
NOMBRE7	AM	Participa	2	Orden al final de la jornada	2	NOMBRE8	AM	Realiza el trabajo estándar	2	Realiza el trabajo estándar	2	14	54%	C						
NOMBRE8	AM	Participa	2	Entrega ordenada	2	PROMEDIO		28	38%	D	41%									
Promedio:																		92	51%	C

Tabla 6.14. Matriz de Polivalencias referidas a las habilidades de los operarios del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistepplant.

COMPONENTE	COMPETENCIAS FABRILES (C.F.)			Valoración C.F.	P:% sobre máximo (32=100%)	Nivel
	de procesos de montaje	Reposición de materiales en cabina	Solución de problemas de diseño			
NOMBRE1	Realiza trabajos complejos	Realiza trabajos complejos	Realiza trabajos complejos	24	75%	B
NOMBRE2	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
NOMBRE3	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
NOMBRE4	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
NOMBRE5	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
NOMBRE6	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
NOMBRE7	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	15	47%	C
NOMBRE8	Necesita ayuda	Necesita ayuda	Necesita ayuda	14	44%	C
Promedio				109	49%	C

COMPONENTE	COMPETENCIAS DE GESTOR (C.G.)					Valoración C.G.	P:% sobre máximo (32=100%)	Nivel
	Atención de pedidos	Identificación de herramientas	Autoservicio	Autocontrol	Seguridad laboral y medio ambiente			
NOMBRE1	Identifica necesidades	Realiza trabajos complejos	Necesita ayuda	Necesita ayuda	13	50%	C	
NOMBRE2	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
NOMBRE3	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
NOMBRE4	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
NOMBRE5	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
NOMBRE6	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
NOMBRE7	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	15	47%	C	
NOMBRE8	Conserva	Realiza el trabajo estándar	Realiza el trabajo estándar	Necesita consulta	13	50%	C	
Promedio					82	51%	C	

BAREMO	
Nivel A:	85% < P <= 100%
Nivel B:	60% < P <= 85%
Nivel C:	40% < P <= 60%
Nivel D:	0 <= P <= 40%

Tabla 6.14. Matriz de Polivalencias referidas a las habilidades de los operarios del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

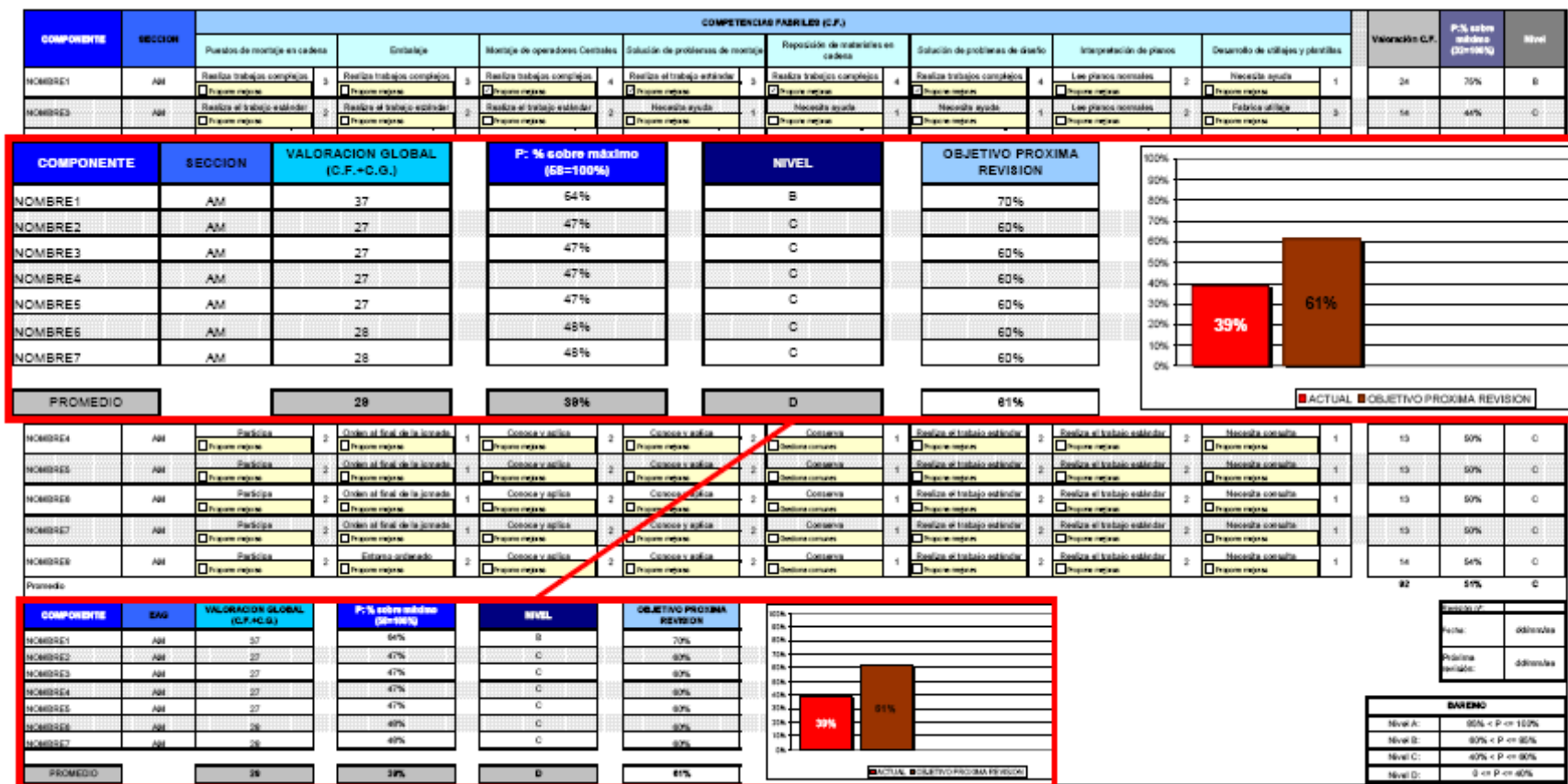


Tabla 6.14. Matriz de Polivalencias referidas a las habilidades de los operarios del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

6.3.1.4.- P1.4: SUBPROYECTO SOBRE EL PLANTEAMIENTO DEL PANEL VISUAL PARA EL SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE MRO

Introducción:

La Mejora a través del planteamiento del Panel Visual para el seguimiento del Programa de MRO del Airbus A330, es la cuarta Acción de Mejora que se llevó a cabo en el Proyecto.

Se decidió incluir esta Acción de Mejora dentro del Proyecto P1: VSM DEL PROGRAMA DE MRO DEL AVIÓN, ya que el Panel Visual es una herramienta que permite dotar al Programa de MRO de una visión global del estado y avance de todas las actividades productivas que se están llevando a cabo, y que se reflejan en el VSM.

Su elaboración viene refrendada por su alto potencial de mejora, según muestra la Tabla 6.7:

- Potencial de reducción de Lead Time: 13 días, lo que supone un potencial de mejora del 4% respecto al Lead Time inicial del Programa de MRO del avión.
- A su vez el promedio del criterio de Viabilidad es de 2.8, que es casi el doble del límite, 1.5, que se decidió establecer como mínimo, a la hora de considerar llevar a cabo una determinada Acción de Mejora, como puede verse en la Figura 6.17.

A continuación se presenta una breve introducción teórica sobre las funciones que tiene el Panel Visual en los sistemas productivos:

El Panel Visual es:

- Una herramienta de control y seguimiento periódico de las actividades planificadas, mediante un sistema visual de alarmas.
- Una valiosa fuente de información para la Mejora Continua, pues constituye una base de datos de las causas que provocan desviaciones respecto a lo planificado.
- Una fuente de indicadores: Lead Time, tiempo de retraso, número de tareas retrasadas, etc.

También el Panel Visual:

- Aporta una visión global del estado de avance de todas las actividades, productivas y transaccionales, del proceso de MRO del avión.
- Permite conocer el modo en que interactúan unas actividades con otras, así como el cumplimiento real de las fechas.
- Propicia un terreno de juego en el que todos los agentes relacionados con el proceso MRO del avión participan, reportan avances e incidencias, toman decisiones y replanifican coordinadamente.

Objetivo de la elaboración del Panel Visual:

Control efectivo de las actividades de MRO y su utilización como fuente de información para la Mejora Continua.

Planteamiento:

A continuación se muestra el planteamiento inicial que se propuso para la implantación del Panel Visual:

- Establecer el diseño y desarrollo de una herramienta visual que permita fácilmente visualizar el estado actual y real de los trabajos en curso.

- Implantación de un sistema de reuniones con la participación de todos los departamentos involucrados en el Programa de MRO del avión:
 - Actualización del estado de cada trabajo.

 - Comunicación de incidencias y registro en una basa de datos estandarizada.

 - Decisiones conjuntas sobre replanificación, reasignación de recursos, etc.

A continuación se detalla cómo se elaboró el Panel Visual para el seguimiento del Programa de MRO del Airbus A330:

Elaboración del Panel Visual:

Para la elaboración del Panel Visual se siguió la siguiente estructura:

- Organización del Panel Visual
- Diseño del Panel Visual
- Actividades a considerar dentro del Panel Visual
- Método de seguimiento de las actividades

Organización del Panel Visual:

1.) Sistema de reuniones

- Se establece una reunión semanal de revisión del panel. El éxito del panel viene condicionado por la disciplina y el respeto al sistema de reuniones.
 - Debe asignarse a una persona como responsable de la actualización del panel y del control de asistencia.
- La duración de la reunión no debe ser superior a 45 minutos.
- Para el seguimiento y la actualización de la información, se respetará la secuencia real del proceso (se empieza por revisar la recepción y se termina con los trabajos finales en línea de vuelo).

2.) Selección de los departamentos involucrados:

En el Panel Visual deben participar todos los departamentos relacionados directamente con la actividad MRO del avión:

- Producción: Hangar, Línea de vuelo
- Ingeniería
- Calidad
- Control de Producción
- Materiales: Compras, Almacén y Subcontratación

Diseño del Panel Visual:

1.) Sistema de alarmas

- Azul: Planificado (El futuro)
- Rojo: Se retrasa el inicio respecto de lo planificado
- Negro: Se para la producción una vez iniciada
- Amarillo: Se ralentiza la producción una vez iniciada
- Verde: Producción normal (según lo planificado)

2.) Duración de las actividades

- La unidad mínima de duración de una actividad será de 1 Takt (20 días para 10 entregas al año), si bien la revisión y actualización será semanal, para lo cual se dispondrá del listado de actividades planificadas para cada semana, según lo elaborado en el proyecto de secuenciación y equilibrado.
- En el caso de los hitos, su duración será de 1 día.
- El calendario del Panel Visual estará dividido en días, distinguiéndose entre días laborables y festivos.

Actividades a considerar dentro del Panel Visual:

Se definieron dos tipos de actividades:

1.) Actividades productivas:

- La lista de operaciones productivas a incluir en el panel se obtienen como consecuencia del estudio de secuenciación y equilibrado desarrollado por el correspondiente grupo de trabajo.
 - No todas las operaciones tenidas en consideración en el estudio de secuenciación y equilibrado están sometidas a seguimiento en el Panel Visual, sino sólo aquellas que se consideran relevantes (todas las del camino crítico o línea principal y aquellas actividades de las líneas auxiliares susceptibles de frenar la evolución de la línea principal).
 - Aquellas actividades relevantes habrán de agruparse para generar una tarea de duración de 1 Takt aproximadamente.
 - Este ejercicio de agrupación y filtrado es necesario para hacer ágil y efectiva la construcción y actualización del panel.
- Bloques de actividades a considerar:
 - Recepción, desmontajes eléctricos y mecánicos, inspecciones, reparaciones, procesos especiales, modificaciones eléctricas y mecánicas, montajes eléctricos y mecánicos, órdenes técnicas, pruebas eléctricas y mecánicas, trabajos finales en línea de vuelo.

2.) Actividades transaccionales:

- Ingeniería
 - Generación de disposiciones (en función de las prioridades marcadas en las inspecciones)
- Materiales:
 - Pedido de Compras
 - Pedido material de fabricación
- Control de Producción:
 - Despechos de materiales
 - Pedidos de MPT

Método de seguimiento de las Actividades:

- Seguimiento semanal:

- Actualización del estado de cada actividad desarrollada durante la semana precedente, para cada avión:
 - Orden de seguimiento en panel = secuencia real del proceso
 - Actualización de estados en función de un código numérico:

Color	Código fila seguimiento
Planificado	1
Realizado	2
Ralentizado (ralentizado)	3
Retenido	4
Detenido	5
Festivo	6

Tabla 6.15. Código numérico para seguimiento de actividades del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

- Cada “barra” de actividad del Panel Visual tiene una duración de 1 Takt. El hito a cumplir en cada semana viene dado por el diagrama detallado de secuenciación (o un listado obtenido a partir de él).
 - Se chequea el cumplimiento del hito y se actualiza el estado sobre el panel.

- Análisis del impacto de las incidencias:
 - Introducción de comentarios (causas de incidencias, problemas encontrados) para información de Mejora Continua.
 - Se genera una base de datos de incidencias. Resulta conveniente crear unos conceptos estandarizados de incidencias en los cuales agrupar cualquier problema que suceda.
 - Ejemplo: Falta de material de fabricación, Falta de material MPT, Falta de material de Compra, Asignación de recursos a otro programa, Absentismo, Problema de utillaje, etc.
 - Plan de reacción para mantenimiento de los plazos y cumplimiento de los hitos

- Replanificación, si procede, en función de las incidencias

A continuación se muestra un ejemplo del procedimiento de elaboración del Panel Visual:

1.- Plantilla del Panel Visual

2.- Plantilla Resumen de Incidencias e indicadores

Tabla 6.17. Tabla Resumen de Incidencias e indicadores del Panel Visual del Programa de MRO del Airbus A330. Fte: Sisteplant

PANEL VISUAL MRO					Datos de desviaciones por operación						
Código avión	Actividad	Inicio (día)	Duración (días)	Fin (día)	Desviación	Planificado	Realizado	Ralentizado	Retenido	Detenido	% avance parcial
X	Lead Time teórico: 1 días		% avance total:								
	Lead Time real: 1 días		Desviación: 0 días								
	1.1	Recepción	1-1-09	0	1-1-09	0 días	14 días	0 días	0 días	0 días	0 días
		1-1-09	0	1-1-09							
1.2	SK2	7-1-09	0	7-1-09	0 días	15 días	0 días	0 días	0 días	0 días	4%
		7-1-09	0	7-1-09							
1.3	Modificación Mecánica Sk5 a SK7	7-1-09	0	7-1-09	2 días	0 días	14 días	2 días	0 días	0 días	4%
		7-1-09	0	7-1-09							
1.4	Modificación Mecánica FA GEL	7-1-09	0	7-1-09	1 días	22 días	1 días	0 días	1 días	0 días	4%
		7-1-09	0	7-1-09							
1.5	OOTT AFC -155	7-1-09	0	7-1-09	0 días	3 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
		7-1-09	0	7-1-09							
1.6		0 7-1-09	0	7-1-09	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
		7-1-09	0	7-1-09							
1.7		0 7-1-09	0	7-1-09	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
		7-1-09	0	7-1-09							
1.8		0 7-1-09	0	7-1-09	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	0 días	
		7-1-09	0	7-1-09							

d) Elaboración del VSM futuro del programa de MRO del avión.

El VSM Futuro se realizó una vez hecho el Equilibrado del Programa de MRO del avión, realizado en el proyecto P2: *Equilibrado y Programación a Pulsos del Programa de MRO*, ya que en el VSM Futuro se reflejan los datos en función de los resultados del Equilibrado. De este modo se insta al lector a leer previamente el proyecto P2.

Una vez realizado el Equilibrado de todas las tareas que forman el Programa de MRO, a continuación se reflejan en el VSM Futuro todos los cambios que se hayan producido con respecto a la situación actual, representada en el VSM Actual.

En este caso, como se ha podido leer en el Proyecto P2, los cambios que se han producido, respecto a la situación actual y que se reflejan en el VSM Futuro, son los siguientes:

- Introducción de una Célula para Desmontajes
- Realización de la primera inspección de RayosX antes del Decapado

Se muestra a continuación el VSM Futuro en su totalidad, destacando los diferentes Hangares donde se realizan las tareas del Camino Crítico, para a continuación resaltar estos dos cambios, con respecto al VSM Actual:

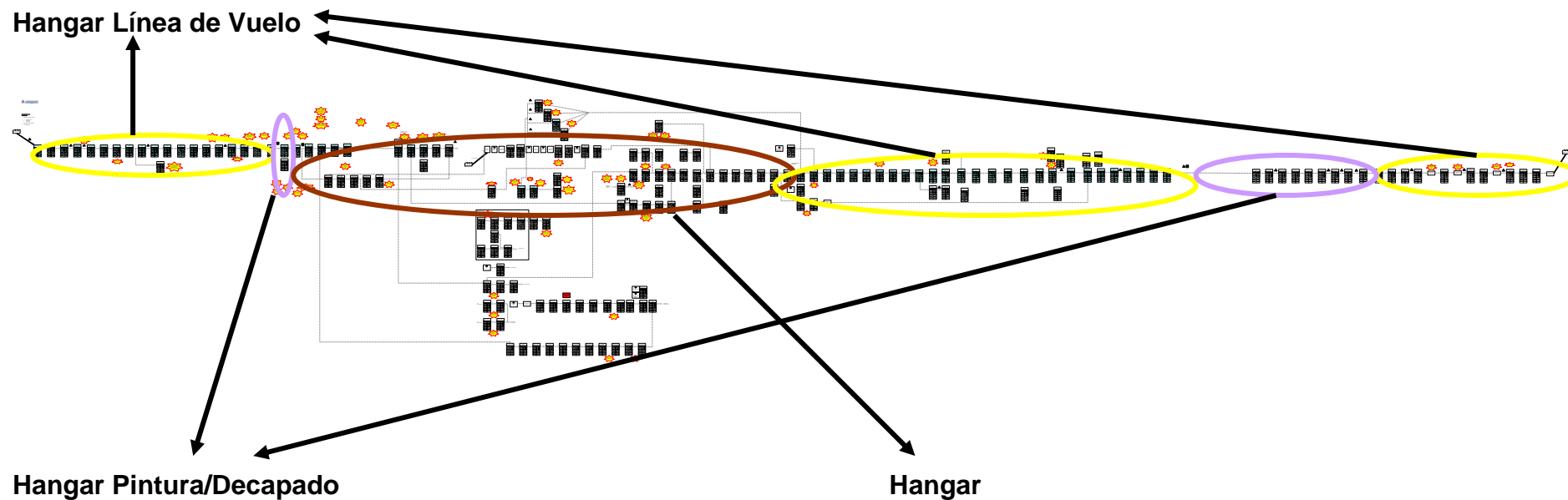


Figura 6.23. VSM Futuro del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Los cambios que se efectuaron se muestran a continuación:

➤ **Introducción de una Célula para Desmontajes:** los cuales se realizan en el Hangar, y que comprende los desmontajes de:

- Alerones
- Flaps
- Bordos de Ataque de las Alas
- Establizador Horizontal
- Timones

En el VSM Actual se indica como se están realizando actualmente:

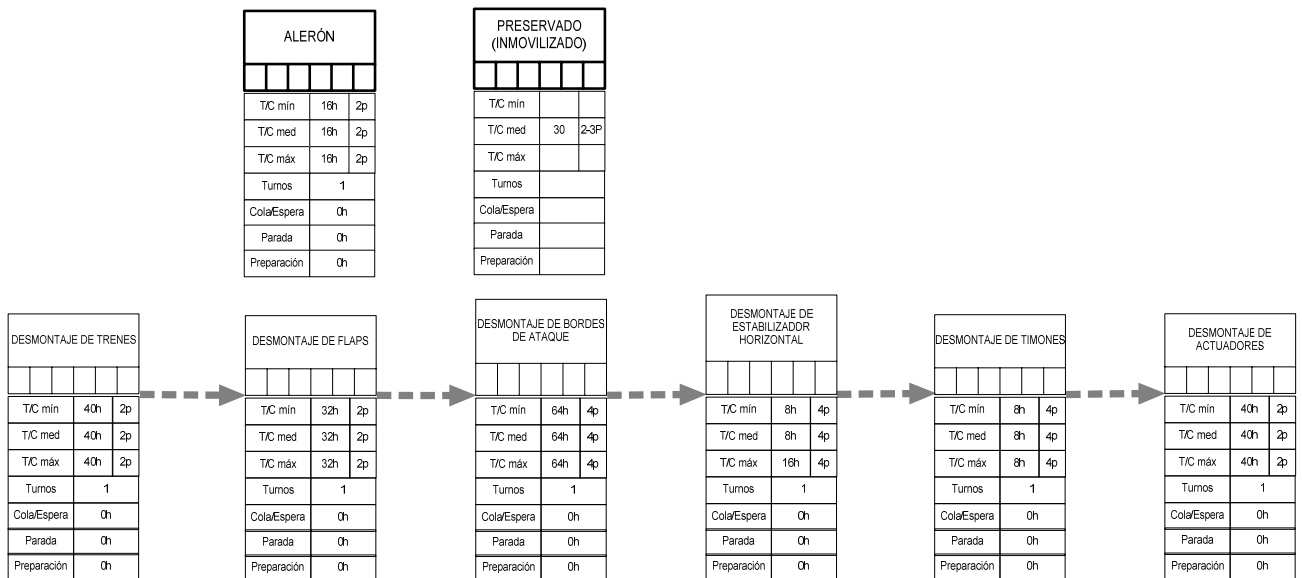


Figura 6.24. VSM Actual: Etapas en la realización de los desmontajes en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Mientras que en el VSM Futuro, debido a la introducción de la Célula de Desmontajes, aparecen representados de la siguiente forma:

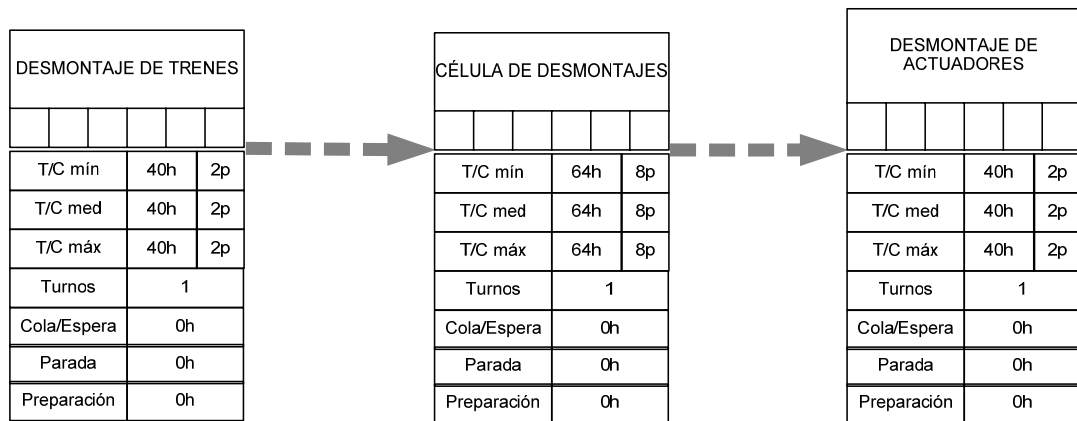


Figura 6.25. VSM Futuro: Implementación de Célula para los Desmontajes.

Fuente: Sisteplant.

La introducción de la Célula de Desmontajes permite reducir la duración de los desmontajes de 80 horas a 64 horas, así como permite introducir Flujo Continuo en estas operaciones.

➤ **Realización de la primera inspección de RayosX antes del Decapado:**

Permite ahorrar un desplazamiento (0,5 horas) y realizar todas las tareas de Recepción del Avión, en el Hangar de Línea de Vuelo, en un Pulso del Takt Objetivo (18,9 días), sin necesidad de que se produzca una salida intermedia al Hangar de Decapado, como ocurre actualmente.

Inicialmente, como muestra el VSM Actual, se está realizando de la siguiente forma:

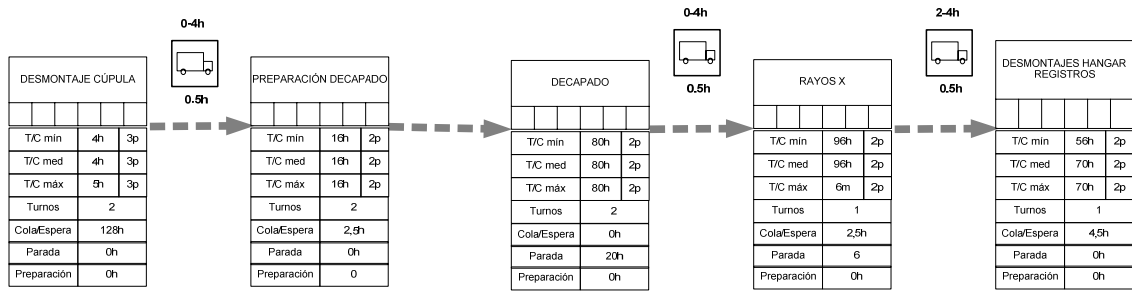


Figura 6.26. VSM Actual: Secuencia de elaboración del Decapado e Inspección mediante RayosX, en el Programa de MRO del Airbus A330 Fuente: Sisteplant.

Mientras que al haber adelantado la inspección de Rayos X, el VSM Futuro nos muestra la siguiente imagen:

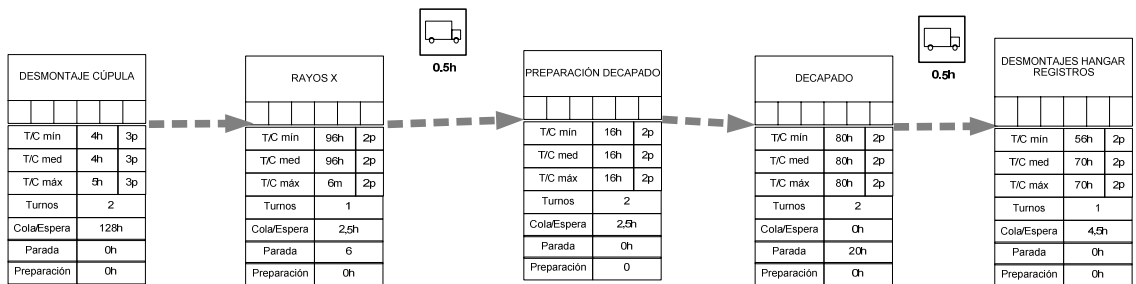


Figura 6.27. VSM Futuro: Implementación de cambio de orden en la ejecución del Decapado e Inspección mediante Rayos X, en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

6.3.2.- P2: EQUILBRADO Y PROGRAMACIÓN A PULSOS EN EL PROCESO DE MRO PARA LOS PROGRAMAS PMM Y MLU DEL AVIÓN

Introducción:

El equilibrado de operaciones hace referencia a la necesidad de equiparar los tiempos de ciclo de los diferentes procesos que se llevan a cabo en las actividades de MRO para fomentar el flujo continuo, de tal forma que se minimicen los tiempos de espera entre procesos y las necesidades de inventario a lo largo de los mismos.

Para el establecimiento de un conjunto de procesos lo más equilibrados posible, se debe partir del cálculo del contenido de trabajo de cada operación, así como del cálculo del Takt Time o ritmo de producción que debe seguir el proceso de MRO para alcanzar la demanda establecida por el cliente.

Como ejemplo de equilibrado de operaciones, se presenta el siguiente gráfico, en el que se muestran 5 operaciones distintas con sus respectivos tiempos de realización.

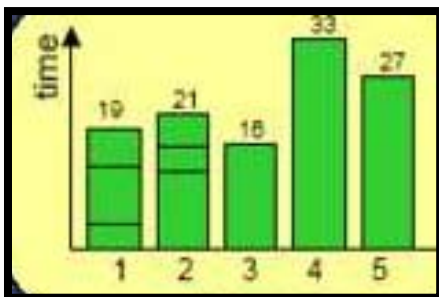


Figura 6.28. Conjunto de operaciones desequilibradas. Fuente: Sisteplant

Una vez determinado el ritmo al cual debe operar el proceso, Takt time, que en este ejemplo son 43 segundos, se agrupan las distintas operaciones y se establecen las subdivisiones necesarias según el Takt time, como se muestra en el siguiente gráfico:

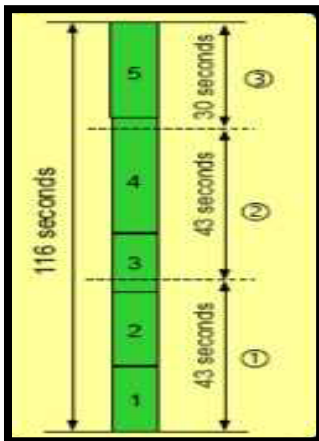


Figura 6.29. Equilibrado de operaciones. Fuente: Sisteplant

Como el tiempo total de realización de las tareas es de 116 segundos y el Takt Time es 43 segundos, se generan los siguientes Pulsos de Fabricación a lo largo de todo el proceso productivo:

$$\text{PulsoFabricación} = \frac{\text{TrabajoTotal}(\text{seg.})}{\text{TaktTime}(\text{seg})} = \frac{116\text{seg}}{43\text{seg}} = 2,7 \text{ pulsos} \approx 3 \text{ pulsos}$$

Por tanto son necesarios 3 Pulsos del Takt Time para finalizar cada unidad de producto.

A continuación, se procede al establecimiento de la nueva distribución de trabajo según el número de Pulsos anteriormente calculados, como muestra la Figura 6.30:

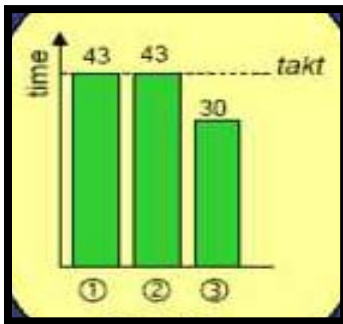


Figura 6.30. Equilibrado de operaciones. Fuente: Sisteplant

De esta forma se está evitando, como ocurría al principio, que haya tiempos de espera entre los procesos, y por consiguiente, la existencia de tiempos ociosos en los procesos de menor duración.

Según esta nueva programación de los trabajos, en cada Pulso del Takt Time se debe realizar las siguientes tareas (ver figura 6.29):

Pulso 1: Primera y Segunda operación y una pequeña parte de la Tercera

Pulso 2: Resto de la Tercera operación así como gran parte de la Cuarta

Pulso 3: Finalización de la Cuarta operación y realización de la Quinta en su totalidad.

Así a lo largo de la operación diaria, en la que se están fabricando varias unidades del producto al mismo tiempo, las operaciones pertenecientes a estos tres pulsos se están llevando a cabo a la vez, de tal forma que se consigue instaurar Flujo Continuo en el sistema productivo.

Con esta medida también se logra optimizar el número de operarios necesarios para llevar a cabo las operaciones de MRO. El número de trabajadores óptimo viene dado por la siguiente expresión:

$$n^{\circ} \text{trabajadores} = \frac{\text{TrabajoTotal}}{\text{TaktTime}}$$

La problemática principal inherente a los procesos de MRO estriba en el carácter manual de la mayoría de operaciones que se llevan a cabo en este entorno, lo cual se traduce de forma casi inevitable en tiempos de ciclo variables en los diferentes procesos, debido a que influyen de gran manera la destreza de los operadores y otras condiciones de contorno.

Para minimizar este problema, se proponen las siguientes medidas:

- Definir la secuencia óptima de operación y trabajar en la estandarización.

- Identificar y reducir la variación de la duración de las tareas mediante:
 - Actividades Kaizen

 - Implantación de Poka Yokes

Objetivo del Equilibrado y la Programación a Pulsos:

El objetivo es la revisión de la Secuencia y Equilibrado de Operaciones del Programa de MRO del avión, para la transformación del proceso estático a una línea de pulsos: trabajo a ritmo del Takt Time.

Criterios empleados para la realización del Equilibrado:

Para la elaboración del Equilibrado, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios, fruto de los problemas encontrados durante la elaboración del VSM Actual:

a) Establecer las siguientes prioridades:

- Las inspecciones para la detección de los defectos se deben realizar en el orden óptimo, según los factores de ponderación presentados previamente en el Subproyecto P1.1: Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos
- La realización de los desmontajes necesarios para efectuar las inspecciones
- Efectuar y registrar en el Equilibrado los desmontajes completos (Mandos de vuelo, alas, tanques y trenes de aterrizaje)

b) Creación de Célula para los Desmontajes

c) Establecimiento de precedencias operacionales para todas las tareas que forman el Programa de MRO del avión

d) En Línea de Vuelo:

- Realizar Rayos X antes del Decapado para encajar el Lead Time de Recepción en 1 Takt

e) Restricciones/limitaciones físicas:

- Posiciones disponibles en Hangar
- Posiciones disponibles en Línea de Vuelo
- Disponibilidad del Hangar de Pintura
- Medios auxiliares

Elaboración del Equilibrado:

En primer lugar elaboramos los cálculos preliminares que se muestran en la Tabla 6.18, cuyo objetivo es el de obtener el Takt Time Objetivo y el WIP (Work in Process) Objetivo del nuevo Programa de MRO del avión, en función de la Demanda de actividades de mantenimiento, que actualmente es de 10 aviones al año.

El Takt Time Objetivo nos indica cuál debe ser la cadencia de realización de los sucesivos trabajos de mantenimiento, mientras que el WIP Objetivo nos determina el flujo de procesos y de materiales a lo largo del Programa de MRO.

La Eficiencia del 90% de Producción, es la obtenida por la organización el año anterior; de esta forma, se exigirá como mínimo esta eficiencia en el nuevo Programa de MRO.

El Lead Time para el nuevo Programa de MRO se ha estimado inicialmente de la siguiente forma:

Como se calculó anteriormente, el Potencial de Mejora Total de las Acciones de Mejora (Subproyectos de P1) que se realizan en este Proyecto, es el 31,4% del Lead Time Total Actual (321,3días); por tanto:

$$LeadTime = LT_{TOTAL} - LT_{TOTAL} \cdot 0,314 = 220días$$

Eficiencia	90%
Lead Time	220
Días Laborables	210
Takt real (días)	21
Takt Objetivo (días)	18,9
Demanda	10
WIP (Work in Process)	10,48
WIP Objetivo	11,64
Aviones necesarios	11
Aviones objetivo necesarios	12

Tabla 6.18. Cálculos preliminares para el Equilibrado en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Nota: el concepto ‘objetivo’ utilizado en las expresiones hace referencia al valor óptimo al que se debe pretender llegar, teniendo en cuenta la penalización del 10% que se supone inicialmente en la eficiencia del Programa de MRO.

Las expresiones utilizadas para el cálculo de los diferentes valores de la tabla son:

Estimando una eficiencia del 90%:

$$TAKT_{objetivo} = TAKT_{real} \cdot 0,9 = 21 \cdot 0,9 = 18,9 \text{días}$$

$$TAKT_{real} = \frac{DIAS_{disponibles}}{Demanda} = \frac{210 \text{días}}{10 \text{aviones}} = 21 \text{días}$$

$$WIP_{objetivo} = \frac{LeadTime}{TAKT_{objetivo}} = \frac{220 \text{días}}{18,9 \text{días}} = 11,64 \text{aviones}$$

$$WIP = \frac{LeadTime}{TAKT_{real}} = \frac{220 \text{días}}{21 \text{días}} = 10,48 \text{aviones}$$

A partir de los valores de WIP y WIP Objetivo:

$$AVIONES_{necesarios} = 11 \text{aviones}$$

$$AVIONES_{objetivo} = 12 \text{aviones}$$

Por tanto se concluye que en el Programa de MRO hay un total de 11,64 pulsos del Takt Time Objetivo, lo que implica que se debe poder operar sobre 12 aviones a la vez cada año. Por otro lado vemos que al tener una eficiencia del 90%, se penaliza en 1 avión el WIP y por tanto supone mayor carga de trabajo para los operarios.

A continuación se van a ir mostrando fragmentos tanto del VSM Futuro (como se ha indicado anteriormente, el VSM Futuro recoge los cambios que se han introducido en el Programa de MRO a través del Equilibrado) como del Equilibrado, para explicar como se implementaron los criterios previamente mencionados.

Por su parte, la totalidad del Equilibrado¹⁴, se puede ver en el Anexo correspondiente.

¹⁴ Véase Anexo 14

Implementación de los Criterios:

a) Establecer las siguientes prioridades:

- **Las inspecciones para la detección de los defectos se deben realizar en el orden óptimo, según los factores de ponderación presentados previamente en el Subproyecto P1.1: Mejora en la Gestión y Tratamiento de los Defectos**

Se recuerda al lector estos factores de ponderación:

- Experiencia (defectos históricamente problemáticos), teniendo en cuenta los puntos de vista de Producción, Ingeniería y Calidad.
 - Factor de ponderación del 50%
- Requerimientos de materiales y Lead Time de aprovisionamiento:
 - Factor de ponderación del 40%
- Zona de inspección:
 - Factor de ponderación del 10%

Previamente, en la Tabla 6.9, perteneciente a la presentación del Subproyecto P1.1, se muestra un ejemplo de Matriz de Prioridades en Inspecciones, donde se explica con detalle:

- Cómo se asocian las inspecciones a los defectos,
- Cómo se aplican los factores de ponderación para priorizar unas inspecciones sobre otras
- Cómo se agrupan por semanas las inspecciones para su realización.

Así y siguiendo esta misma operativa, se representa en el Equilibrado el orden óptimo, según estos factores de ponderación, para la realización de todas las inspecciones necesarias a lo largo del Programa de MRO del avión.

A continuación se muestra un ejemplo, extraído del Equilibrado, para explicar cómo se representa en el Equilibrado el concepto de prioridad en las inspecciones.

Código	Tarea	Escala días													
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
L-170	INSP. VISUALES GENERALES (Hasta Z-013)														
L-171	INSP. VISUALES GENERALES (Z-040; Z-036)														
L-172	INSP. VISUALES GENERALES (Z-012; Z-043)														

Figura 6.31. *Prioridad en Inspecciones, extraído del Equilibrado, perteneciente al Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Elaboración Propia*

Nota: La columna Código, que se explica más adelante, en el criterio c), hace referencia al número de Tarea dentro del Equilibrado, de tal forma que la primera tarea del Programa de MRO (Post vuelo), tiene por código: L-101, la 2º L-102, y así sucesivamente.

Como se puede ver en la anterior figura, en el Equilibrado se indican las Inspecciones, asociadas a un N° de tarjeta (por ejemplo Z-021) que a su vez está asociado a un defecto determinado (que para la tarjeta Z-021 es un defecto en el Extrados del Ala interior), tal y como se puede ver también en la Tabla 6.9. De esta manera se puede saber fácilmente por qué se está realizando una determinada inspección.

También se indica la duración de cada una de las inspecciones según el número de recuadros coloreados.

La prioridad en la realización de las diferentes inspecciones nos lo indica la secuencia temporal que nos muestran también los recuadros coloreados, indicándonos así, qué día a lo largo del Lead Time del Programa de MRO del avión, debe comenzar cada inspección.

➤ **Realización de los desmontajes necesarios para efectuar las inspecciones**

Para la explicación de este criterio se muestra el siguiente ejemplo:

Previo a la realización de las Inspecciones del defecto cuyo n° de tarjeta es Z-010 (Tren del Morro del avión), ver Tabla 6.9, es imprescindible haber realizado previamente el desmontaje de los Trenes de aterrizaje.

