

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO
DE PRODUCCIÓN DE REVESTIMIENTOS
DE MOTORES DE AVIONES FABRICADOS
EN FIBRA DE CARBONO

Autor: José Manuel DÍAZ BOCARDO

Fecha: Octubre 2008





ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBJETO	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. ALCANCE	11
4. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	12
5. ANTECEDENTES	14
5.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	14
5.2. MATERIALES COMPUESTOS.....	15
5.2.1. Evolución de los Materiales Compuestos.....	15
5.2.2. Concepto de Material Compuesto	16
5.2.3. Clasificación.....	17
5.2.4. Ventajas e inconvenientes	19
5.2.5. Materiales Preimpregnados	20
5.2.5.1. Matrices de los materiales preimpregnados	23
5.2.6. Fibra de Carbono.....	23
5.2.7. Situación actual de los materiales compuestos.....	24
5.3. METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING	28
5.3.1. Historia	28
5.3.2. Objetivos	29
5.3.3. Principios.....	30
5.3.4. Los Siete Grandes Desperdicios.....	32
5.3.5. Herramientas	34
5.3.5.1. Value Stream Map (VSM)	34
5.3.5.2. Diagrama Causa-Efecto	35
5.3.5.3. Diagrama de Pareto	35
5.3.5.4. Justo a Tiempo	36
5.3.5.5. Calidad Total (TQM)	38
5.3.5.6. Mantenimiento Productivo Total	40
5.3.5.7. Programa de “5s”	41
6. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS REVESTIMIENTOS DEL AIRBUS A380-TRENT900	42
6.1. ZONAS EXISTENTES EN EL ÁREA DE MATERIALES COMPUESTOS.....	43
6.1.1. Área Limpia.....	43
6.1.2. Área Sucia o Taller Exterior.....	46
6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS REVESTIMIENTOS	47
6.2.1. Recepción de materiales	48
6.2.2. Atemperamiento del material refrigerado para formación de kit’s	51
6.2.3. Corte de telas para kit’s	52
6.2.4. Preparación de kit’s	54

6.2.5.	Fabricación de elementos	54
6.2.5.1.	Laminado de larguerillos rigidizadores longitudinales y rigidizadores transversales	55
6.2.5.2.	Laminado automático en Fiber Placement	59
6.2.5.3.	Fabricación de la bolsa de vacío/curado	64
6.2.5.4.	Fabricación de la placa para probetas de validación de laminados	74
6.2.6.	Curado en Autoclave	78
6.2.7.	Desmoldeo de elementos tras curado	85
6.2.8.	Taladrado de pieles y rigidizadores transversales	86
6.2.9.	Limpieza de útiles	87
6.2.10.	Ensayo de probetas para validar elementos	90
6.2.10.1.	Procedimiento de ensayo	91
6.2.11.	Montaje de conjuntos	95
6.2.12.	Inspección Final	95
6.2.12.1.	Tipos de inspección	95
6.2.12.2.	Modos de acoplamiento	98
6.2.12.3.	Proceso de inspección	99
6.2.12.4.	Ventajas del ensayo por ultrasonidos	100
6.2.13.	Reparaciones	101
6.2.14.	Expedición de elementos terminados	101
7.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL	103
7.1.	VALUE STREAM MAP (VSM): MAPA DE LA CADENA DE VALOR....	103
7.2.	DIAGRAMAS DE PARETO	109
7.2.1.	Análisis de resultados	109
7.3.	VALORACIÓN DE ENCUESTAS DE INFORMACIÓN	111
7.4.	BRAINSTORMING Y DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO	113
7.5.	MONITORIZACIÓN DE PARADAS EN MÁQUINAS (OEE)	117
7.6.	DIAGNÓSTICO GENERAL	121
7.6.1.	Orden y Limpieza	121
7.6.2.	Mantenimiento	122
7.6.3.	Gestión Visual	122
7.6.4.	Máquinas	122
7.6.5.	Formación	122
7.6.6.	Gestión de proveedores	123
8.	MEJORAS PROPUESTAS	124
8.1.	FORMACIÓN	126
8.1.1.	Implantación de un Plan de Formación	126
8.2.	METODOLOGÍA 5'S	140
8.2.1.	Implantación del 5'S	140
8.2.1.1.	Implantación de la Primera "S": DESPEJAR	149
8.2.1.2.	Implantación de la Segunda "S": ORDEN	157
8.2.1.3.	Implantación de la Tercera "S": LIMPIEZA	193
8.2.1.4.	Implantación de la Cuarta "S": ESTANDARIZACIÓN.....	200
8.2.1.5.	Implantación de la Quinta "S": AUTODISCIPLINA	204
8.2.2.	Implantación de la Gestión Visual mediante Metodología 5'S	206

8.2.3.	Implantación de la Gestión Visual mediante Paneles de Seguimiento...	211
8.3.	MANTENIMIENTO.....	230
8.3.1.	Implantación de un Sistema de Monitorización de Máquinas (OEE)	230
8.3.2.	Implantación de un Sistema de Mantenimiento Planificado	251
8.3.3.	Implantación de un Sistema de Mantenimiento Autónomo	263
8.3.4.	Ampliación del sistema informático de gestión de mantenimiento.....	277
8.3.5.	Habilitar Comunicación entre Operarios de máquinas y mantenimiento de la empresa o de la empresa externa	282
8.4.	LOGÍSTICA.....	285
8.4.1.	Relación Proveedor-Empresa	285
8.4.2.	Comunicación con Proveedores	291
8.5.	FLEXIBILIDAD Y REACTIVIDAD EN PRODUCCIÓN.....	294
8.5.1.	SMED.....	294
	8.5.1.1. Aplicación de técnica SMED a máquina Autoclave y Fiber Placement	298
	8.5.1.2. Mejora en el tiempo de cambio de material por sustitución de sistema de apriete.....	312
	8.5.1.3. Cambio de tornillería de la máquina	315
8.6.	ESTANDARIZACIÓN.....	317
8.6.1.	Estandarización de Operaciones.....	317
8.7.	GESTIÓN DE CALIDAD	324
8.7.1.	Poka-yokes	324
	8.7.1.1. Corte de telas.....	324
	8.7.1.2. Autoclave	328
8.8.	MAQUINARIA	330
8.8.1.	Sistema de Transferencia de Puentes Grúa	330
8.8.2.	Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por información de la materia prima.....	339
8.8.3.	Independizar estaciones de Trabajo de Fiber Placement nº 1 y nº 2	345
8.8.4.	Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por atasco de cabezal compactador	351
	8.8.4.1. Cambio del compactador.....	351
	8.8.4.2. Cambio del material superficial del compactador.....	352
	8.8.4.3. Sistema automático de retirada de material al producirse una parada	353
	8.8.4.4. Colocación de sensores que adviertan de la adherencia de material en el compactador	355
8.8.5.	Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por carga de material	358
8.8.6.	Sincronización de PEAU para pieles en Fiber Placement.....	361
8.8.7.	Reparación combinada de revestimientos	368
8.8.8.	Sistema mecánico para desmoldeo de pieles.....	374
8.8.9.	Optimización del uso del Autoclave.....	377
8.8.10.	Sistema de alerta ante situaciones de fallos (ANDON).....	381
8.9.	SEGURIDAD.....	384
8.9.1.	Implantación de un sistema de protección para personas en máquinas..	384

9. CONCLUSIONES GENERALES	391
9.1. LEAD TIME	391
9.2. HNC'S (HOJAS DE NO CONFORMIDAD).....	393
9.3. TIEMPO DE PARADA DE MÁQUINAS	395
10. PRESUPUESTO	397
11. ANEXOS	413
ANEXO I. GRÁFICAS OEE	413
ANEXO II. HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	425
ANEXO III. CURSOS LEAN MANUFACTURING.....	477
ANEXO IV. PLIEGO DE CONDICIONES	501
ANEXO V. INSTRUCCIONES TÉCNICAS	517
12. GLOSARIO	541
13. NORMATIVA	545
13.1. NORMATIVA AERONÁUTICA	545
13.2. LEGISLACIÓN EN SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL	547
13.3. LEGISLACIÓN EN SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	548
13.4. LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	549
14. BIBLIOGRAFÍA	550

1. OBJETO

El objeto de este Proyecto Fin de Carrera se basa en la aplicación de la Metodología Lean Manufacturing para la Optimización del Proceso de Producción de Materiales Compuestos, concretamente el destinado a los revestimientos de los motores del avión A380.