Como puede verse en la tabla anterior, las Inspecciones hasta la Z-013 deben comenzar el día 81 del Programa de MRO, de tal forma que los trenes deben estar desmontados para entonces.

Así como puede verse en el Equilibrado, el desmontaje de los trenes se efectúa antes; a continuación se muestra el ejemplo extraído del Equilibrado:

Código	Tarea	Escala días				
		29	30	31	32	33
L-127	DESM. TRENES: paquete frenos y neumáticos					
L-128	DESM. TRENES: actuadores y líneas hidráulicas					
L-129	DESM. TRENES: swivel					
L-130	DESM. TRENES: planning link					
L-131	DESM. TRENES: side braze					
L-132	DESM. TRENES: tuberías					
L-133	DESM. TRENES: axle					
L-134	DESM. TRENES: Trunion					
L-135	DESM. TRENES: actuadores blocaje tren arriba					

Figura 6.32. Etapas en el Desmontaje de los Trenes, extraído del Equilibrado, perteneciente al Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Elaboración Propia

Es decir, para el día 33 del Programa de MRO, todos los trenes deben estar desmontados y listos para ser sometidos a Inspección.

➤ **Desmontajes completos (Mandos de vuelo, alas, tanques y trenes de aterrizaje)**

En el Equilibrado deben aparecer desglosados todos los desmontajes, incluidos los de:

- Mandos de vuelo
- Alas
- Tanques
- Trenes de aterrizaje

El objetivo es que aparezcan registradas en el Equilibrado todas las tareas que forman el Programa de MRO del avión.

En la tabla anterior se ha mostrado el ejemplo del Desmontaje de los Trenes de aterrizaje. A continuación se muestra el de las Alas, también extraído del Equilibrado:

Código	Tarea	Escala días											
		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
L-146	DESMONTAJE ALA: punta ala												
L-147	DESMONTAJE ALA: tuberías												
L-148	DESMONTAJE ALA: swivel												
L-149	DESMONTAJE ALA: transmisión plegado punta ala												
L-150	DESMONTAJE ALA: drag longeron												
L-151	DESMONTAJE ALA: de bulones												

Figura 6.33. Etapas en el Desmontaje de las Alas, extraído del Equilibrado, perteneciente al Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Elaboración Propia.

b) Creación de Célula para los Desmontajes

Con el objetivo de instaurar Flujo Continuo a lo largo del Programa de MRO del avión, se decidió proponer la creación de una Célula para los Desmontajes, la cual aglutinaría las siguientes actividades:

- Desmontaje de Bordes de Ataque
- Desmontaje de Flaps
- Desmontaje de Alerones
- Desmontaje de Estabilizador Horizontal
- Desmontaje de timones

En la siguiente imagen, extraída del VSM Actual (en la que se han añadido las tareas inmediatamente anterior y posterior a estos desmontajes: Desmontaje de Trenes y Desmontaje de los Actuadores) se puede ver como están realizando los desmontajes actualmente:

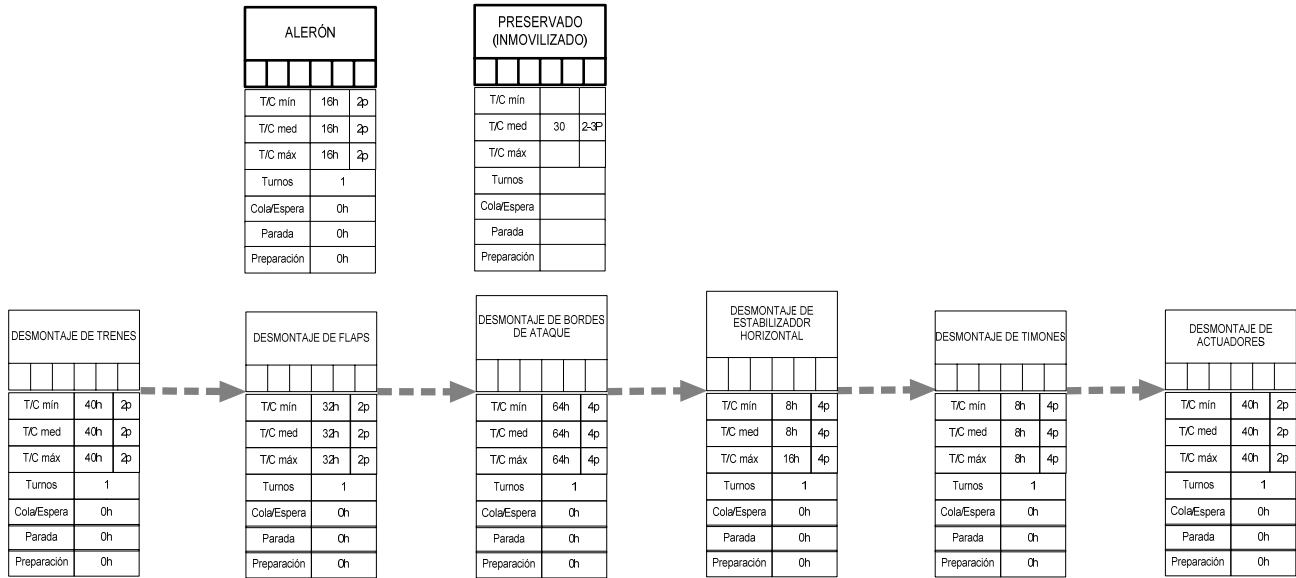


Figura 6.34. VSM Actual: Etapas en la realización de los desmontajes en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

La siguiente tabla, obtenida del Equilibrado, nos da más información sobre la secuencia en la que se están realizando estos Desmontajes:

Código	Tareas	Escala días									
		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
L-137	Desmontaje de Flaps										
L-138	Desmontaje de Alerón										
L-139	Desmontaje de Borde de Ataque: Interior derecho										
L-140	Desmontaje de Borde de Ataque: Exterior derecho										
L-141	Desmontaje de Borde de Ataque: Interior izquierdo										
L-142	Desmontaje de Borde de Ataque: exterior izquierdo										
L143	Desmontaje de Estabilizador Horizontal										
L-144	Desmontaje de timones										

Figura 6.35. *Secuencia de los Desmontajes, extraído del Equilibrado, perteneciente al Programa de MRO del Airbus A 330. Fuente: Elaboración Propia.*

Como se puede ver en esta tabla la duración total de los desmontajes es de 10 días, que al trabajar en jornadas de 1 turno suponen 80 horas.

Por tanto se propuso la posibilidad de implantar una Célula que nos permite reducir la duración de los desmontajes de 80 h a 64 h, mediante la realización de las tareas en paralelo.

De esta forma la secuencia de realización de los trabajos en la Célula de Desmontajes es la siguiente:

8	16	24	32	40	48	56	64
B.A.(4p)							
Flap (2p)		Estab. Horiz. (4p)			Timones (4p)		
Aleron (2p)							

Lo que implica tener a 8 operarios dedicados a esta Célula.

De esta forma en el VSM Futuro aparece en lugar de la imagen anterior del VSM Actual, la siguiente:

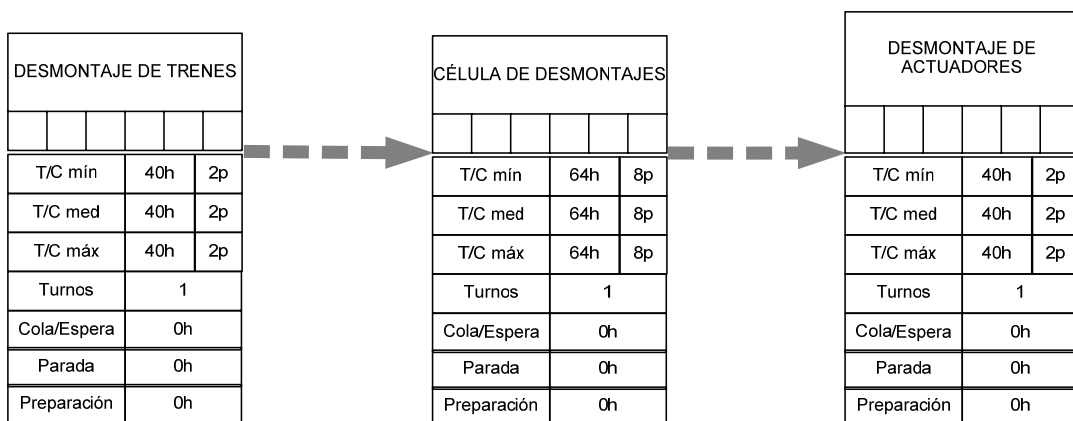


Figura 6.36. VSM Futuro: Implementación de Célula para los Desmontajes.

Fuente: Sisteplant.

La implantación de esta Célula no se espera llevarla a cabo hasta 2010.

c) Establecimiento de precedencias operacionales

En el Equilibrado, para todas las tareas, se han incluido tres informaciones referentes a este criterio:

Columna Código: a cada tarea se le ha asignado un Código de Identificación. Este código sirve para poder establecer las precedencias o tareas que deben estar previamente terminadas para el comienzo de una determinada tarea. Este código comienza en la primera tarea del Equilibrado, Post Vuelo, como L-101 y crece una unidad por cada tarea que se realiza, de tal forma que la segunda tarea tiene por código L-102, y así sucesivamente.

Columnas Precedencia y Precedencia 2: Nos indican los códigos de las tareas precedentes a la tarea que quiere ejecutarse.

La necesidad de emplear dos columnas, está en que hay ciertas tareas que tienen a su vez dos tareas diferentes como precedentes. En estos casos se indica en la Columna Precedencia la que se realiza primero de las dos en el Programa de MRO.

Para el resto de tareas, que sólo tienen una tarea precedente, se indica el código de ésta en ambas columnas.

Como ejemplo, y siguiendo con los Desmontajes, se ha extraído del Equilibrado la precedencia para el Desmontaje de los Flaps:

Código	Precedencia	Precedencia 2	Tarea
L-128	L-127	L-127	DESM. TRENES: paquete frenos y neumáticos
L-129	L-128	L-128	DESM. TRENES: actuadores y líneas hidráulicas
L-130	L-129	L-129	DESM. TRENES: swivel
L-131	L-130	L-130	DESM. TRENES: planning link
L-132	L-131	L-131	DESM. TRENES: side braze
L-133	L-132	L-132	DESM. TRENES: tuberías
L-134	L-133	L-133	DESM. TRENES: axle
L-135	L-134	L-134	DESM. TRENES: Trunion
L-136	L-135	L-135	DESM. TRENES: actuadores bloqueo tren arriba
L-137	L-136	L-136	Desmontaje de flaps

Figura 6.37. Ejemplo de Código y Precedencias en las tareas, empleado en el Equilibrado del Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

En esta figura se puede ver, como la Tarea precedente al Desmontaje de los Flaps, es la última etapa del Desmontaje de los Trenes.

El Desmontaje de los Trenes se realiza en sucesivos pasos, los cuales preceden unos a otros.

e) En Línea de Vuelo:

- Realizar Rayos X antes del Decapado para encajar el Lead Time de Recepción en 1 Takt

Actualmente la secuencia de elaboración de las tareas de Inspección mediante Rayos X y Decapado es la que se muestra en el VSM Actual:

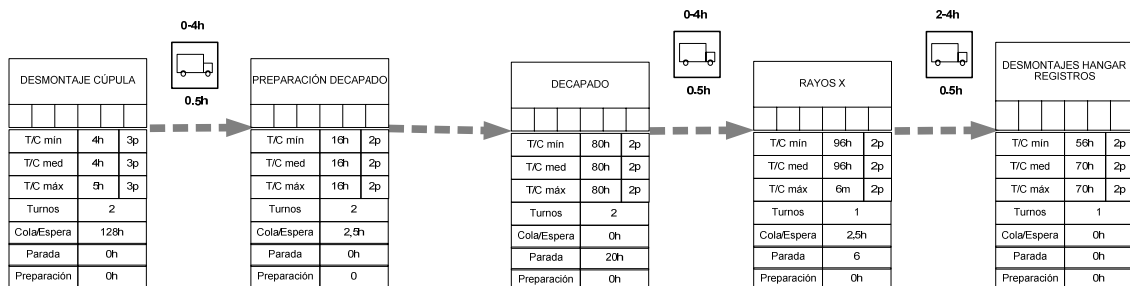


Figura 6.38. VSM Actual: Secuencia de elaboración del Decapado e Inspección mediante RayosX, en el Programa de MRO del Airbus A330 Fuente: Sisteplant.

El problema de realizar estas tareas con esta secuencia es el siguiente:

Este grupo de tareas se ejecutan en Hangares diferentes:

- Desmontaje de Cúpula en el Hangar de Línea de Vuelo
- Preparación Decapado en Hangar de Decapado
- Decapado en Hangar de Decapado
- Rayos X en el Hangar de Línea de Vuelo
- Desmontajes Hangar Registros en Hangar para los Desmontajes

De esta forma es necesario realizar tres desplazamientos, como se indica en la imagen anterior, a través de las figuras de los camiones, lo que implica una pérdida de 1.5 horas.

Teniendo en cuenta que la inspección de Rayos X es igual de efectiva independientemente de haber realizado o no previamente el Decapado, se decidió introducir el siguiente cambio:

Realizando la Inspección mediante Rayos X antes del Decapado, se consigue evitar el primer desplazamiento, y así realizar todas las actividades de recepción del avión pertenecientes al Hangar de Línea de Vuelo sin desplazamientos.

Este cambio también permite que todas las tareas iniciales que se realizan en el Hangar de Línea de Vuelo “quepan” en 1 takt (18,9 días).

El resultado sería el mostrado a continuación, extraído del VSM Futuro:

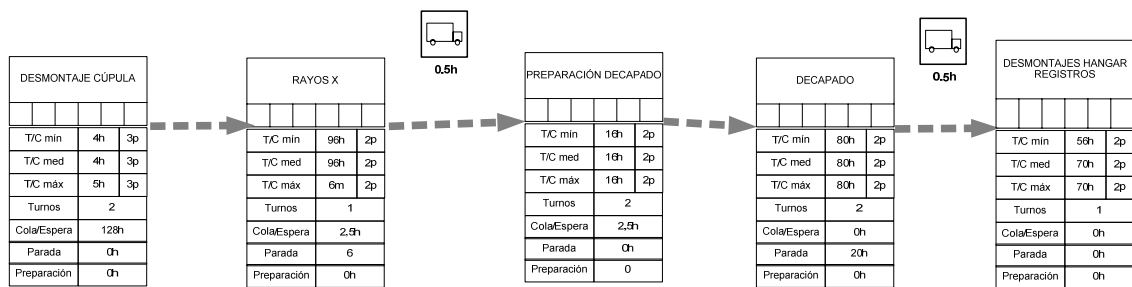


Figura 6.39. VSM Futuro: Implementación de cambio de orden en la ejecución del Decapado e Inspección mediante Rayos X, en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Así sólo se realizan dos desplazamientos, y se ahorran 0,5 horas.

f) Restricciones/limitaciones físicas:

- **Posiciones disponibles en Hangar**
- **Posiciones disponibles en Línea de Vuelo**
- **Disponibilidad del Hangar de Pintura**
- **Recursos auxiliares en Hangar**

Una vez que se han representado todas las tareas que conforman el Programa de MRO en el Equilibrado, se extraen las siguientes conclusiones:

- Lead Time resultante del equilibrado: 220 días, coincidiendo con lo inicialmente propuesto.
- De la Tabla 6.18, conforme a los cálculos preliminares: El margen de sobrecapacidad del 10% reduce el Takt-time Real de 21 a 18,9 días y penaliza en 1 avión el WIP (Work in Process), pasando de 11 necesarios a 12 (lo que supone penalización en carga del personal).

Nota: *En la figura 6.41, se muestra un gráfico explicativo del flujo de operaciones necesarias, a lo largo de 1 año, para lograr realizar el mantenimiento sobre los 12 aviones necesarios para el año 2010.*

- La Reducción del Lead Time debe realizarse en base a reequilibrado, priorización y asignación óptima de tareas y recursos, o eliminación de desperdicios, pero nunca en base a reducción de contenidos de trabajo.

- El proceso de pintura presenta inicialmente, un Lead Time de 18,6 días, prácticamente igual al Takt-Time Objetivo resultante, lo que supone un RECURSO LIMITANTE o CUELLO DE BOTELLA dentro del Programa de MRO (Queda pendiente, ya que no entra dentro de este proyecto, la posibilidad de establecer una Posición extra en el Hangar de Pintura, para tener la posibilidad de operar en plazos superiores a 1 pulso del Takt Time Objetivo). Ver Figura 6.42, donde se muestra esta posibilidad.

En la siguiente imagen, extraída del VSM Actual, se muestra las diferentes etapas que forman el proceso de pintado del avión.

En efecto se verifica que la suma total de los tiempos medios más las esperas necesarias entre algunas de las etapas está muy próximo a la duración de 1 Takt Objetivo:

Teniendo en cuenta que en las cinco primeras etapas se trabaja a dos turnos:

$$\begin{aligned} \text{LeadTimePintura} &= \frac{\sum T / C_{med}(\text{horas}) + \text{esperas}(\text{horas})}{n^{\circ} \text{turnos}(\text{horas})} + \frac{\sum T / C_{med}(\text{horas}) + \text{esperas}(\text{horas})}{n^{\circ} \text{turnos}(\text{horas})} = \\ &= \frac{(0.5 + 8 + 40 + 12 + 8) + 2}{16} + \frac{(1.5 + 4 + 8 + 70) + 30}{8} = 18,6 \text{días} \end{aligned}$$

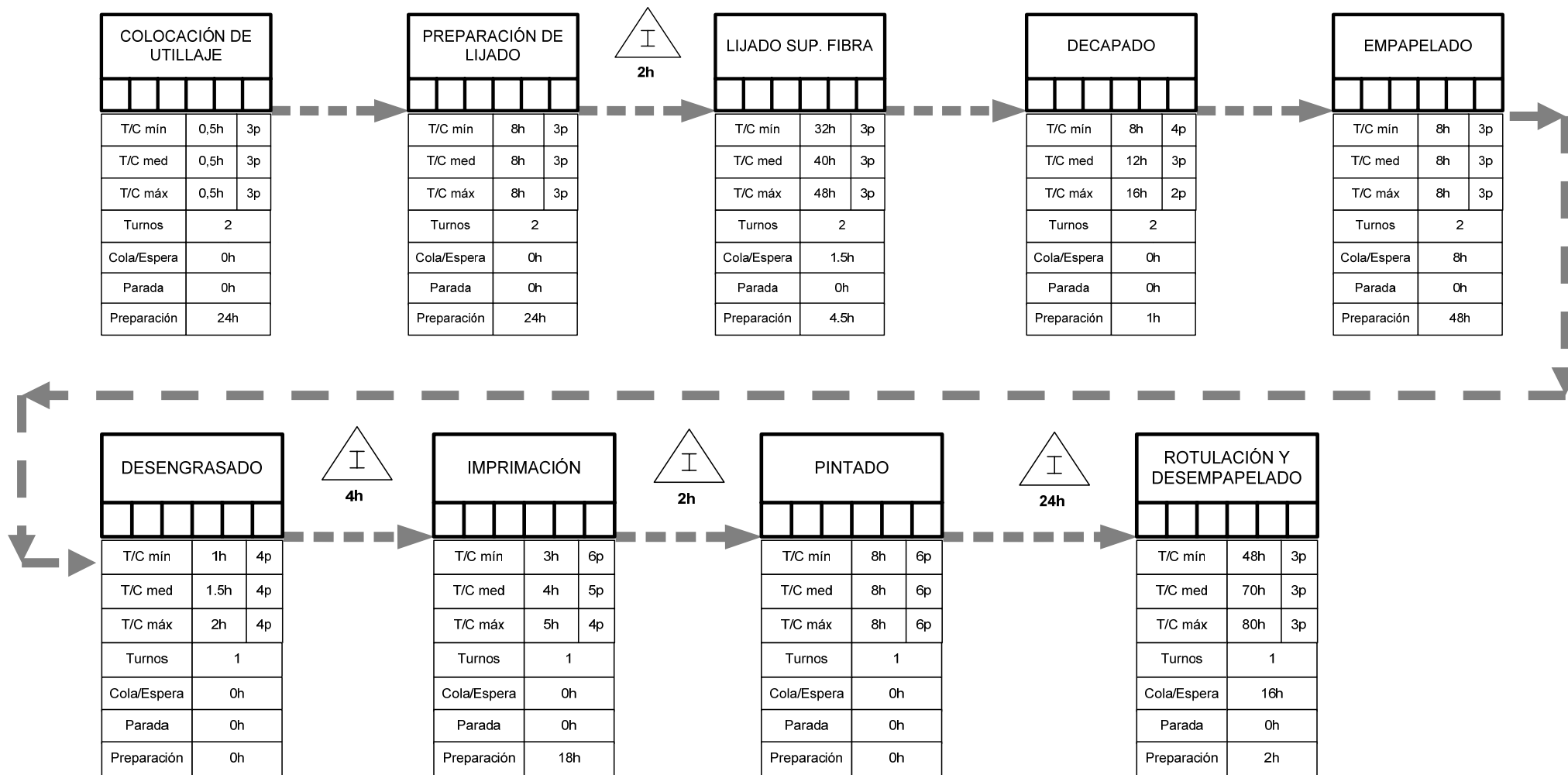


Figura 6.40. VSM Actual: Etapas del proceso de pintado del avión, en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

- Los procesos finales de Línea de Vuelo presentan un Lead Time de más de dos periodos o pulsos del Takt-Time Objetivo, con salida intermedia al Hangar de Pintura, lo que supone un RECURSO LIMITANTE o CUELLO DE BOTELLA (Queda pendiente estudiar la posibilidad de establecer una Posición extra en el Hangar de Línea de Vuelo, al igual que ocurre con el Hangar de Pintura; su estudio no entra dentro de este proyecto). Ver Figura 6.42, donde se muestra esta posibilidad.

Conclusiones:

- Instalaciones:
 - Hangar Pintura/Decapado: Al ser recurso compartido, tanto para el proceso de Pintura como para el Decapado, habrá que tener en cuenta la incidencia de los otros programas de mantenimiento de flotas de aviones distintas, para estudiar la disponibilidad y posibles solapes. Es recomendable medir los procesos para realizar un buen nivelado.
 - Hangar Línea de Vuelo: Actualmente se necesitan 3 posiciones para entrada y salida, que son:
 - Entrada del avión: actividades de Recepción, incluida inspección con Rayos X
 - Actividades de reglaje y pruebas
 - Actividades de final de la cadena de valor: preparación de documentación y vuelos de prueba.

Pudiendo crearse la necesidad de una posición extra ante eventuales retrasos en los procesos de final de la cadena de valor.

- Hangar: Actualmente se dispone de 11 posiciones dedicadas al avión, y del equilibrado se desprende una necesidad de 9 posiciones máximo.

A continuación se explica esta conclusión:

La primera tarea a realizar en el Hangar es el Desmontaje de los Registros (puede verificarse en el VSM Actual que se detalló anteriormente, ya que esta tarea forma parte del Camino Crítico del Programa de MRO), el cual debe comenzar el día 23 del Programa de MRO, como puede comprobarse en el Equilibrado. La última tarea que se realiza en el Hangar es Anemometría (verificar que se mide correctamente la velocidad del viento, para así calcular la velocidad de desplazamiento del avión) y ésta debe comenzar el día 195 dentro del Programa de MRO. Esto supone que el Lead Time de los procesos en el Hangar es:

$$195 - 23 = 172 \text{ días}$$

Que es prácticamente similar a 9 pulsos del Takt Time Objetivo:

$$9 \cdot 18,9 \text{ días} = 170,1 \text{ días}$$

Con lo cual se podría disponer de un buffer de 2 posiciones aprovechable para necesidades en el Hangar de Línea de Vuelo, “aliviando” así el cuello de botella que se pueda producir en Línea de Vuelo.

En la Figura 6.42, se muestra la distribución física y flujo de operaciones para el Programa de MRO, donde se resaltan estas posibles mejoras.

Una vez realizado el Equilibrado, es necesario también hacer un estudio de los recursos en cuanto a Operarios para la nueva distribución de las tareas a realizar en el programa de MRO del avión:

Estimación de recursos de Operarios:

En la Tabla 6.20 se presenta el resumen del estudio de la nueva necesidad de operarios para el Programa de MRO.

El procedimiento seguido para la elaboración de esta tabla se describe a continuación:

- Verificar la producción real de 2008 (para revisar el incremento de producción).
- Se estiman las necesidades de personal por Secciones para el trabajo a pulsos, según el Takt Time Objetivo, a través de la siguiente expresión:

$$n^{\circ} \text{trabajadores} = \frac{\text{TrabajoTotalSección(días)}}{\text{TaktTimeObjetivo(días)}}$$

A continuación se muestra, como ejemplo, el cálculo del número de operarios para la Sección de NDI:

Se muestra a continuación el conjunto de tareas, Trabajo Total, en las que interviene esta Sección junto con sus características:

- Número de turnos dedicados a cada tarea
- Duración de cada tarea

TAREAS	Nº DE TURNOS	TIEMPO DE CICLO (h)
NDI I (IW-022;AF-016)	1	79
NDI I (FF-007;OF-038)	1	70
NDI III (IW-004;AF026)	1	75
NDI IV (IW-001;FF-006)	1	74
NDI V (AF-012;CF-040)	1	78
NDI VI (AF-009;CF-007)	1	78
NDI VII (CF-018;AF027)	1	79
Inspección NDI Trenes	1	70
Inspección NDI Trenes	1	70

Tabla 6.19. Tareas en las que interviene la Sección de NDI en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

De esta forma el número total de horas empleadas es:

$$\sum TIEMPOdeCICLO = 673horas$$

Como se trabaja en 1 sólo turno, los días equivalentes son:

$$\text{días} = \frac{673\text{horas}}{8\text{horas}} = 84,125\text{días}$$

Por tanto el número de trabajadores necesarios es:

$$n^{\circ} \text{trabajadores} = \frac{\text{TrabajoTotalSección(días)}}{\text{TaktTimeObjetivo}} = \frac{84,125\text{días}}{18,9\text{días}} = 4,45\text{trabajadores}$$

Una vez calculados el número de operarios necesarios para cada Sección, se compara el número Actual de operarios con respecto a los estimados y se determina la Diferencia existente.

De esta manera sabemos qué Secciones suponen un Recurso Limitante, que como puede verse en la tabla, son las Secciones marcadas en amarillo:

- Mecánicos
 - Estructurales
 - NDI
 - Procesos Especiales
-
- En Producción se estima el máximo alcanzable con la plantilla actual para la programación a pulsos. Aquí de nuevo no alcanza el 100% necesario las Secciones que presentan un déficit de operarios, con respecto a la necesidad para el nuevo Programa de MRO.
 - La Plantilla Mixta recoge los incrementos de personal en las Secciones necesarias.

Actual	Sección	Promedio Operarios		PRODUCCIÓN		Promedio Operarios	
		10 Av. 90% (100%)	Diferencia	Máx.Actual	Incremento	Decisión Final	Diferencia
20	Mecánicos	29 (27)	45,0%	6,90	37,9%	29	45%
23	Estructurales	31 (28)	34,8%	7,42	48,4%	31	35%
15	Eléctricos	10,2 (9)	-32,0%	10,00	100,0%	15	0%
6	Pruebas de aviónica	2,4	-60,0%	10,00	100,0%	6	0%
3	Verificadores	2	-33,3%	10,00	100,0%	3	0%
-	Inspectores	-	-	-	-	-	-
3	NDI	4,4 (4)	46,7%	6,82	36,4%	5	67%
6	Pintura	6,3	5,0%	10,00	100,0%	6	0%
3	Procesos especiales	4	33,3%	7,50	50,0%	4	33%
-	Materiales compuestos	-	-	-	-	-	-
4	Pruebas mecánicas	2,1	-47,5%	10,00	100,0%	4	0%
3	Combustible	1,5	-50,0%	10,00	100,0%	3	0%
6	Rampa-Línea de Vuelo	3,5	-41,7%	10,00	100,0%	6	0%
2	Rodadores	1,4	-30,0%	10,00	100,0%	2	0%

Plantilla Actual	94	Plantilla Mixta	114
Plantilla Óptima Teórica	97,8		
INCREMENTO DE PLANTILLA	4%	INCREMENTO DE PLANTILLA	21%
INCREMENTO DE PRODUCCIÓN	100%	INCREMENTO DE PRODUCCIÓN	100%

Tabla 6.20. Resumen de las necesidades de operarios en las diferentes Secciones para el nuevo Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Conclusiones:

- Plantilla de Operarios:
 - Recursos Limitantes: Mecánicos, Estructurales, Procesos Especiales y NDI.
 - NDI y Procesos Especiales: Eliminación de Cuellos de Botella con 2 operarios de NDI y 1 operario en Procesos Especiales.
 - Nivelado de carga entre Mecánicos alcanzable potenciando la polivalencia, a través de la Metodología de 9 pasos propuesta en el Subproyecto P1.3: Formación en función de Matrices de Polivalencias.
 - PRIORITARIO: Reforzar NDI para implementar la priorización de Inspecciones, y con ello impactar de forma efectiva en la gestión de las Disposiciones y en la Logística de Materiales, para reducir el Lead Time de las reparaciones.

A continuación se muestra un gráfico explicativo del flujo de operaciones, a lo largo de 1 año, para realizar el mantenimiento sobre los 12 aviones necesarios.

- Takt Time Real: 21 días
- Takt Time Objetivo (Eficiencia 90%): 18,9 días
- Se representan 10 Takts correspondientes a un año natural (Escala de 1 día por cuadrado)

H	Avión en Hangar
P	Avión en Hangar Pintura
LV	Avión en Línea de Vuelo
D	Avión en Hangar Decapado

H	Máx. 9; min 7
P	Máx. 2; min 0
LV	Máx. 4; min 2
D	Máx. 1; min 0
■	Entrega de Avión

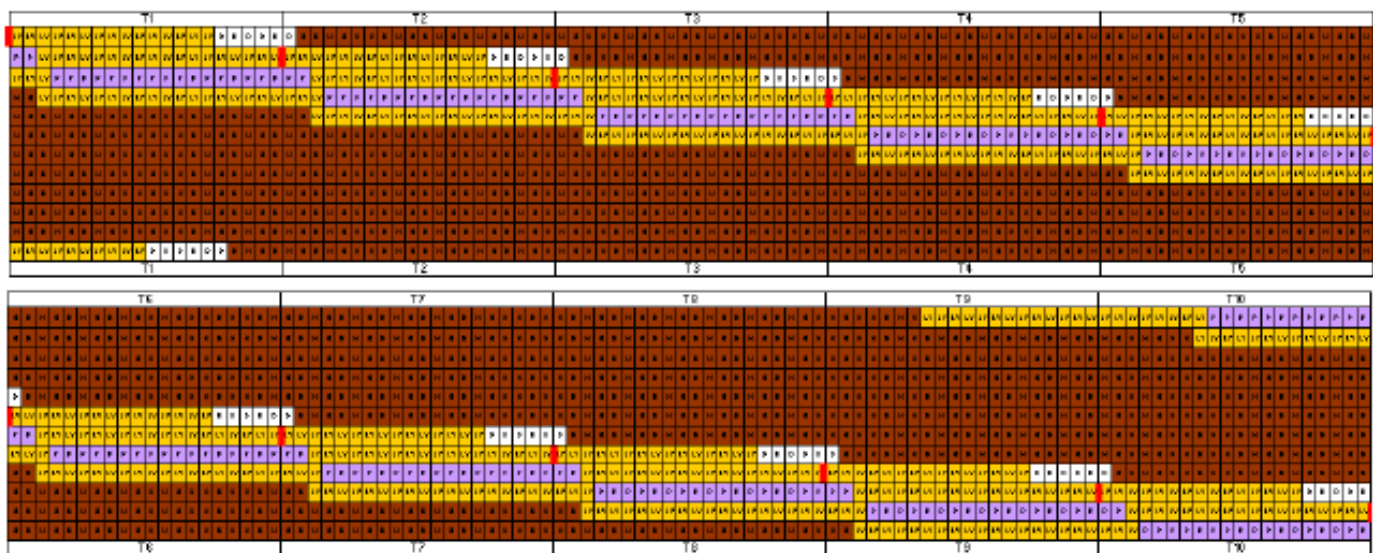


Figura 6.41. Flujo anual de actividades en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant

Por último, también se muestra la distribución física y flujo de operaciones para demanda actual de 10 aviones/año, con una previsión de 12 aviones/año en el Programa de MRO.

En el gráfico también se indican las posibilidades de mejoras en cuanto a las instalaciones, que surgieron una vez realizado el Equilibrado, y que se resumieron en las Conclusiones sobre Instalaciones.

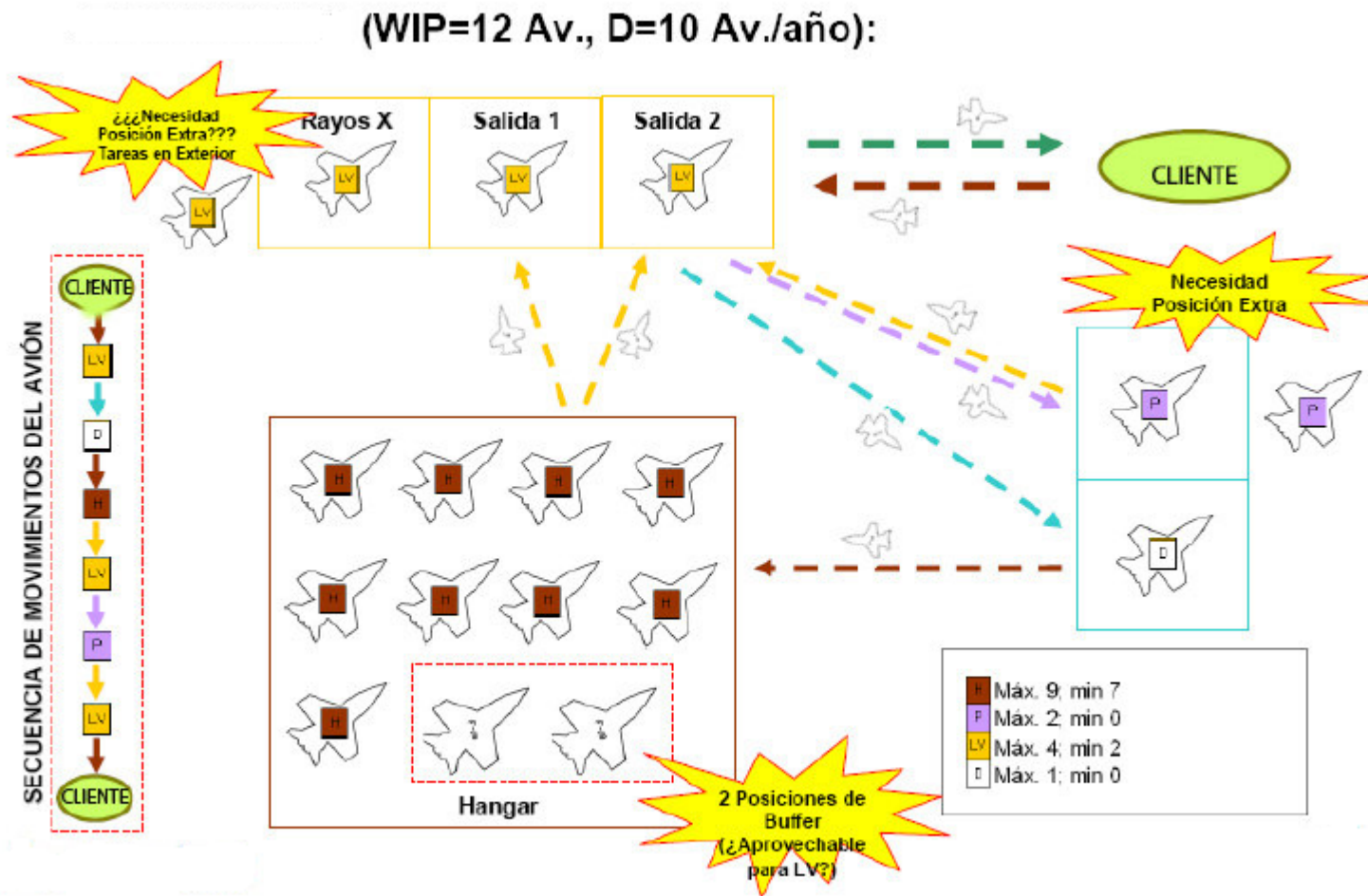


Figura 6.42. Distribución física y flujo de operaciones en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

6.3.3.- P3: CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Planteamiento y objetivo:

- En un principio, las órdenes de producción cubrían múltiples operaciones y abarcaban un Lead Time elevado. De este modo, el control es difícil de realizar y no es en absoluto preciso.
- Por tanto, las órdenes de producción deben ser desglosadas para conseguir:
 - Un método óptimo de asignación de tareas
 - Un método óptimo de identificación de desviaciones (en términos de Coste y Lead Time)

Acciones desarrolladas:

- Revisión y división de las órdenes de trabajo de los Desmontajes Mayores, tomando como base la nueva secuencia de operaciones definida en el diagrama de equilibrado.
- Verificación del proceso de Desmontaje en planta con la realidad: Lead Time, recursos humanos, viabilidad técnica:
 - Comprobación realizada con el avión número 47
 - A falta de realizar el análisis de los resultados finales del seguimiento de los desmontajes del avión número 47, se ha comprobado en una revisión parcial (80% del avance) que la desviación de la realidad frente a la previsión es mínima.

6.3.4.- P4: EQUIPOS DE RESPUESTA RÁPIDA

Introducción:

Concepto de Equipo de Respuesta Rápida:

Es el sistema:

- Formado por equipos, compuestos por una serie de personas de diferentes ámbitos de la empresa (grupos de apoyo, operarios, ingenieros y mandos)

- Cuya función es aportar una solución lo más rápida posible a los problemas de producción que se producen en el día a día y evitar que estos problemas vuelvan a aparecer.

Su trabajo se realiza en la misma planta de producción, lo más cercano posible a las áreas de trabajo y con los datos registrados en el momento de la detección del problema.

El equipo de respuesta rápida será el encargado de hacer una primera evaluación de los problemas que surjan en la producción y decidir quién ha de encargarse de solventar el problema en el menor plazo posible.

El equipo de respuesta rápida gestiona los problemas en 4 etapas:

- Detección del problema.
- Comunicación y Asignación de responsables para solucionarlo.
- Análisis del problema, sus causas y posibles soluciones.
- Verificación del resultado de la solución adoptada.

Objetivos y utilidad:

El objetivo del equipo de respuesta rápida es realizar una primera evaluación de los problemas que puedan surgir en el transcurso de la producción y clarificar de qué tipo de problema se trata y quién es el encargado de solventarlo.

La utilidad más clara es la reducción de Costes por No Calidad y la reducción de Lead Time por esperas a la Resolución de Problemas.

Planteamiento para la instauración de Equipos de Respuesta Rápida:

Un sistema de respuesta rápida está formado por un equipo de técnicos entrenados, con experiencia para responder a incidencias importantes que puedan poner en peligro el ritmo de trabajo estándar de los equipos de taller.

- Funciones básicas:

- Evaluación rápida de riesgos, daños y necesidades.
- Determinación de requerimientos de personal y materiales.
- Movilización de recursos y medios.
- Operación y planificación para la intervención inmediata.

- Consideraciones para el trabajo del Equipo de Respuesta Rápida:

- Conocer quién está al cargo.
- Saber lo que se espera de cada miembro del equipo de acuerdo a su responsabilidad y capacidad técnica (producción, procesos, calidad, logística, utillajes, mantenimiento, etc.)
- Conocer los **planes de contingencia**.
- Asignar los recursos disponibles para las tareas.

- Modo de Operación:

El equipo de respuesta rápida debe de congelar sus tareas habituales en el momento que reciben una señal de intervención.

Primera regla de oro para un miembro del equipo: Abandonar cuanto se está haciendo cuando se recibe la señal de intervención.

La señal de intervención la genera el proceso o equipo afectado por la incidencia, de forma manual (a través de operario responsable del proceso) o de forma automática a través del equipo o máquina afectada.

Dicha señal será una llamada telefónica o un simple aviso verbal al líder del equipo de respuesta rápida.

En otros entornos, típicamente la señal se visualiza a través de un panel o semáforo Andon por parte del equipo de respuesta rápida. En entornos MRO no se considera necesario aplicar dichas técnicas.

Recibida la señal de intervención, el equipo actúa según un **plan de contingencia predeterminado**. Cada miembro tiene unas tareas claramente definidas, con unos tiempos de ejecución prefijados.

Segunda regla de oro para un miembro del equipo: Actuar según el estándar, dentro del tiempo preestablecido.

Una vez finalizada la intervención, el equipo de respuesta rápida retoma sus tareas habituales.

Pasos a ejecutar

1. Identificación de problemas frecuentes.
2. Clasificación de los problemas:
 1. Problemas imprevistos o repentinos.
 2. Problemas previsibles (surgen de las reuniones de seguimiento a través del Panel Visual).
3. Definición de planes de contingencia para la resolución de los problemas: Protocolos de actuación
 1. Plan preventivo para problemas previsibles.
 2. Plan reactivo para problemas imprevistos.
 3. Determinación de miembros de cada Equipo de Respuesta rápida asociado a uno o varios problemas.
- 4.- Puesta en marcha de los Equipos de Respuesta Rápida
 - 1.- Determinación de información a incluir en paneles de planta.
 - 2.- Puesta en marcha y seguimiento.

Acciones desarrolladas:

- Identificación de Problemas Críticos:

Se ha realizado un estudio de los problemas críticos que durante el proceso MRO del avión son susceptibles de activar la intervención de un equipo de respuesta rápida para su urgente resolución.

Se ha considerado que un problema es crítico cuando su ocurrencia provoca un paro en las actividades de la línea principal en un momento con escaso margen de reacción (por ejemplo, en las etapas finales del proceso).

El listado de problemas seleccionados en cada área se muestra en la siguiente tabla, donde los problemas críticos se indican con una x.

Listado de problemas	Selección
Defectos detectados en línea de vuelo antes de la entrega	x
Piezas de fabricación y MPT no conformes	x
Piezas de compras	
Rotura de stock de materiales críticos	
Materiales con plazos de entrega no aceptados (o no conseguibles)	x
Material necesario sin dar de entrada en almacén, pero disponible físicamente en el almacén	
Material necesario retenido en calidad de recepción (pendiente certificación, Caducidad...)	
Defectos en piezas detectados en los montajes (propias del avión)	
Defectos en avión detectados en los montajes	
Paro en actividades por falta de herramientas/útiles	
Reasignación de recursos imprevista	
Problemas en sistema de combustible:	
• Fuga en depósitos de fuselaje	x
• Fallo en valvulería	x
Pérdidas hidráulicas en actuadores de mando de vuelo	x
Fallos de equipos de aviónica de MLU	
Defectos de configuración de kits	
Mal dimensionado en piezas de fabricación externas y de compras	

Tabla 6.21. Listado de Problemas del Programa de MRO del Airbus A330.

Fuente: Sisteplant.

- Definición de los estándares de actuación para la resolución de los problemas críticos: Planes de Contingencia

Los Planes de Contingencia son los estándares de actuación para el equipo de respuesta rápida.

Los planes de contingencia se encuentran disponibles en los paneles de planta.

Para cada plan de contingencia:

Se ha definido un Equipo de Respuesta Rápida:

- Líder del equipo
- Equipo *titular*
- Equipo *suplente*

Se ha definido un protocolo de actuación, que responde a las siguientes preguntas:

¿**Qué** hacer? → **Acción**

¿**Quién** debe hacerlo? → **Responsable**

¿**Cómo** debe hacerlo? → **Estándar de actuación**

¿**Cuándo** debe estar hecho? → **Tiempo de respuesta**

¿**Dónde** debe hacerlo? → **Localización**

Los Planes de Contingencia tienen un **formato visual** que combina un **flujograma** con una **matriz de actuación**, que da respuesta a las preguntas **Qué, Quién, Cómo, Cuando y Dónde**.

A continuación se muestra un Ejemplo de Plan de Contingencia para uno de los problemas críticos antes mencionados: fallos en actuadores hidráulicos en Línea de Vuelo:

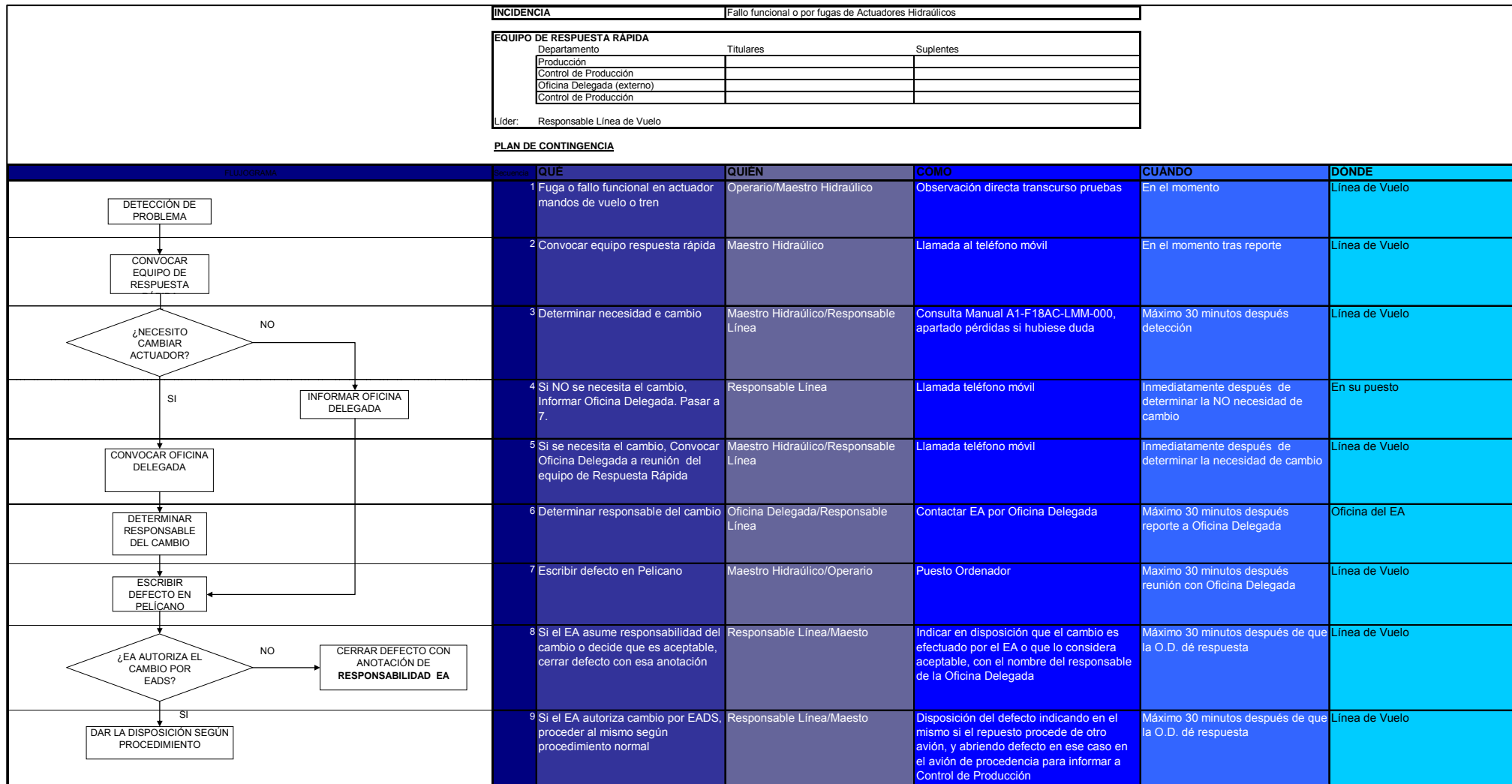


Figura 6.43. Modelo de Plan de Contingencia para fallos en actuadores hidráulicos en Línea de Vuelo. Fuente: Sisteplant.

A su vez cada Plan de Contingencia tiene un tiempo de ejecución predeterminado: **Tiempo de respuesta teórico.**

La **efectividad** de un equipo de respuesta rápida se mide **comparando el tiempo de respuesta real** de la intervención ante un problema crítico resuelto mediante el plan de contingencia correspondiente, **frente al tiempo de respuesta teórico.**

El equipo del proyecto ha desarrollado una Plan de Contingencia para cada uno de los problemas críticos listados anteriormente:

- Defectos detectados en línea de vuelo antes de la entrega.
- Piezas de fabricación y MPT no conformes.
- Materiales con plazos de entrega no aceptados (o no conseguibles).
- Fuga en depósitos de fuselaje.
- Fallo en valvulería.
- Pérdidas hidráulicas en actuadores de mando de vuelo, del que se ha mostrado el ejemplo anterior.

También es necesario tomar las siguientes decisiones antes de la puesta en marcha de los equipos de respuesta rápida:

- Validación definitiva de los planes de contingencia por parte de los responsables de cada departamento involucrado.

- Asignación de las personas que formarán parte de cada equipo (teniendo en cuenta las implicaciones que conlleva formar parte de éste):

- Líder
- Equipo titular
- Equipo suplente

6.3.5.- P5: SISTEMA DE MEJORA CONTINUA

Objetivo:

- Establecer estándares y comparar la ejecución actual frente a esos estándares.
- Involucrar a todos los empleados en una dinámica de mejora continua.

Acciones Desarrolladas:

A.) Definición de KPI´s:

- *Adaptación del estándar de AIRBUS SQCDP (iniciales inglesas para, Seguridad, Calidad, Coste, Entrega y Personas) a las necesidades de MRO.*
- *Criterios de cumplimentación y seguimiento de KPI´s: Modo de operación*

B.) Plan de Mejora Continua:

- *Sistematización del Sistema Global de Mejora Continua y adaptación al MRO del avión.*
- *Plan de Reuniones*
- *Confirmación del Proceso*

C.) Matriz de Riesgos de Implantación:

- *Estudio pormenorizado de los riesgos de implantación del modelo de panel elegido, y recomendaciones a tener en cuenta.*
- *Análisis del proceso por Recursos, Procedimiento y Soporte Material.*

A.) Definición de KPI's:

1.- Definición y Objetivo de los KPI's

Key Performance Indicators (KPI: indicadores clave del desempeño) son métricas financieras o no financieras, que se definen en el plan estratégico y cuyo objetivo es evaluar cuantitativamente el rendimiento de una organización.

La evolución de las métricas debe mostrar el grado de cumplimiento de los objetivos.

Requisitos que deben cumplir los KPI's (acrónimo SMART):

- Específicos (**S**pecific)
- Medibles (**M**easurable)
- Alcanzables (**A**chievable)
- Realistas (**R**ealistic)
- a Tiempo (**T**imely)

2.- ¿Por qué?

Los KPIs, al estar vinculados al Plan Estratégico, actúan como medio de comunicación de los objetivos estratégicos de la empresa desde la alta dirección hasta los niveles jerárquicos inferiores.

Forman parte del sistema de medida de los resultados de una empresa o de un área concreta de ésta, y por tanto permiten identificar desviaciones, ajustar procesos y definir objetivos a corto y medio plazo.

El valor absoluto de los indicadores tiene poco sentido en sí mismo. Es el análisis de la evolución temporal de cada indicador el que constituye un instrumento para la mejora continua.

3.- ¿Quién los define?

- La Dirección, (asesorada por los niveles intermedios).

4.- ¿Quién los actualiza?

- Los niveles intermedios (Team Leaders).

5.- ¿DÓNDE?

- Los KPIs se aplican a cualquiera de las actividades desarrolladas en el seno de una organización:
 - Comercial
 - Aprovisionamiento y compras
 - Gestión de stock
 - Almacén
 - Producción
 - Logística y transporte
 - Calidad y servicio al cliente
 - Costes

6. ¿Cuándo se actualizan?

- Los KPIs se calculan, actualizan y comparan con los correspondientes valor objetivo periódicamente. El período depende de la naturaleza del indicador.

-

7. ¿Cómo se definen?

- En general asociados a las siguientes áreas:
 - Aprovisionamiento y compras
 - Gestión de stock
 - Almacén
 - Producción
 - Logística y transporte
 - Calidad
 - Servicio al cliente
 - Costes

Paneles de Planta:

Explicación de los paneles que se van a emplear en la planta:

1.- Existen cinco indicadores:

S: Seguridad, Salud Laboral y Medio Ambiente

Q: Calidad

C: Coste

D: Entregas

P: Personas

2.- Cada Indicador tiene las siguientes plantillas generales de seguimiento:

- Visual
- Incidencias
- Diario
- Mensual

Mensualmente, los día 1 de cada mes (o en su defecto, el primer día laborable), cada indicador será actualizado al nuevo mes por su responsable a lo largo del turno de mañana, para que la producción en la reunión de final del turno de mañana, pueda registrar las incidencias oportunas.

Al final de cada mes, todas aquellas incidencias que no hayan sido cerradas en meses anteriores, seguirán estando registradas en el nuevo panel que se ubique del mes siguiente para su correspondiente seguimiento.

Al final de cada mes, se archivarán por meses, las incidencias recogidas; cada responsable anexará al archivo disponible en el panel, los indicadores del mes finalizado, por si fuera necesario realizar alguna consulta, estudio, análisis, etc.

Composición del Panel por Posición:

El Panel por Posición consta de tres paneles:

- Panel de procesos, situado a la izquierda, indica información referente a las acciones de los equipos de respuesta rápida, Mejora Continua y Confirmación de los procesos que se están llevando a cabo.
- Panel de seguimiento de KPI's (S, Q, C, D, P), situado en el centro.
- Panel de seguimiento, situado a la derecha, que a diferencia del anterior nos muestra las desviaciones o planificaciones de los diferentes KPI's.

Se muestra, a continuación, una imagen explicativa de este panel:

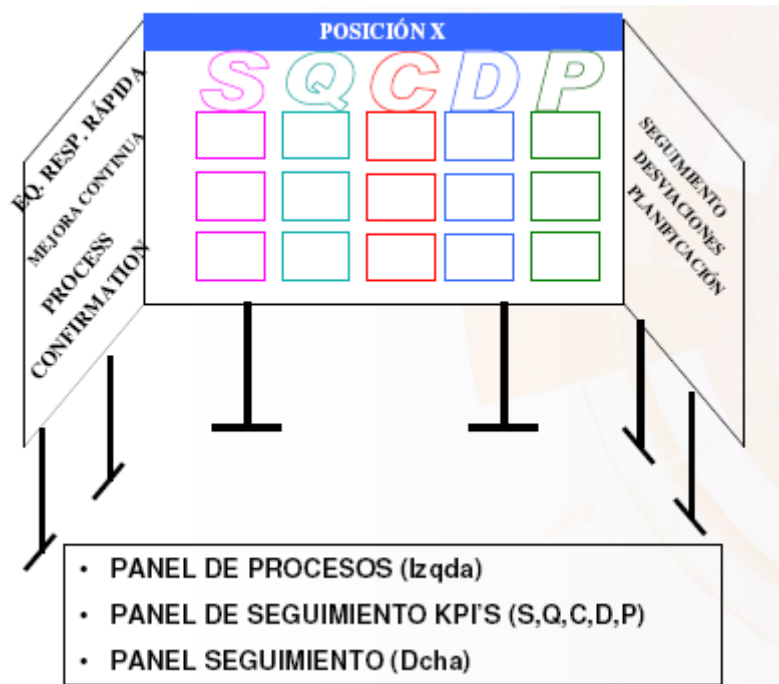


Figura 6.44. Modelo de Panel por Posición. Fuente: Sisteplant.

Descripción del Panel de Seguimiento de KPI's:

El Panel de Seguimiento de KPI's consta de 4 subpaneles para cada uno de los KPI's definidos:

- Subpanel Visual
- Subpanel Incidencias
- Subpanel Diario
- Subpanel Mensual

Se puede ver un ejemplo a continuación:

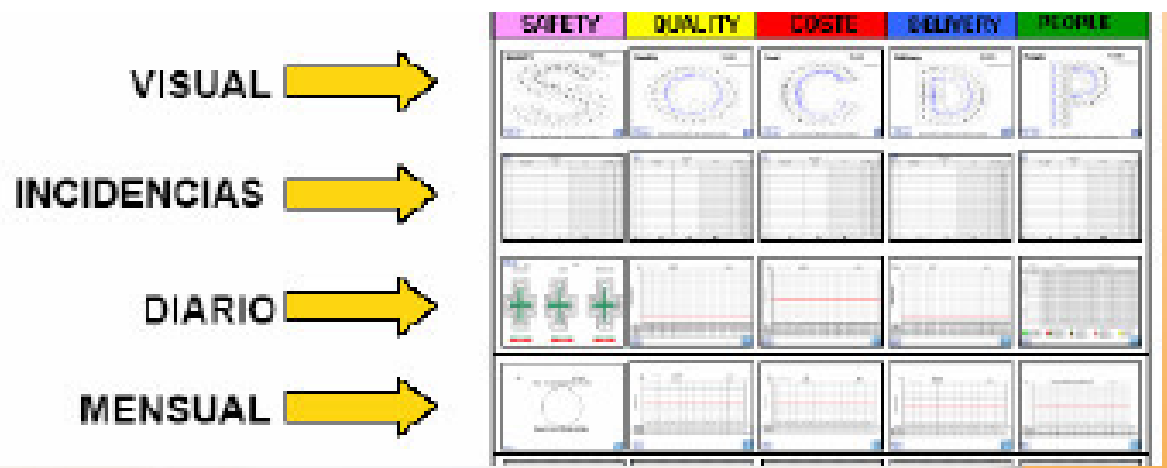


Figura 6.45. Modelo de Panel de Seguimiento de KPI's. Fuente: Sisteplant.

A continuación se hace una descripción de los diferentes indicadores:

S: Seguridad

Este indicador tiene que ser:

- Controlado por el Departamento de Seguridad/Salud Laboral/Medio Ambiente y transmitido por éste al responsable correspondiente.
- Cumplimentado por Producción y Departamento de Seguridad/Salud Laboral/Medio Ambiente.
- Actualizado por Departamento de Seguridad/Salud Laboral/Medio Ambiente

Las características del Panel de Seguimiento para este indicador se muestran en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	Actualización	Publicación	Frecuencia
Plantilla Visual (S):	Team Leader(TL)/ Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla de incidencias: Se mantendrá un registro del mes en curso.	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Puntual
Plantilla de Seguimiento Diario:	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla Mensual	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Mensual

Tabla 6.22. Características del Panel de Seguimiento del Indicador de Seguridad.

Fuente: Sisteplant.

La Plantilla Visual tiene el siguiente aspecto:

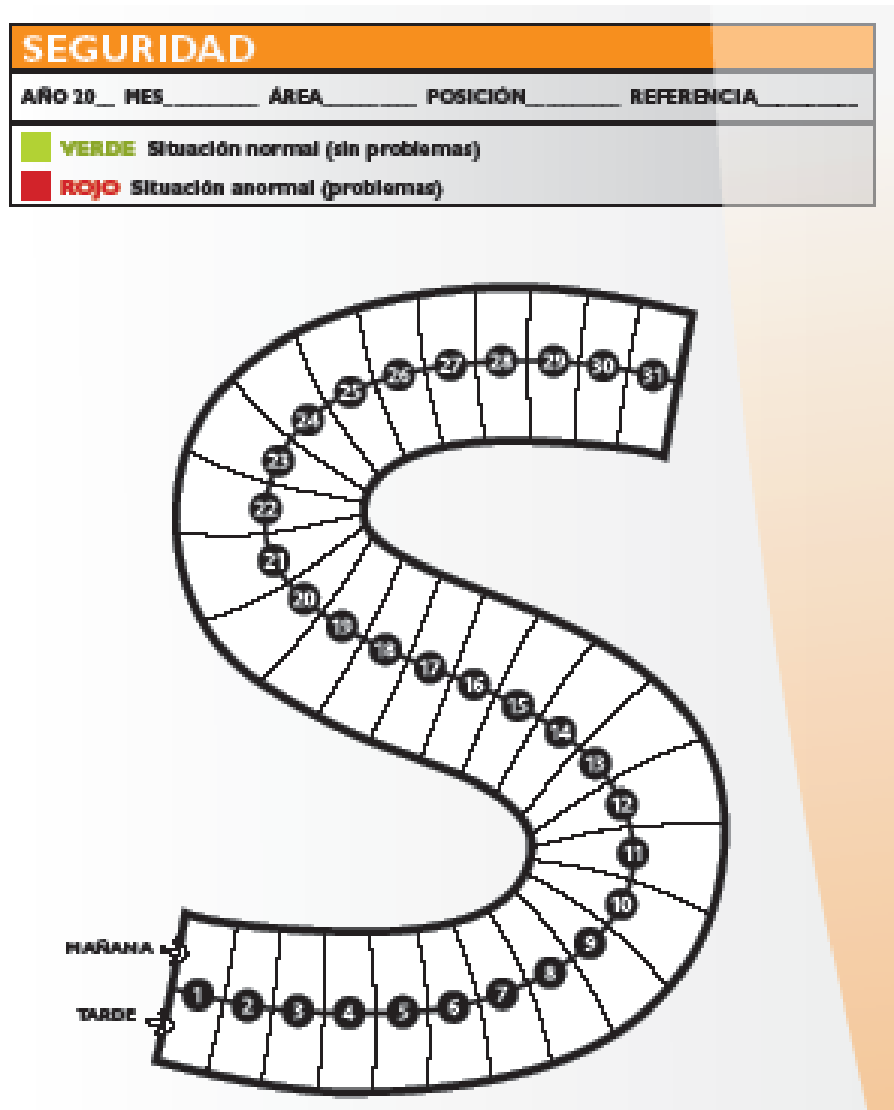


Figura 6.46. Plantilla Visual del Panel de Seguimiento del Indicador de Seguridad.

Fuente: Sisteplant.

De esta forma:

- 1.) Cada día marcar en la “Plantilla Seguridad”, en color **verde** si **NO** hay incidencia o en color **rojo** **SI** hay alguna incidencia nueva.
- 2.) En el caso en que existiera una incidencia es obligatorio rellenar en la “Plantilla Incidencias” los siguientes campos:

- **Status:** Sombrear s/ se explica en la parte inferior de la plantilla el estado en el que se encuentra la solución a la incidencia por parte del responsable.
- **Validación Cierre:** Firma del responsable al cierre de la incidencia.

3.) Se rellenará por Producción diariamente la “Plantilla de Seguimiento Diario” de la siguiente forma:

Cruces de Seguimiento: Se marcará en la casilla del día y turno correspondientes en cada cruz, en **color rojo SI** hay algún incidente*/accidente*/accidente con baja y en **verde si NO** hay incidente/accidente/accidente con baja, en el día del mes que proceda.

Plantilla de Seguimiento Diario:

S3.3.2T PLANTILLA SEGUIMIENTO DIARIO

AÑO 20__ MES_____ ÁREA_____ POSICIÓN_____ REFERENCIA_____

ACCIDENTES CON BAJA ACCIDENTES INCIDENTES (RIESGOS)

VERDE: SIN ACCIDENTES CON BAJA VERDE: SIN ACCIDENTES VERDE: SIN INCIDENTES
ROJO: ACCIDENTES CON BAJA ROJO: ACCIDENTES ROJO: INCIDENTES
RELLENA RESPONSABLE SEGURIDAD LABORAL RELLENA RESPONSABLE SEGURIDAD LABORAL RELLENA PRODUCCIÓN

Figura 6.48. *Plantilla de Seguimiento Diario del Panel de Seguimiento del Indicador de Seguridad. Fuente: Sisteplant.*

Rellenado por Seguridad, Salud Laboral, Medio Ambiente:

- **Cruz “Accidentes Con Baja”:** refleja si en el día señalado se ha producido algún Accidente con baja.
- **Cruz ”Accidentes”:** refleja si en el día señalado se ha producido algún accidente

Rellenado por Producción:

- **Cruz “Incidentes”:** refleja si en el día señalado se ha producido algún incidente.

4.) Producción imprimirá mensualmente en la “Plantilla de Seguimiento Mensual” la evolución del indicador fijado.

Q: CALIDAD

Este indicador tiene que ser:

- controlado por Dpto. Calidad
- cumplimentado por Dpto. Calidad/ TL Delegado
- actualizado por Dpto. Calidad/ TL Delegado

Las características del Panel de Seguimiento para este indicador se muestran en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	Actualización	Publicación	Frecuencia
Plantilla Visual (Q):	Team Leader(TL)/ Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla de incidencias: Se mantendrá un registro del mes en curso.	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Puntual
Plantilla de Seguimiento Diario:	Verificador / TL delegado	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla Mensual	Verificador / TL delegado	Verificador / TL delegado	Mensual

Tabla 6.23. Características del Panel de Seguimiento del Indicador de Calidad.

Fuente: Sisteplant.

La Plantilla Visual tiene el siguiente aspecto:

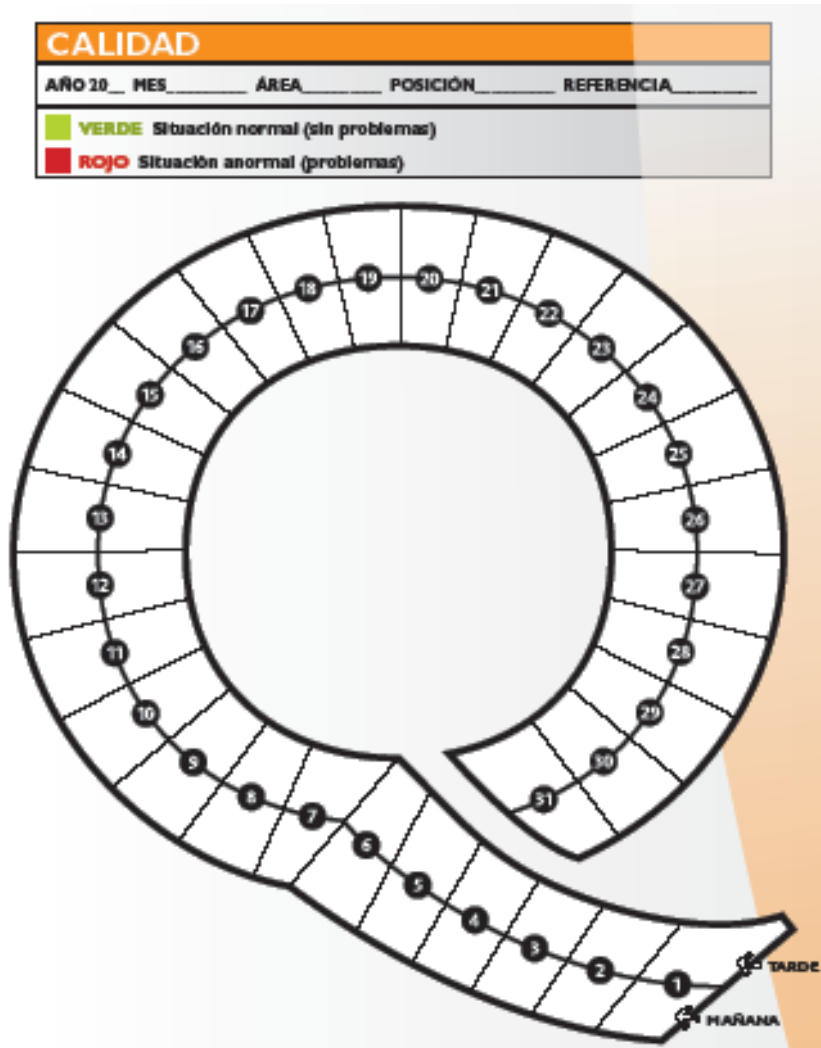


Figura 6.49. Plantilla Visual del Panel de Seguimiento del Indicador de Calidad.
Fuente: Sisteplant.

De esta forma:

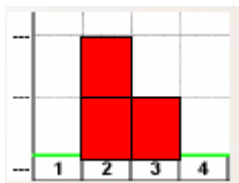
- 1.) Cada día marcar en la “Plantilla-Seguimiento Visual”, en color **verde** si **NO** hay incidencias* de Calidad o en color **rojo** **SI** hay alguna nueva incidencia* de calidad.
- 2.) En el caso que existiera una nueva incidencia es obligatorio rellenar en la “Plantilla de Incidencias” los siguientes campos:

Rellenado por Producción:

En caso de repetirse la misma incidencia llevará el mismo número de incidencia que se la ha asignado la primera vez que se produce:

- Total Día: Número de incidencias en el día
- Total Acumulado: Número de incidencias acumuladas

La forma de rellenar la Plantilla de Seguimiento Diario sería como muestra la siguiente imagen:



4.) Producción (TL asignado) imprimirá mensualmente en la “Plantilla de Seguimiento Mensual” la evolución del indicador fijado.

Plantilla de Seguimiento Mensual: ejemplo

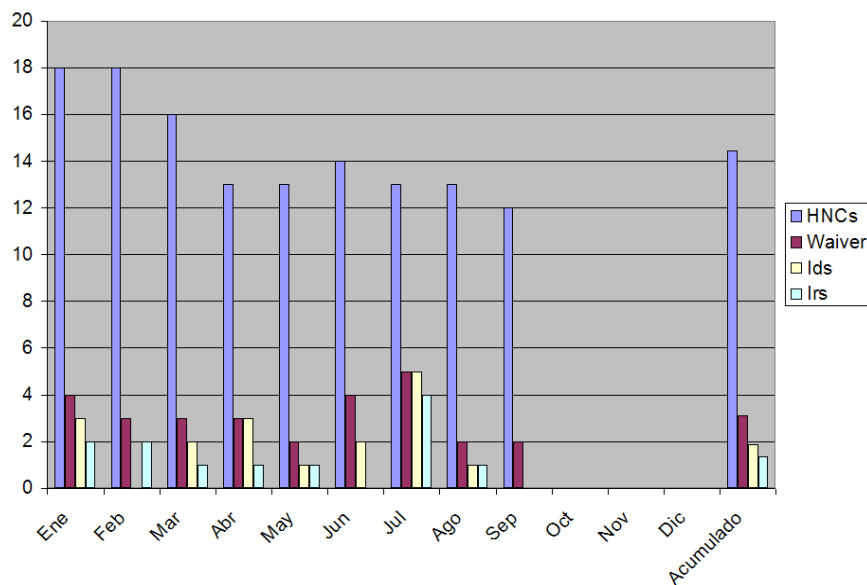


Figura 6.52. *Plantilla de Seguimiento Mensual del Panel de Seguimiento del Indicador de Calidad. Fuente: Sisteplant.*

C: COSTE

Este indicador tiene que ser:

- controlado por Producción (TL asignado)
- cumplimentado por Producción (TL asignado)
- actualizado por Producción (TL asignado)

Las características del Panel de Seguimiento para este indicador se muestran en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	Actualización	Publicación	Frecuencia
Plantilla Visual (C):	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla de incidencias: Se mantendrá un registro del mes en curso.	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Puntual
Plantilla de Seguimiento Diario:	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla Mensual	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Mensual

Tabla 6.24. Características del Panel de Seguimiento del Indicador de Coste.

Fuente: Sisteplant.

La Plantilla Visual tiene el siguiente aspecto:

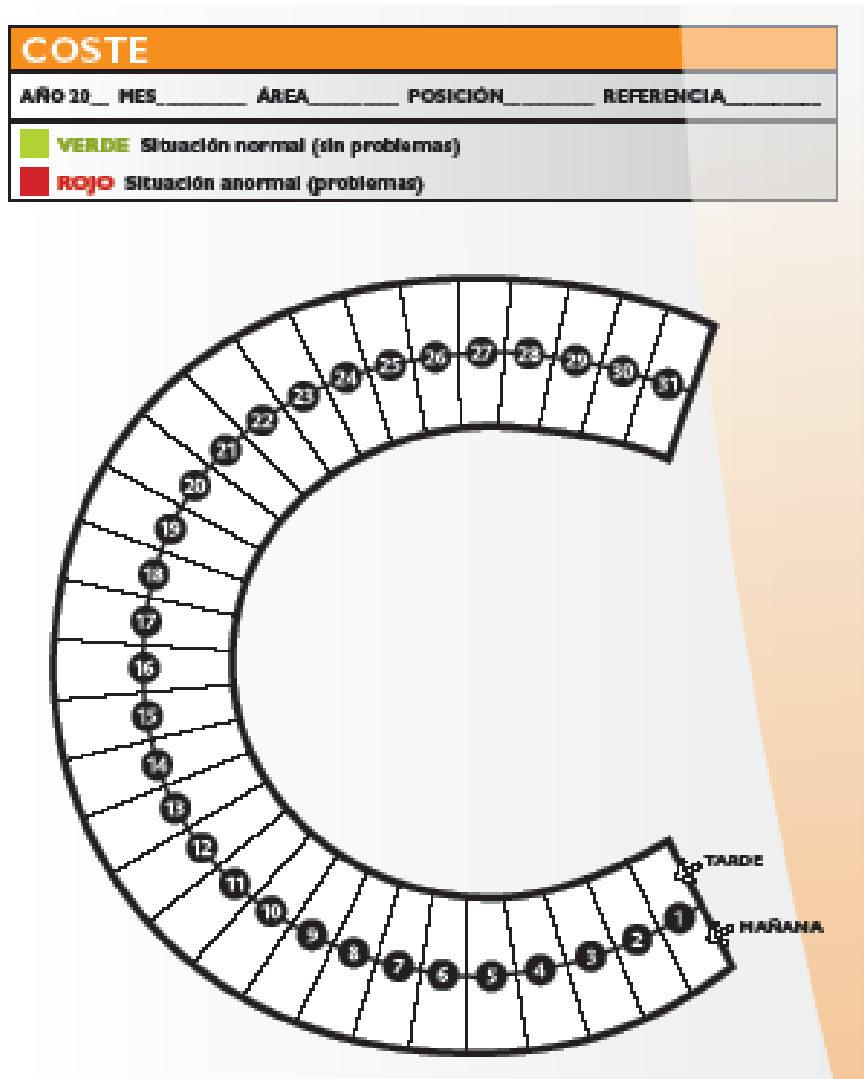


Figura 6.53. Plantilla Visual del Panel de Seguimiento del Indicador de Coste. Fuente: Sistplant.

De esta forma:

1.) Cada día marcar en la “Plantilla-Seguimiento Visual”, en color **verde** si **NO** hay incidencias* de Coste o en color **rojo** **SI** hay alguna nueva incidencia de costes.

PROPUESTA DE VALORACIÓN DE INCIDENCIAS:

Hipótesis de partida:

- Retraso en entregas → Penaliza el LT, y repercute en el WIP (↑Coste)
- Desviación negativa de personal → Sin retraso en entregas (↓Coste)
- Desviación positiva en personal → Requiere análisis respecto a recuperación de retrasos en entregas y a adelanto sobre programación.

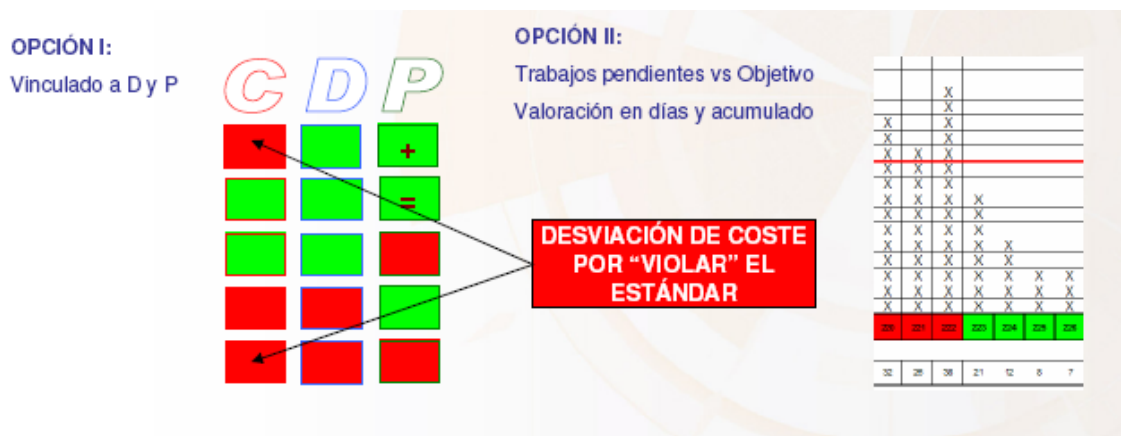


Figura 6.54. Opciones para la Valoración de Incidencias del Indicador de Coste.
Fuente: Sisteplant

2.) En el caso que existiera una incidencia es obligatorio rellenar en la “Plantilla de Incidencias” los siguientes campos:

4.) Producción (TL asignado) imprimirá mensualmente en la “Plantilla de Seguimiento Mensual” la evolución del indicador fijado.

Plantilla de Seguimiento Mensual: Ejemplo

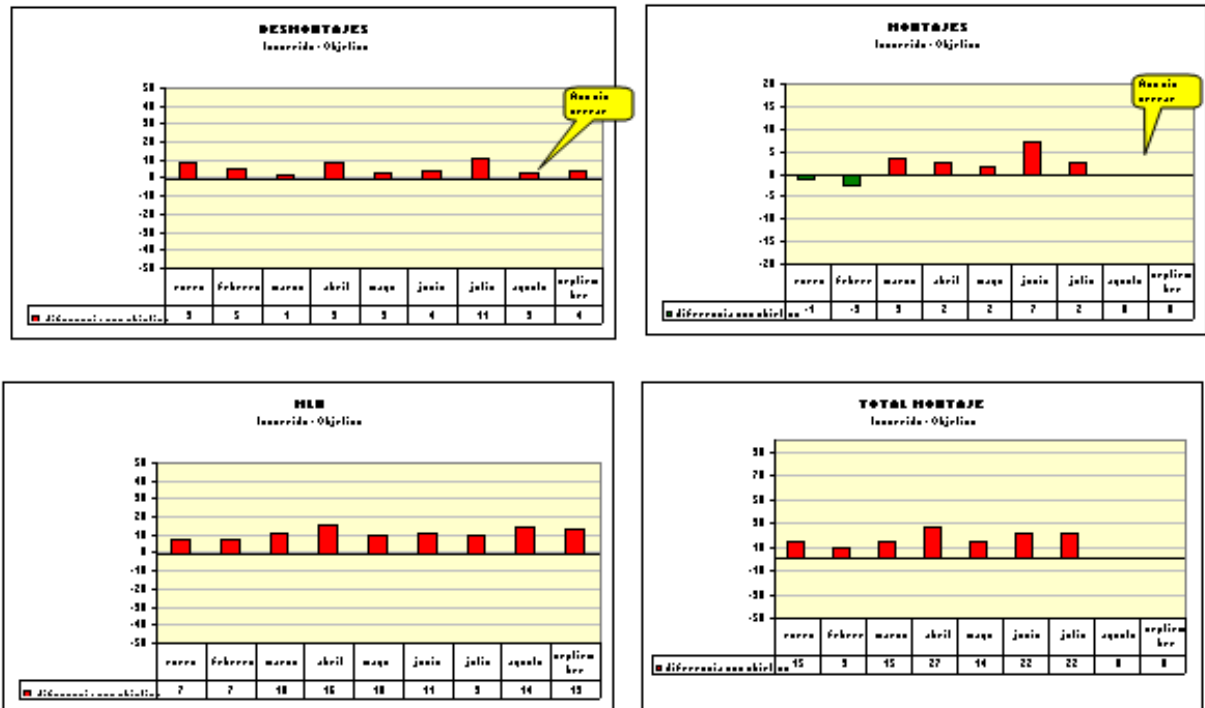


Figura 6.57. Ejemplo de Plantilla de Seguimiento Mensual del Panel de Seguimiento del Indicador de Coste. Fuente: Sistplant.