Para ello se propondrá un plan viable de posibles mejoras, de las cuales algunas ya han sido implantadas durante la ejecución de este Proyecto Fin de Carrera, y otras se encuentran en proceso de implantación. Las mejoras planteadas surgieron del análisis de la situación inicial que presentaba el Área de Materiales Compuestos de la factoría y de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las herramientas de la Metodología Lean Manufacturing. La aplicación de estos elementos debe llevar a conseguir un cambio en la filosofía de la organización, buscando en todo momento la mejora continua del proceso y para ello implicar a toda la plantilla.

De esta forma, se pretende reducir, en la medida de lo posible, los desperdicios que tienen lugar en la producción, esto es eliminar todas aquellas actividades que no aporten valor al producto: averías, mermas, reprocesos, etc.

Los resultados se hacen evidentes comprobando la disminución del Lead Time del Proceso, con la consiguiente reducción de los retrasos en entregas. También se consigue reducir costes, mediante el aumento de la eficacia productiva en máquinas.

El fin principal es obtener la mejora de la productividad del proceso, lo que conllevará la máxima satisfacción del cliente.

2. JUSTIFICACIÓN

La fibra de carbono se trata de un material ligero de propiedades mecánicas elevadas, de gran resistencia a agentes externos y a la variación de temperatura, lo que lo ha convertido en referente de la industria aeronáutica mundial actual, ya que las partes o piezas del avión fabricadas en este material pesan menos y son más resistentes que si se realizan en chapas o metales.

Las mejoras que se han hecho en las tecnologías de fabricación de los materiales compuestos en la última década han sido de gran efecto. Se han implantado máquinas con gran nivel de automatización y garantía de calidad de proceso. Como consecuencia de esto, el costo de fabricación de los “composites” es superior al de los materiales tradicionales como el acero o el aluminio (de 3 €/kg a 38 €/kg, según las prestaciones requeridas para los materiales compuestos y entre 1,5 €/kg y 5 €/kg para los materiales más tradicionales). Sin embargo, ahorrando piezas de enlace y mecanización, las ventajas de los materiales compuestos pueden valorizarse en términos de beneficios.

Pero no sólo basta con esto, dado que es condición indispensable que las plantas dedicadas a esta actividad en el sector aeronáutico sean extremadamente eficientes como fabricantes, dado que se trata de un sector altamente competitivo. Para conseguir esta eficiencia, las empresas se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos al objeto de alcanzar la competitividad con la que afrontar los retos de los mercados actuales, respondiendo a lo que se les exige: flexibilidad, alta calidad y bajo coste.

Para poder llevar a cabo esto y realizar un salto radical en fabricación es aplicar lo que se conoce como metodología “Lean Manufacturing”. La aplicación de esta metodología mediante una serie de herramientas, es de gran utilidad en el sentido de que, el dinero ahorrado por una producción eficiente a bajo costo se emplearía en innovación.

La aplicación de esta filosofía permite a la empresa trabajar en una política de mejora continua para así, competir en un entorno muy cambiante, luchando siempre por mantener unos requisitos de calidad en sus productos y servicios superiores a los de la competencia.

3. ALCANCE

El presente Proyecto Fin de Carrera se aplica al proceso de fabricación de los revestimientos de los motores del Avión A380, el cual se lleva a cabo dentro del Área de Materiales Compuestos de la factoría Bahía de Cádiz (El Puerto de Santa María).

Dicho Proyecto se enmarca dentro de la política de mejora continua de la empresa, abarcando la detección de las oportunidades de mejora del mencionado proceso productivo.

Ello se lleva a cabo mediante la aplicación de las diferentes herramientas que posee la metodología Lean Manufacturing; así como la implementación de las mismas. Para ello se realiza una descripción de la situación previa de cada uno de los problemas detectados; así como la situación final, una vez aplicadas las propuestas de mejora.

4. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El Área de Materiales Compuestos se ubica en el Parque Industrial Bahía de Cádiz, perteneciente al término municipal de El Puerto de Santa María, en la provincia de Cádiz.



IMAGEN 1. Detalle del Parque Industrial Bahía de Cádiz

Dicho Parque Industrial está situado en la carretera de El Puerto de Santa María a Sanlúcar de Barrameda, Km 7,5; en el cruce con la autovía de Jerez a Rota. Concretamente se encuentra en la zona norte de la Bahía de Cádiz, cerca del aeropuerto, en el extrarradio de El Puerto de Santa María. Le separa del núcleo urbano el campo de golf y su zona residencial.

En la siguiente imagen se indica la localización del complejo donde se ubica la factoría:

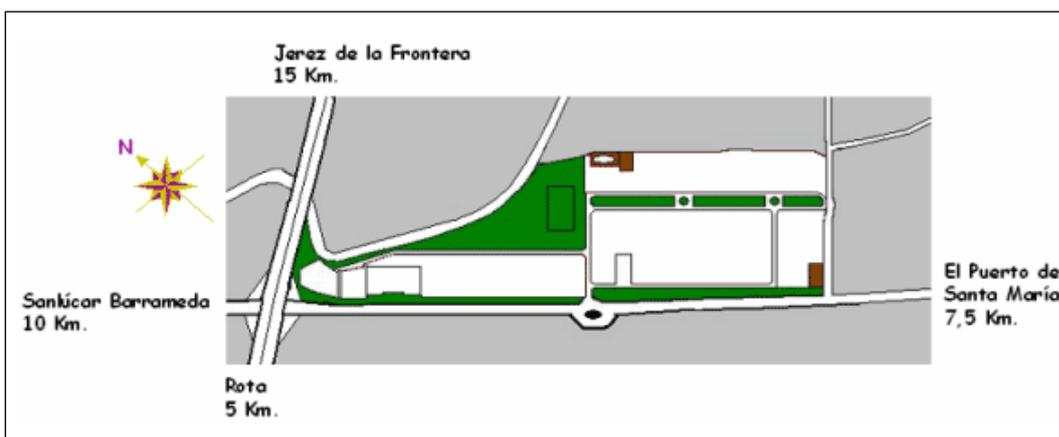


IMAGEN 2. Situación del Parque Industrial Bahía de Cádiz

Este complejo cuenta con 50 Ha. repartidas en diferentes usos. Actualmente, el suelo calificado urbanísticamente como industrial cuenta con 30 Ha., al cual se le suma las instalaciones anexas de la empresa automovilística Cádiz Electrónica S.L. en el extremo norte.

El Parque Industrial Bahía de Cádiz consta de cuatro manzanas, tres de ellas industriales (en oro en el gráfico) y una cuarta, en su extremo sur (de azul y oro en el gráfico), de usos mixtos

industriales, comerciales, de servicios y deportivos, que es donde se pretende ubicar el Complejo Centro de Empresas e Incubadora de Empresas. La zona marcada en el gráfico de marrón es la correspondiente a la Subestación de Endesa.