D: DELIVERY (ENTREGA)

Este indicador tiene que ser:

- controlado por Producción (TL asignado)
- cumplimentado por Producción (TL asignado)
- actualizado por Producción (TL asignado)

Las características del Panel de Seguimiento para este indicador se muestran en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	Actualización	Publicación	Frecuencia
Plantilla Visual (D):	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla de incidencias: Se mantendrá un registro del mes en curso.	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Puntual
Plantilla de Seguimiento Diario:	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Último turno semanal
Plantilla Mensual	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Mensual

Tabla 6.25: Características del Panel de Seguimiento del Indicador de Entrega.

Fuente: Sisteplant.

La Plantilla Visual tiene el siguiente aspecto:

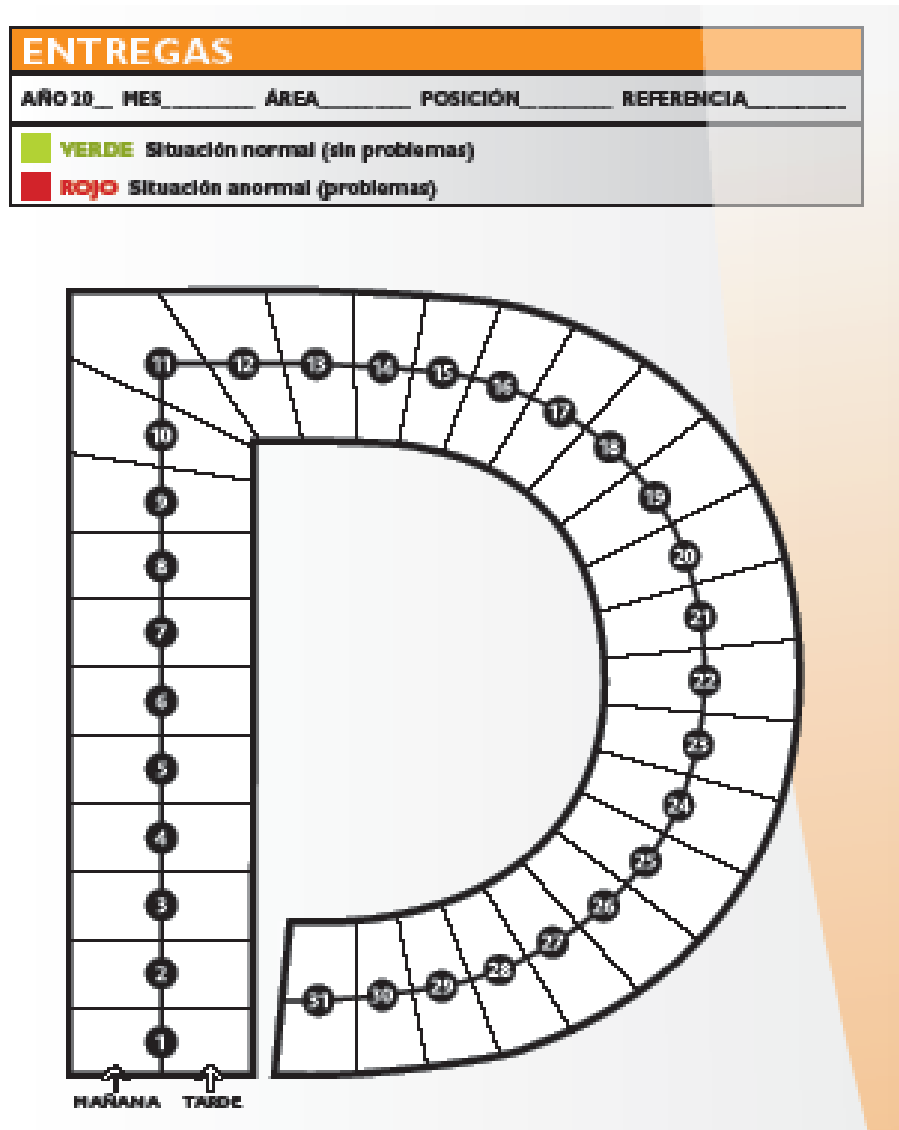


Figura 6.58. Plantilla Visual del Panel de Seguimiento del Indicador de Entrega.

Fuente: Sisteplant.

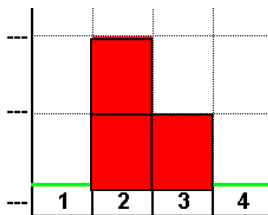
1.) Cada día marcar en la “Plantilla-Seguimiento Visual”, en color **verde** si **NO** hay retrasos respecto a la planificación o en color **rojo** **SI** los hubiere.

Rellenado por Producción:

- **Solución:** Descripción de la posible contramedida a adoptar.
- **Quién:** Persona responsable de implementar la solución.
- **Cuándo:** Fecha de lanzamiento de la contramedida.
- **Fecha Solución:** Fecha de cierre de la incidencia.
- **Status:** Sombrear s/ se explica en la parte inferior de la plantilla el estado en el que se encuentra la solución a la incidencia por parte del responsable.
- **Validación Cierre:** Firma del responsable al cierre de la incidencia.

3.) Elaboración de Plantilla de Seguimiento de forma SEMANAL, en formatos A3:

Cada día **PINTAR UNA LINEA** en la casilla correspondiente en la “Plantilla-Seguimiento Diario”, en color **verde** si **NO** hay incidencias relacionadas con personas y **RELLENAR** en color **rojo** tantas casillas como incidencias se presenten en el día correspondiente, según se muestra en la siguiente imagen:



P: PERSONAS

Este indicador tiene que ser:

- controlado por DPTO. RRHH / TL Asignado
- cumplimentado por Producción / TL Asignado
- actualizado por Dpto. RRHH / TL Asignado

Las características del Panel de Seguimiento para este indicador se muestran en la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	Actualización	Publicación	Frecuencia
Plantilla Visual (P):	Team Leader (TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla de incidencias:	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Puntual
Plantilla de Seguimiento Diario:	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Turno
Plantilla Mensual	Team Leader(TL) / Maestro	Facilitador (Persona)	Mensual

Tabla 6.26. Características del Panel de Seguimiento del Indicador de Personas.

Fuente: Sisteplant.

La Plantilla Visual tiene el siguiente aspecto:

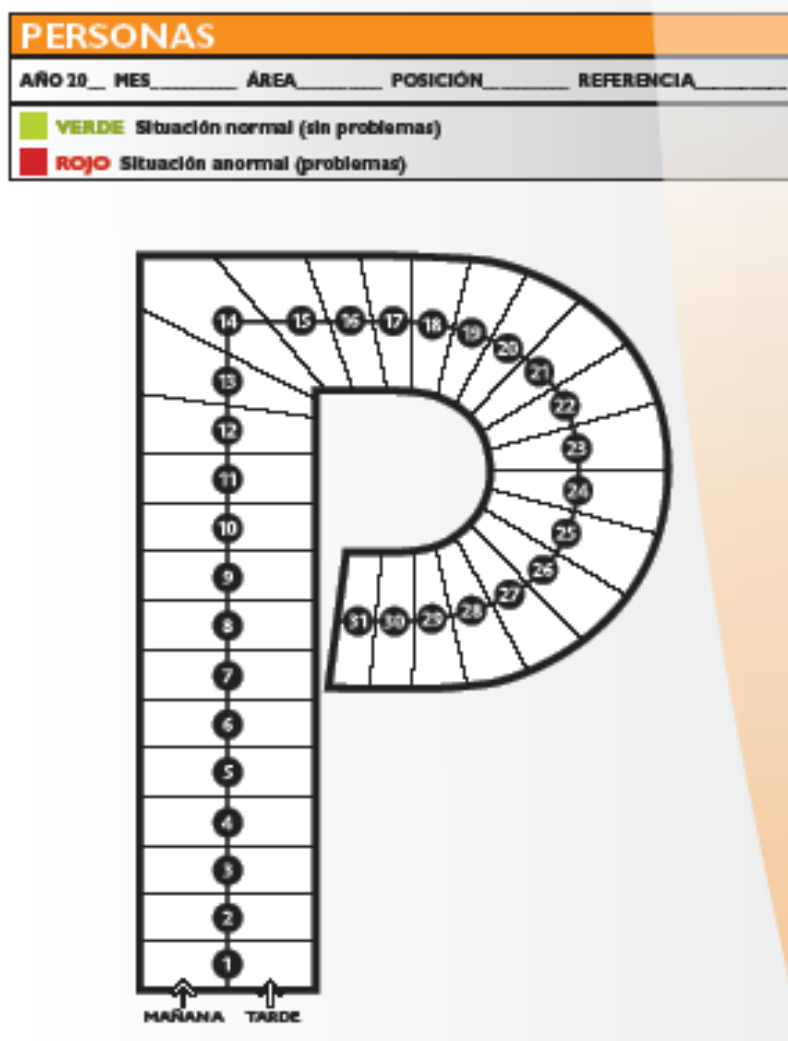


Figura 6.62. Plantilla Visual del Panel de Seguimiento del Indicador de Personas.
Fuente: Sisteplant.

- 1.) Cada día marcar en la “Plantilla-Personas”, en color verde si NO hay desviaciones negativas de personal o en color rojo SI hay alguna desviación negativa de personal.
- 2.) En caso de existir desviaciones de personal, rellenar la “Plantilla de Incidencias”, en color verde si NO hay incidencias relacionadas con personas y RELLENAR en color rojo SI hay incidencias relacionadas con personas.

B.) Plan de Mejora Continua:

Operativa del Panel:

La operativa del panel se llevará a cabo a través de reuniones:

- Se celebrarán 2 reuniones por turno: una de inicio y otra de fin de turno.
- Asistentes: Team Leader (TL) y el resto del equipo
- Duración: 5-10 minutos máx.
- Lugar: en el Panel

Numero de Turnos	MEJORA CONTINUA			
Uno	Día			
Numero y tipo de reuniones	1 Reunión de 5'-10' al comienzo del día		1 Reunión al final del día (5' minutos)	
Dos	Mañana		Tarde	
Numero y tipo de reuniones	Reunión de 5'-10' del grupo que entra	1 Reunión de 5' minutos del grupo saliente	Reunión de 5'-10' del grupo que entra	1 Reunión de 5' minutos del grupo saliente

Figura 6.65. Sistema de Reuniones para seguimiento del Panel Visual.

Fuente: Sisteplant.

Importante: Incluir en el sistema de reuniones la del Panel Visual ligada al seguimiento de acciones.

1.- PRINCIPIO DE TURNO:

EL OBJETIVO FUNDAMENTAL ES LA ASIGNACIÓN Y REPARTO DE TAREAS:

1º) Se hace un análisis del turno anterior a través de la visualización y comentarios del panel.

2º) En función de este análisis se hace el reparto y la asignación de tareas a los empleados.

2.- FIN DE TURNO:

EL OBJETIVO FUNDAMENTAL ES LA COMPROBACIÓN, POR PARTE DEL MANDO O TEAM LEADER (TL), DEL GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LAS TAREAS ASIGNADAS

1º) Se realiza un análisis de las incidencias ocurridas a lo largo del turno y se reflejan en los documentos de los indicadores. Los responsables de su cumplimiento son los mandos de taller o TL designado, excepto en el caso de la Q, que será el responsable de Calidad del área o TL delegado.

2º) Se hace revisión del cumplimiento de las tareas realizadas durante el turno de trabajo.

INICIO DEL TURNO:

Orden del día:

0.- ¡Buenos días!

1.- ¿Estamos todos? Pasar lista. Completar KPI diario de Personas Verde / Rojo

¿Va a faltar alguien los próximos días?

2.- Ver el estado y comentar las incidencias del turno anterior:

Q, C, D, P y Acciones abiertas.

3.- Fijar los objetivos para el turno.

4.- Asignación (o revisión) de trabajos.

5.- Coordinación con las áreas soporte, verificación, mediciones Laser Tracker, movimientos del ala,...

El facilitador anima y motiva al equipo.

FINAL DEL TURNO:

Orden del día:

0. ¿Estamos todos?

Debemos contar con la atención de todo el equipo, no únicamente con su presencia.

1.- Revisión de cumplimiento de objetivos:

- Completar los KPI's
 - Q: Verde / Rojo ¿Existe disposición? ¿Para cuando está prevista su resolución?
 - C: Verde / Rojo
 - D: Verde / Rojo ¿Hemos cumplido el objetivo previsto?
Si procede, ¿por qué no?
- Identificar y comentar las desviaciones ocurridas en el turno
- Concretar acciones, responsable y fecha de compromiso

2.- Completar con otras incidencias la “Comunicación entre turnos”

3.- ¿Algún otro comentario o incidencia?

4.- Buen trabajo y ¡hasta mañana!

El facilitador anima y motiva al equipo

NORMAS:

- Reuniones de pie, no se permiten sillas.
- En las reuniones sólo se considera la información expuesta. El material dispuesto deberá ser actual y se actualizará durante la reunión.
- Los diferentes informes siguen una secuencia.
- Los informes deben ser simples y concisos.
- Cada miembro del equipo debe estar puntual en la reunión.
- Ningún miembro del equipo se va antes de que la reunión termine.
- Se apagan los teléfonos móviles.
- No se discute sobre otros temas no relacionados con la agenda de la reunión.
- Llevar una actitud proactiva a la reunión.
- Cultura abierta y honesta. Transparencia.
- Hablar con datos para ser objetivos.

COMPORTAMIENTOS Y PROCESO DE GESTIÓN:

El Director de la Planta:

- Debe dar ejemplo con un uso efectivo de los estándares de Lean de manera que lidere con el ejemplo.
- Debe asegurar que las funciones soporte “DEN SOPORTE” a las áreas de producción en los problemas que se escalan. En producción es donde se añade valor a los productos que compran nuestros clientes.
- Debe asegurar mediante su Process Confirmation que los estándares se implementan de forma efectiva en toda la planta.
- Las reuniones en el Control Room deben enfocarse a tomar decisiones bien, para resolver problemas rápidamente, bien para mejorar el funcionamiento del negocio.
- En el Control Room debe indicarse el horario y duración de las reuniones diarias y otras actividades que tengan lugar en la misma, y no debe excederse el tiempo asignado para las mismas.

C.) Matriz de Riesgos de Implantación:

Por último, se muestra un estudio pormenorizado de los riesgos de implantación del modelo de panel visual elegido, y las recomendaciones a tener en cuenta en cada caso.

Para ello efectuamos un Análisis de los riesgos asociados a:

- Protocolo de Actuación y Seguimiento
- Soporte Material utilizado en el Panel
- Asignación de Recursos.

Se comienza por presentar los criterios de valoración que se utilizan, los cuales se indican en las Tablas: 6.27 y 6.28.

Las valoraciones y análisis se muestran en las tablas 6.29, 6.30 y 6.31.

Probabilidad	Alta	3	15	25%	30	50%	60	100%
	Media	2	10	17%	20	33%	40	67%
	Baja	1	5	8%	10	17%	20	33%
	Valoración		5		10		20	
			Leve		Moderada		Catastrófico	
			Impacto					

Tabla 6.27. Criterios de Valoración y Análisis para el estudio de los riesgos de implantación del Panel Visual. Fuente: Sisteplant.

Combinaciones					
Probabilidad	Impacto	Producto	Nivel de riesgo	Resultado	Tratamiento
1	5	5	8%	Bajo	Aceptable Asumir el riesgo. Se permite asumirlo, es decir, el riesgo se encuentra en un nivel que puede aceptarlo sin necesidad de tomar otras medidas de control diferentes a las que se poseen.
1	10	10	17%	Bajo	Tolerable 1 Asumir o reducir el riesgo. Se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible.
2	5	10	17%	Bajo	Tolerable 2 Asumir o reducir el riesgo. Se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible. Cuando la Probabilidad del riesgo es media y su Impacto leve, se debe realizar un análisis del coste-beneficio con el que se pueda decidir entre reducir el riesgo, asumirlo o compartirlo.
3	5	15	25%	Medio	Moderado 1 Evitar el riesgo, se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible. Los Riesgos de Impacto leve y Probabilidad alta se previenen.
2	10	20	33%	Medio	Moderado 2 Reducir, Evitar, Compartir o transferir el riesgo. Se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible. También es viable combinar estas medidas con evitar el riesgo cuando éste presenta una Probabilidad alta y media, y el Impacto es moderado o catastrófico. En caso de Riesgos con Impacto moderado y Probabilidad media, se reduce o se comparte el riesgo, si es posible.
1	20	20	33%	Medio	Moderado 3 Reducir, Compartir o transferir el riesgo. Cuando el riesgo tiene una Probabilidad baja e Impacto catastrófico, se debe tratar de compartir el riesgo y evitar en caso de que éste se presente. Siempre que el riesgo es calificado con Impacto catastrófico se deben diseñar planes de contingencia, para protegerse en caso de su ocurrencia.
3	10	30	50%	Alto	Importante 1 Reducir, Evitar, Compartir o transferir el riesgo. se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible. También es viable combinar estas medidas con evitar el riesgo cuando éste presenta una Probabilidad alta y media, y el Impacto es moderado o catastrófico.
2	20	40	67%	Alto	Importante 2 Reducir, Evitar, Compartir o transferir el riesgo. Se deben tomar medidas para llevar los Riesgos a la Zona Aceptable o Tolerable, en lo posible. También es viable combinar estas medidas con evitar el riesgo cuando éste presenta una Probabilidad alta y media, y el Impacto es moderado o catastrófico. Siempre que el riesgo es calificado con Impacto catastrófico, se deben diseñar planes de contingencia, para protegerse en caso de su ocurrencia.
3	20	60	100%	Alto	Inaceptable Evitar, Reducir, Compartir o transferir el riesgo. Es aconsejable eliminar la actividad que genera el riesgo en la medida que sea posible, de lo contrario se deben implementar controles de prevención para evitar la Probabilidad del riesgo, de Protección para disminuir el Impacto o compartir o transferir el riesgo si es posible. Siempre que el riesgo sea calificado con Impacto catastrófico la Entidad debe diseñar planes de contingencia, para protegerse en caso de su ocurrencia.

Tabla 6.28. Criterios de Valoración y Análisis para el estudio de los riesgos de implantación del Panel Visual. Fuente: Sisteplant

Nº	Descripción del riesgo	Consecuencia	Evaluación Preliminar de Riesgo	Evaluación Preliminar de Riesgo	Controles existentes	¿Distorsiona el nivel de probabilidad de riesgo?	¿Distorsiona el nivel de impacto del riesgo?	Valoración riesgo
PROTOCOLO DE ACTUACIÓN Y SEGUIMIENTO								
1	Falta de disciplina en la celebración de las reuniones diarias de actualización del panel: no se respetan con rigor los horarios, se es permisivo con la falta de asistencia, etc.	Falta de compromiso de los miembros del equipo con la actualización del panel. Pérdida de credibilidad y utilidad como fuente para la Mejora Continua.	Moderado 2	Medio	1. Process confirmation 2. Al inicio, presencia puntual de la Dirección en las reuniones diarias de actualización	SI	NO	Tolerable 1 Bajo
2	Falta de rigor a la hora de desarrollar las reuniones de actualización del panel: se deja información sin actualizar, se improvisan los contenidos a tratar... En definitiva, no se cumple con el estándar definido en el manual.	La información del panel es incompleta: pérdida de información que puede dificultar el análisis de los datos y distorsionar los datos acumulados.	Moderado 2	Medio	1. Seguimiento periódico de los contenidos actualizados en el panel (letras, registro de acciones asociadas a incidencias, gráficos de evolución) y toma de acciones correctoras en caso de información no actualizada o parcialmente actualizada.	SI	NO	Tolerable 1 Bajo
3	Falta de respuesta a las acciones propuestas por el equipo en los paneles. Las acciones permanecen con el mismo Status semana tras semana.	Falta de credibilidad ante el equipo. Por un lado, se les pide participación, cooperación e involucración en la mejora, pero por otro lado no se responde a las necesidades que el equipo plantea. Abandono del compromiso del equipo con la Mejora Continua.	Importante 2	Alto	Process confirmation	SI	NO	Moderado 3 Medio
4	Falta de uniformidad en los criterios de actualización de la información de los paneles (falta de estandarización, formación y/o comunicación, complejidad de criterios de actualización).	Análisis equivocados de incidencias en procesos concretos. Decisiones incorrectas sobre líneas de actuación.	Moderado 2	Medio	1. Al inicio, presencia de los responsables Lean en la implantación de los paneles. 2. En caso de rotación de las personas responsables de la actualización del panel, formación actualizada y adecuada.	SI	NO	Tolerable 1 Bajo
5	Falta de interés/compromiso por parte de los mandos intermedios y la Dirección en la dinámica de mejora promovida por la implantación de los paneles en planta.	Pérdida de credibilidad. Falta de compromiso.	Moderado 3	Medio	1. Involucración de la Dirección en la implantación de la Mejora Continua. 2. Process confirmation	SI	SI	Tolerable 1 Bajo
6	Dotar de mayor importancia al continente que al contenido del panel. Utilización del panel como reclamo para visitas más que como herramienta de difusión y promoción de la mejora.	Los contenidos del panel no se analizan sistemáticamente. Los paneles no se actualizan de forma sistemática (por ejemplo, sólo cuando hay visitas).	Moderado 3	Medio	1. Involucración de la Dirección en la implantación de la Mejora Continua. 2. Formación de personal en los conceptos de Mejora Continua.	SI	NO	Moderado 3 Medio
7	Exceso de información a completar en los paneles. Redundancia.	Tiempo empleado en completar información no esencial para la mejora.	Moderado 2	Medio	Feedback periódico de los responsables de la actualización de los paneles.	SI	NO	Tolerable 1 Bajo

Tabla 6.29. Valoración y Análisis de los riesgos asociados a los Protocolos de Actuación y Seguimiento del Panel Visual. Fuente: Sisteplant.

SOPORTE MATERIAL									
1	Excesivo tamaño de los paneles centrales.	Quedan espacios desocupados que pueden provocar pérdida de credibilidad y utilidad como fuente para la Mejora Continua.	Tolerable 2	Bajo	1. Prueba de funcionalidad del PROTOTIPO.	SI	NO	Tolerable 1	Bajo
2	Excesiva complejidad de los elementos de sujeción	Pérdida de maniobrabilidad (dificultad de manipulación de formatos anteriores acumulados) y posible incompatibilidad con cambios de tamaño en formatos inferiores (A3) Pérdida de credibilidad en el objetivo. Falta de compromiso.	Moderado 1	Medio	1. Prueba de funcionalidad del PROTOTIPO.	SI	NO	Tolerable 2	Bajo
3	Acabado de los Formatos	Puede presentar dificultad a la hora de imprimir formatos mensuales. Elevado Coste de mantenimiento.	Importante 2	Alto	1. Prueba de funcionalidad del PROTOTIPO.	NO	NO	Importante 2	Alto
4	Dotar de mayor importancia al continente que al contenido del panel. Utilización del panel como reclamo para visitas más que como herramienta de difusión y promoción de la mejora.	Los contenidos del panel no se analizan sistemáticamente. Los paneles no se actualizan de forma sistemática (por ejemplo, sólo cuando hay visitas).	Moderado 3	Medio	1. Involucración de la Dirección en la implantación de la Mejora Continua. 2. Formación de personal en los conceptos de Mejora Continua.	SI	NO	Moderado 3	Medio

Tabla 6.30. Valoración y Análisis de los riesgos asociados al Soporte Material utilizado en el Panel Visual. Fuente: Sisteplant.

Nº	Descripción del riesgo	Consecuencia	Evaluación Preliminar de Riesgo	Evaluación Preliminar de Riesgo	Controles existentes	¿Disminuye el nivel de probabilidad de riesgo?	¿Disminuye el nivel de impacto del riesgo?	Valoración riesgo	
ASIGNACIÓN DE RECURSOS									
1	Inexistencia de recursos necesarios para la informatización de la información anotada de forma manual en los paneles de planta.	La información se acumula en formato físico (papel), pero no electrónico (PC), lo cual impide su correcta ordenación para un posterior análisis y un adecuado registro y seguimiento de las acciones de mejora surgidas en planta y de los indicadores. Acciones muertas, sin respuesta.	Inaceptable	Alto		NO	NO	Inaceptable	Alto
2	Falta de recursos para actualización del panel, especialmente en Calidad y Seguridad Laboral	Pocas personas han de actualizar varios paneles. Dedicación de tiempo al margen de las actividades comunes. Falta de actualización de la información.	Importante	Alto		NO	NO	Importante 1	Alto

Tabla 6.31. Valoración y Análisis de los riesgos asociados a la Asignación de Recursos del Panel Visual. Fuente: Sisteplant.

6.4.- Resumen: Resultados finales del Proyecto

- Proyecto de 8 meses de duración.
- 65 Oportunidades de mejora identificadas.
- 15 Acciones de Mejora identificadas para una mejora objetivo del Lead Time del 40%.
- 5 Proyectos lanzados para una mejora objetivo del Lead Time del 31%.
- 220 días de Lead Time objetivo (VSM Futuro), frente a los 321 días de Lead Time Actual.

6.5.- Retos/Próximos pasos:

A continuación se destacan los aspectos fundamentales para continuar con las mejoras de este proyecto:

A nivel estratégico:

- Acciones estratégicas:

- Extensión de la cultura Lean adquirida en MRO al resto de áreas de la Organización.

A nivel operativo:

a) se presentan los pasos a seguir para implantar los proyectos de mejora que se han realizado en este Proyecto, el denominado Plan de Implantación:

- Acciones operativas:

- Transición hacia el proceso a pulsos: Plan de Implantación:
 - Análisis del estado actual de cada avión: operaciones faltantes → **Visión de conjunto**
 - Teniendo la visión de conjunto, para cada avión, definición de fecha objetivo a partir de la cual se considera viable ejecutar la secuencia futura de operaciones (VSM Futuro y Equilibrado) → **Fecha de Corte**
 - Programación de tareas hasta fecha objetivo (no coincidentes con la secuencia futura) → **Plan de transición**
 - Seguimiento a través del Panel Visual → **Control y ajustes**

- Ejecución de tareas según fecha objetivo (coincidentes con la secuencia futura) → **Implantación**
 - Plan puesto en marcha con el avión nº 37

b) Por otro lado se destacan los siguientes campos con posibilidad de mejora que no se han cubierto en este Proyecto:

- Mejora de la Cadena de Suministro (Supply Chain):
 - Desde la generación de la necesidad del material
 - Hasta la entrega a taller del material
 - Análisis de procesos internos (gestión de pedidos, seguimiento, recepción, despacho, etc.)
 - Integración de los proveedores en la cadena logística (evaluación de proveedores, make-or-buy, comunicación y coordinación de actividades, etc.)
- Mejora en la gestión y organización de herramientas
- Revisión y rediseño del Lay-out de los hangares de MRO
 - Bajo un enfoque lean: Eliminación de desperdicios, Flujo y 5S's

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

7.1.- CONCLUSIONES:

En este documento se ha analizado la aplicación de los Conceptos y Herramientas del Lean Manufacturing en el entorno del MRO Aeronáutico.

Una vez estudiados en detalle tanto el ejemplo de aplicación Lean MRO presentado en el capítulo 5, como el Proyecto Real en el que he podido participar, capítulo 6, he llegado a las siguientes conclusiones sobre las particularidades del entorno MRO y de la aplicación de la teoría Lean al MRO:

Comparado con el entorno tradicional de la Fabricación, el MRO conlleva retos o problemas únicos. Por su naturaleza, es un entorno más complejo tanto en el ámbito del trabajo, debido a la variabilidad inherente en los tiempos de realización de las tareas, como en la variabilidad de la demanda.

Lean permite gestionar la variabilidad inherente a los procesos de MRO mediante la identificación de las diferentes familias de productos que intervienen a lo largo del Programa de MRO. Así se pueden reorganizar las tareas según estos grupos o familias, rediseñar el Layout según células productivas para estas familias y así incrementar la flexibilidad y adaptabilidad. Todo ello gestionado con la utilización de tarjetas Kanban para lograr introducir los Conceptos de Lean: Takt Time, Flujo Continuo y Pull.

Otra técnica para la gestión de la variabilidad dentro del entorno MRO es la integración de Lean junto con Seis Sigma. Este acercamiento va en favor de la introducción de la Mejora Continua a través del uso de herramientas como la Estandarización.

¿Puede Lean funcionar en entornos MRO?

Acercamiento con éxito a la transformación Lean

Para una implementación beneficiosa del Lean, independientemente del entorno en el que se aplique, es necesario un acercamiento al mismo en su conjunto, es decir, teniendo en cuenta todos los Conceptos y Herramientas que forman la teoría Lean.

La implementación de Lean se debe beneficiar de un acercamiento a la Organización en su conjunto, desde la Estrategia hasta la Operación en la Planta, siguiendo una secuencia lógica, que se denomina “Principios Lean”, la cual nos guía en el proceso de transformación hacia un Sistema Productivo Lean.

El primer paso de esta transformación, y el más importante, es establecer el Valor de la actividad y por tanto la Cadena de Valor del proceso productivo.

La Cadena de Valor de Lean en entornos MRO

En 1998, el concepto de Value Stream (Cadena/Flujo de Valor) fue introducido por Mike Rother y John Shook, lo que permitió abrir los ojos a muchos líderes de operaciones y proporcionó un lenguaje común así como una guía para el cambio.

El concepto del VSM (Mapeado de la Cadena de Valor) se muestra fácilmente usando como ejemplo un proceso productivo el cual fabrica uno o dos productos diferentes, ambos con demanda estable y los mismos tiempos de ciclo para cada proceso. ¿Pero cómo aplicamos estos conocimientos en un entorno más complejo como son las operaciones en MRO?

La problemática está en que, como suelen decir las personas que trabajan en entornos MRO: “Nunca sabemos qué nos va a llegar....”

Por tanto, cambios en la Demanda, inspecciones sobre diferentes componentes estructurales así como los diversos tiempos de ciclo para la reparación de los diferentes componenetes estructurales del avión, todo eso, hace que las Operaciones en MRO supongan un gran reto para la implementación de los conceptos y herramientas de Lean.

Entonces ¿qué es la Cadena de Valor en MRO? La Cadena de Valor son todas las actividades, tanto las que añaden valor como las que no, realizadas para convertir un producto desde la materia prima, que en este caso es el producto a reparar, hasta la entrega final al cliente.

¿Cómo aplicamos el VSM en entornos MRO?

A continuación se muestran una serie de principios o guía a seguir para su correcta implementación:

- 1.) La Corriente de Valor está basada en cada producto o subgrupo de una Familia de productos. Una Familia de productos son grupos de productos que fluyen a través de los mismos pasos en el sistema productivo y que tienen el mismo contenido de trabajo.
- 2.) Cada Cadena de Valor debe tener asociado un Takt Time, o tasa de fabricación marcada por la demanda del cliente.
- 3.) Cada Cadena de Valor necesita una estrategia para los productos terminados, una fabricación según la demanda del cliente.
- 4.) Cada Cadena de Valor debe intentar implementar One Piece Flow (OPF), que es el mejor método para producir, ya que conlleva la mínima cantidad de desperdicio.

- 5.) Donde no sea posible aplicar One Piece Flow, First in First Out (Líneas FIFO) debe ser empleado.
- 6.) En los procesos donde no se pueda aplicar Flujo Continuo, normalmente en la recepción de Materias Primas y en los recursos compartidos, entonces se debe emplear Sistemas PULL, donde se incluye el uso de las tarjetas Kanban.
- 7.) En cada Cadena de Valor, que contiene maquinaria o equipos para efectuar los trabajos de transformación, se debe asegurar la presencia de suficiente equipo/maquinaria para soportar el Takt Time fijado por la Demanda.
- 8.) Cada proceso de maquinaria debe tener establecido su Lead Time, el cual define la duración del ciclo para el procesamiento de cada unidad de producto.
- 9.) A lo largo de la Cadena de Valor, se debe sólo intentar Programar un punto o proceso, conocido como “Proceso Marcapasos”, que generalmente será el último proceso en la Cadena de Valor.
- 10.) Cada Proceso Marcapasos debe tener establecido un Lead Time para cada ciclo del mix de productos.
- 11.) Cada Cadena de Valor debe contener variantes en el sistema productivo, para responder a los cambios en la demanda del cliente.

Aplicación de Lean al MRO

Aplicar las guías anteriores en una fábrica básica ya es bastante complejo, pero añadiendo la complejidad y variación inherente de las operaciones de MRO hace que la tarea se complique.

A continuación se muestra cómo afecta el entorno del MRO en la aplicación de las diversas herramientas de Lean:

1.- Takt time:

La Demanda establecida por el cliente siempre supone un ejercicio de estimación en entornos MRO. Por tanto se debe pensar en términos de ser capaz de llevar a cabo las operaciones de MRO según los cambios establecidos en la demanda del cliente. Así conviene establecer diferentes niveles de capacidad según las variaciones en el volumen dentro del negocio.

2.- Estrategia para los productos terminados:

Fabricar según la demanda del cliente es la elección obvia, pero ¿que sucede con los repuestos? ¿Debería haber un inventario de producto terminado para dar apoyo frente a las variaciones en la demanda? Lo importante en este caso es que debe haber una estrategia para decirle al VSM qué es lo que debe fabricar y cuándo; y esa estrategia debe estar basada en señales que provengan del cliente o del inventario de productos terminados.

3.- One Piece Flow (OPF):

Desde el momento en que una determinada pieza es extraída del avión, hasta que es reemplazada, dicha pieza debe seguir una ruta en Flujo Continuo unitario, tanto como sea posible.

4.- First in First Out (Líneas FIFO) y Supermercados:

Cuando las piezas fluyen a través de diferentes procesos que tienen diferentes tiempos de ciclo y por tanto no se puede establecer OPF, entonces debería aplicarse FIFO o Supermercados, en función de si se trabaja con muchas o pocas referencias de piezas, respectivamente. Áreas de inspección que requieren equipos especiales que no pueden ser instalados en formato de Célula pueden disponer de múltiples Líneas FIFO controlando no sólo el flujo, sino también indicando al inspector qué piezas deben inspeccionarse sin necesidad de acudir a una programación. Este concepto también puede ser aplicado en los Procesos por Lote, como por ejemplo en los Tratamientos térmicos.

5.- Sistemas Pull:

Normalmente este concepto es el primero que se implementa en Lean, cuando realmente debe ser el último a utilizar para gestionar el inventario y el flujo. Su mejor utilización es para el Aprovechamiento de Materias Primas y en la gestión de los productos terminados.

6.- Equipos para soportar el Takt Time:

¿Cuántos equipos son necesarios para dar soporte a las capacidades necesarias según lo establecido por el Takt? La carga de los equipos considera:

- Tiempo de ciclo para cada unidad de producto
- La demanda respectiva para cada producto
- Número de máquinas disponibles
- Número de horas disponibles

7.- Intentar programar sólo un punto, el Proceso Marcapasos.

El proceso Marcapasos es el último de la cadena de valor. Desde ese punto se debe seguir el flujo de valor hacia atrás, hasta el proveedor, o flujo Pull hacia delante, partiendo de la Materia Prima.

Algunas operaciones de MRO pueden requerir dos puntos de programación, aunque se debe intentar que sea sólo un punto.

Ejemplo de caso donde es necesario establecer dos puntos de programación:

En las operaciones de inspección de un motor necesitaremos programar dos puntos:

- El primer proceso donde el motor es desmontado y los componentes son enviados a diversos departamentos para su inspección.
- Debido a que estos componentes no regresarán para el reensamblado al mismo tiempo, debido a los diferentes tiempos de proceso y variaciones en la secuencia del trabajo, se necesitará también programar el primer proceso de ensamblado.

Sin embargo en pequeñas inspecciones y reparaciones donde hay menos referencias de piezas y menor número de procesos, se debe intentar que haya sólo un punto de programación.

Resultados de implementar Lean en MRO

Para explicar los resultados que permite conseguir la correcta aplicación de Lean al MRO Aeronáutico, se muestra el siguiente ejemplo:

Imagina que un avión llega a la Planta de MRO para ser sometido a una Inspección Mayor. El avión entonces va primeramente al Hangar 1. El vehículo remolcador se detiene y se colocan las cuñas en las ruedas del avión. A continuación se pone en funcionamiento un reloj digital situado en un Panel del Hangar 1. En cada área de soporte también hay relojes digitales que están sincronizados con el reloj del Hangar 1. Mecánicos, inspectores e ingenieros, actúan según los tiempos de configuración para trabajar en sus respectivas secciones. Los vehículos de soporte y los manipuladores de material también actúan según tiempos de configuración para hacer aparición y mover las piezas a sus respectivas áreas.

Viajes frecuentes mueven piezas en Flujo Continuo (OPF) o pequeños lotes a las Líneas FIFO a través de los departamentos de reparación. Las operaciones en el Hangar 1, talleres de reparación y funciones de soporte están todas sincronizadas. Los Gestores monitorizan el flujo desde el Hangar 1 hasta los departamentos, mediante señales visuales que alertan en intervalos regulares si el Flujo Continuo se ha detenido. Cada empleado entiende el flujo de operaciones y el trabajo necesario desde que el avión llega al Hangar 1, hasta que lo abandona.

Si el flujo continuo se detiene, se aplican una serie de acciones, previamente diseñadas, para que se retome el Flujo Continuo (cada vez que se detiene el Flujo Continuo, se identifica el motivo, de tal forma que se define un estándar de actuación). Al mismo tiempo, un Equipo, el Equipo de Respuesta Rápida, toma acciones inmediatas para entender por qué se detuvo el flujo continuo. El Equipo de Respuesta Rápida deberá corregir este problema y asegurarse de que no vuelva a ocurrir.

Éste sería un ejemplo de cómo puede llegar a funcionar una Planta de MRO si se aplican de forma correcta los Conceptos y Herramientas de Lean.

Actualmente hay empresas pertenecientes al sector del MRO Aeronáutico que están implementando estas técnicas con éxito. Por ejemplo, Shannon Aerospace y Pratt & Whitney han estado implementando herramientas Lean a sus operaciones de MRO durante los últimos 8 años. Sus centros de MRO en Dublín en el caso de Shannon y North Berwick y Maine en el caso de Pratt & Whitney, han aplicado estos principios, con lo que logran una reducción significativa en el Lead Time de sus Programas de MRO.