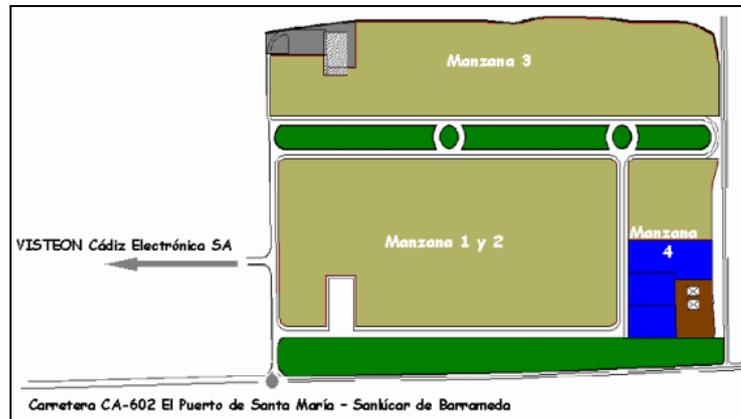


IMAGEN 3. Detalle de las manzanas del complejo industrial

La zona central del Parque Industrial se encuentra ocupada por la factoría, correspondiendo con las manzanas 1 y 2, según el gráfico anterior.

El Centro cuenta con una superficie total de 78.840 metros cuadrados de los que 34.947 son cubiertos.

Este centro de producción, está formado por tres grandes áreas, cada una de ellas dedicadas a las siguientes actividades:

- Chapistería.
- Conformado Superplástico.
- Materiales Compuestos.

En el siguiente plano de distribución en planta de la factoría se observa el emplazamiento del Área de Materiales Compuestos, objeto del presente Proyecto Fin de Carrera.

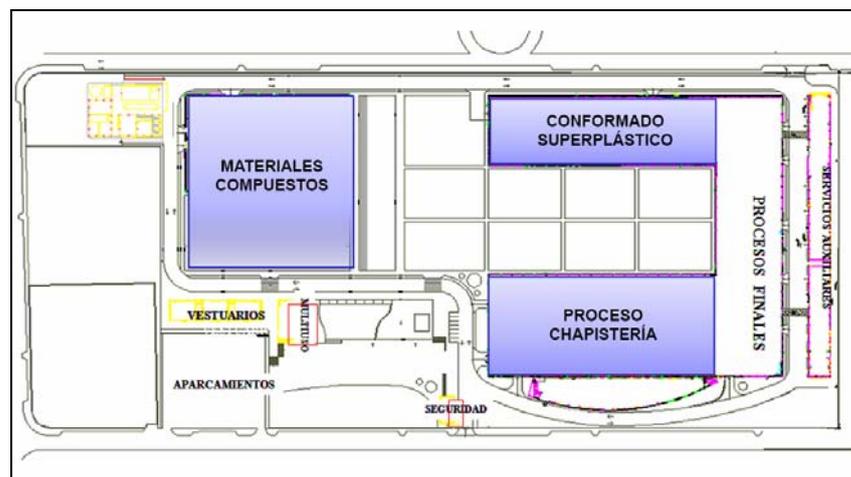


IMAGEN 4. Distribución en Planta del Centro

5. ANTECEDENTES

5.1. Antecedentes de la Empresa

Los orígenes de la planta se remontan a 1927, cuando se construyó la planta de Construcciones Aeronáuticas en Puntales, en Cádiz, para la construcción del hidroplano Do J Wal. Esta planta fue referencia de la industria aeronáutica española a lo largo de su historia. Allí se construyeron aviones como los Vickers Vildebeest o las Bücker 131.

Hace unos años la empresa decide abordar la tecnología de fibra de carbono, por lo que a partir del año 2001, se inicia la construcción de un moderno centro de producción en el Parque Tecnológico Bahía de Cádiz, en El Puerto de Santa María, que sustituyó a la planta de Puntales. Esta nueva planta se especializó en Chapistería, Conformado Superplástico y Tecnología Fiber Placement.

Este traslado supuso una importante inversión en maquinaria y el rediseño de todos los procesos productivos de la planta, con el fin de optimizar recursos y eliminar tiempos muertos.

Para fibra de carbono se instaló inicialmente una nave de unos 5.500 m², que se amplió hasta alcanzar unos 10.000 m². El objetivo de esta ampliación fue poder abordar nuevos productos y, especialmente, los recubrimientos de los motores (Fan-Cowls) del A380 y las carenas del A400M, que se realizan íntegramente en esta planta. En esta factoría se realizan también en materiales compuestos los recubrimientos de los motores de los Airbus A330 y A340, entre otras piezas.

Esta planta engloba tres tecnologías de producción:

- Chapistería.
- Conformado Superplástico y soldadura por difusión.
- Tecnología Fiber Placement o fibra de carbono.

- **Chapistería**

El proceso de Chapistería consiste en la fabricación de piezas, de configuraciones muy diversas y con tamaño de hasta 3,6 m, a partir de chapas de poco espesor en aleaciones de aluminio, titanio y acero.

Se realiza a través del conformado de piezas en prensas de célula de fluidos a muy alta presión y en plegadoras, finalizando con el tratamiento superficial contra la corrosión y la pintura correspondiente.

- **Conformado Superplástico**

El Conformado Superplástico es un proceso que consiste en aprovechar las características de superplasticidad de ciertas aleaciones de titanio que a alta temperatura y presión pueden tener grandes elongaciones sin romperse y que junto a la Soldadura por Difusión permiten fabricar componentes complejos.

- ***Fiber Placement***

Fiber Placement es una tecnología que automatiza el posicionamiento de fibra de carbono u otros materiales en forma de mechas a través de una máquina que puede colocar simultáneamente hasta 32 mechas.

El Área de fibra de carbono de la planta del Puerto de Santa María cuenta con dos áreas bien diferenciadas, la zona industrial y la sala limpia. Todas las factorías donde se fabrica este tipo de fibra deben contar con estas dos áreas separadas, ya que la fibra de carbono debe colocarse siempre en la llamada “sala limpia”, que es un espacio aislado herméticamente y donde no puede entrar ningún tipo de suciedad. La zona industrial es donde se encuentra el autoclave y donde se manipulan las piezas una vez “curadas”. La planta sólo cuenta con un autoclave, aunque su gran tamaño permite fabricar piezas de hasta 11,5 m de largo por 5,5 m de diámetro.

Las tres tecnologías abarcan programas de las distintas familias de Airbus, de Eurofighter, de Aviones de Transporte Militar y de colaboraciones con otros fabricantes.

5.2. Materiales Compuestos

5.2.1. Evolución de los Materiales Compuestos

La utilización de materiales compuestos ha experimentado una evolución enorme. A continuación se muestran los principales avances conseguidos en este campo:

- En el siglo pasado se desarrolló el hormigón armado.
- En los años 20, los tejidos de los entelados de las superficies sustentadoras de los aviones, se reforzaban con barnices celulósicos que tensaban las telas de las alas de los aeromodelos.
- En los años 30 aparecen los materiales fenólicos reforzados con tejidos, con los que se construían engranajes, resistentes a altas temperaturas.
- En los años 40 aparecen los primeros poliésteres reforzados con fibras de vidrio, lo que significó el primer paso espectacular en la aplicación de plásticos reforzados.

En Estados Unidos durante 1941, se iniciaron los estudios necesarios a fin de incorporar los materiales plásticos y los plásticos reforzados en la construcción de aviones. La estructura sándwich consistía en un núcleo de madera de balsa recubierto de fibra de vidrio impregnada en resina de poliéster.

En 1944 se inició el desarrollo y fabricación de un ala prototipo, a base de paneles de estructura sándwich con fibras de vidrio y resina de poliéster. Aunque estos paneles resultaron más pesados que los convencionales de aluminio, la carga fue sustancialmente más alta, con lo que se logró aumentar la relación resistencia/peso en un 13%.

- Con la comercialización de las resinas epoxies en los años 50, se dio un gran paso en el desarrollo de los materiales compuestos, ya que esta nueva familia de resinas daba a los materiales compuestos no solo una mejor resistencia a la humedad y a los agentes ambientales, sino también unas mejores características frente a altas temperaturas.