Así los productos fluyen a través de los sucesivos procesos en Flujo Continuo. Para ello han implementado VSM completos desde la recepción hasta la entrega del avión. Las Plantas de Pratt & Whitney en East Hatford, Cheshire y Moddletown, han creado VSM completos para todas sus instalaciones y actualmente están trabajando para conectar los diferentes VSM de cada instalación para crear así un VSM completo de toda la planta. Estas herramientas están siendo también aplicadas en sus operaciones internacionales, en Canadá y Singapur, así como en otras partes del mundo.

Algunos de los ejemplos más avanzados en Lean MRO están siendo aplicados en Singapur, a través del Joint Venture entre Pratt & Whitney y Singapore Airlines Engineering Company, denominado Hamilton Sundstrand and Eagle Services Asia. En este caso han aplicado de forma satisfactoria 5S's, Sistemas de Gestión Visual y Sistemas de Herramientas en Punto de Utilización; así como también han aplicado estas herramientas para ofrecer Flujo Continuo a través de la Cadena de Valor, desde la entrada del avión para su reparación hasta su entrega al cliente.

Singapore Airlines Engineering Company que realiza inspecciones mayores sobre aviones de pasajeros así como de carga (747, A320, etc...) están aplicando Lean no sólo en su Planta de MRO, sino también en sus Instalaciones para el Mantenimiento en Línea en las operaciones aeroportuarias.

Resumen Final:

Puntos de mejora a través de Lean, han sido implementados durante los últimos 10 años en las Operaciones de MRO. Estas mejoras hacen que los procesos den mejor impresión, involucren a las personas gracias a las mejoras palpables que conllevan, mejoren el flujo productivo por áreas y consigan resultados en las áreas donde son aplicadas.

Cada empleado debe ver el Flujo Total de Valor hasta el Cliente y rápidamente fijar este flujo cuando se detenga.

La implementación de Kaizen Estratégicos a través de la Cadena de Valor es necesario para lograr introducir un Sistema de Mejora Continua. Esto permitirá obtener resultados que no sólo verá la compañía, sino también los clientes, actuales y potenciales, lo cual es el verdadero poder de Lean.

7.2.- FUTUROS DESARROLLOS:

Una vez realizado este documento en el que he presentado cómo se pueden aplicar los Conceptos y Herramientas de Lean para mejorar las actividades de MRO Aeronáutico, considero que merece la pena tratar en futuros desarrollos, relacionados con el entorno MRO, las siguientes dos áreas:

- Mejora de la Cadena de Suministro (Supply Chain) en entorno MRO mediante Lean:
 - Desde la generación de la necesidad del material
 - Hasta la entrega a taller del material
 - Análisis de procesos internos (gestión de pedidos, seguimiento, recepción, despacho, etc.)
 - Integración de los proveedores en la cadena logística (evaluación de proveedores, make-or-buy, comunicación y coordinación de actividades, etc.)

- Mejora en la gestión y organización de piezas, repuestos y herramientas en MRO.

Estas dos áreas coinciden con las acciones a nivel operativo pendientes de desarrollo que se identificaron en el Proyecto Real Lean MRO que se ha presentado en el Capítulo 6.

A su vez, ambas áreas son los aspectos menos desarrollados en la actualidad, en cuanto a entornos de MRO se refiere.

A continuación presento los puntos fundamentales que se deben tratar en cada una de ellas:

7.2.1. Mejora de la Cadena de Suministro en entorno MRO mediante Lean

Para analizar los requerimientos necesarios a la hora de introducir mejoras en la Cadena de Suministro a través de Lean, voy a seguir los siguientes pasos:

1.- Establecer una Visión Global sobre lo que se pretende conseguir y cómo; se definen los pasos a seguir para lograr con éxito esta transformación. Se explica a continuación, en los apartados a) y b).

2.- Descripción de la herramienta **Hoja de Ruta**, que resume los pasos a seguir para implantar los conceptos y herramientas de Lean en la Cadena de Suministro. Se explica en el apartado c).

3.- Definición de unas Bases para la evaluación de la Cadena de Suministro. Se explica en los apartados d) y e).

A continuación se detallan estos apartados:

a) **Visión Global:**

Tres puntos fundamentales que se deben considerar para el acercamiento de Lean a la Cadena de Suministro:

1.- Creación de un modelo Lean para la Cadena de Suministro: definición de Principios y Mejores Prácticas.

2.- Establecer una **Hoja de Ruta**: a través de ella se deben construir las redes de aprovisionamiento y proveedores según los conceptos Lean:

- Cómo
- Quién
- Cuándo
- Dónde

3.- Creación de una herramienta para la autogestión del sistema de aprovisionamiento: de esta forma se deben definir dos estados distintos:

- Estado Actual: identificación de desperdicios
- Estado Futuro: definición de mejoras a implantar

El objetivo es Desarrollar Redes de Suministro con proveedores, que creen valor e integren los Conceptos Lean.

b) Visión Global: Pasos a seguir para la mejora de la Cadena de Suministro:

1.- Validación del ámbito del proyecto: Principios, Objetivos y definición de los KPI's a emplear.

2.- Diseño de la Cadena de Suministro:

- Implementación del Plan Lean General: Definición de los Conceptos y Herramientas Lean que se van a emplear.
- Definición del Modelo para la Cadena de Suministro

3.- Evaluación del modelo definido para la Cadena de Suministro:

- Partiendo del Modelo definido en la etapa anterior, establecer analíticas de los resultados.

4.- Definición de la Hoja de Ruta:

- Partiendo de los resultados, implementación estratégica y detallada con las métricas definidas

5.- Implementación de la Hoja de Ruta:

- Definición del nuevo Sistema Productivo Lean: Cadena de Suministro Lean.

c) Hoja de Ruta General:

La Hoja de Ruta genérica para la implementación de una Cadena de Suministro Lean debe constar de los siguientes pasos:

1.- Definir la Visión:

- Desarrollar el conocimiento básico sobre el diseño y principios de gestión básicos para la Cadena de Suministro.
- Asegurar la alineación en las expectativas así como el compromiso por parte de todos los interesados (stakeholders).
- Definir la visión empresarial para la integración de la red de proveedores.
- Establecer las guías principales para la planificación estratégica de la red de proveedores y aprovisionamientos.

2.- Desarrollo del Plan Estratégico para establecer la Red de Proveedores:

- Desarrollar el conocimiento a nivel operativo de los principios de gestión y diseño de la cadena de suministro.
- Definir los procesos para la creación de valor a lo largo de la cadena de suministro.
- Asesoramiento en la gestión de la red de proveedores usando la Herramienta: **Gestión de la Evaluación de los Proveedores (la cual se explica en el apartado d)**

- Definir los objetivos del Estado Futuro y las métricas a utilizar, considerando los resultados de la Herramienta de Gestión de la Evaluación de los Proveedores, así como los objetivos de la empresa.
- Desarrollar el Plan Estratégico de implantación
- Definir roles y responsabilidades, relaciones y reglas de comportamiento.
- Definir los requerimientos para el soporte de las infraestructuras necesarias.
- Desarrollar el Plan de Recursos para la ejecución del Plan Estratégico.

3.- Establecimiento de la Cultura Lean y la Infraestructura necesaria para llevar a cabo la transformación mediante Lean:

- Alinear la estructura organizativa en pos del cambio
- Alinear procesos y procedimientos para el cambio
- Alinear incentivos
- Desarrollar los conocimientos sobre la infraestructura necesaria para llevar con éxito la transformación Lean.

4.- Crear y Refinar el Plan para la Implantación de Lean:

- Definir y analizar el Mapa de la Cadena de Valor de la red de proveedores

- Crear métricas a nivel táctico y definir planes para identificar los Gaps existentes durante la evaluación de los proveedores. Los Gaps surgen a consecuencia de no cumplirse los siguientes requerimientos:
 - Diseño de la arquitectura de la red de proveedores
 - Desarrollo de capacidades complementarias de los proveedores
 - Crear Flujo Pull a través de la red de proveedores
 - Establecer relaciones de cooperación así como mecanismos para una coordinación efectiva
 - Maximización de la flexibilidad y la capacidad de respuesta por parte de los proveedores.
 - Perseguir la integración del producto del proveedor así como el proceso de desarrollo del propio producto.
 - Integrar el conocimiento y fomentar la innovación
 - Demostrar mejora continua

- Comprometer los recursos para la implementación de Lean

5.- Implementar las Iniciativas Lean:

- Comunicar los objetivos y las métricas a lo largo de la Cadena de Valor de los proveedores.

- Implementar las iniciativas para la transformación Lean, que son:
 - Diseño de la arquitectura de la red de proveedores
 - Desarrollo de capacidades complementarias de los proveedores
 - Crear Flujo Pull a través de la red de proveedores
 - Establecer relaciones de cooperación así como mecanismos para una coordinación efectiva
 - Maximización de la flexibilidad y la capacidad de respuesta por parte de los proveedores.
 - Perseguir la integración del producto del proveedor así como el proceso de desarrollo del propio producto.
 - Integrar el conocimiento y fomentar la innovación
 - Demostrar mejora continua

- Capturar feedback sobre las barreas estratégicas para la implementación de Lean

6.- Esforzarse por conseguir la Mejora Continua:

- Evaluar los resultados en función de los objetivos y métricas establecidos en el Estado Futuro

- Comunicar las necesidades de cambios

- Modificar y refinar los planes de implementación a nivel táctico:
 - Medir los progresos mediante métricas
 - Report de las métricas: ROI (Retorno de lo invertido), dividiendo del Lean
 - Definir áreas que deben ser mejoradas más adelante
 - Reconocimiento de los logros alcanzados
 - Transferir la propiedad de los procesos Lean a los proveedores.

- Alimentar el proceso de mejora continua, a nivel interno, dentro de la propia organización, y externo.

- Adoptar y compartir los nuevos conocimientos.

d) Evaluación de la Cadena de Suministro: Herramienta para la Gestión de la Evaluación de los Proveedores:

En esta herramienta se indican los aspectos fundamentales que se deben tener en cuenta, respecto a la nueva relación que se debe establecer con la red de proveedores:

1.- Diseño de la arquitectura de la red de proveedores:

Diseñar el tamaño, estructura y composición de la red de proveedores para asegurar la creación de valor de forma eficiente para todos los interesados

2.- Desarrollo de capacidades complementarias de los proveedores:

Desarrollar capacidades complementarias de los proveedores para realizar el portfolio de las principales competencias en la extensión de la empresa.

3.- Establecer Flujo Pull a través de la red de proveedores:

Crear flujo sincronizado a través de la red de proveedores para que evolucione hacia un sistema productivo basado en Pull, que asegure Flujo Continuo.

4.- Establecer relaciones de cooperación así como mecanismos para una coordinación efectiva:

Desarrollar diferentes tipos de relación con el proveedor, incluyendo asociación con el proveedor y alianzas estratégicas, a la vez que se debe equilibrar cooperación y competición, para optimizar el rendimiento a lo largo de la red de proveedores.

5.- Maximizar la flexibilidad y la capacidad de respuesta:

Integrar procesos, prácticas y flujos de información a lo largo de la red de proveedores para maximizar su flexibilidad, capacidad de adaptación y respuesta para hacer frente a los cambios repentinos como consecuencia de desarrollos externos a la organización.

6.- Perseguir la integración del proveedor en cuanto a la definición y desarrollo del producto:

Integrar a los proveedores rápidamente dentro del proceso de aprovisionamiento diseñado, para asegurar el desarrollo del valor de la mejor forma posible.

7.- Integrar el conocimiento y fomentar la innovación:

Crear procesos de compartición de conocimientos y fomentar la innovación a lo largo de la red de proveedores para asegurar Flujo Continuo de soluciones innovadoras que beneficien al cliente y a todos los interesados.

8.- Demostrar mejora continua en el rendimiento:

Establecer procesos formales y sistemas de recompensa para la Mejora Continua a lo largo de la red de proveedores, para entregar el mejor valor a todos los interesados.

e) Evaluación de la Cadena de Suministro: Tabla resumen:

A continuación se muestra una tabla resumen de los aspectos fundamentales a tener en cuenta para una correcta evaluación de la Cadena de Suministro implantada

	Cadena de Suministro & Fuente	Cadena de Suministro & Producción	Tienda	Transporte	Cadena de Suministro & Venta
Estratégico	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia general - Organización general - Monitorizar rendimientos - Estrategias de sistemas de información - Estrategias de gestión de las personas 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación sobre calidad - Seguridad y Salud <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Estrategia en la red productiva - Estrategia de externalización 	Estrategia de la red de distribución	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia de transporte - Estrategia de externalización 	<ul style="list-style-type: none"> - Marketing & Canales de distribución - Gestión a nivel estratégico de los clientes - Políticas de niveles de servicios - Presupuesto de ventas - Gestión de catálogos
Táctico	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de las personas - Gestión de las Habilidades - Políticas y procedimientos - Sistemas de información a nivel táctico - Colaboración de los proveedores - Gestión de la demanda - Monitorización de los proveedores - Gestión del inventario 	<ul style="list-style-type: none"> - Plan productivo/capacidad - Gestión de las subcontrataciones - Calidad/Mantenimiento - Gestión de los cambios - Gestión del Plan de inventarios - Gestión de las herramientas - Optimización de los flujos de valor 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación de envíos - Gestión del inventario de productos terminados - Optimización del Layout 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación de los transportes - Gestión de los transportistas - Gestión de la flota privada para los transportes 	<ul style="list-style-type: none"> Gestión de cuotas de mercado <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Colaboración con los clientes - Pronósticos sobre la demanda - Gestión de las promociones de ventas
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de información para la ejecución - Sistemas para establecer trazabilidad - Encargos inusuales Empaquetado (Packaging) 	<ul style="list-style-type: none"> - Programación de la producción - Ejecución de la producción - Control de la producción - Empaquetado 	<ul style="list-style-type: none"> - Recepciones - Envíos - Empaquetado/valor añadido - Cross-docking - Control - Devoluciones por parte de los clientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Programación de los transportes - Diseño de rutas para el transporte - Trazabilidad en los transportes - Entregas - Reclamaciones - Dar soporte administrativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de las órdenes de pedidos - Trazabilidad de los pedidos - Devoluciones de los clientes - Centros de atención al cliente - Soporte administrativo

7.2.2. Mejora en la gestión y organización de piezas, repuestos y herramientas en MRO.:

En este caso propongo los siguientes apartados para analizar las posibles mejoras en la gestión de piezas y herramientas como apoyo a las actividades de MRO:

- a) Enfoque a tener en cuenta para mejorar la Eficiencia en la gestión y organización de piezas, repuestos y herramientas.
- b) Estrategias para mejorar el almacenamiento y su planificación.
- c) Posibilidad de integrar las diferentes posibilidades que ofrece la tecnología ID, para la identificación de piezas, repuestos y herramientas.
- d) Presentación de diferentes tipos de Equipos de Almacenamiento, los cuales deben suponer una ventaja para facilitar las actividades de MRO.

A continuación se detallan estos apartados:

a) Triple enfoque para una mejora en cuanto a la Eficiencia:

1.- Productividad en el Trabajo:

- Automatización de los procesos de Selección de las piezas/repuestos necesarios.
- Optimización de las Asignaciones de tareas
- Reducción de los tiempos de desplazamientos en los trabajadores

2.- Utilización de los Recursos:

- Optimización del espacio total para el almacenamiento
- Maximizar la utilización de los Equipos
- Optimizar la localización del inventario para la reducción en los tiempos de desplazamiento.

3.- Utilización del Inventario:

- Reducción de los costes asociados a la manipulación del inventario
- Alineación del flujo de material
- Reducción de la tasa de inventario obsoleto
- Automatizar las reposiciones de inventario.

b) Estrategias para el almacenamiento y planificación:

1.- Almacenamiento de Materiales que forman los Pre kit:

- Permite una preparación más rápida
- Reduce el inventario
- Mejora el rendimiento

2.- Repuestos Críticos vs. Piezas de Servicio:

- Almacenar volúmenes reducidos de piezas, basándose en la eficiencia en el almacenamiento.
- Modelar el almacenamiento de las piezas, basándose en el análisis ABC.
- Compartir repuestos con otras organizaciones
- Aliarse con otras organizaciones

3.- Utilización de los Puntos de Uso (tanto para piezas como herramientas):

- Permite mejor control sobre los historiales de utilización
- Más rapidez en la reordenación de los datos
- Menor pérdida de piezas y herramientas

4.- Check in/ Check out:

- Mantenimiento sobre los historiales de utilización
- Mejor seguridad
- Reutilización/Recambio de los datos

c) Integración de tecnología ID para la identificación de piezas y repuestos:

1.- Código de Barras

El más familiar hasta el momento:

- Utilizado en tiendas y supermercados durante los últimos 30 años
- Común en la mayoría de los entornos de distribución durante la última década

Beneficios provados:

- Elimina errores durante la identificación
- Aumenta la eficiencia en las operaciones de Picking
- Mayor precisión en el seguimiento de las piezas

2.- Utilización de la tecnología RFID (Radio Frequency IDentification):

Utilización limitada hasta el momento en entornos MRO, aunque está en continuo crecimiento:

- Permite la identificación simultánea de diferentes etiquetas
- Identificación de largo alcance
- No requieren de visión directa entre etiqueta/chip emisor y receptor

Mejoras provadas en entornos MRO:

- Mejora en el seguimiento y en el posicionamiento/retirada de piezas
- Eliminación de errores en la introducción de datos
- Mejora la trazabilidad sobre las piezas

3.- Activación por voz:

Mejoras que introduce:

- Precisión en trabajos, conseguida hasta 99.99%
- Aumento en la productividad hasta un 35%
- Reduce el tiempo de entrenamiento de los trabajadores
- Mejora la seguridad de los trabajadores

(Fuente: Oracle Logistics Solutions)

A continuación se muestra una imagen que ilustra el uso de esta herramienta:



d) Equipos de Almacenamiento:

Se distinguen dos tipos:

1.- Hombre a pieza: Estanterías, Estantes para Pallet, Cajones Modulares

- Los más comunes hasta ahora en MRO
- Menor inversión inicial
- Almacenaje eficiente y denso
- Muy fácil de manejar manualmente

A continuación se explica brevemente cada uno:

Estanterías:

- Es el método más común para el almacenamiento de pequeñas piezas
- Barato
- Apropiado para piezas que no requieren de adquisiciones rápidas.

A continuación se muestra un ejemplo de Estantería:



Figura 7.1. *Ejemplo de una estantería, como apoyo a las actividades de MRO.*

Fuente: Oracle Logistics.

Estantes para Pallet:

- Es el segundo método de almacenamiento más común.
- Inversión inicial baja
- Apropiado para piezas largas, de velocidad para su disposición lenta/media
- Apropiado para almacenamiento de baja densidad
- Inapropiado para almacenamiento de piezas pequeñas.

A continuación se muestra un ejemplo:



Figura 7.2. *Ejemplo de un estante para pallet, como apoyo a las actividades de MRO. Fuente: Oracle Logistics.*

Cajones Modulares:

- Almacenamiento denso de pequeñas piezas
- Más caros que los clásicos Cajones
- Especialmente indicado para pequeñas piezas, de alto valor, con tasa de extracción baja; también para herramientas de alto valor.

Tener en cuenta que un alto número de Cabinas puede dificultar su manejo de forma manual.

A continuación se muestra un ejemplo:



Figura 7.3. *Ejemplo de Cajones Modulares, como apoyo a las actividades de MRO.*

Fuente: Oracle Logistics.

2.- Pieza a Hombre: Carruseles, VLM's, AS/RS

Características generales:

- Su utilización está en aumento
- Mayor inversión inicial
- Mayor protección y seguridad
- Entrega de piezas más rápida y utilización más efectiva del espacio para el almacenamiento.

A continuación se describen brevemente las características de cada uno:

Carruseles:

Pueden ser de dos tipos, horizontales y verticales:

Carrusel Horizontal:

- El más común y menos caro de los sistemas automáticos de almacenamiento.
- Apropiado para almacenamiento de piezas que requieren de velocidad media de extracción.
- Apropiado para el almacenamiento de Kits.

El error más frecuente es emplear este sistema en casos donde sea necesaria una extracción lenta de las piezas.

En la siguiente imagen se puede ver un carrusel horizontal:



Figura 7.4. *Ejemplo de Carrusel Horizontal, como apoyo a las actividades de MRO. Fuente: Diamond Phoenix*

Carrusel Vertical:

- Más seguro que el carrusel horizontal
- Se pueden conseguir altas densidades de almacenamiento
- Apropiado para piezas pequeñas, con tasa de movimientos lenta/media. Tasas altas son dirigidas por sistemas de apoyo.

Son especialmente útiles para alto número de referencias.

Se muestra un ejemplo en la siguiente imagen:



Figura 7.5. *Ejemplo de Carrusel Vertical, como apoyo a las actividades de MRO.*

Fuente: Oracle Logistics.

Módulos para transporte Vertical (VLM's)

- Cruce entre Carruseles y AS/RS
- La densidad de almacenamiento es cercana a los Cajones Modulares.
- Alta seguridad en el almacenamiento
- Acceso más lento a las piezas que en los carruseles
- Apropiado para tamaños de piezas pequeños o medios

Se puede ver un ejemplo a continuación:



Figura 7.6. Ejemplo de VLM como apoyo a las actividades de MRO.

Fuente: Midwest Warehouse Solutions, Inc.

AS/RS (Automated Storage/Retrieval System):

Sistema grande automatizado, diseñado para almacenar unidades de carga en tarimas. Este sistema es controlado por computadora, y las máquinas S/R son automatizadas para el manejo de carga de contenedores.

Otras características:

- Apropiado para necesidades de acceso medio/rápido a las piezas
- La utilización del espacio tanto a nivel horizontal como vertical produce altas tasas de utilización de los cubos de almacenamiento.
- Considerablemente más caros que los carruseles y los VLM's
- Difíciles de gestionar sin el apoyo de un software/sistema.

Se muestra un ejemplo en la siguiente imagen:

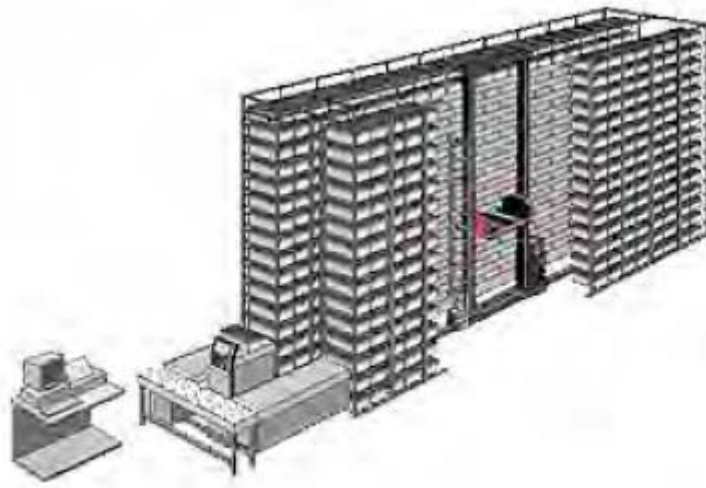


Figura 7.7. Ejemplo de AS/RS, como apoyo a las actividades de MRO. Fuente: Oracle Logistics.

Resumen:

Las actividades de MRO tienen que reaccionar más rápidamente y ser más eficientes en costes que antes, por tanto es imprescindible a partir de ahora esforzarse en mejorar la Cadena de Suministro como apoyo a las actividades de MRO, así como la Gestión de los Materiales en su almacenamiento y posterior recuperación.

No hay una estrategia única óptima para el almacenamiento de los recambios en MRO.

La utilización de sistemas integrados como apoyo al almacenamiento automatizado, permiten opciones alternativas de almacenamiento más robustas que deben ser consideradas.

ANEXOS

ANEXO 1:

TPM (Total Productive Maintenance)

El Mantenimiento Productivo Total es más que un sistema o programa de mantenimiento. Es un compromiso de parte de todos los involucrados en la empresa por involucrarse en el mantenimiento y mejora de los equipos.

La palabra “total” en Mantenimiento Productivo Total tiene tres significados relacionados con tres importantes características del TPM:

- Eficacia total: la búsqueda de eficacia económica o rentabilidad.
- Mantenimiento preventivo total: mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- Participación total: el mantenimiento autónomo por parte de los operarios o de pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

Así como TQM se esfuerza por conseguir cero defectos, TPM se esfuerza por lograr cero fallos y detenciones en los equipos. Esto se intenta lograr con técnicas de Mantenimiento Preventivo y mediante una mayor participación de los operarios.

A continuación una figura en donde se ve el rol de los operarios y del equipo de mantenimiento con el TPM:

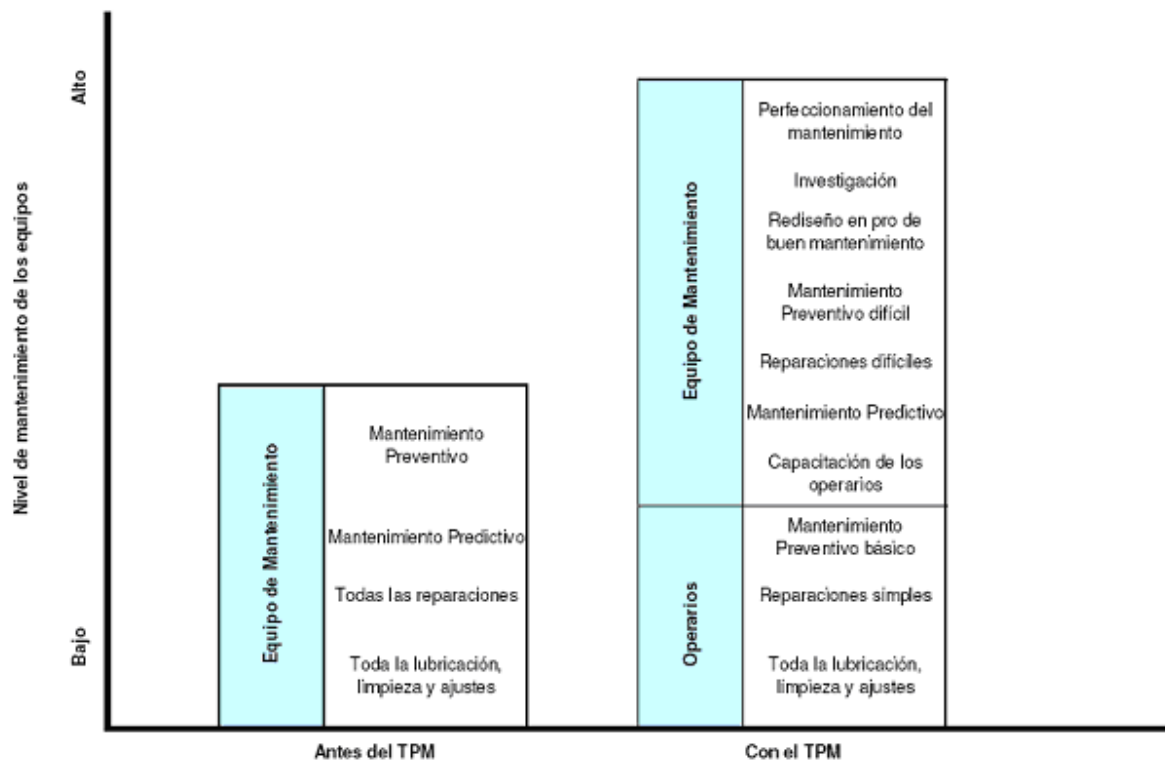


Figura A1.1. Nuevo rol de operarios y personal de mantenimiento en TPM.

Fuente: Sisteplant

Aparte de esta mayor participación de los operarios en las labores de mantenimiento, el TPM se preocupa también de incentivar un pensamiento orientado al correcto funcionamiento de los equipos de la empresa. Esto se logra estableciendo políticas a nivel administrativo que ayuden con el proceso de mantenimiento y sistemas de incentivos hacia los operarios, que pueden ser en forma de remuneración o tal vez en forma de certificados orientados a resaltar su conocimiento en el TPM.

Es importante también que esta cultura de mantenimiento fluya a todas las áreas de la empresa, siendo una de las más importantes el área de diseño de los equipos o, si nos encontramos en una empresa que no cuenta con este tipo de departamento, al área productiva. De este modo estas áreas se pueden encargar de reparar y rediseñar los equipos de manera que se facilite todo el proceso de mantenimiento.

Cuando se pretende integrar en flujo continuo distintos procesos, lo que sucede es que las ineficiencias de cada uno de los procesos se “arrastran” al resto de procesos. Sirva como muestra el siguiente ejemplo:

Tres máquinas (A, B y C) con procesos consecutivos. Cada una de las máquinas tiene una eficiencia del 80%.

Si la disposición de los procesos es en “islas aisladas”, el stock en curso entre procesos “amortigua” las ineficiencias de cada proceso.

Si se establecen en flujo continuo, pieza a pieza, la eficiencia de la célula resultante sería de $0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 51\%$.

Por lo tanto, la búsqueda del flujo continuo supone actuar no únicamente en los procesos sino que también en los equipos (TPM).

El TPM pretende que haya 0 ajustes, 0 defectos, 0 averías y 0 accidentes. Para ello actúa sobre los equipos en el entorno del puesto de trabajo apoyándose en el trabajo en equipo. El TPM es una herramienta de mejora continua en planta que busca maximizar la eficiencia global de los equipos (indicador OEE).

Evolución del Mantenimiento a lo largo de la Historia:

Al terminar la 2ª guerra mundial, Japón es un país derrotado. La industria japonesa no es menos: pocos recursos, poca calidad y poca confianza de los clientes. Desde EEUU., Japón importa técnicas y conocimientos de dirección y fabricación, centrándose en el control de la calidad. Estas técnicas son adaptadas a la cultura japonesa. En 1950 estudian el mantenimiento preventivo americano. En 1960, el mantenimiento productivo.

En 1971, se introduce en Japón el concepto TPM o mantenimiento productivo total y se produce un rápido crecimiento del TPM en la industria del automóvil, expandiéndose a continuación a otras industrias. Desde los años 80, viendo los beneficios obtenidos en la industria japonesa, la industria europea y

estadounidense adopta el nuevo modelo de gestión, consiguiendo altos índices de productividad y satisfacción de los clientes.

Tipos de Mantenimiento identificados en el TPM

a) Mantenimiento Correctivo

Se espera a que surja la avería

- Paradas inesperadas.
- Arreglo cuando falla.
- La máquina controla la producción.
- Daño en la calidad y servicio a los clientes.

b) Mantenimiento Preventivo

Acciones a realizar en una máquina con una frecuencia establecida

- Actividades periódicas tales como engrase, cambio de lubricantes, filtros, limpieza, etc. Se programan en un calendario en forma de intervalos de horas de producción o de unidades por la máquina.
- Mantenimiento de las condiciones de trabajo de la máquina.
- Control del estado de la máquina y así de la producción.
- Evitamos el deterioro de la máquina.
- Nos adelantamos a posibles fallos y paradas inesperadas.
- Control de la fiabilidad de la máquina a través de la programación de las actividades de mantenimiento.

c) Mantenimiento Predictivo

Técnicas de detección y análisis de variables que afecten al estado de la máquina:

- Mantenimiento de las condiciones de trabajo de la máquina.
- Control del estado de la máquina y así de la producción.
- Evitamos el deterioro de la máquina.
- Nos adelantamos a posibles fallos y paradas inesperadas.
- Basado en medir condición de máquina en operación.
- Mejor inversión del esfuerzo de mantenimiento.
- Requiere tomar y seguir evolución de diferentes datos.
- La idea central es que la mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera antes de que su fallo ocurra.

d) Mantenimiento Proactivo - TPM - MEJORAS

Mejora de las condiciones de la máquina, del proceso y del puesto de trabajo:

- Análisis de Causas de Averías.
- Mejora del plan de mantenimiento preventivo.
- Mejoras tecnológicas.
- Reuniones de análisis de resultados productivos y pérdidas.

Objetivos del TPM

El TPM, o Mantenimiento Productivo Total, es el mantenimiento de los índices productivos con total participación de todos los departamentos, análisis total de las pérdidas en el proceso y control total del entorno de trabajo.

El TPM es una herramienta de mejora adecuada para aquellas empresas donde la eficiencia y calidad del proceso depende en mayor medida de los equipos.

- Análisis de todas las pérdidas.
- Participación de todos los departamentos de la empresa, producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, etc., y todos los empleados, desde la alta dirección hasta los empleados de la línea.
- Implantación en todos los procesos de la empresa.
- Eliminación de todas las pérdidas del proceso, en busca del límite máximo de eficiencia del sistema productivo:

Sistema de medida para el TPM

En el TPM se identifican 6 GRANDES PÉRDIDAS de EFICIENCIA en los Equipos que afectan a la:

- DISPONIBILIDAD del Equipo,
- VELOCIDAD de proceso
- CALIDAD de los productos.

Pérdidas que afectan a la disponibilidad del equipo

1. AVERÍAS: Tiempo de parada originado por fallos de funcionamiento en el equipo.
2. CAMBIOS Y AJUSTES: Tiempo de parada causado por cambios en las condiciones de operación, tales como los cambios entre referencias o carga y descarga de materiales.

Pérdidas que afectan al rendimiento del equipo

3. MICROPAROS: Paradas asociadas a equipos automáticos. Básicamente son pequeñas paradas que se resuelven en poco tiempo con la restitución por parte del operario de las condiciones normales de funcionamiento.
4. PÉRDIDA DE VELOCIDAD: Reducción de la velocidad de operación teórica causada por deterioro del equipo o problemas de materiales.

Pérdidas que afectan a la calidad del equipo

5. DEFECTOS DE CALIDAD Y REPROCESOS: Fabricación de productos que no cumplen las especificaciones de calidad o tiempo invertido en la recuperación de productos defectuosos.
6. MERMAS: Pérdida de material causada por:
 - a) Diseño del producto-proceso o restricciones del equipo.
 - b) Establecimiento de las condiciones normales del equipo en el ajuste de un cambio o en una puesta en marcha.

Uno de los objetivos del TPM es mejorar los índices productivos, por lo tanto habrá que controlar estos índices. Esta sistemática de medida debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Reflejar todas las pérdidas de producción que se pueden dar en el proceso.
- Para obtener datos fiables, la toma de datos debe ser rigurosa.

Los objetivos de la sistemática de medida son:

- Ver la evolución del TPM.
- Detectar incidencias (oportunidades de mejora).
- Medir las desviaciones entre la producción real obtenida con los recursos empleados y la producción esperada con los recursos planificados.

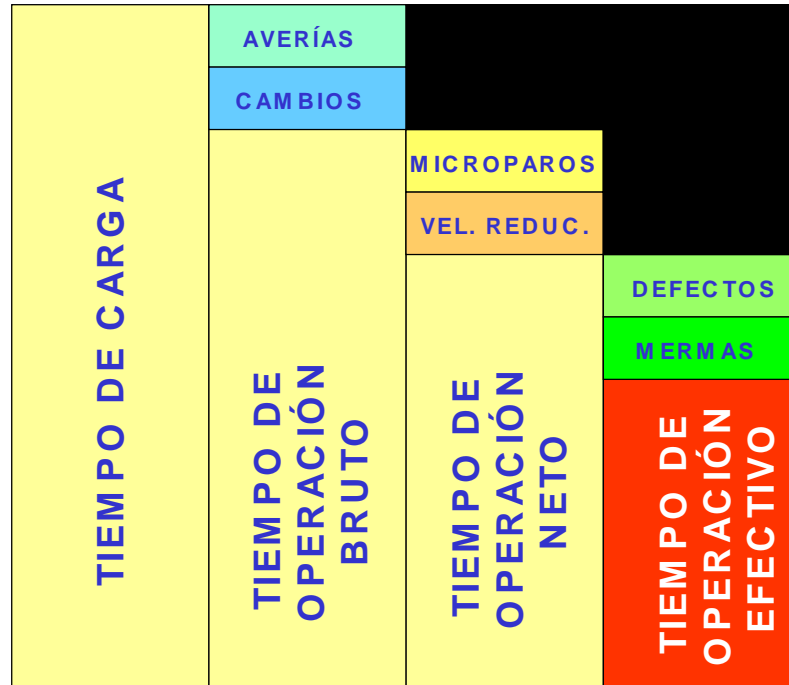


Figura A1.2. Tipos de tiempos según la sistemática de medida del TPM Fuente: Sisteplant

Las pérdidas de eficiencia mostradas en la figura anterior se analizan a través de un conjunto de índices que se muestran a continuación:

La DISPONIBILIDAD indica el tiempo de máquina en marcha respecto del tiempo total asignado al equipo.

- Se calcula restando el tiempo de parada por AVERÍAS, CAMBIOS Y AJUSTES.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación bruto}}{\text{Tiempo de carga}}$$

El RENDIMIENTO indica la diferencia entre la velocidad real de funcionamiento y la velocidad teórica.

- El Rendimiento de un equipo está afectado por el FUNCIONAMIENTO A VELOCIDAD REDUCIDA (deterioro del equipo o método incorrecto de operación) y por los MICROPAROS (pequeños fallos asociados a equipos automáticos cuya característica principal es la restauración en un breve espacio de tiempo).
- Debido a la dificultad de medición de las pérdidas por velocidad reducida y microparos, el Rendimiento se evalúa a partir de las piezas procesadas (buenas y malas) y del tiempo de ciclo estándar

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{TiempoDeOperaciónNeto}}{\text{TiempoDeOperaciónBruto}}$$

La TASA DE CALIDAD mide la pérdida originada por la fabricación de piezas defectuosas, la recuperación de piezas y la pérdida de material (mermas).

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Tiempo válido}}{\text{Tiempo de operación neto}}$$

La EFICIENCIA mide el porcentaje de tiempo de valor añadido sobre el total del tiempo planificado. Es el resultado de multiplicar la: **Disponibilidad x Rendimiento x Tasa de Calidad.**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Piezas buenas} \times \text{Tiempo estándar}}{\text{Tiempo de carga}}$$

Mejora continua

Una vez se dispone de información detallada del estado actual, es necesario un plan de Mejora Continua para la mejora de la Eficiencia de las instalaciones. Para esto definiremos una sistemática de medida de la eficiencia del proceso y unos índices de control y análisis, con el fin de identificar “las 6 grandes pérdidas”.

Análisis de los índices de control de una instalación para determinar las incidencias más importantes y priorizar las acciones de Mejora Continua.

- De qué está compuesta la línea: máquinas + personal.
- Qué materia prima entra.
- Qué producto sale.
- Dónde están las pérdidas de material.

- Qué se entiende por parada programada.
- Existen contadores.
- Dónde están los rechazos de calidad.
- Se reprocesa producto.
- Qué tipo de cambios se realizan. ¿Hay un estándar de cambio establecido?
- Cuáles son las máquinas o subconjuntos más problemáticos.
- Identificar las 6 grandes pérdidas.
- Averías de pérdida de función: Producen una parada.
- Averías de reducción de función: No producen una parada pero repercuten en un menor rendimiento del equipo o en un riesgo de parada de función.

¿Cómo evitar averías?

1. Impedir el deterioro acelerado

- Causa principal de las averías.
- *Ej: Sobrecalentamiento por falta de lubricación.*
- Prolongar la vida del equipo.

2. Mantenimiento de las condiciones básicas del equipo con tres actividades básicas:

- Limpieza inspeccionando.
- Lubricación.
- Apriete.

3. Conseguir las condiciones correctas de operación (Estándares)

- Causas de averías relacionadas con el “sobreesfuerzo” por encima del rango normal de operación por no cumplir las condiciones normales de operación.

1. *Flujo hidráulico a una temperatura superior a lo normal.*

2. *Rozamiento en elementos mecánicos superior a lo normal.*

4. Mejorar la calidad del mantenimiento

- Averías en componentes reparados o reemplazados recientemente.

5. Evitar las reparaciones temporales

- Reparaciones urgentes sin análisis de las causas de la avería. Origina averías repetitivas.

6. Corregir debilidades de diseño

- Averías crónicas debidas a discrepancias entre el diseño del proceso y el producto.
- Origen principal de los microporos.

7. Aprender de cada avería

- La Mejora Continua aplicada al Mantenimiento.
- Estudiar las causas, condiciones que han favorecido la avería o un mayor tiempo de reparación y exactitud de los métodos utilizados anteriormente en la detección del defecto y en la reparación de la avería.
- Mejora para impedir la repetición de la avería en éste y otros equipos.

- Recopilar y estructurar la información sobre averías: Enseña a cómo evitar averías o cómo reparar en menos tiempo.

ANEXO 2:

SMED (Single Minute Exchange of Die)

Técnica empleada para reducir el tiempo de máquina parada en las preparaciones. Fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en los años 70. Establece una forma de analizar las preparaciones diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

Propone unas fases de análisis de las preparaciones orientadas a la reducción del tiempo de paro:

- Reducción que puede emplearse en el aumento de la disponibilidad de la máquina.
- Reducción que puede utilizarse, según el criterio de nivelado, en reducir el tamaño de lote de fabricación.

SMED significa "Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito", Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes de un tamaño menor. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando elementos más comunes o similares a los usados habitualmente.

Objetivos del SMED

- Facilitar los lotes pequeños de producción
- Rechazar la fórmula del lote económico
- Producir cada pieza cada día (fabricar)

- Alcanzar el tamaño de lote a 1
- Hacer la primera pieza bien cada vez
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos
- Aproximación en 3 pasos :
 - Eliminar el tiempo externo
 - Estudiar lo métodos y practicar
 - Eliminar los ajustes

Beneficios del SMED

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios
- Procesar productos de alta calidad
- Reducir los costos
- Tiempos de entrega más cortos
- Ser más competitivos
- Tiempos de cambio más confiables
- Carga más equilibrada en la producción diaria

Fases para la reducción del cambio de modelo

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa

Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible la preparación interna en preparación externa

La idea es hacer todo lo necesario en preparar – troqueles, matrices, punzones,...- fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste

Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner en marcha el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida. En otras palabras los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien – se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones –. Además se emplea una cantidad extra de material.

Fase 4. Optimización de la preparación

Hay dos enfoques posibles:

- Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distinto producto (diseño de conjunto);
- Producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo)

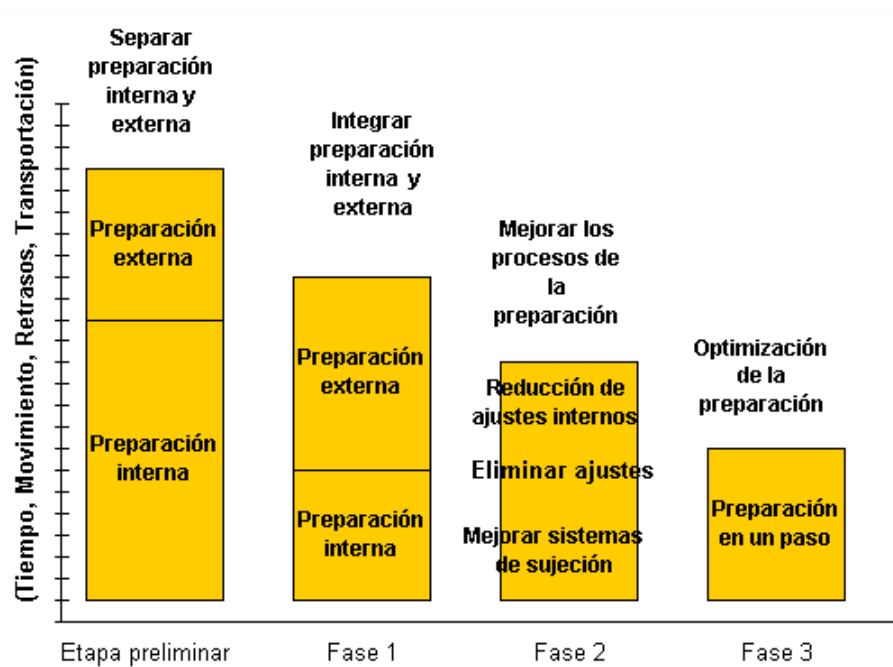


Figura A2.1. Fases para la reducción del cambio de modelo Fuente: Lefkovich, M.

Técnicas para la reducción del tiempo de cambio

- Estandarizar las actividades de preparación externa
- Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina
- Utilizar un elemento de fijación rápida
- Utilizar una herramienta complementaria
- Usar operaciones en paralelo
- Utilizar un sistema de preparación mecánica

ANEXO 3:

JIDOKA, O AUTONOMATIZACIÓN

La palabra "Jidoka" significa verificación en el proceso; cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, así el sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación: si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando de que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos.

Los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo "ideal" o "estándar" contra los resultados actuales en producción. Existen diferentes tipos de sistemas Jidoka: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc. Dependiendo del producto se debe implantar uno u otro tipo o diseño del sistema Jidoka en el que la información que se alimenta como "ideal" o "estándar" debe ser el punto óptimo de calidad del producto.

Jidoka puede referirse a todo equipo que se detiene automáticamente bajo las condiciones anormales. Jidoka también se usa cuando un miembro del equipo encuentra un problema en su estación de trabajo. Los miembros del equipo son responsables de corregir el problema; si ellos no pueden, pueden detener la línea.

El objetivo de Jidoka puede resumirse como:

- Calidad asegurada el 100% del tiempo
- Averías de equipo previstas
- Mano de obra usada eficazmente

ANEXO 4:

POKA-YOKE

El término "Poka Yoke" viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como una reacción inmediata en el momento en que ocurren los defectos o errores. Este enfoque resuelve los problemas asociados a la vieja creencia de que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, lo que conlleva un costo muy alto.

Un sistema Poka Yoke posee dos funciones: una es la de posibilitar la inspección del 100% de las piezas producidas, y la segunda es que en caso de que se produzcan anomalías puede provocarse una reacción y acción correctiva. El efecto del método Poka Yoke en reducir defectos va a depender del tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Clasificación de los métodos Poka Yoke

1. **Métodos de contacto.** Son métodos donde un sensor detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, no es necesario que exista contacto entre el dispositivo y el producto.
2. **Método de valor fijo.** Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número determinado de veces.
3. **Método del paso-movimiento.** Estos son métodos en los que las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándar donde las operaciones se realizan con movimientos predeterminados. Este método es extremadamente efectivo y tiene un amplio rango de aplicación. La posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implantación de un dispositivo Poka Yoke.

Características principales de un buen sistema Poka Yoke:

- Son simples y baratos. Si son demasiado complicados o caros, su uso no será rentable
- Son parte del proceso, realizan una inspección del “100%”.
- Se encuentran cerca o en el lugar donde ocurre el error. Proporcionan feedback rápidamente para que los errores puedan corregirse

Indicador Visual (Andon)

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andon significa ¡AYUDA!

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. El Andon en un área de ensambla será activado por el operador vía una cuerda o un botón de empuje. Un Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención en la falta de materia prima.

Si ocurre un problema, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que el puesto de trabajo tiene un problema. En ocasiones se usa una melodía junto con la tabla de Andon para proporcionar una señal audible para ayudar al supervisor a percibir que hay un problema en su área. Una vez el supervisor evalúe la situación, podrá tomar los pasos apropiados para corregir el problema. Los colores usados son:

- Rojo: Máquina descompuesta
- Azul: Pieza defectuosa
- Blanco : Fin de lote de producción
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo
- Verde: Falta de Material
- No luz: Sistema operando normalmente

A continuación se muestra un ejemplo:



Figura A4.1. Ejemplos de aplicación de Panel Andon. Fuente: Sistaplant

¿Por qué es importante contar con un sistema Andon de alertas inmediatas?

- Una demora puede hacer más difícil identificar la causa del problema y en muchos casos ya no se podrán identificar.
- El tiempo destruye las evidencias y es muy difícil encontrar las causas,
- El mejor momento de analizar las causas de los problemas es cuando estas están aun activas.
- En la manufactura convencional nadie registra las verdaderas causas. Entonces el trabajador tiene la inquietante sensación de que lo están inculcando por la mayoría de los problemas.

- Encender una luz en el Sistema Andon les da a las personas la oportunidad de explicar las causas reales tan pronto como sucede el hecho, de modo que no haya que adivinar ni confiar los problemas a la memoria.

La operativa con el sistema Andon es la siguiente:

- 1.- Surge un problema
- 2.- Señal manual/ señal visual y acústica del problema
- 3.- Identificación del problema
- 4.- Señal visual de identificación:
 - Identificación del tipo de problema
 - Identificación de los componentes del equipo de respuesta rápida
- 5.- Equipo de respuesta rápida, actuando junto a la línea de montaje con contacto visual
- 6.- Resolución del problema: análisis del problema resuelto.

ANEXO 5:

“Supermercados”, FIFO, CONWIP, POLCA, Bola de golf

Supermercados.

Los Supermercados son almacenes con ubicaciones predefinidas por cada referencia en los que hay un tope máximo de stock por referencia (estándar de stock). Dado que nunca se rebasa dicho tope, los Supermercados sirven para controlar el stock en curso y por derivación el lead time.

Por otro lado, los Supermercados se reponen en función del consumo registrado hasta cubrir el límite máximo de acuerdo a un criterio Pull. La necesidad de reposición de una referencia concreta genera una señal Pull que activa la fabricación o reaprovisionamiento del Supermercado. De esta manera, los Supermercados se utilizan para gestionar el flujo de materiales y sincronizar la fabricación con la demanda.

Los Supermercados establecen una cantidad máxima por referencia, por lo tanto, es aplicable para componentes o productos estándares y nunca para productos con un alto grado de personalización y multitud de referencias potenciales.

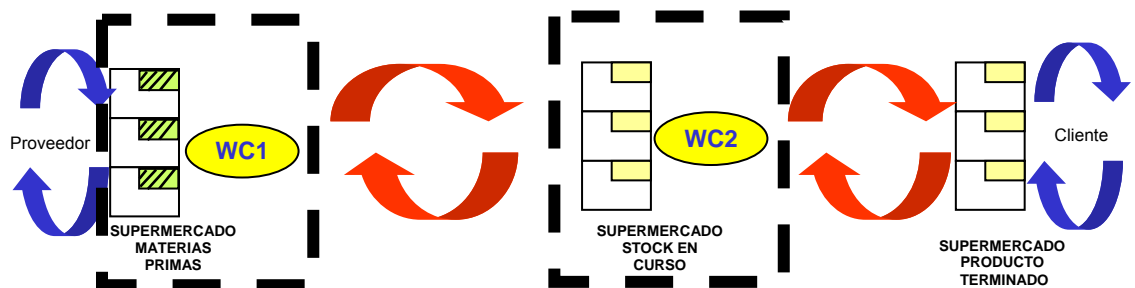


Figura A5.1. Ejemplo de aplicación de Supermercados.

Líneas FIFO.

Las líneas FIFO son zonas de acumulación de stock que enlazan dos procesos que no puedan establecerse en flujo continuo.

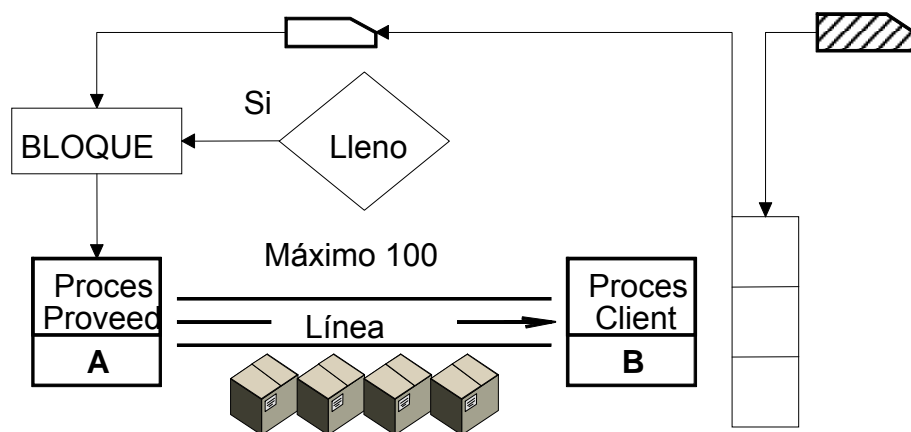
El concepto de la línea FIFO sería algo parecido a un camino de rodillos por gravedad entre dos puntos:

- Lo primero que entra es lo primero que sale.
- En el transportador no puede haber más de un número máximo de cajas.

La línea FIFO pretende:

- Que lo primero que entre sea lo primero que sale para reducir la dispersión del Lead Time.
- Establece una capacidad máxima para el conjunto de productos acumulados. Si se supera la cantidad genera una señal para bloquear la entrada y limitar de esta manera el stock en curso máximo.

A diferencia del Supermercado, la línea FIFO se adapta a productos personalizados y con alto potencial de referencias. Lo que controla la línea FIFO no es el stock máximo de cada referencia, controla el stock máximo del conjunto de referencias acumuladas.



ConWIP. Constant Work in Process.

Las líneas FIFO controlan el stock en curso entre dos procesos consecutivos. ¿Pero que ocurre si se quiere controlar el stock en curso acumulado en una zona de la cadena de valor con distintos procesos y rutas?

La solución es lo que se conoce como ConWIP o stock en curso constantes. En el ConWIP se establecen dos puntos de control dentro de la cadena de valor: Uno de entrada y otro de salida. Se limita la cantidad máxima de trabajo (se suele intentar traducir las unidades de stock a unidades de tiempo) que puede acumularse entre los dos puntos. La operativa consiste en que cuando sale una cantidad de material, se libera una autorización para introducir una cantidad equivalente en tiempo de trabajo (Tarjetas de Autorización de la Producción).

Por lo tanto, ConWIP sirve para controlar el stock en curso.

A continuación se muestra un ejemplo gráfico explicativo de su funcionamiento:

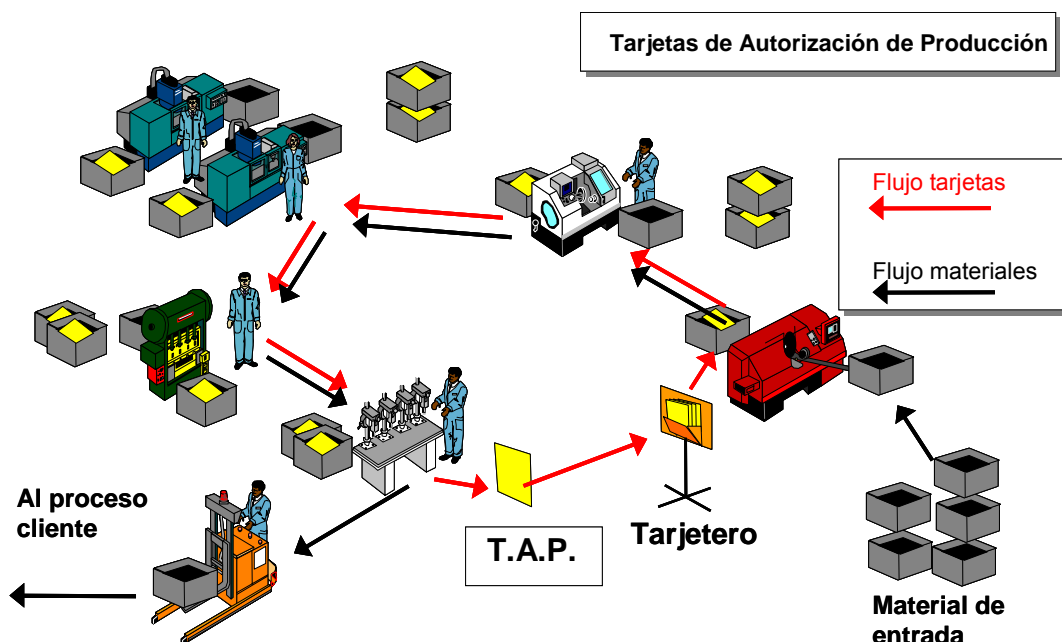


Figura A5.2. Ejemplo del funcionamiento de ConWIP en líneas de producción.

Fuente: Sisteplant.

Tabla A5.1. Comparativa entre flujo continuo, Supermercado, línea Fifo y Conwip.

Fuente: Elaboración Propia.

	APLICACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Flujo continuo	Siempre que se pueda	Control total de los procesos Feedback instantáneo de calidad, averías... Carga de trabajo equilibrada Takt-time visible	No es viable con tiempos de ciclo o de preparación desequilibrados No es viable con ineficiencias de averías o calidad
Supermercado	Cuando no pueda establecerse un flujo continuo y se quiera controlar el stock de pocas referencias estándares en un punto del proceso	Permite gestionar el flujo entre distintos procesos con tiempos ciclo o de preparación diferentes Amortigua incidencias de un proceso a otro Controla el stock en curso Gestiona el flujo de materiales entre varios procesos	No es viable con productos muy personalizados y gran cantidad de referencias Takt-time desvirtuado Espacio, inventario, gestión
Línea Fifo	Cuando no pueda establecerse un flujo continuo y se quiera controlar el stock de muchas referencias entre dos puntos contiguos del proceso	Reduce la variabilidad del lead time por medio del fifo Controla el stock en curso Genera señales cuando alcanza el stock máximo permitiendo la reacción ante incidencias Permite desacoplar procesos con problemas o desequilibrios Es visual	Únicamente aplicable entre dos procesos consecutivos Ocupa espacio, stock Takt-time desvirtuado
Conwip	Cuando no pueda establecerse un flujo continuo y se quiera controlar el stock de muchas referencias entre dos puntos del proceso	Permite controlar el stock máximo entre dos puntos aunque dentro se realicen distintos productos con distintas rutas Es visual Genera señales cuando alcanza el stock máximo permitiendo la reacción ante incidencias	Ocupa espacio, stock Takt-time desvirtuado No elimina la gestión interna (dentro de los dos puntos) del trabajo

POLCA (Paired Overlapping Loops of Cards with Authorization)

El sistema POLCA fue introducido por Rajan Suri en 1998, en su libro: *Quik Response Manufacturing, A Companywide Approach to Reducing Lead Times*.

El sistema POLCA pretende optimizar el flujo de trabajo en entornos discontinuos caracterizados por trabajar con Productos y Rutas de Procesos, complejos y variables. Así, comienza por analizar y racionalizar el flujo de materiales y procesos, agrupando los flujos de material en Células, cuando sea factible. El Layout de la Planta se define a continuación, identificando la relación física existente entre cada Célula (no entre los distintos centros de trabajo que forman parte de la Células).

A continuación se identifica cada Célula con un nombre simple, como C1, C2, C3, etc. y se identifican los flujos comunes de material entre las Células, por ejemplo: C1-C2, C2-C3, C1-C3. De esta forma se asocia a cada pareja de Células una caja de tarjetas Kanban (Tarjetas POLCA) que controla el flujo de trabajo entre parejas de Células. De esta forma el Sistema POLCA no pretende controlar el flujo de materiales dentro de cada Célula, sino que controla el flujo de materiales entre parejas de Células.

El número de Tarjetas POLCA que son asignadas a cada pareja de Células está controlado en todo momento para minimizar el WIP (Work In Process) y se determina basándose en previsiones.

Hay que tener en cuenta que el establecimiento de previsiones sobre un único producto o mix variable de productos en talleres de entornos ETO (Engineering To Order) o MTO (Make To Order) puede ser muy complicado. Así es necesario realizar las previsiones sobre un “Nivel más Alto” siguiendo una estrategia lógica como puede ser la agrupación por familias de productos, de tal forma que se pueda estimar la carga de trabajo entre cada pareja de Células.

El sistema HL/MRP (High Level MRP), calcula la demanda total basándose en horizontes de planificación de uno o varios meses, usando órdenes firmes de fabricación y previsiones sobre los productos. De esta forma el departamento de Planificación se encarga de añadir o quitar tarjetas en función de la carga de trabajo que se haya anticipado. Si la demanda cambia, el flujo de valor puede re-balancearse añadiendo o quitando tarjetas POLCA en las parejas de células donde se necesite.

Es importante dejar claro que las previsiones se utilizan sólo para planificar y periódicamente añadir/quitar tarjetas POLCA para controlar el WIP en planta. Por tanto los trabajos no se llevan a cabo en planta hasta que:

- 1.- Existe una orden firme proveniente del cliente
- 2.- Existe autorización para comenzar la tarea
- 3.- Hay una tarjeta POLCA esperando a ser retirada para comenzar el trabajo en la Célula pertinente.

La expresión para el cálculo del número de tarjetas POLCA necesarias entre dos Células es la siguiente:

$$N^{\circ} \text{tarjetas}_{C1-C2} = \frac{(LT_1 + LT_2) \cdot N^{\circ} OF_{1-2(\text{Horizonte})}}{\text{HorizontePlanificación}}$$

Donde:

- LT_1, LT_2 : Estimación del Lead Time promedio del proceso de cada Célula, a lo largo del Horizonte de Planificación.
- $N^{\circ} OF_{1-2(\text{Horizonte})}$: Número de Órdenes de Fabricación o Número de trabajos que se llevan a cabo entre dos Células durante el Horizonte de Planificación.
- $\text{HorizontePlanificación}$: Número de días laborables a la largo del Horizonte de Planificación

En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo de la utilización de esta herramienta:

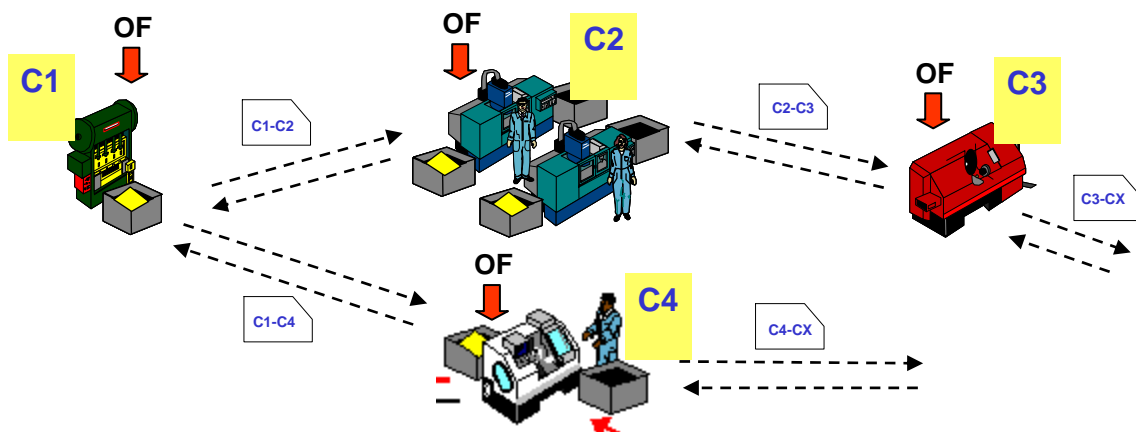


Figura A5.3. Ejemplo del funcionamiento de la herramienta POLCA.

Fuente: Sisteplant.

BOLA DE GOLF

Se utiliza para sincronizar una línea principal multiproducto con las líneas auxiliares que la abastecen, generalmente a través de la creación de kits.

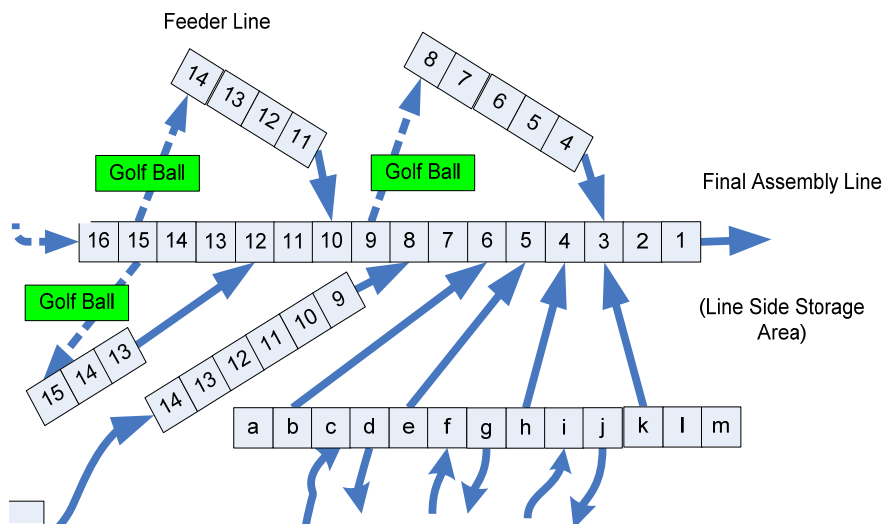


Figura A5.4. Ejemplo de funcionamiento de la herramienta Bola de Golf.

Fuente: Sistepplant

En la anterior imagen se observa como en la Línea Principal de Ensamblaje, en función de las necesidades de aprovisionamientos de material (kits) que tenga, se realizan pedidos, a través de la herramienta Bola de Golf, a las diferentes líneas secundarias, para que cuando se vayan a necesitar estén disponibles sin demora.

ANEXO 6:

INTEGRACIÓN DE LOS PROVEEDORES / MILKRUN

Existen dos sistemas básicos para el control del inventario:

- Sistema de cantidad de pedido constante y
- Sistema de ciclo de pedido constante.

En el sistema de cantidad de pedido constante, se pedirá una cantidad fija predeterminada cuando el nivel de existencias baje del punto de pedido. Aunque la cantidad de pedido es fija, en cambio el periodo de pedido es irregular.

Dentro del sistema de ciclo de pedido constante, el período de pedido es fijo y la cantidad de pedido es variable, dependiendo del consumo desde que se cursó la orden anterior, y de las previsiones durante el plazo de fabricación.

El milkrun está basado en el concepto de sistema de pedido de ciclo constante, pero con algunas variaciones.

El sistema de reposición de material mediante milkrun se usa en fabricación para abastecer un área de montaje, en la que el ritmo de producción es prácticamente constante (aunque puede variar cada cierto tiempo, con lo que sería necesario replanificar) por lo que no es necesario prever las necesidades del periodo de fabricación.

El milkrun recorre la línea de producción en unos horarios predeterminados, con una trayectoria definida, recogiendo los embalajes vacíos que se va encontrando y depositando embalajes llenos de material en los puntos en los que retiró material en su anterior ruta.

El milkrun puede ser un carro con ruedas, un vehículo motorizado, etc. dependiendo de las necesidades de cada área de producción y del volumen de los componentes que debe transportar.

Un símil del concepto del milkrun es la figura del tradicional lechero al que debe su nombre. El lechero pasa cada día por una ruta determinada, y en las puertas de los vecinos puede haber o no, botellas de leche vacías. El lechero recogerá las botellas vacías y dejará otras llenas en su lugar. Si en una puerta no hay botellas vacías él pasará de largo, pero al día siguiente volverá a pasar a la misma hora por allí y volverá a realizar las mismas operaciones.

Otro ejemplo que define el concepto del milkrun es el servicio de transporte de autobuses. Estos tienen sus rutas definidas, con horarios fijos, y en cada parada sube y baja cada vez una cantidad variable de viajeros. Es posible que en una misma parada, durante dos recorridos distintos, el número de viajeros sea distinto, y puede ser que en varias paradas no suba ni baje nadie, pero no por ello el autobús deja de pasar por las mismas.

El milkrun se usa en producción en conjunto con unos pequeños supermercados con cantidades de material fijas, de donde los operarios van tomando el material necesario para producir y donde van dejando los recipientes vacíos tras haber consumido dicho material.

La capacidad de los supermercados debe ser tal que entre dos pasadas consecutivas del milkrun el material no llegue a consumirse del todo, para que el operario no se vea obligado a parar por falta de material.

Se debe tener en cuenta que en una pasada del milkrun se retira el material consumido, este material retirado no será repuesto hasta la siguiente pasada del milkrun, en la que dejará el material que lleva en su carrito, y retirará los embalajes vacíos que encuentre.

A continuación se muestra una imagen ilustrativa de un ejemplo de aprovisionamiento a un Centro de Distribución, y de éste a la fábrica (Cliente Final), a través de la integración de tres proveedores (A, B y C), los cuales siguen una serie de rutas predeterminadas fijas.

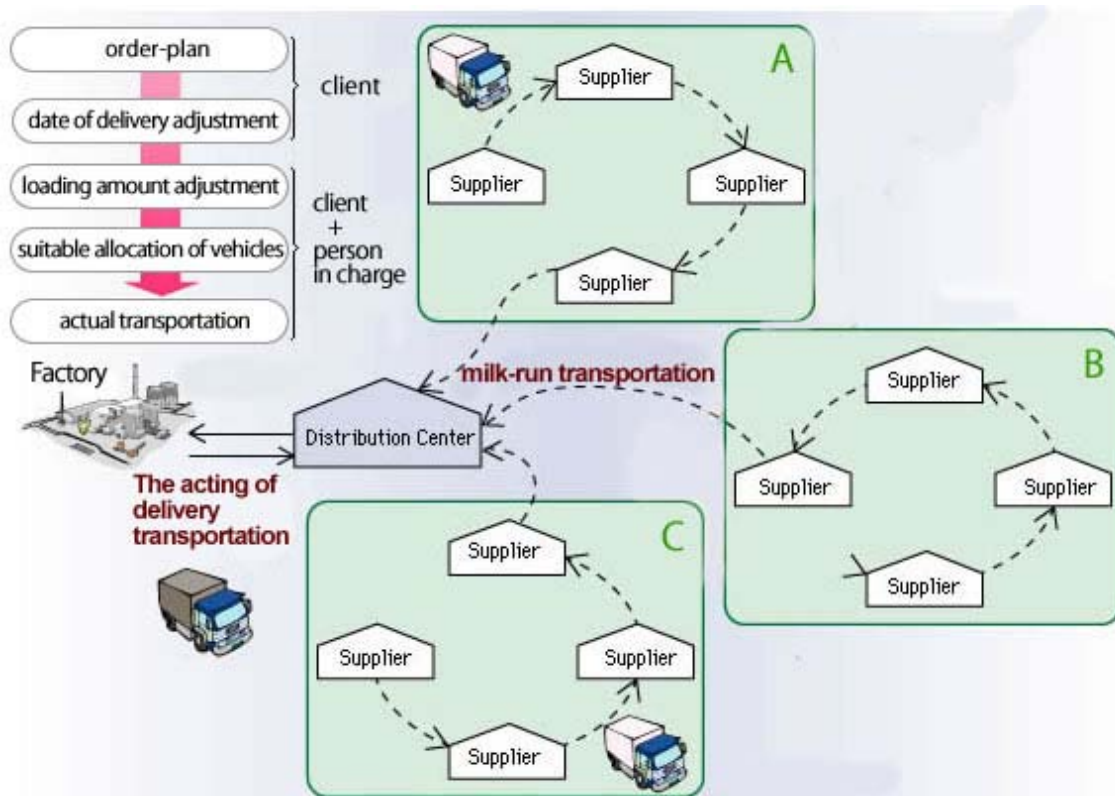


Figura A6.1. Ejemplo de Integración de proveedores y transporte según Milkrun.
Fuente: Ryobi Transport Company

ANEXO 7:

PLAN DE IMPLANTACIÓN KAIZEN

Pasos para implantar Kaizen:

Paso 1. Selección del tema de estudio

Paso 2. Crear la estructura para el proyecto

Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos

Paso 4: Diagnóstico del problema

Paso 5: Formular plan de acción

Paso 6: Implantar mejoras

Paso 7: Evaluar los resultados

Principios básicos para iniciar la implantación de Kaizen:

1. Descartar la idea de hacer arreglos improvisados
2. Pensar en cómo hacerlo, no en por qué no puedo hacerlo
3. No dar excusas, comenzar a preguntarse por qué ocurre de forma tan frecuente
4. No busques perfección apresuradamente, busca primero el 50% del objetivo
5. Si cometes un error corrígelo inmediatamente
6. No gastes dinero en Kaizen, usa tu sabiduría
7. La sabiduría surge del rostro de la adversidad
8. Para encontrar las causas de todos tus problemas, pregúntate cinco veces ¿Por qué?

9. La sabiduría de 10 personas es mejor que el conocimiento de uno

10. Las ideas de Kaizen son infinitas

Los Eventos Kaizen:

El Evento Kaizen es un Programa de Mejoramiento Continuo basado en el trabajo en equipo y la utilización de las habilidades y conocimientos del personal involucrado. Utiliza diferentes herramientas de Lean Manufacturing para optimizar el funcionamiento de algún proceso productivo seleccionado.

Objetivo del Evento Kaizen:

Mejorar la productividad de cualquier área o sección escogida en cualquier empresa, mediante la implantación de diversas técnicas y filosofías de trabajo de Lean Manufacturing, así como con técnicas de solución de problemas y detección de desperdicios basados en el estímulo y capacitación del personal.

Beneficios del Evento Kaizen:

Los beneficios pueden variar de una empresa a otra, pero los típicamente encontrados son los siguientes:

- Aumento de la productividad
- Reducción del espacio utilizado
- Mejoras en la calidad de los productos
- Reducción del inventario en proceso
- Reducción del tiempo de fabricación

- Reducción del uso del montacargas
- Mejora el manejo y control de la producción
- Reducción de costos de producción
- Aumento de la rentabilidad
- Mejora el servicio
- Mejora la flexibilidad
- Mejora el clima organizacional
- Se desarrolla el concepto de responsabilidad
- Aclara roles

Programa de implantación:

1. Desarrollo de un compromiso con las metas de la empresa
 - Definición clara de metas y objetivos
 - Involucramiento y compromiso de las personas
 - Premios a los esfuerzos
2. Establecer incentivos con el personal
 - No necesariamente en dinero
 - Debe ser al equipo de trabajo completo
 - Reconocimiento al esfuerzo y mejoras

3. Trabajo en equipo

- Kaizen promueve la participación del trabajo en equipo
- Establece metas claras a los equipos
- Todos participan en el equipo y todas las ideas son bienvenidas

4. Liderazgo

- El líder debe poner atención y considerar los problemas. Debe saber escuchar, transmitir actitudes e ideas positivas.

5. Medición

- Se realiza a través de gráficos, planes de acción, pizarrones de mejoras, etc.

Cómo se realiza un evento Kaizen:

- Un evento Kaizen se realiza generalmente en una semana
- Se define los objetivos específicos del evento que generalmente son eliminar desperdicios en el área de trabajo
- Se integra un equipo multidisciplinario de operadores, supervisores, ingenieros y técnicos
- Según el objetivo, se da un entrenamiento sobre el tema y explicaciones muy sencillas, ya sea para mejorar el cambio de modelo con SMED, eliminar transportes y demoras, mantener el orden y limpieza con 5'S, mantenimiento autónomo con TPM

- Se hace participar a la gente del Evento Kaizen con sus ideas de mejora sobre el objetivo y se analizan las ideas de los participantes
- Se analiza el área de mejora, se toman fotos y videos, se discuten y analizan las ideas de todos, se genera un plan de trabajo y se trabaja en las mejoras

ANEXO 8:

PDCA – Rueda de Deming

A pesar de ser conocido por Deming, su principal impulsor, en realidad fue definido por Shewhart, quien lo considera como: “*un proceso metodológico elemental, aplicable en cualquier campo de la actividad, con el fin de asegurar la mejora continua de dichas actividades*”.

El PDCA analiza los datos centrándose en unas pocas prioridades. Investiga las causas de las ineficiencias aplicando la estadística y propone soluciones, orientadas preferentemente a la prevención antes que al remedio. El sistema de análisis PDCA se puede aplicar a cualquier problema de la empresa (simple o complejo) y en cualquier nivel.

El PDCA es un proceso que se realiza a través de una acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales:

- P = *Plan* = Planificar, preparar a fondo.
- D = *Do* = Efectuar, hacer. Realizar
- C = *Check* = Verificar. Comprobar
- A = *Act* = Actuar

La fase Plan

Esta primera etapa es la más influyente sobre todas las demás. En ella se definen las áreas de mejora que se van a abordar, así como los objetivos a cumplir. Para ello es necesario un análisis exhaustivo de la situación inicial que facilite la toma de decisiones en cuanto a las mejoras a implantar.

La secuencia lógica de actividades es la siguiente:

1. Identificar las posibles áreas de mejora. Utilizar todas las fuentes disponibles:
 - Indicaciones procedentes de clientes.
 - Datos y hechos.
 - Políticas de dirección.
 - Sugerencias de distintas fuentes. (ej: los propios empleados).
2. Seleccionar el área de mejora:
 - Seleccionar uno concreto en función de criterios de prioridad (ej: reclamaciones de clientes, de urgencia, de facilidad de la solución, etc.)
 - El tipo y la entidad del problema deben describirse de una forma comprensible y clara.
3. Definir objetivos: Definir los objetivos cuantitativos y la planificación de los mismos.

Estas tres primeras fases afectan a la selección y definición del proyecto de mejora.

4. Observar y documentar la situación actual:
 - Utilizar datos y hechos.
 - Medir la diferencia en que los datos obtenidos difieren de los esperados.

5. Analizar la situación actual: Elaborar y estratificar los datos recogidos para obtener el mayor número posible de informaciones.

Las fases cuatro y cinco afectan a todos los posibles análisis adecuados para comprender la situación que rodea al problema.

6. Determinar las posibles causas:
 - Encontrar las posibles causas del problema.
 - Los instrumentos útiles para tal fin son:
 - el Diagrama Causa-Efecto
 - el Brainstorming (tormenta de ideas)
7. Determinar las causas reales:
 - Verificar la influencia real de las causas probables a través del análisis del mayor número posible de casos/datos similares.
 - El plan se basa en una correcta definición de las causas reales del problema.
 - En este punto se encuentra ya desarrollada la fase principal del PDCA.
8. Determinar la medidas correctoras:
 - Una vez definidas las causas, será necesario eliminar los efectos negativos del problema o las acciones preventivas y las medidas de mejora.

- Lo ideal es adoptar siempre remedios destinados a eliminar las causas, teniendo presente los posibles efectos derivados de las medidas correctoras.
- En esta primera fase se elabora un diseño de las soluciones del problema, un diseño aún teórico que tendrá que ser ratificado por los hechos.

La fase Do

DO, significa hacer, aplicar lo que se ha determinado en el plan. Para ello, se deben preparar varios “Test” o pruebas, indicando como deben desarrollarse, y explicarlo a las personas que hayan de llevarlos a cabo.

La fase Do incluye:

- Formación del personal que deba aplicar las soluciones propuestas.
- Verificación de la aplicación de las medidas correctivas definidas en el plan.
- Introducción de modificaciones si no ha sido positivo el resultado de las medidas correctivas.
- Anotación del trabajo desarrollado y de los resultados obtenidos.