En 1955 aparece en el mercado el avión ligero de cuatro plazas, “Taylor Craft Model 20”, que se caracterizó por el uso masivo de plásticos reforzados, en alas, capots de motores, puertas, asientos, tanque de combustible y revestimientos de fuselaje. El águila I de Windecker, 1960, tiene la distinción de ser el primer avión realizado todo en materiales compuestos (vidrio-epoxy).

En 1958 se inicia un programa de investigación para el uso de los plásticos reforzados en la construcción de estructuras primarias para aviones. Al año siguiente se lanzó el primer prototipo de un biplaza ligero producido íntegramente a base de fibras de vidrio con resina fenólica.

Al final de esta década, aparecen las primeras fibras de carbono, obtenidas del precursor rayón (1958) y las fibras de boro (1959). Ambas fibras van a dar paso a la denominada segunda evolución de los composites.

La investigación sobre el desarrollo de estos nuevos materiales continuó siendo prolífica y en los años 60 aparecen las fibras de boro y en los años 70 el kevlar.

Todos estos avances han desembocado en los actuales materiales compuestos, fabricados con la más alta tecnología y que soportan las condiciones de servicio más externas, a menudo, reduciendo el peso y el volumen de material necesario. Es por eso que la aeronáutica ha hecho de ellos un elemento imprescindible y clave en el actual diseño y fabricación de aeronaves.

5.2.2. *Concepto de Material Compuesto*

Se considera un material compuesto a aquel que cumple las siguientes condiciones:

- Está formado por dos o más fases o constituyentes que difieren física y/o químicamente, dispuestos de forma adecuada y que son esencialmente insolubles entre sí.
- Sus propiedades superan las de los constituyentes por separado o adquieren otras que por sí solos no poseen. En ello radica la importancia de los materiales compuestos para la ingeniería.

Las fases que forman los materiales compuestos son fundamentalmente dos:

- Matriz o sustento: es continua y rodea a la otra fase. En los compuestos aeronáuticos la matriz es una resina que tiene como misión embeber las fibras para proporcionarles rigidez.
- Fase dispersa o refuerzo: está inmerso en la matriz y que tienen como principal función transmitir las cargas a las que está sometido el compuesto en todas direcciones.

En la siguiente tabla se indican los materiales de refuerzo y de matriz que en la actualidad se encuentran en producción o desarrollo.

MATERIALES DE REFUERZO	MATERIALES DE MATRIZ
<ul style="list-style-type: none"> · Fibras Orgánicas (Nylon, poliéster...). · Fibras de vidrio. · Fibras Kevlar. · Fibras Carbono. · Fibras Boro. · Fibras Cerámicas. · Fibras Carburo de Silicio. · Fibras Alúmina. · Fibras Cuarzo. · Fibras Metálicas. 	<ul style="list-style-type: none"> · Matriz Polímera Termoestable (Fenólica, Epoxi, Poliéster...). · Matriz Polímera Termoplástica (Policarbonato, Poliéster...). · Matriz Polímera de altas características y temperatura (Pee, PPS, PEI...). · Matriz Metálica (Níquel, Titanio, Aluminio...). · Matriz Cerámica (Vidrio, Sílice...). · Matriz Carbón.

TABLA 1. Materiales de refuerzo y de matriz

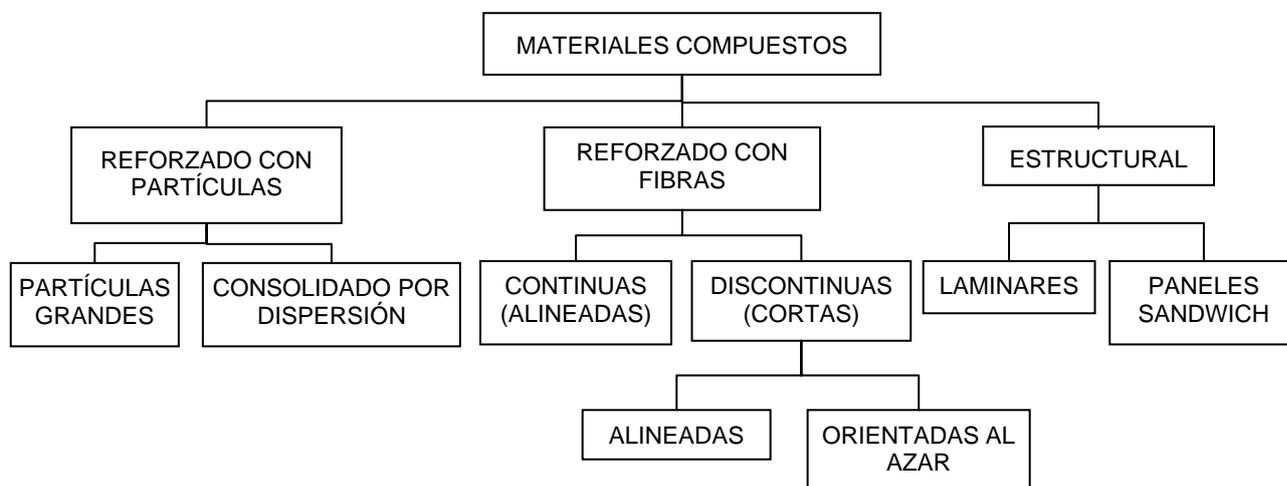
Las propiedades de los materiales compuestos están básicamente influenciadas por:

- Las propiedades de las fases constituyentes.
- Las proporciones relativas de dichas fases.
- La geometría de las fases dispersas, entendiendo esto como la forma, el tamaño, la distribución y la orientación de los refuerzos.

Los refuerzos proporcionan las propiedades mecánicas, es decir, soportan las cargas dependiendo de su textura, orientación proporción en volumen. La matriz, transmite las cargas aplicadas de una fibra a otra, mantiene las fibras en las direcciones fijadas y rellena los espacios entre ellas.

5.2.3. Clasificación

Según el tipo de refuerzo que está embebido en la matriz (fibras, partículas o estructurales), los materiales compuestos se pueden clasificar como se muestra en el siguiente esquema:



A continuación se van a describir los dos tipos más utilizados en la industria aeronáutica que corresponden a los materiales compuestos estructurales:

- **Laminares.**

Los materiales compuestos laminares constan de láminas o paneles que tienen una dirección preferente con elevada resistencia. Las capas se apilan y luego se pegan entre sí, de modo que la orientación de la dirección de elevada resistencia varía en cada una de las sucesivas capas. Así, un material compuesto laminar es relativamente resistente en varias direcciones del plano bidimensional.

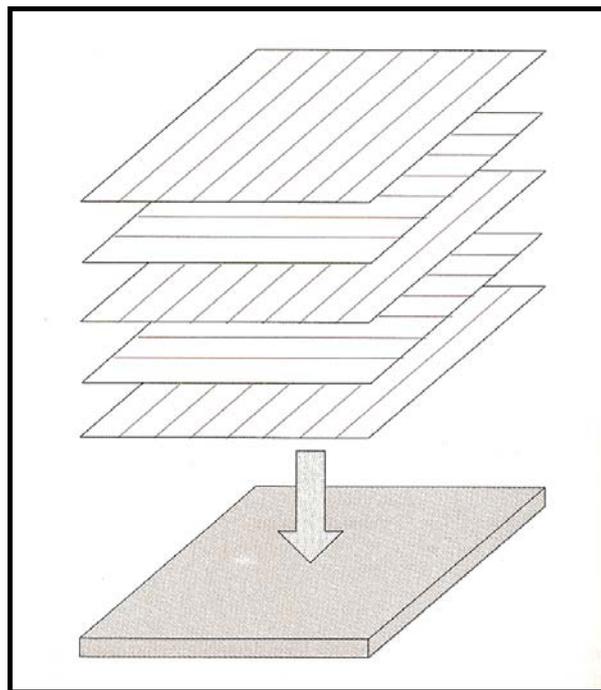


IMAGEN 5. Apilamiento de capas reforzadas en sucesivas orientaciones

- **Paneles Sandwich.**

Los paneles sandwich se consideran un tipo de materiales compuestos estructurales y consisten en dos láminas externas fuertes, separadas por una capa de material menos denso, o núcleo, que tiene baja rigidez y baja resistencia. Las caras resisten la mayor parte de las cargas en el plano, y también cualquier esfuerzo de flexión transversal.

Estructuralmente, el núcleo tiene dos funciones:

- Separa las caras y resiste la deformación perpendicular al plano de la cara.
- Aporta cierto grado de resistencia a la cizalladura a lo largo de los planos perpendiculares a las caras.

Un tipo de núcleo muy utilizado consiste en una estructura en panal, que consiste en delgadas láminas dispuestas en forma de celdillas hexagonales trabadas con sus ejes

perpendiculares a los planos de las caras. El material del panel puede ser similar al de las caras.

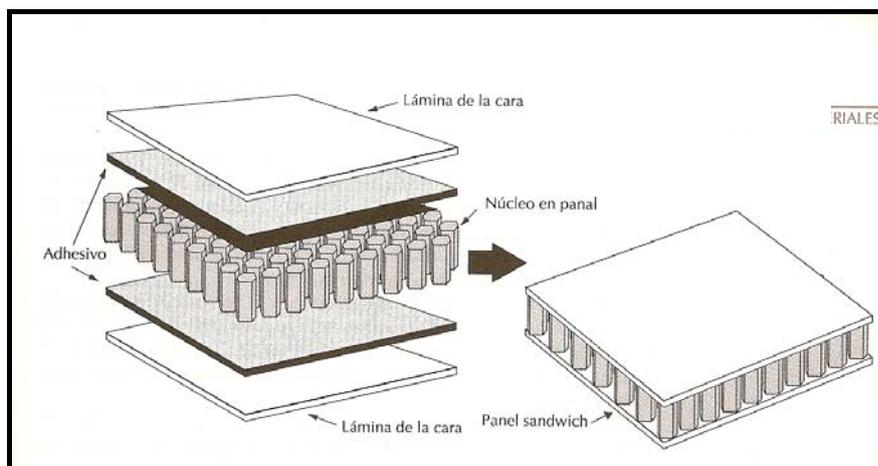


IMAGEN 6. Apilamiento de capas reforzadas en sucesivas orientaciones

5.2.4. Ventajas e inconvenientes

Las ventajas de los materiales compuestos residen fundamentalmente en sus propiedades:

- Gran resistencia.
- Baja densidad (poca masa por unidad de volumen).
- Posibilidad de fabricar piezas complejas. Esto se traduce en la flexibilidad en el diseño. Esto significa la posibilidad, en un principio, de diseñar y fabricar el material según las especificaciones concretas exigidas. Esta posibilidad es mucho más importante de lo que en un principio podría parecer, ya que implica que, partiendo del diseño más eficiente (una estructura aeroespacial, un automóvil, el casco de un barco o un motor eléctrico), se puede fabricar el material que permita construir dicho dispositivo.
- Economía de fabricación. Todas las partes metálicas se pueden reemplazar por una única sección equivalente de material compuesto.
- No conducen la electricidad.
- Gran resistencia a la fatiga.
- Buenos amortiguadores de vibraciones.
- Ausencia de corrosión. Los composites no se oxidan el acero y aluminio se oxida ante la presencia de agua ya aire, y precisan de un cuidado especial, siendo obligado el uso de pinturas protectoras.
- Los materiales compuestos tienen un alto módulo elástico. Tiene un módulo más elevado que el acero y sólo pesan una quinta parte que este.
- El acero entra en fatiga cuando se le somete al 50% de su resistencia a tracción. Los composites no muestran fatiga hasta, como mínimo, el 90% de su resistencia a tracción.

La siguiente imagen compara de forma ilustrativa las propiedades de los materiales compuestos con la de otros dos monolíticos de amplia utilización como son el acero y el aluminio. De estos datos, se deduce las importantes posibilidades de mejora que pueden

obtenerse, sobre los materiales convencionales, lo que justifica el importante esfuerzo de investigación y desarrollo que aún hoy en día se está realizando en el campo de los materiales compuestos.

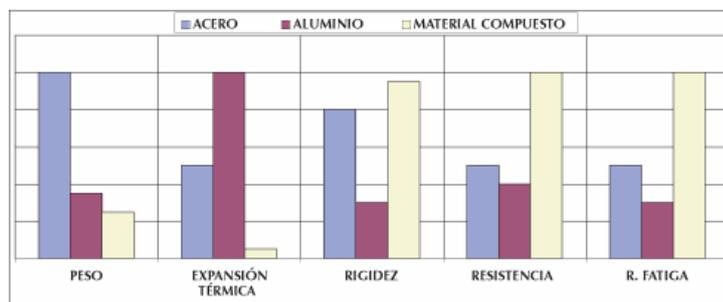


IMAGEN 7. Comparación relativa de propiedades básicas entre materiales

En cuanto a los inconvenientes de los materiales compuestos, se presentan los siguientes:

- Alto precio de las materias primas.
- Procesos muy manuales.
- Altos requerimientos de calidad.
- Alto número de rechazos.
- Fabricación unitaria.
- Condiciones muy especiales en su manipulación.

5.2.5. *Materiales Preimpregnados*

Los materiales preimpregnados se utilizan en la industria de los materiales compuestos para referirse a fibras continuas impregnadas previamente con una resina polimérica parcialmente curada. Este material se entrega a los usuarios en forma de cinta, los cuales moldean y curan totalmente el producto sin necesidad de añadir ninguna resina. Probablemente es el material compuesto más extensamente utilizado para aplicaciones estructurales, utilizados en la industria aeronáutica.

Para la matriz se utilizan resinas termoestables ó termoplásticas y el material de refuerzo son fibras de carbono, vidrio o de aramida.

La fabricación comienza con la aplicación de la cinta de preimpregnando sobre las superficies que actúan como molde. El número de capas que se aplica es el necesario para obtener el espesor deseado. La orientación de las fibras en las capas puede ser unidireccional pero generalmente la orientación de las capas se alterna para conseguir capas perpendiculares o multidireccionales. El curado final se logra aplicando simultáneamente calor y presión.

El proceso de aplicación de capas de preimpregnados se realiza manual o automáticamente:

- *Manual*. El operario corta cintas de longitudes adecuadas y las coloca en la superficie de la matriz en la orientación deseada.

- *Automático*. Las cintas se cortan con máquinas que luego las trasladan y colocan automáticamente en la matriz. La automatización es esencial para que las aplicaciones de muchos materiales compuestos sean rentables.

Los materiales preimpregnados pueden presentarse en forma de cintas unidireccionales o tejidos:

► Cintas unidireccionales :

- Consisten en una serie de hebras de fibras continuas, orientadas en una sola dirección. Cada hilo está constituido por un número determinado de filamentos (en el caso de fibras de carbono puede variar entre 1000 y 24000 filamentos).
- Las propiedades mecánicas son función, principalmente, de la dirección de la fibra, obteniéndose propiedades muy altas en la dirección de ella. Debido a la rigidez de la fibra son difíciles de trabajar/manejar en estructuras con formas geométricas complicadas.
- Se suministran en forma de rollos de pesos y anchuras variables.

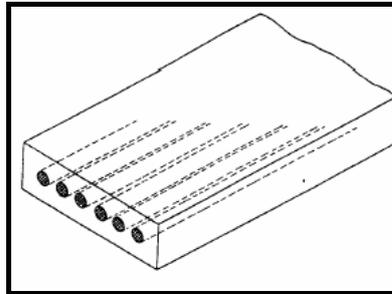


IMAGEN 8. Cinta unidireccional

► Tejidos

- Los tejidos resultan de entrelazar los hilos en dos direcciones perpendiculares (trama y urdimbre). Como en el caso de las cintas, cada hilo está constituido por un número determinado de filamentos.