La formación del personal es necesaria para una adecuada comprensión y familiarización con las medidas correctivas que se hayan definido. El paso siguiente consiste en aplicar las medidas correctivas en la forma señalada y verificar si tales medidas se aplican de la forma definida.

La fase Check:

Check significa verificar. Es necesario controlar si lo que se ha definido se desarrolla correctamente. Para ello es necesario fijar:

- qué vamos a controlar
- cuándo lo haremos
- y dónde se piensa controlar.

En la fase Check se pueden controlar:

- Las causas. Sobre todo las críticas. Por ejemplo:
 - Se controla si la calidad de las materias primas corresponden a las especificaciones.
 - Si la maquinaria, los equipos, etc. Operan en la forma programada y especificada.
- Los resultados:
 - calidad de los productos (costes de no calidad...)
 - cantidad de productos
 - costes de producción

La fase Act

La fase Act significa “estandarizar”. Sirve para normalizar la solución y establecer las condiciones que permitan mantener su efecto en el tiempo. Solo disponiendo de normas que se apliquen se pueden mantener bajo control los procesos.

El proceso de mejora continua es una constante redefinición de las normas para responder de una forma dinámica a las exigencias del cliente. Los ámbitos de aplicación de la normalización afectan a numerosos aspectos: reglas administrativas, procedimientos operativos, especificaciones, normas técnicas, etc.

Al llegar a esta fase se pueden dar dos situaciones:

- Se ha alcanzado el objetivo
 - No modificar la situación y normalizar las medidas correctivas, modificaciones aplicadas (procesos, operaciones y procedimientos).
 - Ampliar la comprensión y la formación.
 - Verificar si las medidas correctivas normalizadas se aplican correctamente y si resultan eficaces.
 - Continuar operando en la forma establecida.
- No se ha alcanzado el objetivo
 - Examinar todo el ciclo para identificar errores.
 - Empezar un nuevo ciclo PDCA.

ANEXO 9:

AMFE

AMFE es el acrónimo de: Análisis Modal de Fallos y sus Efectos. Es un método de prevención, que mediante un análisis sistemático contribuye al esfuerzo de identificación de las causas potenciales de los problemas de mantenimiento de los equipos desde el primer momento, basándose en:

- El análisis de los posibles modos de fallo que pueden aparecer en un producto o en un proceso.
- La evaluación de la gravedad de los efectos del fallo.
- El análisis de las posibles causas que pueden generar cada uno de los modos de fallo y la evaluación de la probabilidad de que se den las causas.
- El análisis de las medidas que hay establecidas para detectar la causa antes de que origine el fallo y la evaluación del potencial de detección.

El AMFE sirve para ayudar en la toma de decisiones sobre las Acciones Preventivas a aplicar en cada caso de forma priorizada. El AMFE se enmarca en lo denominado como RCM *Reliability-centred Maintenance* (Mantenimiento basado en la fiabilidad): Es un **proceso** que se usa para determinar los **requerimientos de mantenimiento** de los elementos físicos en su **contexto operacional**.

- Proceso: Se sigue un método.
- Requerimientos de mantenimiento: Lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas.

- Contexto operacional: La exigencia del mantenimiento a realizar en un equipo depende de su criticidad:
 - ¿Si para la máquina, se para la planta entera?
 - ¿Si tiene un fallo la máquina, puede tener consecuencias en la seguridad o el medio ambiente?

La herramienta AMFE utiliza un indicador numérico (**NPR**) para poder priorizar las actuaciones de una forma lo mas objetiva posible en función de la gravedad del fallo (**G**), la probabilidad de ocurrencia (**O**) y la probabilidad de no detección (**D**).

NÚMERO DE PRIORIDAD DEL RIESGO: $NPR = G * O * D$

Los criterios de valoración se muestran en la siguiente tabla:

VALOR	Gravedad del Efecto	Frecuencia de que ocurra la causa	Grado de detección de la causa
1	No hay pérdida de función	Esporádico	Siempre se detecta antes de que se dé el fallo.
3	Parada corta	Trimestral o anual	Detección alta
6	Parada larga, hay otro equipo alternativo con disponibilidad	Mensual	Moderada
8	Parada larga sin alternativa	Semanal	Baja
10	Problemas de seguridad y medio ambiente	Microparo. Continuo.	Imposible detectarlo

Tabla A8.1: Criterios de valoración AMFE. Fuente: Sisteplant

Un método para crear un sistema de Análisis Modal de Fallos y sus Efectos (AMFE) en una empresa es el siguiente:

1. Seleccionar los equipos a analizar.
 - Por su criticidad desde el punto de vista del contexto operacional.
 - Por la capacidad de extrapolación a equipos similares.
2. Establecer los objetivos del análisis
 - Identificar acciones de mejora que permitan reducir el tiempo de paro y la carga de mantenimiento correctivo en los equipos seleccionados.
3. Descomponer los equipos en subconjuntos. Priorizar en función del objetivo establecido.
4. Determinar las funciones de los subconjuntos y los estándares de funcionamiento.
5. Establecer los modos de fallo.
6. Describir los efectos de los modos de fallo: Evaluar su gravedad (G).
7. Determinar las causas de los modos de fallo: Evaluar la probabilidad de ocurrencia de la causa(O).
8. Describir los sistemas de detección disponibles. Evaluar el potencial de detección (D).
9. Calcular el NPR.

10. Comenzar por las causas con un mayor NPR.

11. Discutir distintas alternativas de mejora:

- Acciones que reduzcan la gravedad del efecto del fallo.
- Acciones que reduzcan la probabilidad de que ocurra la causa.
- Acciones que incrementen el potencial de detección de la causa antes de que se origine el fallo.

12. Evaluar la evolución prevista del NPR con las acciones identificadas.

13. Priorizar las acciones que consigan una mayor reducción del NPR en las causas con NPR mayores.

ANEXO 10:

6SIGMA

Seis Sigma implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión. Seis Sigma es una forma de dirigir un negocio o un departamento enfocada a la calidad total. Seis Sigma pone primero al cliente y usa cálculos estadísticos y datos para impulsar una mejora en los resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se enfocan en tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

4. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
5. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
6. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La letra griega minúscula sigma se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos.

La medida en sigma se desarrolló para ayudarnos a:

1. Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costes, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo éstas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes.
2. Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos.

El primer paso para calcular el nivel sigma o comprender su significado es entender qué esperan sus clientes. En la terminología de Seis Sigma, los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs (Críticos para la Calidad).

Nivel en sigma	Defectos por millón de oportunidades
6	3,40
5	233,00
4	6.210,00
3	66.807,00
2	308.537,00
1	690.000,00

Tabla A9.1. Niveles de desempeño en 6 Sigma Fuente: Pyzdek, Th.

Cuando una empresa viola requerimientos importantes del cliente, genera defectos, quejas y costes. Cuanto mayor sea el número de defectos que ocurran, mayor será el coste de corregirlos, como así también el riesgo de perder al cliente.

La meta de Seis Sigma es ayudar a la gente y a los procesos a que aspiren a lograr entregar productos y servicios libres de defectos.

Si bien Seis Sigma reconoce que hay lugar para los defectos pues estos son consustanciales a los procesos mismos, un nivel de funcionamiento correcto del 99,9997 por 100 implica un objetivo donde los defectos en muchos procesos y productos son prácticamente inexistentes.

La meta de Seis Sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de Seis Sigma, muchos procesos operan en niveles de 1, 2 y 3 sigma, especialmente en áreas de servicio y administrativas.

Debemos tener en cuenta que un cliente insatisfecho contará su desafortunada experiencia a entre nueve y diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente sólo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo ha satisfecho. Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales.

Como sistema de dirección, Seis Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que ésta desempeña, ni está impulsado por los mandos intermedios (a pesar de su participación clave). Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Seis Sigma están poniendo más responsabilidad, a través de la descentralización y la participación, en las manos de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes.

“Seis Sigma es pues, un sistema que combina un fuerte liderazgo con el compromiso y energía de la base”.

Los seis principios de Seis Sigma:

Principio 1: Enfoque hacia el cliente:

El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.

Principio 2: Dirección basada en datos y hechos

El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuáles son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas.

Principio 3: Los procesos están donde está la acción

Seis Sigma se concentra en el procesos, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa.

Principio 4: Dirección proactiva

Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.

Principio 5: Colaboración sin barreras

Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.

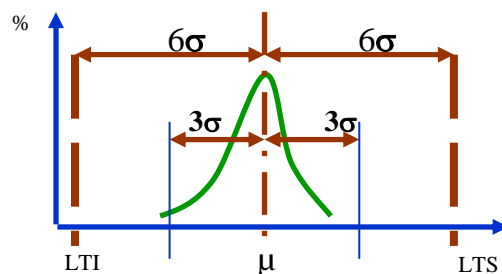
Principio 6: Busque la perfección

Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

¿Cómo se determina el nivel de Sigma?

En primer lugar debemos definir y aclarar términos y conceptos:

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto, fijados unos límites de especificación por el cliente, superior e inferior, respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones y, por tanto, el número de defectos.



De tal forma, en la escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.

La diferencia entre la Tolerancia Superior (LTS) y la Tolerancia Inferior (LTI) dividido por el desvío estándar nos da la cantidad (o nivel) de sigmas (z).

$$\text{Nivel de sigma} = \frac{\text{LTS} - \text{LTI}}{2 \sigma}$$

La Capacidad del Proceso para un nivel 6 sigma es igual a 2, resultante dividir la diferencia entre las Tolerancias Superior e Inferior por seis sigma. En un nivel 6 sigma entran en el espacio existente entre la Tolerancia Superior (TS) y la Tolerancia Inferior (TI) un total de 12 sigmas.

Siempre que la medición esté dentro del intervalo TS-TI diremos que el producto o servicio es conforme o de calidad. En este caso se siguen las ideas de Crosby, quien considera la calidad como sinónimo de cumplimiento de las especificaciones. Así pues cuando más cercanos estén los valores de las mediciones al Valor Central Optimo, más pequeño será es valor de sigma, y de tal forma mayor números de sigmas entrarán dentro de los límites de tolerancia.

Calcular el nivel de sigmas para la mayoría de los procesos es bastante fácil. Dado un determinado producto o servicio, se determinan los factores críticos de calidad (FCC), luego se multiplican estos por la cantidad de artículos producidos obteniéndose el total de defectos factibles (oportunidades de fallos). Sí dividimos los fallos detectados (con los distintos sistemas de medición en función del tipo de bien o servicio) por el total de defectos factibles (TDF) y luego lo multiplicamos por un millón obtenemos los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego revisando la tabla de sigma se tienen los niveles de sigma.

Los factores críticos de calidad pueden ser determinados tanto por los clientes internos como externos, y serán aplicados a las distintas etapas de los diversos procesos.

En cuanto a la metodología de medición, ésta se efectuará por muestreos internos (mediciones) o mediante tests (cuestionario) para la totalidad o parte de los consumidores. Así si para un producto se han determinado 12 factores críticos de calidad (FCC) y se han producido un total de 250.000 artículos, tomando una muestra de 1.500, el total de defectos factibles es de (1.500×12) 18.000. Si el total de errores o fallos detectados asciende a 278, ello implica que tenemos 15.444,44 DPMO (resultante de dividir 278 por los 18.000 y multiplicarlos por 1.000.000). Para este nivel de DPMO la cantidad de sigmas es de 3,67 (lo cual implica un rendimiento entre el 99,80 y el 99,87 por ciento).

Tabla de conversión: nivel en sigma a partir de los DPMO

Rendimiento (%)	NIVEL EN SIGMA	DPMO
6,68	0,00	933200
8,455	0,13	915450
10,56	0,25	894400
13,03	0,38	869700
15,87	0,50	841300
19,08	0,63	809200
22,66	0,75	773400
26,595	0,88	734050
30,85	1,00	691500
35,435	1,13	645650
40,13	1,25	598700
45,025	1,38	549750
50	1,50	500000
54,975	1,63	450250
59,87	1,75	401300
64,565	1,88	354350
69,15	2,00	308500
73,405	2,13	265950
77,34	2,25	226600
80,92	2,38	190800
84,13	2,50	158700
86,97	2,63	130300
89,44	2,75	105600
91,545	2,88	84550
93,32	3,00	66800
94,79	3,13	52100
95,99	3,25	40100
96,96	3,38	30400
97,73	3,50	22700
98,32	3,63	16800
98,78	3,75	12200
99,12	3,88	8800
99,38	4,00	6200
99,565	4,13	4350
99,7	4,25	3000
99,795	4,38	2050
99,87	4,50	1300
99,91	4,63	900
99,94	4,75	600
99,96	4,88	400
99,977	5,00	230
99,982	5,13	180
99,987	5,25	130
99,992	5,38	80
99,997	5,50	30
99,99767	5,63	23,35
99,99833	5,75	16,7
99,999	5,88	10,05
99,99966	6,00	3,4

Tabla A9.2. Fuente Pyzdek, Th

Método de Resolución de Problemas:

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAIC (Correspondiente a las siglas de en inglés de: Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados a los efectos de dar solución a los diversos problemas u objetivos de la compañía.

Las claves del DMAIC se encuentran en:

1. Medir el problema. Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios.
2. Enfocarse en el cliente. Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.
3. Verificar la causa raíz. Es imprescindible llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas.
4. Romper con los malos hábitos. Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.
5. Gestionar los riesgos. El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma.
6. Medir los resultados. El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
7. Sostener el cambio. La clave final es lograr que el cambio perdure.

Definir el problema:

Debe definirse claramente en qué problema se ha de trabajar: porqué se trabaja en ese problema en particular?, quién es el cliente?, cuáles son los requerimientos del cliente?, cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad?, cuáles son los beneficios de realizar una mejora?.

Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

Medir:

La fase medir persigue dos objetivos fundamentales:

1. Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Ésta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
2. Nos permiten y facilitan identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística se hace fundamental. “La calidad no se mejora, a no ser que esté medida”.

Analizar:

El análisis nos permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Las herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde estamos, no para justificar los errores.

Al respecto cabe acotar, que el Diagrama de Pareto nos indica que debemos darle prioridad a los factores con mayor importancia en la generación de fallos o errores (el 20% de los factores causarán el 80% de los fallos), pero no debe significar dejar de atender las demás causas.

En este sentido Crosby señala que “a los numerosos pero triviales factores de error ni siquiera les hacen caso; les dejan que envenenen el producto o servicio para el consumidor. Consideran que no vale la pena dedicar tiempo a solucionarlos.

En cambio para un auténtico enfoque de cero defectos, todos los elementos son importantes”.

Mejorar:

En esta etapa se le otorga preponderancia a la participación de todos los participantes del proceso, como también a la capacidad creativa.

La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. En la fase de diseño es muy importante la actividad de benchmarking, a efecto de detectar, bien en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no), formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

Controlar:

Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Se deben definir por tanto indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios pues no podemos basar nuestras decisiones en la simple intuición. Los indicadores nos mostrarán los puntos problemáticos de nuestro negocio y nos ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos. Mediante el control de los resultados lograremos saber si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Es además primordial verificar mediante el Control la estabilidad de los procesos. Se deben mostrar en los tabloneros de mejora continua, tanto en la planta como en las oficinas de los mandos, los distintos indicadores vinculados a Seis Sigma a efecto de permitir un monitoreo constante de la evolución de los mismos por parte de los diferentes operarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

Entre los indicadores a monitorear tenemos:

- Indicadores relacionados con el coste, el mismo incluye costes correspondientes a las operaciones, las materias primas, de despilfarro y reciclaje, de comercialización, de desarrollo de productos.
- Indicadores relacionados con el tiempo de: los ciclos (productivos, comerciales, de respuestas) y de cumplimiento de las etapas de los procesos de implementación de mejoras.
- Indicadores relacionados a las prestaciones, tales como cuota de mercado, cotización de las acciones, imagen de la empresa, niveles de satisfacción de los clientes y consumidores, y participación de los empleados (cantidades de sugerencias por período de tiempo y niveles de ahorros o beneficios subsecuentes).

Como resumen podemos decir que en primer lugar se define el problema, valorándose o midiéndose posteriormente el punto en el cual se encuentra la empresa. En tercer lugar se estudia la causa raíz del problema, procediéndose a diseñar y poner en práctica las respectivas mejoras, procediéndose en última instancia a controlar los resultados obtenidos para verificar la efectividad y eficiencia de los cambios realizados.

Herramientas de Mejora de Procesos Seis Sigma:

El sistema Seis Sigma es mucho más que un trabajo en equipo, implica la utilización de refinados sistemas de análisis relativos al diseño, la producción y el aprovisionamiento.

En materia de Diseño se utilizan herramientas tales como: Diseño de Experimentos (DDE), Diseño Robusto y Análisis del Modo de Fallos y Efectos (AMFE).

En cuanto a Producción se utilizan las herramientas básicas del control de calidad entre los cuales se encuentran: los histogramas, el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa, AMFE, SPC (Control Estadístico de Procesos) y DDE.

A las actividades y procesos de Aprovisionamiento le son aplicables el SPC y el DDE correspondientes a los proveedores.

Equipo de Mejora Seis Sigma:

Está formado por varios escalafones, que se ocupan de las siguientes fases:

1. Identificación y selección de proyectos. La dirección considera los diversos proyectos de mejora presentados, seleccionando los más prometedores en función de posibilidades de implementación y de los resultados obtenibles. El proyecto tiene que tener un beneficio tanto para el negocio, como para los clientes. El uso del Diagrama de Pareto es una herramienta muy útil para dicha selección.

2. Se procede a la formación de los equipos, entre los cuales se encuentra el Líder del grupo (Cinturón Negro o Black Belt), para lo cual se involucrarán a aquellos individuos que poseen las cualidades necesarias para integrarse al proyecto en cuestión.
3. Desarrollo del Documento Marco del proyecto. El Documento Marco es clave como elemento en torno al cual se suman las voluntades del grupo, sirviendo de guía para evitar desvíos y contradicciones. Éste debe ser claro, fijar claramente los límites en cuanto a recursos y plazos, y fijar el objetivo supremo a lograr.
4. Capacitación de los miembros del equipo. Los miembros del equipo deben ser capacitados en caso de no contar previamente con conocimientos y/o experiencia en la teoría relativa a Seis Sigma, en Estadística y teoría de probabilidades, herramientas de gestión, sistemas de resolución de problemas y toma de decisiones, creatividad, planificación y análisis de procesos.
5. Ejecución de la metodología DMAIC e implementación de soluciones. Los equipos deben encargarse de desarrollar los planes de proyectos, de la capacitación a otros miembros del personal, de los procedimientos para las soluciones y son responsables tanto de ponerlos en práctica como de asegurarse de que funcionan (midiendo y controlando los resultados) durante un tiempo significativo.
6. Traspaso de la solución. Una vez cumplidos los objetivos para los cuales fueron creados los equipos, éstos se disuelven y sus miembros vuelven a sus trabajos regulares o pasan a integrar equipos destinados a realizar otros proyectos.

Cinturones y Líderes:

Como una forma de identificar a los diferentes miembros del personal que cumplen funciones específicas en el proceso de Seis Sigma, e inspirados en las artes marciales como filosofía de mejora continua y elevada disciplina, se han definido diversos niveles de cinturones para aquellos miembros de la organización que lideran y ayudan a liderar los proyectos de mejora.

Así con el Cinturón Negro (**Black Belt**) tenemos a aquellas personas dedicadas a tiempo completo, a detectar oportunidades de cambios críticos y a conseguir que logren resultados. El Cinturón negro es responsable de liderar, inspirar, dirigir, delegar, entrenar y cuidar de los miembros de su equipo. Deben poseer firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a estadística, resolución de problemas y toma de decisiones.

El Cinturón Verde (**Green Belt**) está formado en la metodología Seis Sigma, sirviendo como miembro de equipo, dando apoyo a las tareas del Cinturón Negro. Sus funciones fundamentales consisten en aplicar los nuevos conceptos y herramientas de Seis Sigma a las actividades del día a día de la organización.

El Primer Dan (**Máster Black Belt** o Maestro Cinturón Negro) sirve de entrenador, mentor y consultor para los Cinturones Negros que trabajan en los diversos proyectos. Debe poseer mucha experiencia en el campo de acción tanto en Seis Sigma como en las operaciones de producción, administración y de servicios.

Espónsor (**Champion**) es un ejecutivo o directivo que inicia y patrocina a un Black Belt o a un equipo de proyecto. Es una especie de mecenas. Él mismo forma parte del Comité de Liderazgo, siendo sus responsabilidades: garantizar que los proyectos estén alineados con los objetivos generales del negocio y proveer dirección cuando eso no ocurra, mantener informados a los otros miembros del Comité de Dirección sobre el progreso del proyecto, proveer o persuadir a terceros para aportar al equipo los recursos necesarios, tales como tiempo, dinero, y la ayuda de otros. También entre sus funciones está la de conducir reuniones de revisión periódicas, negociar conflictos y efectuar enlaces con otros proyectos Seis Sigma.

Líder de Implementación:

Generalmente está a cargo del CEO u otra figura cercana a ese nivel máximo; es responsable de la puesta en práctica del sistema Seis Sigma y de los resultados que éste arroje para la organización, siendo además el estratega fundamental del sistema.

Establecimiento de técnicas que eviten errores:

En muchas organizaciones, cometer errores y luego corregirlos forma parte de sus operaciones diarias. Los empleados anotan información de forma errónea, usan mal las herramientas, proporcionan información equivocada, ignoran pasos de un proceso, cometen errores en mediciones y así sucesivamente. Los errores son una señal de que los procesos no están bien entendidos y que la información necesaria no está disponible para los empleados. Pueden y deben introducirse cambios que ayuden a los empleados a comprender que los errores no tienen que ser parte de las operaciones, utilizando para ello diversas técnicas entre las cuales podemos describir:

1. Recordatorios. Los recordatorios incluyen listas de verificación, manuales, gráficas, formas especiales –cualquier cosa que ayude a los empleados a recordar lo que deben hacer-. Los pilotos de aviación siempre usan una lista de verificación escrita de los pasos a seguir antes de despegar y aterrizar, sin importar cuántas veces lo hayan hecho. El usar recordatorios asegura que no se ignorará ningún paso de una actividad o proceso importante.
2. Eliminar similitudes que confunden. Cuando se presentan similitudes entre dos artículos –por ejemplo, formas, colores, ubicaciones o números de referencia- existe la posibilidad de que los empleados cometan errores. Para evitar este tipo de equivocaciones, supervisores y empleados deben revisar, primero, el tipo de errores que se presentan; luego podrán hacer cambios en formas, colores, ubicaciones o cualquier característica que esté causando confusión. De esta manera, pueden reducirse considerablemente la posibilidad de errores por similitud. Pensemos al respecto en los errores que suelen tener lugar en los hospitales con los tubos de oxígeno o de otro tipo de insumos médicos. Colores que identifiquen claramente su contenido pueden evitar gravísimas consecuencias.
3. Establecer restricciones. Otra técnica para reducir la posibilidad de errores es el desarrollo de restricciones. Las restricciones son obstáculos físicos que impiden que las personas realicen mal una tarea. Por ejemplo, una restricción puede impedir que alguien siga los pasos de un proceso en el orden equivocado. Considere el uso de restricciones para impedir que los empleados hagan mal las cosas. Si las herramientas utilizadas en un quirófano ocupan un lugar claramente identificado, una vez utilizada la misma dicha herramienta debe ocupar ese lugar, de quedar vacío el mismo es porque puede estar en el interior del paciente.

Piense cuántas agujas y otros elementos se olvidan en el interior por no tomar en cuenta ésta práctica.

4. Usar la capacidad de realización. La capacidad de realización es un entorno o circunstancia que facilita hacer un trabajo como es debido. La capacidad de realización es el opuesto a las restricciones.
5. Cuestionario o Matriz de Análisis Preventivo. Para cada operación o proceso los empleados de línea y los supervisores y demás personal jerárquico deben cuestionarse qué puede salir mal (haciendo por ejemplo uso de la Tormenta de Ideas) y luego analizar la forma de evitar que ello ocurra. Así, si un corte de energía eléctrica puede hacer perder archivos, como así también dañar los sistemas de cómputos, una medida preventiva es utilizar baterías que permitan cerrar los programas y apagar los equipos con suficiente tiempo, e inclusive si la capacidad lo permite, continuar realizando labores mientras falta la energía eléctrica.
6. Puntas guía. Identificar perforaciones omitidas en las partes (si la pieza no entra en las puntas, no se han realizado todas las perforaciones).
7. Fotoceldas. Para indicar la ubicación apropiada, la existencia de perforaciones y aditamentos y la presencia o ausencia de piezas.
8. Interruptores de paro. Para detener el equipo cuando una máquina detecta una condición de error.
9. Contadores (monitores). Para garantizar que todas las partes han sido utilizadas o todas las acciones han sido completadas.

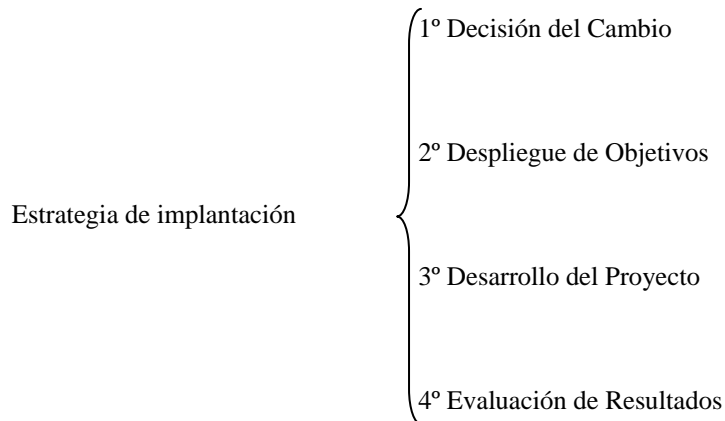
Estos dispositivos mecánicos y de memoria, y muchos más, ayudan a los empleados a impedir que ocurran errores al ejecutar los procesos.

Diseño consistente:

Un motivo por el cual los productos fallan es que los diseños son demasiados complejos y las partes quedan fuera de servicio al someterlos a circunstancias extremas o fuera de control. Para hacer frente a esto, los desarrolladores de productos tienen la meta de presentar diseños consistentes, que son planes que reducen la posibilidad de fallos en el producto y optimizan la confiabilidad del mismo. Los diseños consistentes privilegian la simplicidad sobre la complejidad, sin sacrificar la funcionalidad que buscan los clientes; reduciendo las oportunidades de que ocurran defectos en los procesos de producción e incrementando la posibilidad de que un producto opere como se supone que debe hacerlo en una gran variedad de usos y condiciones ambientales. El diseño consistente es un ejemplo del control preventivo que puede ayudar a eliminar muchos problemas más adelante en el proceso de producción.

Estrategia de implantación de Seis Sigma:

Un plan exitoso de Seis Sigma comprende cuatro etapas fundamentales, cada una de las cuales está constituida por sub-etapas (las cuales pueden desarrollarse en forma paralela):



Decisión del cambio:

Es necesario y primordial convencer y demostrar a los directivos de la empresa acerca de la imperiosa necesidad del cambio; ello se logrará mejor si se muestra la evolución de los mercados en general y de la industria específica en particular, tanto a nivel mundial como nacional y regional. En segundo lugar debe mostrarse claramente lo que acontece con la empresa, describiendo su evolución y comparándola con la de los actuales y futuros competidores. Debe dejarse en claro dónde estará la empresa dentro de cinco o diez años de no efectuar cambios y dónde estarán las empresas que sí realicen tales cambios.

Demostrada la necesidad de instaurar un proceso de mejora continua, y de reingeniería si es necesario para cubrir rápidamente brechas de performances, el paso siguiente es demostrar las características y cualidades de Seis Sigma, mostrando además las diferencias de éste en relación a otros sistemas de calidad y mejora continua.

De estar aplicando ya la empresa algún otro sistema o método de mejora continua se hace menester evaluar los resultados que los mismos están brindando, para lo cual un buen método es evaluar el nivel de sigma que tienen sus procesos actualmente y compararlos (benchmarking) con los competidores globales.

La etapa siguiente consiste en el cambio de paradigmas de los directivos y personal superior de la empresa. Es necesario que eliminen de sus mentes que los errores son algo admisible y propios de la producción.

Se planifica estratégicamente definiendo claramente cuáles son los valores, misión y visión de la empresa, para fijar con posterioridad objetivos a lograr para hacer factible los objetivos de más largo plazo. En función de ello se debe lograr una visión compartida con la cual se alcance la energía suficiente para lograr un trabajo en equipo que permita lograr óptimos resultados en la puesta en marcha de Seis Sigma. En función de los planes, se asignan partidas presupuestarias a los efectos de su puesta en marcha y funcionamiento.

Se seleccionan los Líderes y Cinturones, en función de sus conocimientos, capacidades y puestos que actualmente ocupan.

Se debe proceder a la capacitación y entrenamiento de los diversos niveles de cinturones y liderazgos, como así también al resto del personal. Esta capacitación incluirá diferentes aspectos dependiendo ello de las funciones y niveles que cubra dicho personal. Se incluirán aspectos vinculados con el significado y funcionamiento de Seis Sigma, los métodos de resolución de problemas y toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo y motivación, creatividad, control estadístico de procesos, diseño de experimentos, herramientas de gestión, AMFE, estadística y probabilidades, muestreo, satisfacción del consumidor, calidad y productividad, costo de calidad, sistemas de información, utilización de software estadístico, supervisión y diseño de proyectos, entre otros.

Despliegue de objetivos:

Se establecen los sistemas de información, capacitación y supervisión apropiados al nuevo sistema de mejora.

Se incluyen en los sistemas de información y control (Cuadros de Mando Integral de los objetivos, indicadores e inductores relativos a Seis Sigma). De no existir un Cuadro de Mando Integral se procede a elaborar un Cuadro de Indicadores de Seis Sigma.

Se forman los primeros grupos de trabajo en función de los proyectos seleccionados.

Los proyectos son seleccionados en función de los beneficios tanto para la empresa, pero fundamentalmente para el incremento en la satisfacción de los clientes y consumidores.

Es conveniente comenzar con proyectos pilotos para poner a prueba las técnicas y conocimientos aprendidos, y demostrar además al resto de la organización acerca de los logros en la implementación del sistema.

Desarrollo del proyecto:

Es primordial antes que nada definir los requerimientos de los clientes externos e internos, y la forma en que se medirá el logro de dichas especificaciones.

Los círculos de calidad o equipos de trabajo Seis Sigma (ETSS) proceden a aplicar la metodología DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Se mantiene informado a los directivos acerca de la marcha de los diferentes proyectos.

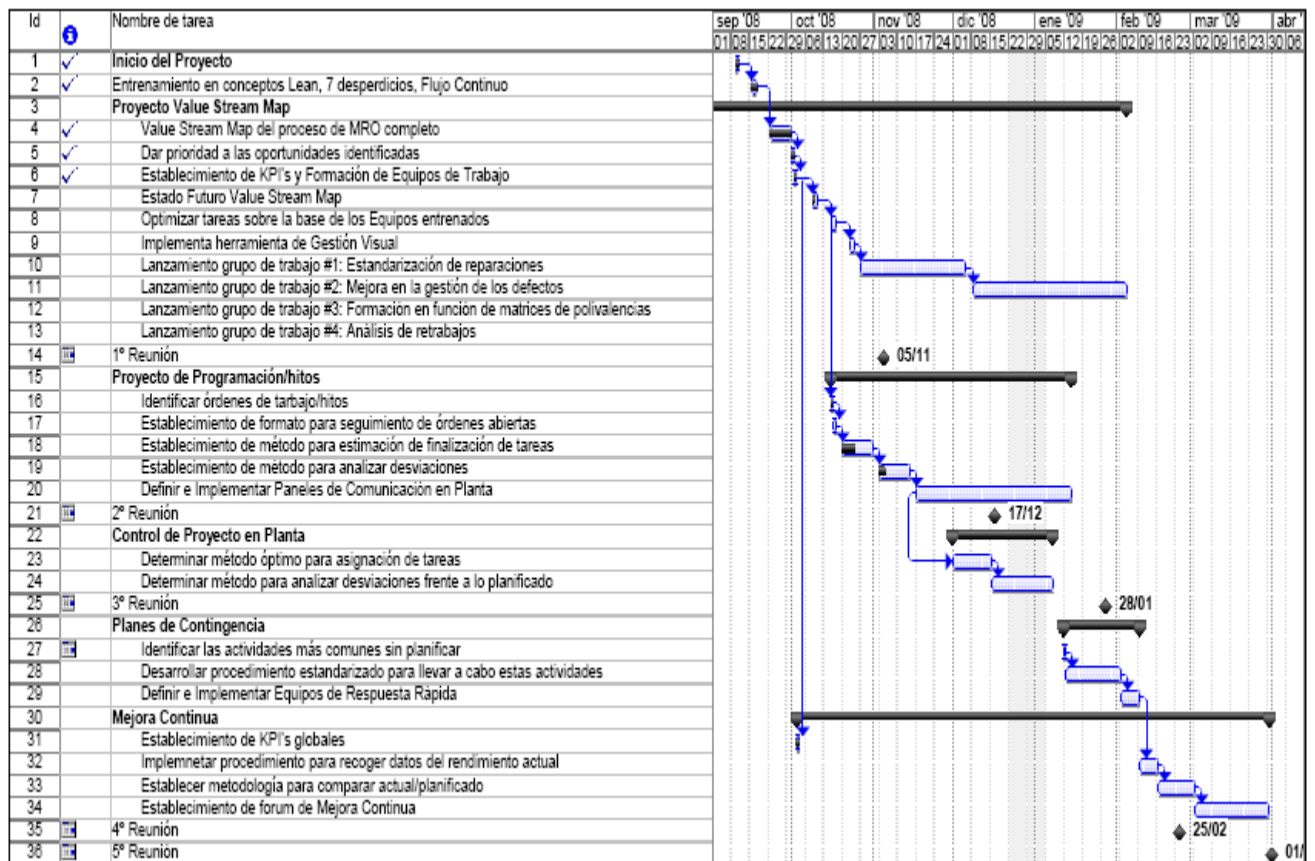
Evaluación de resultados:

Se determinan las mejoras producidas tras la implantación de los cambios resultantes del desarrollo de los diversos proyectos. Ello se manifiesta tanto en niveles de rendimientos, como en niveles de sigma, DPMO (Defecto por Millón de Oportunidades) y ahorros obtenidos.

Es conveniente hacer un seguimiento constante de los niveles de satisfacción tanto de los clientes internos como externos.

ANEXO 11

PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE LEAN MRO DEL AIRBUS A330.



ANEXO 12

TABLA 6.3. TABLA RESUMEN DE LAS TAREAS QUE FORMAN EL PROGRAMA DE MRO DEL AIRBUS A330

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
1	Recepción	7														
1.1	Post Vuelo		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 h	0,0 h	1,0 h	0,0 h	El verificador no está las 4 h	1,0	S	2 mecánicos 1 verificador	
1.2	Rodaje recepción		3,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 h	0,0 h	0,2 h	0,5 h		1,0	S	3 mecánicos	
1.3	Pruebas eléctricas recepción		4,0 h	4,0 h	8,0 h	2,0 op.	2,0 op.	1,0 op.	0,0 h	1,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos	
1.4	Preparación preservación de depósitos		0,2 h	0,2 h	0,2 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,5 h	0,0 h	0,0 h	Espera a conductor	1,0	S	2 mecánicos + 2 eléctricos	
1.5	Preservación depósitos		4,0 h	4,0 h	5,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	8,0 h	0,8 h	0,0 h	8 horas espera por recurso compartido	1,0	S	2 calibración	
1.6	Mapa de fugas		1,0 h	2,0 h	3,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	12,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 calibración	
1.7	Vaciar avión		2,0 h	2,0 h	2,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 calibración	
1.8	Drenar avión		6,0 h	6,0 h	6,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	24,0 h	0,0 h	0,0 h	Espera por hangar compartido (ocupado por otro avión)	1,0	S	1 calibración	
1.9	Inspección juego libre		6,0 h	8,0 h	10,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h	Variabilidad de tiempos en función de la experiencia de los operarios	1,0	S	3 mecánicos + 1 verificador Pueden hacerlo hidraulistas	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
1.10	Inspección H3		8,0 h	8,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,8 h	0,5 h		1,0	S	3 mecánicos + 1 verificador Pueden hacerlo hidraulistas
1.11	Preparación de desmontaje de motores y cañón		4,5 h	4,5 h	4,5 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 mecánicos
1.12	Desmontaje motores		2,5 h	2,5 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 mecánicos
1.13	Desmontaje cañón		1,5 h	1,5 h	1,5 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h	Cuando hay que introducir el motor en un contenedor, existe un tiempo añadido de 3 h	1,0	S	3 mecánicos
1.14	Preparación de desmontaje de asientos y cúpulas		1,5 h	1,5 h	2,0 h	3,0 op.	3,0 op.	2,0 op.	8,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 calibración
1.15	Desmontaje de asientos		5,0 h	5,0 h	5,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	1 persona sólo está durante 1 h	1,0	S	2 mecánicos + 1

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
1.16	Desmontaje de cúpulas		4,0 h	4,0 h	5,0 h	3,0 op.	3,0 op.	2,0 op.	128,0 h	0,0 h	0,0 h	Por seguridad, no conviene trabajar con 2 personas: mejor 3.	1,0	S	3mecánicos
1.17	Desmontajes eléctricos		4,0 h	4,0 h	4,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos
1.18	Detección de defectos y registro		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	4 horas repartidas entre todo el proceso de recepción	1,0	S	1 verificador-electrico-mecánico
2	Decapado	7												S	
2.1	Preparación		16,0 h	16,0 h	16,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	2 mañana y 2 tarde	1,0	S	2,0
2.2	Decapado		80,0 h	80,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	40,0 h	0,0 h	Tardes de tiempos de espera de aplicación	1,0	N	2,0

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteptant.