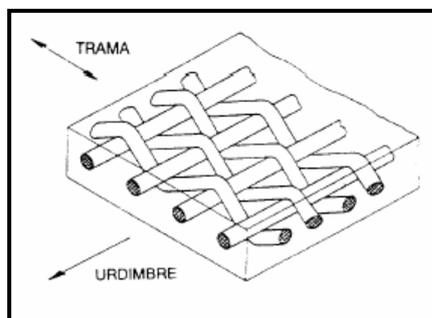


IMAGEN 9. Tejido bidireccional

- Las propiedades mecánicas vienen dirigidas principalmente por las direcciones de trama y urdimbre. De forma general tienen propiedades mecánicas más bajas que las cintas (en dirección de la fibra), pero son más fáciles de manejar y de trabajar sobre todo en estructuras complejas con curvaturas complicadas.
- Se suministran en forma de rollos de peso y anchuras variables.
- Los tipos de tejido más utilizados son los siguientes, los cuales se muestran en la imagen:
 - Tafetán o tejido plano
 - Sarga o 2x2 twill
 - Satén de puntada 5
 - Satén de puntada 8

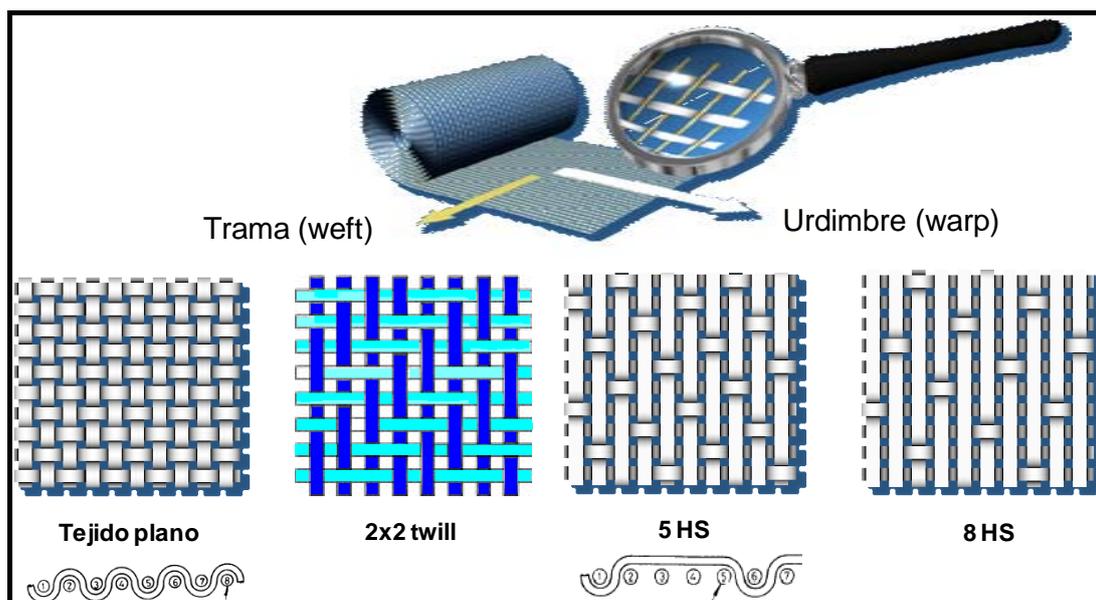


IMAGEN 10. Tipos de tejido de material preimpregnado

En la siguiente tabla se muestra una comparativa entre diferentes tipos de tejidos y cintas de materiales preimpregnados:

Propiedad	Tejido Plano	Tejido 2x2 twill	Tejido Saten	Cintas
Estabilidad	●●●●	●●●	●●	●
Adaptabilidad	●●	●●●●	●●●●●	●
Nivel de porosidad	●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●
Balance	●●●●	●●●●	●●	●●●●●
Resistencia a impacto	●●●●	●●●	●●	●

Donde: ●●●● Excelente ●●● Aceptable ● Muy pobre
 ●●●● Buena ●● Pobre

TABLA 2. Comparativa de propiedades de materiales preimpregnados

5.2.5.1. Matrices de los materiales preimpregnados

Como se ha comentado anteriormente, para la matriz se utilizan resinas termoestables ó termoplásticas.

Las resinas termoestables son plásticos que curados por calor, u otros medios, se transforman en un producto infusible e insoluble. Son los más usados en los composites estructurales. Su mayor ventaja es que tienen una viscosidad muy baja, y se pueden introducir en las fibras a baja presión.

Las resinas termoplásticas son capaces de ser ablandadas repetidas veces por acción del calor, y endurecido por enfriamiento. Se pueden reciclar con facilidad, lo cual es muy importante en el sector del automóvil. Su resistencia al impacto es excelente. Aportan la ventaja de que el moldeo no es isotérmico, es decir, el plástico caliente y fundido se introduce en el molde frío, y así se logran ciclos muy cortos en tiempo.

A continuación se muestra una comparativa de los dos tipos de matrices en materiales compuestos preimpregnados:

MATRICES DE MATERIALES PREIMPREGNADOS	
RESINAS TERMOESTABLES	RESINAS TERMOPLÁSTICAS
- Polímero constituido por macromoléculas reticuladas.	- Polímero constituido por macromoléculas lineales o poco ramificadas.
- Tiempo de vida limitado (antes de la polimerización).	- Tiempo de vida ilimitado.
- Se descomponen al fundir.	- Funden sin descomponerse.
- Proceso de curado químico irreversible.	- Proceso de conformado físico reversible.
- No retroprocesables.	- Retroprocesables.
- Alto costo de fabricación.	- Bajo costo de fabricación.

TABLA 3. Matrices de materiales preimpregnados

5.2.6. Fibra de Carbono

La fibra de carbono es un material compuesto no metálico de tipo polimérico. Está formado por tiras de fibra de carbono que están impregnadas con una resina, lo que hace se trate de un material bastante caro, ya que tiene una vida útil limitada que suele rondar los 20 días. Esto conlleva también que su conservación sea complicada, puesto que debe mantenerse a una temperatura media de unos 24 grados bajo cero.

Se trata de un material ligero de propiedades mecánicas elevadas, de gran resistencia a agentes externos y a las variaciones de temperatura, lo que lo ha convertido en referente de la industria aeronáutica mundial actual, ya que las partes o piezas del avión fabricadas en este material pesan menos y son más resistentes que si se realizan en chapas o metales.

Otras propiedades muy apreciables en la fibra de carbono son la resistencia a la corrosión, al fuego e inercia química y la conductividad eléctrica. Ante variaciones de temperatura conserva su forma.

La reducción en el peso estructural del avión, se convierte no solo en un ahorro de combustible, sino que repercute en un aumento de la carga de pago que pueda transportar. La densidad del material, parámetro importante para la reducción de peso, interviene en los distintos modos de fallo. El empleo de materiales compuestos supone una considerable reducción de peso, que oscila al menos entre un 20-25%, en relación con las aleaciones de aluminio.

La resistencia y rigidez, parámetros importantes en el diseño, van a ser adquiridas a través de las fibras, que son las responsables directas de esta propiedad, al menos en tracción. La posibilidad que ofrecen de orientarlas fibras en la dirección deseada permite abordar una serie de problemas, tales como el diseño aeroelástico del ala o la transmisión de vibraciones que se producen en las palas de los helicópteros al resto de la estructura.

La incorporación al mercado de las nuevas tecnologías de las estructuras de fibra de carbono abre un abanico de posibilidades incalculable allí donde se necesite una resistencia excepcional, flexibilidad y un bajo peso, tal es el caso de las industrias aeroespaciales, naval, automovilística, etc. Las características especiales de la fibra de carbono hacen que ofrezca una resistencia y flexibilidad similares a las del acero con un peso inferior al aluminio.

Aunque su coste es más elevado que el de los materiales tradicionales, aportan a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, en particular la ligereza y la resistencia. Tales ventajas han abierto a los materiales compuestos importantes mercados en la construcción aeronáutica.

Por otro lado, a pesar de que se trata de una tecnología bastante cara, la subida de los precios del petróleo y la expansión de los vuelos de bajo coste han hecho que la inversión en este tipo de material sea rentable, ya que permite realizar aeronaves con menor precio y más capacidad, con el consiguiente ahorro de combustible y aumento de la capacidad de carga y pasajeros.

La revolución que ha supuesto esta tecnología ha sido tal que los dos principales gigantes aeronáuticos, EADS y Airbus, están trabajando ya en sendos proyectos para fabricar el primer avión realizado enteramente en fibra de carbono.

5.2.7. Situación actual de los materiales compuestos

La producción de materiales compuestos se desarrolla rápidamente, tanto en España como en el resto del mundo: aproximadamente +6% anual, en cantidad. Estos materiales combinan la materia plástica y el refuerzo con fibras, por lo general de vidrio o de carbono.

Con casi 100.000 toneladas producidas en España en el año 2007, el sector de los materiales compuestos es un pequeño sector si se compara en producción con los 5 millones de toneladas de metales elaboradas anualmente. El sector de los materiales compuestos se trata de un sector joven y en plena expansión.

El mercado mundial de “composites” crece desde 1994 en el 5,7% anual en cantidad. En 2006, se han producido siete millones de toneladas, correspondiendo más del 95% a

compuestos de gran difusión. Esta producción prodría alcanzar 10 millones de toneladas en 2009.

El crecimiento es más favorable para compuestos termoplásticos que para compuestos termoestables: el 9% y el 13% anual, respectivamente. Los compuestos termoplásticos a parecieron a principio de los ochenta. Son más recientes y también más prometedores. Sin embargo, los materiales compuestos termoestables representan aún más de las dos terceras partes de mercado.

El mercado norteamericano es, con mucho, el más importante y representa el 47% de la transformación mundial de “composites” (3,4MT). A continuación le sigue Europa (28%, o sea 2MT) y Asia (23%, o sea 1,6 MT). El crecimiento del mercado en Asia y Europa es superior a Estados Unidos (el 7 y el 4,5% anual, respectivamente). El mercado sudamericano es muy dinámico, con un incremento anual superior al 8%, si bien es globalmente reducido (2% del consumo mundial).

Con el 15% de la producción Europea, la producción francesa de “composites” se sitúa detrás de la alemana (28%) e italiana (18%). Pero, en valor, el mercado francés alcanza los 2000 millones de euros, lo que significa el 18% de la producción europea. En efecto, Francia produce más materiales compuestos de altas prestaciones que sus socios europeos. Ahora bien, sus precios son más altos que los de los materiales de gran difusión: se escalonan entre los 9 €y 38 €por kilo, mientras que los precios de los “composites” de gran difusión están comprendidos entre 3 €y 6 €por kilo.

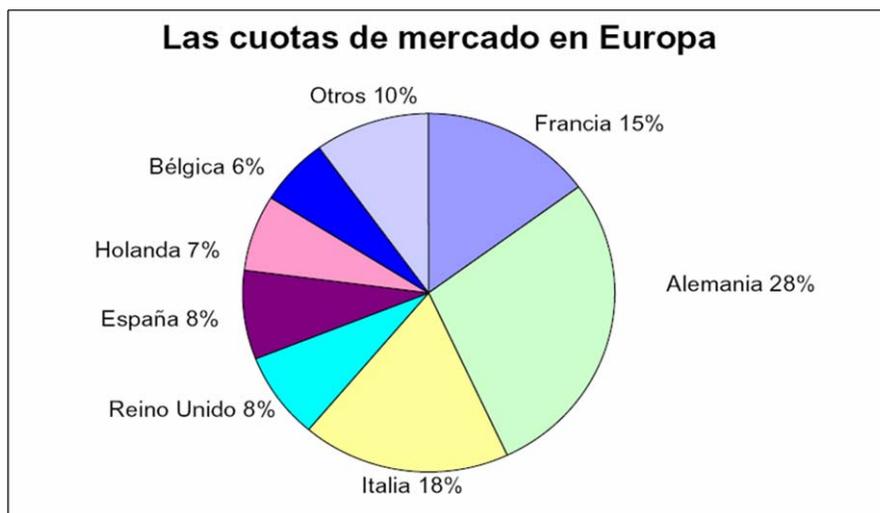


IMAGEN 11. Mercado Europeo. Fuente “Los materiales compuestos. Dinamismo e innovación”

Como se ha comentado, los materiales compuestos disponen de ventajas con relación a productos competidores, aportando numerosas cualidades funcionales:

- Ligereza
- Resistencia mecánica y química
- Mantenimiento reducido
- Libertad de formas

Su uso permite aumentar la vida útil de ciertos equipos gracias a sus propiedades mecánicas (rigidez, resistencia a la fatiga) y también gracias a sus propiedades químicas

(resistencia a la corrosión). También refuerzan la seguridad gracias a una mejor resistencia a los impactos y al fuego, ofreciendo un mejor aislamiento térmico o fónico y, para alguno de ellos, eléctrico. También enriquecen las posibilidades de diseño, permitiendo aligerar estructuras y realizar formas complejas, aptas para cumplir varias funciones.

En realidad, la “solución del composite” representa siempre para el diseñador un “salto tecnológico”. Los materiales compuestos ofrecen, efectivamente, la posibilidad de realizar un producto específicamente adaptado a las prestaciones solicitadas y optimizar la relación precio/prestación. Pero en relación a las soluciones alternativas, el beneficio debe evaluarse desde el diseño, al mismo tiempo que las pruebas que cabe realizar.

Por el contrario, los materiales tradicionales (acero, aluminio) aparecen como una solución de más tranquilidad, puesto que sus prestaciones son bien conocidas y están bien catalogadas, con lo cual es previsible su comportamiento durante el uso.

En la práctica, para que los materiales compuestos puedan adoptarse en lugar de tales soluciones tradicionales, tienen que distinguirse absolutamente por sus aportes positivos en cinco criterios funcionales por lo menos, como puede verse en la tabla adjunta:

Propiedades de los materiales «composites» por sector									
	Aeronáutica	Automóvil	Ferrovial	Construcción	Construcción industrial	Industria náutica	Medicina	Electricidad	Deportes & Recreo
Vida útil									
Rigidez				x		x	x	x	x
Resistencia mecánica				x	x	x	x		x
Resistencia a la fatiga	x					x			
Resistencia a la corrosión	x	x		x		x	x		
Impermeabilidad				x	x				
Seguridad									
Resistencia a los choques		x				x	x		x
Resistencia al fuego	x		x	x	x			x	
Aislamiento térmico				x	x			x	
Aislamiento eléctrico								x	
Amortiguamiento, vibraciones					x				x
Diseño									
Integración de funciones	x	x						x	
Formas complejas	x	x	x	x					x
Transparencia ondas electromagnéticas								x	
Disminución del peso de las estructuras	x	x							x

Nota de lectura : En la aeronáutica, los materiales compuestos aportan seis propiedades que permiten distinguirlos de manera positiva de los materiales tradicionales: aumenta la vida útil gracias a su buena resistencia a la fatiga, a la corrosión, aumenta la resistencia al fuego, simplifica el diseño gracias a la posibilidad de la integración de función, de la obtención de formas complejas y su ligereza.

IMAGEN 12. Propiedades de los Materiales Compuestos. “Los materiales compuestos. Dinamismo e innovación”

La aeronáutica y el ámbito espacial utilizan “composites” de alto rendimiento. Los costes son altos: puede alcanzar, como se comentó anteriormente los 38 €/por kilo en caso de utilizar masivamente refuerzos con fibra de carbono. El sector aeronáutico constituye una importante parte del mercado en valor de los compuestos (22%), mucho menor en volumen (4%).