Estimado taller															
Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación	Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
3	Rayos X	10		192,0 h		2,0 op	2,0 op	2,0 op	2,5 h	6,0 h	0,0 h	1 único turno	1,0		2 pax
4	Desmontajes Hangar	29													
4.1	Mecánicos														
4.1.1	Registros		160,0 h	192,0 h	192,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	sólo turno mañana	1,0	S	2 mecánicos
4.1.2	Trenes			80,0 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	N	2 mecánicos
4.1.3	Mandos vuelo			96,0 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h	3 tm y 2 tt	2,0	S	5 mecánicos
4.1.4	Alas			96,0 h			3,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h	3 tm y 3 tt	2,0	S	6 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
4.1.5	Tanques combustible (inspección)		120,0 h	160,0 h	160 h	4,0 op	4,0 op	4,0 op	0,0 op	0,0 op	0,0 op	4 tm y 4 tt. 24 HORAS por depósito de ventilación (t muerto)	2,0	N	8 mecánicos
4.1.6	E.C.S.		40,0 h	48,0 h	50 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	?	1 pax
4.1.7	LEX		40 h	40,0 h	40 h	3,0 op	3,0 op	3,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	sin herramienta de manipulación	1,0	?	3 pax
4.1.8	Actuadores		40 h	40,0 h	40 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	1 tt 1 tm	2,0	N	2 pax
4.2	Eléctricos	15	80 h	160 h	160 h	4,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		2,0	S	4 pax
4.2.1	Comprobación de documentación y selección de equipos a desmontar		80,0 h	80,0 h	240,0 h	3,0 op.	3,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
4.2.2	Clasificación de los equipos		40,0 h	40,0 h	40,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Se realiza en paralelo con 4.2.1. Clasificación: - Equipos a almacenar/a tratar internamente - Equipos obsoletos - Equipos para modificar en talleres exteriores ---> PROBLEMAS	1,0	S	1 control
4.2.3	Demodificación eléctrica		160,0 h	160,0 h	480,0 h	3,0 op.	3,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Debe estar terminado tanto el desmontaje eléctrico como el mecánico	1,0	S	3 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
5	Rayos X Hangar	8	40,0 h	40,0 h	40,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	TURNO NOCHE	1,0	N	2 NDI
	Kits TADA/TAM	0		5,0 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h	TURNO NOCHE	1,0	N	2 NDI
	Kit Mecánico MLU (TADA)	0	15,0 h	15,0 h	15,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	TURNO NOCHE	1,0	N	2 NDI
	Kit Eléctrico MLU (TAM)	0	10,0 h	10,0 h	10,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	TURNO NOCHE	1,0	N	2 NDI
	Kit Mecánico EW (Subcontratación)	0		5,0 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h	TURNO NOCHE	1,0	N	2 NDI
	Kit Eléctrico EW (TAM)	0		5,0 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h				

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
6	Inspecciones	29														
6.1	Visuales	29	750 h	750,0 h	750 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	hacen horas extras (7-18h) duración en horas es de 410h. Hay unas 50 tarjetas de inspecciones visuales	1,0	S	2 pax	
6.2	Control Dimensional	29	128,0 h	320,0 h	352 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Como no tienen disponibilidad total, el lead time habitual es de un mes	1,0	S	2pax	
6.3	NDI	29	960,0 h	1280 h	1280 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	400-500 horas	1,0	S	2-3 pax	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
7	Defectos con Disposición y Mat Pedido	49														
7.1	Disposiciones RP1		10,0 h	10,0 h	10,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
7.2	Disposiciones RP2		10,0 h	10,0 h	10,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
7.3	Disposiciones sin material		8,0 h	8,0 h	8,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
7.4	Disposiciones 2º vuelta		5,0 h	5,0 h	5,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
	Límite Disponibilidad Material	0														
	Kit INDRA	0														

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
8	Reparaciones/Modificaciones	100														
8.1	Reparaciones	80	140,0 h	140,0 h	140,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	2,0 h	3,0 h	0 h		1	N		
8.1.1	General Defectos		16,0 h	16,0 h	16,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	8,0 h	0,0 h		1	N		
8.1.2	Bloque I - L.V.		10,0 h	10,0 h	10,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	2,5 h	0,0 h		1	N		
8.1.3	Bloque II- Mecánicos		30,0 h	30,0 h	30,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
8.1.4	Bloque III- Eléctricos		15,0 h	15,0 h	15,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		
8.1.5	Bloque IV- Pruebas Mecánicas		5,0 h	5,0 h	5,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N		

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.1.6	Bloque V-Pruebas Eléctricas		3,0 h	5,0 h	6,0 h	3,0 op	2,0 op	2,0 op					1	N	
8.1.7	Tratamiento Corrosión MLG			10,0 h			2,0 op						1	N	
8.1.8	PMM Bloque FF			10,0 h			2,0 op						1	N	
8.1.9	PMM Bloque CF			5,0 h			2,0 op						1	N	
8.1.10	PMM Bloque AF			10,0 h			2,0 op						1	N	
8.1.11	PMM Bloque W			10,0 h			2,0 op						1	N	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller						Espera	Parada	Preparación	Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)							
8.1.12	Diferidos			5,0 h					0,0 h	0,0 h	0,0 h				
8.1.13	DV preparado para vuelo y def de vuelo			15,0 h					0,0 h	0,0 h	0,0 h				
8.1.14	Reparaciones MLU			15,0 h					0,0 h	0,0 h	1,0 h				
8.2	Modificación Mecánica	60										Proveedor (kit)			
8.2.1	Modificación MLU		104,0 h	104,0 h	104,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Proveedor (kit)			
8.2.2	Modificación EW		53,0 h	53,0 h	53,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Proveedor (kit)			

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.2.3	Montajes PMM			15,0 h			2,0 op						1	S	
8.3	Modificación Eléctrica	40													
8.3.1	Modificación eléctrica MLU			104,0 h			2,0 op					Necesario disponer de kit de mazos --> PROBLEMAS Se chequea el kit de mazos y se encuentran faltas de materiales. El chequeo puede llevar 3 días de 1 persona.	1,0	S	6-7 eléctricos
8.3.1.1	Mazos cabina y bodega superior		155,0 h	155,0 h	155,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.1.2	Mazos fuselaje posterior		35,0 h	35,0 h	35,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico
8.3.1.3	Mazos fuselaje anterior		70,0 h	70,0 h	70,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico
8.3.1.4	Mazos alas		35,0 h	35,0 h	35,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		2,0	S	1 eléctrico
8.3.1.5	Mazos bodegas R/H		115,0 h	115,0 h	115,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		3,0	S	1 eléctrico
8.3.1.6	Mazos bodegas L/H		65,0 h	65,0 h	65,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h				

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.2	Conexión de mazos MLU		20,0	20,0 h	20,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h				
8.3.2.1	Conexionado de cabina		35,0 h	35,0 h	35,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	S	
8.3.2.2	Conexionado bodega superior		35,0 h	35,0 h	35,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	S	
8.3.2.3	Conexionado fuselaje posterior		30,0 h	30,0 h	30,0 h	2,0 op.	2,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	S	
8.3.2.4	Conexionado fuselaje anterior		30,0 h	50,0 h	50,0 h	2,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Variabilidad de tiempos por disponibilidad de personal.	1	S	
8.3.2.5	Conexionado bodegas R/H		150,0 h	150,0 h	150,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	S	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.2.6	Conexionado bodegas L/H		105,0 h	105,0 h	105,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	
8.3.2.7	Conexionado Alas		24,0 h	24,0 h	24,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	N	1 eléctrico
8.3.3	Pruebas de continuidad MLU		80,0 h	80,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.4	Reparación averías de conxionado		16,0 h	16,0 h	16,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Normalmente, averías autónomas de Ingeniería. Cuando hay una avería repetitiva, se indica a Ingeniería. Los mismos operarios de comprobación solucionan las averías. Tiempo variable en función del número y complejidad de las averías.	1,0	S	2 eléctricos
8.3.5	Modificación eléctrica EW		80,0 h	80,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Se sacan defectos.	1,0	S	2 eléctricos
8.3.5.1	Mazos cabina		60,0 h	60,0 h	60,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.5.2	Mazos bodega superior		40,0 h	40,0 h	40,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico
8.3.5.3	Mazos fuselaje anterior		150,0 h	150,0 h	150,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico
8.3.5.4	Mazos bodegas R/H		65,0 h	65,0 h	65,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos
8.3.5.5	Mazos bodegas L/H		75,0 h	75,0 h	75,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos
8.3.5.6	Fuselaje posterior + derivas		110,0 h	110,0 h	110,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 eléctricos
8.3.5.7	Trampa registro 3		24,0 h	24,0 h	24,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	N	1 eléctrico

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
8.3.6	Conexión de mazos EW															
8.3.6.1	Conexión cabina		30,0 h	30,0 h	30,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico	
8.3.6.2	Conexión bodega superior		30,0 h	30,0 h	30,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico	
8.3.6.3	Conexión fuselaje anterior		65,0 h	65,0 h	65,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico	
8.3.6.4	Conexión bodegas R/H		70,0 h	70,0 h	70,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos	
8.3.6.5	Conexión bodegas L/H		165,0 h	165,0 h	165,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos	
8.3.6.6	Conexión fuselaje posterior		90,0 h	90,0 h	90,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
8.3.6.7	Conexión derivas		125,0 h	125,0 h	125,0 h	1,0 op.	1,0 op.	1,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	1 eléctrico
8.3.7	Pruebas de continuidad EW		40,0 h	40,0 h	40,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos
8.3.8	Reparación averías de conexionado		8,0 h	10,0 h	24,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Normalmente, averías autónomas de Ingeniería. Cuando hay una avería repetitiva, se indica a Ingeniería. Los mismos operarios de comprobación solucionan las averías. Tiempo variable en función del número y complejidad de las averías.	1,0	S	2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller						Espera	Parada	Preparación	Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)							
	Kit B Luces ECT y LFD	0													
	Kit B Equipos MLU	0													
9	Montajes Cabinas	14										No orden específica			
9.1	Mecánicos	7	15,0 h	15,0 h	15,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op				No orden específica			

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
9.2	Eléctricos (Modernización eléctrica)	7	7,0 h	8,0 h	8,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h	No orden específica 20 personas comunes para todos los aviones. Operaciones simultáneas.			
9.2.1	Desmodificación de cableado MLU		3,0 h	3,0 h	3,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h				
9.2.2	Instalación de cableado MLU		3,0 h	3,0 h	3,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h				
9.2.3	Conexión MLU		0,5 h	1,0 h	1,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h				
9.2.4	Pruebas eléctricas MLU		1,0 h	1,0 h	1,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h				

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
10	Montajes Finales	14														
10.1	Mecánicos															
10.1.1	Registros			10-12 d								sólo turno mañana	1,0	s	2 mecánicos	
10.1.2	Trenes			120 h		4,0 op	4,0 op	4,0 op								
10.1.3	Mandos vuelo			100 h												
10.1.4	Alas			216 h		3,0 op	3,0 op	3,0 op								
10.1.5	Tanques combustible (inspección)			50 h		2,0 op	2,0 op	2,0 op								

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller						Espera	Parada	Preparación	Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)							
10.1.6	E.C.S.			80,0 h	120 h		2,0 op	1,0 op	0,0 h	10,0 h	0,0 h				
10.1.7	LEX			56 h			3,0 op		0,0 h	0,0 h	1,0 h				
10.1.8	Actuadores			56 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h				
10.2	Eléctricos	7		40 h			2,0 op		0,0 h	0,0 h	0,0 h				

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
	Material EA para pruebas	0													
12	Pruebas	20													
12.1	Inmovilizado		25,0 h	25,0 h	25,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	
12.1.1	Preservado de avión		30,0 h	30,0 h	30,0 h	2,5 op.	2,5 op.	2,5 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 mecánicos. 2 personas en turno de mañana y 3 en turno de tarde.
12.1.2	Inspecciones		50,0 h	50,0 h	50,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Los registros deben estar abiertos por los estructurales.	1,0	S	3 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.1.3	Despreservado		30,0 h	30,0 h	30,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Engrase de trenes y timones, que deben estar ya instalados. Se suele realizar 15 días antes de las pruebas.	1,0	S	3 mecánicos
12.1.4	Carga de amortiguadores		16,0 h	16,0 h	16,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 mecánicos
12.2	Mecánicas	10													
12.2.1	Preparación de avión para pruebas		12,0 h	12,0 h	12,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Mirar documentación, inspección visual de superficies móviles, actuadores, etc.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.2	Refrigeración de equipos		8,0 h	8,0 h	8,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Se realiza en paralelo con las pruebas eléctricas.	1,0	S	2 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.2.3	Anemometría		10,0 h	20,0 h	40,0 h	1,5 op.	1,5 op.	1,5 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Variabilidad de tiempos por dificultad en encontrar fugas. Los trabajos los empieza 1 persona y a mitad se incorpora otra. Hay tiempos de espera, no cuantificados, por falta de equipos de anemometría. Hay 2, pero 1 está averiado desde hace 1 año.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.4	Reglajes y prueba de trenes		25,0 h	36,0 h	45,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Variabilidad de tiempos por averías.. Difícil de cumplir el tiempo mínimo.	1,0	S	3 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.2.5	Gancho de frenado		8,0 h	8,0 h	32,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tiempo máximo por averías. No es frecuente.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.6	Freno de ruedas y purga de frenos		8,0 h	8,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 mecánicos
12.2.7	Ajuste y pruebas de plegado de alas		5,0 h	8,0 h	10,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tiempo máximo por averías: normalmente necesario el cambio de motores.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.8	Reglajes de mandos de vuelo		16,0 h	16,0 h	20,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Poner superficies en neutro. Normalmente hay que tocar los actuadores.	1,0	S	2 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.2.9	Pruebas de mandos de vuelo		5,0 h	15,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tiempo mínimo nunca se ha cumplido. Normalmente, han de intervenir los eléctricos.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.10	Purga de sistemas hidráulicos		8,0 h	8,0 h	8,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Limpieza del aire. Se realiza en varias etapas durante el proceso de pruebas.	1,0	S	2 mecánicos
12.2.11	Presurización de cabina		8,0 h	10,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tiempo máximo por averías, fugas.	1,0	S	2 mecánicos
12.3	Eléctricas	10													
12.3.1	Inspección visual		2,0 h	2,0 h	2,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	1,0 h	0,0 h	0,0 h	Espera a bomberos.	1,0	S	2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.3.2	Comprobación por parte del cliente		1,0 h	1,0 h	1,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	3,0 h	0,0 h	0,0 h	Espera a cliente.	1,0	S	2 eléctricos + 1 calidad
12.3.3	Power-On		32,0 h	32,0 h	32,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	48 h	0,0 h	0,0 h	Comprobar sistemas nuevos, tensiones... Espera inicial por mal estado de manguera y convertidor.	1,0	S	2 eléctricos
12.3.4	Pruebas eléctricas de equipos no modernizados		80,0 h	80,0 h	80,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Se debería comenzar con el avión completo, pero esto no ocurre nunca: falta de equipos.	1,0	S	2 eléctricos
12.3.5	Montaje de equipos de nueva instalación		48,0 h	48,0 h	48,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistepplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
12.3.6	Carga de software en computadores viejos		16,0 h	16,0 h	32,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 eléctricos
12.3.7	Desmontaje de equipos no MLU		2,0 h	2,0 h	2,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Es un retrabajo. Los equipos desmontados en hangar son desmontados en Pruebas para comprobar una correcta refrigeración.	1,0	S	2 eléctricos
12.3.8	Pruebas de MLU		80,0 h	80,0 h	160,0 h	2,5 op.	2,5 op.	2,5 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Frecuente la falta de equipos y averías. 2 personas en turno de mañana y 3 en el de tarde.	1,0	S	2-3 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
	Material para línea vuelo	0	10,0 h	10,0 h	12,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	1,5 h		1	N	
12.2.1	Pruebas Eléctricas		12,0 h	15,0 h	17,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	1,0 h		1	N	
12.2.2	Continuidad + Carga de Sw		10,0 h	10,0 h	10,0 h	2,0 op	2,0 op	2,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N	
12.2.3	Buses nº2 aviónica GE		10,0 h	10,0 h	10,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N	
12.2.4	Continuidad GE		5,0 h	5,0 h	5,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	1,0 h		1	N	
12.2.5	Mux Bus		10,0 h	10,0 h	11,0 h	1,0 op	1,0 op	1,0 op	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1	N	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
13	Línea de Vuelo	15														
13.1	Mover a línea		2,0 h	2,5 h	2,5 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h					3 mecánicos + 1 control
13.2	Prueba ECS estática		2,0 h	2,0 h	5,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h	Reparaciones habituales. 2 personas, 3 h	1,0	S		3 mecánicos
13.3	Inspección alojamientos		5,0 h	5,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	1,0 h	0,0 h	0,0 h	Reparaciones habituales. 2 h 1 mecánico + 1 eléctrico	1,0	S		2 mecánicos + 1 verificador
13.4	Montaje motor (1)		5,0 h	5,0 h	5,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	1,0 h	1,0 h	Tiempos muertos por herramientas.	1,0	S		3 mecánicos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
13.5	Montaje de cañón		3,0 h	3,0 h	3,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	1,0 h		1,0	S	3 mecánicos
13.6	Montaje motor (2)		5,0 h	5,0 h	5,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	1,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 mecánicos
13.7	Cargar combustible fugas		1,0 h	1,0 h	1,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	12-24 h	0,0 h	0,5 h	Espera a conductor. 12-24 h de espera reposo combustible.	1,0	S	3 mecánicos
13.8	Primer rodaje (ECS + Migración)		6,0 h	6,0 h	32,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	5,0 h	Se hacen consecutivas (4 h + 2 h), salvo defectos. Preparación: prevuelo + movimiento mula (4 h + 1 h)			

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			T _{mín}	T _{med}	T _{máx}	P _{max} (T _{mín})	P _{max} (T _{med})	P _{max} (T _{máx})	Espera	Parada	Preparación				
13.9	Inspección de seguridad		24,0 h	24,0 h	40,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	8,0 h	6,0 h	16,0 h	Espera por trabajos sellante de registros. Tiempos muertos por búsqueda de tornillos. Preparación: reparaciones que excedan máximos.	1,0	S	3 mecánicos + 1 verificador Ayuda puntual de 2 eléctricos
13.10	Montajes mecánicos extras		12,0 h	12,0 h	24,0 h	2,0 op.	2,0 op.	2,0 op.	0,0 h	0,0 h	16,0 h		1,0	S	2 mecánicos
13.11	Punto fijo (prueba motores)		2,5 h	2,5 h	2,5 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	2,0 h				Bomberos + conductor para preparación
13.12	Pruebas estáticas de combustible		4,0 h	4,0 h	6,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	2 mecánicos + 2 calibración + 1 conductor
13.13	Rodaje combustible		8,0 h	10,0 h	12,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	24,0 h	0,0 h	0,0 h	Espera asociada a averías.	1,0	S	2 mecánicos + 2 eléctricos

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
13.14	Vaciar y drenar		8,0 h	8,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	1,0 h	0,0 h	1,0 h	1 operario en drenaje. Impide otras operaciones. Sólo turno de tarde.	1,0	N	3 mecánicos
13.15	Pesado		1,0 h	1,0 h	1,0 h	5,0 op.	5,0 op.	5,0 op.	0,0 h	0,0 h	2-4 h	Sólo turno de mañana.	1,0	N	3 mecánicos + 1 verificador + 1 control
13.16	Presentar pruebas a EA		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	3 mecánicos
13.17	Primer vuelo		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	X			Sólo prevuelo. Tiempo de espera variable en función de las averías.	1,0	S	En media 2 mecánicos + 2 eléctricos 12 h

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller						Espera	Parada	Preparación	Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)							
13.18	Segundo vuelo		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	32-48 h	0,0 h	8,0 h	Sólo prevuelo.			
13.19	Marcha		4,0 h	4,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	32-48 h	0,0 h	0,0 h	Sólo prevuelo.			2 mecánicos + 2 eléctricos para averías, en media
13.20	Montaje de asiento		4,0 h	4,0 h	6,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	8,0 h	Preparación realizada por una sola persona. Instalación en avión.	1,0	S	3 mecánicos.

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades	
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación					
14	Pintura	10														
14.1	Entrada a pintura		1,0 h	2,0 h	4,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	x	0,0 h	0,0 h	Tiempo máximo condicionado a introducir máquina para el b.c. Esperas por falta de pintura. No se inicia el proceso. ¿Esperas por recurso compartido: otro avión pintándose?	1,0	S	3,0	
14.2	Colocación de utillaje		0,5 h	0,5 h	0,5 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S		
14.3	Preparación de lijado		8,0 h	8,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tapado de superficies y toma de aire y rejilla.	1,0	S		

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sistplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
14.4	Lijado superficie fibra		32,0 h	32,0 h	48,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	1,5 h	1,2 h	0,1 h	Tiempos muertos: descansos obligatorios de 15 min cada 1,5 h. Preparación: EPI	1,0	S	
14.5	Tratamiento de la superficie. Decapado		8,0 h	8,0 h	16,0 h	4 M 2 T	4 M 2 T	4 M 2 T	X	0,0 h	1,0 h	Siempre 1 turno. Lavado a pistola? Espera por falta de pintura. Preparación: mezclas.	1,0	N	
14.6	Empapelado		8,0 h	8,0 h	8,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h		1,0	S	
14.7	Desengrasado		1,0 h	1,0 h	2,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	0,0 h	Tiempo máximo por avión muy sucio.	1,0	N	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21 días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
14.8	Imprimación		2,0 h	2,0 h	5,0 h	6,0 op.	6,0 op.	4,0 op.	0,0 h	0,0 h	3,0 h	Preparación: 2 h de 2 personas + 1 h limpiando herramienta. Secado posterior de 4 h (no existe cabina de secado).	1,0	N	
14.9	Pintado		5,0 h	5,0 h	8,0 h	6,0 op.	6,0 op.	6,0 op.	4,0 h	1,0 h	2,0 h	Tiempo de espera entre manos: 1 h (computa como paradas o tiempo muerto) Preparación: 2 personas.	1,0	N	

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Id	Tareas (PMM+MLU)	Takt Time: 21días	Estimado taller									Observaciones	Nº turnos	Posible doble turno	Recursos por especialidades
			Tmín	Tmed	Tmáx	Pmax (Tmín)	Pmax (Tmed)	Pmax (Tmáx)	Espera	Parada	Preparación				
14.10	Rotulación y desempapelado		48,0 h	48,0 h	80,0 h	3,0 op.	3,0 op.	3,0 op.	0,0 h	16,0 h	1,0 h	Tiempo máximo por falta de rotulista. Parada de 1 día entre colores (figura dentro del Lead Time). Preparación: pinturas (1h y no incluida en Lead Time)			
14.11	Reparaciones de pintura (después de vuelos)		48,0 h	48,0 h	48,0 h	4,0 op.	4,0 op.	4,0 op.	0,0 h	2h	2,0 h	Tiempo de parada de 2 h entre sellado y pintura (no incluido en Lead Time). Preparación de material: 2 h incluidas en Lead Time.			
15	Trabajos Finales LV para vuelo	5													

Tabla 6.3. Tabla resumen de las tareas que forman el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

ANEXO 13

TABLA 6.5: TABLA RESUMEN DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA IDENTIFICADAS EN EL PROGRAMA DE MRO DEL AIRBUS A330. FUENTE: SISTEPLANT.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
1	Al generarse un defecto mayor, existe una espera de aproximadamente 20 días hasta que Ingeniería comienza a estudiar la disposición. Ingeniería trabaja por lotes.	Implantar filosofía de trabajo de flujo continuo "uno a uno" en Ingeniería (One Piece Flow). (Importante: Contemplar acúmulo de acciones pendientes)	INGENIERÍA	20 d	6,2%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
2	No se marcan prioridades ni en Inspecciones (por zonas críticas en las que es probable, por experiencia, encontrar los defectos de más larga resolución) ni en Ingeniería.	Definir, en Inspecciones, un mapa de prioridades, de modo que siempre se empiece a inspeccionar la zona en la cual exista más probabilidad de extraer defectos mayores con material. (Funcionamiento FIFO a Ingeniería) REVISIÓN PERIÓDICA DE LA PRIORIZACIÓN.	PRODUCCIÓN CALIDAD INGENIERÍA	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
3	Recurso compartido: conductor. 1 conductor por turno.	Formación 1 mecánico por turno	FORMACIÓN CALIDAD PRODUCCIÓN	2 d	0,6%	4	Plan de formación. Matriz de polyvalencias.
4	Revisión de secuencia en Línea de Vuelo: Los desmontajes eléctricos de LV se realizan actualmente en etapas. Se podrían realizar simultáneamente a preparación de desmontajes mayores.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN LÍNEA DE VUELO;INGENIERIA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
5	Método de desmontaje: Desmontajes de motores compatibles con disponibilidad de gatos.	Establecer un plan de necesidades de equipos de tierra, por programa. Revisar recursos compartidos.	MATERIALES PRODUCCIÓN INGENIERÍA DE PLANTA			6	Gestión y organización de herramientas y útiles.
6	Espera a personal de calibración (8 h) antes de desmontaje de cúpula.	Planificación, programación y seguimiento en conjunto . Panel visual.	PRODUCCIÓN;CONTROL PRODUCCIÓN	1 d	0,3%	2	Panel Visual.
7	Espera a entrada a pintura (128h): recurso compartido con EFA.	Planificación, programación y seguimiento en conjunto . Panel visual.	PRODUCCIÓN;CONTROL PRODUCCIÓN	12 d	3,7%	2	Panel Visual.
8	La interpretación de radiografías está en manos de un especialista.	Formación: matriz de polivalencias . <--> RECURSOS (INFO ACERCA DE REQUISITOS PARA IMPLANTARLO)	CALIDAD PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
9	Rayos X. La empresa subcontratada hace mal las placas y hay que repetir las.	Evaluación (impacto) y ESTANDARIZACIÓN del proceso.					#N/A
10	No se marcan prioridades en NDI. Se atiende a "quien más chilla".	Definir, en Inspecciones, un mapa de prioridades, de modo que siempre se empiece a inspeccionar la zona/programa con mayor probabilidad de extraer defectos mayores con material.=ESTANDARIZACIÓN	CALIDAD(NDI) INGENIERÍA CONTROL PRODUCCIÓN	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
11	Hay faltantes dentro de los kits (eléctricos y mecánicos) en Hangar.	Los kits deberían estar SUMINISTRADOS y REVISADOS al entrar el avión en el hangar (documentación y composición)	MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN			5	Gestión de faltantes de materiales. Distribución de materiales a taller.
12	Ineficiencias: 5-10% de pérdida de tiempo en búsqueda de herramientas (desmontajes)	5S's y Gestión Visual en cuarto de herramientas. Dedicado por programas.	PRODUCCIÓN MATERIALES	6 d	1,9%	6	Gestión y organización de herramientas y útiles.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
13	Herramientas almacenadas en un cuarto centralizado. El personal que lo gestiona no conoce bien las herramientas.	Formación. 5S's y Gestión Visual en cuarto de herramientas. Dedicado por programas.	MATERIALES INGENIERÍA DE PLANTA			6	Gestión y organización de herramientas y útiles.
14	Desequilibrio entre plantilla mecánica y eléctrica (desmontajes). Los eléctricos suelen ir adelantados a los mecánicos.	Formación: matriz de polivalencias. Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; CALIDAD; FORMACIÓN	12 d	3,7%	1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
15	Procedimientos desmontajes: penaliza un 10-15% los montajes posteriores. Bulones de amarre sin localizar, ...	ESTANDARIZACIÓN proceso desmontajes y almacenamiento posterior. Estanterías como en el EFA, con nº registro...	PRODUCCIÓN	3 d	0,9%	1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
16	Exceso de información en la introducción de datos en Pelicano (desmontajes eléctricos).	Estandarizar la información justa y necesaria para el tratamiento de defectos.	INGENIERÍA PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
17	Compatibilidad de desmontaje de tanques de combustible.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA	6 d	1,9%	1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
18	En desmontajes, variabilidad de recursos disponibles y secuencias diferentes en cada avión.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
19	Retrasos en Control Dimensional, Rayos X y NDI.	Definir, en Inspecciones, un mapa de prioridades, de modo que siempre se empiece a inspeccionar la zona en la cual exista más probabilidad de extraer defectos mayores con material. (Funcionamiento FIFO a Ingeniería) REVISIÓN PERIÓDICA DE LA PRIORIZACIÓN.	CALIDAD(NDI) INGENIERÍA	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
20	OOTT 239 y 208 pueden hacerse en paralelo. (Falta de recursos)	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
21	OOTT 234 y 178 pueden hacerse en paralelo. (Falta de recursos)	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
22	OOTT 173 y 243 pueden hacerse en paralelo. (Falta de recursos)	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
23	Inspección NDI: tiempo variable en función de los defectos encontrados.	Hay Estandarización??? Hay kits de reparación que han acotado el problema. ¿Implantar kit de reparación para todos los aviones?	INGENIERIA PRODUCCIÓN MATERIALES			7	Estandarización de reparaciones. Kit de reparación.
24	Inspecciones NDI trenes marca flujo: problemas frecuentes (aparición de defectos de segunda vuelta)	Panel visual. Definir, en Inspecciones, un mapa de prioridades, de modo que siempre se empiece a inspeccionar la zona en la cual exista más probabilidad de extraer defectos mayores con material.	PRODUCCIÓN; CONTROL PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	2	Panel Visual.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
25	Revisión de secuencia de tareas en Modificación eléctrica MLU y EW.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
26	Las pruebas de continuidad de MLU y EW se realizan de forma separada en el tiempo.	Consolidación de pruebas de continuidad eléctrica. Ruta única para comprobaciones. Se eliminan retrabajos.	INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
27	Variabilidad de tiempo de ejecución en montajes en función de la experiencia de los operarios.	Formación: matriz de polivalencias.	PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.
28	El montaje de tanques y ECS se realiza en serie.	Montaje de tanques de combustible y montajes ECS (zonas inferiores) se pueden realizar a la vez.<-->RRHH	PRODUCCIÓN; INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
29	Trabajos de pintura en hangar se realizan en fin de semana. Esperas??	Planificación, programación y seguimiento en conjunto (Unificar trabajos?). Revisar órdenes de trabajo. Panel visual.	PRODUCCIÓN; CONTROL PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	2	Panel Visual.
30	15% de retrabajos en Montaje ECS (fugas..).	Workshop para analizar las causas. Diagrama de espina de pescado.	PRODUCCIÓN			8	Análisis de los retrabajos en montaje ECS.
31	Junta autoconformable en montajes. Evitaría retrabajos en muchos registros.	Estudiar el proceso de montaje de la junta para garantizar que la cama queda sellada absorbiendo las dilataciones para evitar la aplicación de un cordón de sellado adicional.	INGENIERÍA PRODUCCIÓN			9	Junta autoconformable.
32	Problemas en el cierre de registros (no tienen claro qué registros deben ir cerrados o abiertos)-->Retrabajos en línea de Vuelo	Estandarizar proceso de cierre de registros. CALIDAD tiene proyecto en marcha	INGENIERÍA PRODUCCIÓN			10	Estandarización de cierre de registros.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
33	En preparación de pintura de trenes, si pasa más de 1 día, se ha de aplicar aceite (son 20 min. De aplicación)		INGENIERÍA			11	Mejora en el proceso de pintura.
34	Tiempo de secado.	Acondicionamiento de la nave y cabina de secado.(Proyecto en marcha?)	INGENIERÍA DE PLANTA INGENIERÍA PRODUCCIÓN			11	Mejora en el proceso de pintura.
35	Retrabajos en prueba de trenes.(impacto mínimo)	Workshop para analizar las causas. Diagrama de espina de pescado. Se ha cambiado gente (falta profesionalidad)	PRODUCCIÓN CALIDAD			15	Análisis de los retrabajos en pruebas y línea de vuelo.
36	En pruebas eléctricas MLU puede ser necesario equipamiento electrónico: necesidad de reposición (equipo de medida de Bus 1553, en proceso de compra?) Hay uno en poder del EFA, y está a punto de "reventar". Por otro lado un miliohmetro se pide otra división (CAP)	Verificar procesos de compras de estos equipos.	MATERIALES PRODUCCIÓN			15	Análisis de los retrabajos en pruebas y línea de vuelo.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
37	Retrabajos en línea de vuelo.	Workshop para analizar las causas. Diagrama de espina de pescado.	PRODUCCIÓN CALIDAD			15	Análisis de los retrabajos en pruebas y línea de vuelo.
38	Punto fijo: espera por recurso compartido con EFA.	Planificación, programación y seguimiento en conjunto. Panel visual.	PRODUCCIÓN;CONTROL PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	2	Panel Visual.
39	Punto fijo: límite para tener finalizadas las reparaciones.	Inclusión como hito de planificación (P2). Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN;INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
40	Pesada: sólo turno de mañana. Lo tiene que ver la INTECDEF, sólo hasta las 3:00						#N/A

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
41	MPT: Pedido desde fuera del sistema (Excel por mail). Se pierde la trazabilidad del pedido.	Establecer sistema de seguimiento de pedidos (no stock, stock nacional, Canarias...). Hasta que no se recibe el material no se sabe el P/N, por lo que se recurre al pedido ficticio en SAP con la mercancía en recepción.	MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	12	Mejora en la gestión de MPT.
42	MPT: EA revisa la entrada de pedidos cada 2 semanas	Aumentar cadencia (revisar semanalmente). Plantear medida a EA. Hacer notar beneficios tanto para EA como para EADS CASA.	MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN	5 d	1,6%	12	Mejora en la gestión de MPT.
43	MPT: No se comprueba el estado de los pedidos hasta el Power-On.	Establecer sistema de seguimiento de pedidos. ESTÁNDAR de seguimiento.	MATERIALES PRODUCCIÓN CONTROL DE PRODUCCIÓN	5 d	1,6%	12	Mejora en la gestión de MPT.
44	Control de Materiales: Tmedio de 15 d de reclamaciones en el 20% de los pedidos, además vuelta al ciclo de aprovisionamiento.	Evaluación continua de proveedores como en EFA	CONTROL DE PRODUCCIÓN MATERIALES			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
45	EW: Problemas de materiales fungibles (falta disponibilidad, desplazamientos para aprovisionar, esperas)	Racks dedicados de EW, stocks min.	INGENIERÍA MATERIALES			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.
46	SK4 Espera a tener 2 o tres aviones para hacerlo con la misma persona y aprovechar potingues. Sólo quedan 7 aviones.	Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado.	PRODUCCIÓN;INGENIERÍA			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
47	SK's Alto impacto desplazamientos aprovisionamiento de materiales, también en procesos especiales...	Los kits/materiales deberían estar SUMINISTRADOS y REVISADOS al entrar el avión en el hangar (documentación y composición). Calidad de Producto en Recepción	CONTROL DE PRODUCCIÓN MATERIALES			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.
48	Falta de Estandarización de Disposiciones	DB disposiciones	INGENIERÍA	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
49	No se apuntan las fechas de lanzamiento de órdenes	Estandarizar procedimiento de lanzamiento de órdenes.	PRODUCCIÓN			14	Mejora en la gestión documental (apertura y cierre de órdenes).
50	No se conoce el criterio para diferenciar entre defectos mayores y menores	Establecer criterio de Categorización del Defecto (Estándar). Funcionamiento de RP's(en ING. Y PROD.)!!	CALIDAD	30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.
51	Los trabajos completados se cierran por lotes tras varios días	Cerrar las órdenes cerradas diariamente, al cierre del turno. Introducir como tarea sistemática diaria. (Órdenes de 8 horas?)	PRODUCCIÓN CALIDAD			14	Mejora en la gestión documental (apertura y cierre de órdenes).
52	Cuarto de Herramientas no dedicado por programas. Pérdida de información al traspasar información de SPRINT a SAP.	5S's y Gestión Visual en cuarto de herramientas. Dedicado por programas.	MATERIALES INGENIERÍA DE PLANTA			6	Gestión y organización de herramientas y útiles.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
53	Carros de Herramientas mal diseñados, que provocan del 5 al 10% de desplazamientos para buscar útiles y herramientas de los carros más antiguos.	Revisar estándar de carros de herramientas para eliminar falta de herramientas y útiles de trabajo.	MATERIALES INGENIERÍA DE UTILLAJE PRODUCCIÓN CALIDAD			6	Gestión y organización de herramientas y útiles.
54	No hay herramientas específicas en LV y se incrementan los desplazamientos.	Dotar de un carro de herramientas propio a LV	MATERIALES INGENIERÍA DE UTILLAJE PRODUCCIÓN CALIDAD	1 d	0,3%	6	Gestión y organización de herramientas y útiles.
55	Evaluación repetitiva de los mismos defectos.	Identificación de reparaciones para estandarizar (modificaciones sistemáticas o contra stocks de seguridad kits de reparación)		30 d	9,3%	3	Mejora en la gestión y tratamiento de defectos.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
56	No se puede bajar el avion de gatos (PORQUE LOS REGISTROS SON ESTRUCTURALES), se olvida hacer insp. Seguridad, etc., como consecuencia de no hacer la junta autoconformable en Hangar, y se pierde control sobre la calidad del proceso. Esto se está detectando en cliente, que reporta una no conformidad.	Estandarización. Establecer un ritmo de trabajo "a pulsos", basado en el Takt Time. Revisión de secuencias de operaciones y equilibrado. ¿Establecer punto Q?(CALIDAD)	PRODUCCIÓN;CALIDAD			1	Secuenciación de tareas y equilibrado.
57	En Recepción, se generan pedidos ficticios cuando el material ha llegado para darles entrada. Los P/N no son fijos: hay varias referencias compatibles, por lo que se utilizan NSN (Nato Stock Number) para compatibilizar.	En Compras, generar pedido ficticio con NSN o referencias compatibles.	INGENIERÍA MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	12	Mejora en la gestión de MPT.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
58	MPT: Problema logístico	Implantar modelo logístico alemán: almacén dedicado en instalaciones EADS y gestionado por el EA.	MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN	10 d	3,1%	16	Implantar modelo logístico alemán: almacén dedicado en instalaciones EADS y gestionado por el EA.
59	No existe control de los materiales del almacén (obsoletos).	Regularización de almacén. Implantar modelo de gestión de almacén y posterior estandarización.	MATERIALES INGENIERÍA			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.
60	Albaranes sin programa de destino especificado.	Implantar modelo de gestión de almacén y posterior estandarización.	MATERIALES CONTROL DE PRODUCCIÓN			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.
61	Al identificar faltas de piezas en taller, no se transmite a Compras la cantidad necesaria. Compras realiza el pedido en función de históricos: no se pide la cantidad necesaria.	Mejorar el proceso de transmisión y gestión de la info. Considerar dimensionamiento de stocks.	CONTROL DE PRODUCCIÓN INGENIERÍA PRODUCCIÓN MATERIALES			5	Gestión de faltantes de materiales. Distribución de materiales a taller.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
62	LT de materiales de fabricación sin stock de MP, es dos meses superior al del resto.	Mejora del proceso de aprovisionamiento de materia prima para fabricación.	MATERIALES INGENIERÍA CONTROL DE PRODUCCIÓN			13	Mejora en la gestión de material de fabricación.
63	Gestión de RP's para categorización de Defectos. Se está perdiendo calidad por falta de responsabilización del personal implicado, y por jubilación de personal sin sustitución (desde el pdv de Calidad integrada)	Extender y garantizar la Calidad Integrada!!! (Proyecto en marcha???) Formación: matriz de polivalencias.	CALIDAD	0 d	0,0%	4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

Descripción de la mejora				Criterios de prioridad		Acción	
Id.	Problema / Oportunidad de mejora	Propuesta de acción de mejora	Area	Impacto sobre LT actual: 321 d		Id.	Denominación
				Tiempo (días)	%		
64	Pérdida de Know-How en procesos específicos de trabajo que requieren certificación y están en manos de personal próximo a la jubilación (cold working, shot peening, flap peening, taper lock o taladros cónicos, cold shrink, permaswage o reparación/intalación de tuberías por conformado de conductos, tratamientos de corrosión, etc...)	Formación: matriz de polivalencias.	FORMACIÓN CALIDAD PRODUCCIÓN	0 d	0,0%	4	Plan de formación. Matriz de polivalencias.
65	Control de Producción suministra repuestos sin ordenar la entrega a taller. Además, el material se despacha sin la orden de trabajo impresa. Producción debe buscar el material e imprimir la orden, introducir el material en otra bolsa y despacharlo definitivamente.	Picking previo en almacén. Despacho por avión. Inclusión de orden de trabajo.				5	Gestión de faltantes de materiales. Distribución de materiales a taller.

Tabla 6.5. Tabla resumen de las Oportunidades de Mejora identificadas en el Programa de MRO del Airbus A330. Fuente: Sisteplant.

ANEXO 14

EQUILIBRADO DE LAS TAREAS DEL PROGRAMA DE MRO DEL AIRBUS A330.