En el siguiente diagrama se muestra el porcentaje de los sectores que emplean materiales compuestos:



IMAGEN 13. Sectores que utilizan Materiales Compuestos. “Los materiales compuestos. Dinamismo e innovación”

En la aeronáutica, los “composites” se han impuesto para fabricar piezas de estructuras primarias, gracias a sus prestaciones, sus cualidades de ligereza y su flexibilidad de forma. Tramo central de aviones, vigas centrales que rigidizan el fuselaje del A340/600, alas extremas del ATR72 son ejemplos de ello.

La disminución total de peso es de 450 kg en un Airbus, lo cual permite acoger seis pasajeros adicionales. Una disminución de 100 kg en la estructura de un cohete alarga su trayectoria 100 km. Los materiales compuestos también tienen muy buena resistencia a la corrosión, lo cual reduce en consecuencia los gastos de mantenimiento: las palas de helicóptero de materiales compuestos hay que cambiarlas al cabo de varios meses de utilización y las de metal cada 50 horas.

5.3. Metodología Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una metodología basada en el Sistema de Producción Toyota (TPS), que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño.

Mediante el Lean Manufacturing se obtienen productos y servicios con rapidez y bajo coste, ya que se evita llevar a cabo ninguna actividad innecesaria a todo lo largo del “flujo de valor” de tales productos y servicios (es decir, comprendiendo todo el flujo de actividades, desde que se planifica y diseña el producto, pasando por las operaciones de producción, hasta que lo disfruta el cliente).

5.3.1. Historia

La metodología Lean tiene su origen en los sistemas de producción de Toyota ideados por Taiichi Ohno, inspirado en los principios de Deming y su “círculo de mejora”, y se remonta a los años 40, cuando las compañías de automoción japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en la producción.

La totalidad de las técnicas que componen el Lean Manufacturing estaban incluidas en lo que se conoció como Justo a Tiempo (Just in Time, “JIT”) o Sistema de Producción Toyota. Lamentablemente el sistema de producción Justo a Tiempo fue comercializado como una técnica de reducción de inventarios, sin profundizar en que es una técnica de reducción de desperdicios, fueran estos inventarios, tiempos, productos defectuosos, transportes, almacenajes, maquinaria y hasta personas.

Pasarían, sin embargo, varias décadas antes de que la industria estadounidense reparara en los beneficios de dicha metodología y se interesara en adoptarla.

Los primeros en implantarla fueron los fabricantes de automóviles norteamericanos y, aunque originalmente la metodología fue utilizada únicamente en este sector y exclusivamente en las áreas de manufactura, en la actualidad su aplicación se ha extendido a todos los procesos empresariales de un negocio y no solamente en empresas industriales, sino incluso en empresas de servicios.

En Europa su introducción es más reciente, pero los resultados obtenidos, al igual que ocurriera en Japón y Estados Unidos, están siendo espectaculares.

En el siguiente diagrama se muestra de manera esquemática la evolución de la manera de producir de las empresas, pasando de una producción meramente artesanal a una producción industrial basada en los principios del Lean Manufacturing.

En rojo se muestran los problemas existentes en cada período y en verde las ventajas obtenidas debido a la implantación de cada sistema de producción en cada uno de los períodos.

1885	1913	1955-1990	1993...
Producción artesanal	Producción en masa	Toyota Production	Lean Enterprise
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel de automatización • Alta personalización de los productos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes modulares. • Líneas de producción con ritmo. • Ingeniería de producción. • “A los operarios no les gusta pensar”. 	<ul style="list-style-type: none"> • El operario resuelve los problemas. • Operario como dueño del proceso por medio de: <ul style="list-style-type: none"> ** Formación. ** Calidad en proceso. ** Mínimo inventario. ** Just-in-time. • Eliminar desperdicio. • Respuesta a cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> • “Lean” aplicado a todas las funciones de la empresa. • Optimización del valor para todos los agentes implicados.
<ul style="list-style-type: none"> • Alto nivel de cualificación operarios. • Producción unitaria. • Alto coste por producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel de cualificación operarios. • Producción de muchas unidad por producto. • Bajo coste (Escala). • Problemas de calidad persistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste. • Cultura de la mejora continua. • Alta calidad de los productos. • Modelos flexibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste. • Cultura de la mejora continua. • Alta calidad de los productos. • Modelos flexibles. • Más valor para todos los agentes implicados.

IMAGEN 14. Evolución en el sistema de producción de las empresas

Considerado por los expertos como el sistema de fabricación del siglo XXI, al igual que el de producción en masa fue el del siglo XX, e implementado junto con un buen sistema de mejora de la gestión, los principios del Lean Manufacturing han probado un historial récord de éxitos en las áreas de estrategia y gestión, que finalmente revierten en el objetivo de incrementar el valor para el usuario final.

5.3.2. Objetivos

El principal objetivo de Lean Manufacturing es implantar una filosofía de Mejora Continua, la cual permita a la empresa:

- Reducir costes.
- Mejorar los procesos.
- Tiempos de reacción más cortos.
- Mejor servicio al cliente, asegurando que se cumpla lo pactado con él.
- Mejor calidad.
- Disminución de los tiempos de entrega.

- Eliminar el desperdicio en todas sus formas: sobreproducción, proceso, inventarios, transporte, movimientos, tiempo de espera y mala calidad.
- Incrementar la productividad y la rentabilidad de la empresa.

Todo esto repercute en un incremento de la productividad y la rentabilidad de la empresa, y de la satisfacción de los clientes.

5.3.3. Principios

Para alcanzar sus objetivos, la implementación del Lean Manufacturing se basa en dos elementos fundamentales:

- La eliminación de los llamados **desperdicios**, es decir, las actividades innecesarias que no aportan valor al producto. Ello significa que, cualquier actividad que no sea valorada por el cliente final, es un despilfarro y hay que evitarlo, lo mismo que una característica del producto que no es valorada por el comprador, es innecesaria.

Los desperdicios tienen un papel muy importante como elemento que permite minimizar el coste, sin necesidad de producir en grandes lotes.

- Un nivel importante de **flexibilidad**, ya que el Lean Manufacturing pretende producir el producto o servicio requerido por el cliente, en la cantidad pretendida y en el momento requerido. Ello exige un sistema productivo altamente flexible, sin lo cual sería muy difícil alcanzar los objetivos propuestos.

Los principios del pensamiento “Lean Manufacturing” se apoyan en los dos elementos anteriores y son los siguientes:

1. Valor.

El principio fundamental del Lean Manufacturing es el valor, que implica que el producto o servicio y sus atributos y características, deben ajustarse a lo que el cliente determina, lo que ya ha quedado claro como filosofía básica de este enfoque de gestión. El consumidor es quien valora realmente el producto.

Hay multitud de motivos por los que al productor le suele ser difícil identificar correctamente el valor de un producto o bien lo condicionan: la experiencia de los ingenieros de producto, la tecnología disponible, los equipos productivos existentes, las tendencias del mercado en el que se fabrica, las organizaciones productivas, sus tendencias y su cultura empresarial y un largo etcétera. Todos ellos condicionan habitualmente cómo ha de ser el producto y lo que supuestamente le confiere valor.

2. Crear flujo.

El conjunto de actividades que se prevean realizar en el proceso productivo, deberá planificarse a su vez, para que incorpore tan sólo aquellas actividades que confieren valor al producto, de acuerdo con el principio anterior. Como se ha comentado, las actividades que no confieran el valor correcto al producto constituirán desperdicios.

Los departamentos de una empresa y todas las empresas presentes en el flujo de valor completo de un producto o servicio, deberán analizarlo en su totalidad, en lugar de centrarse en la parte que les corresponde, sin compartirlo con los demás. Con esta visión global y colaborando entre ellos, se podrán eliminar éstos y otros desperdicios.

Con ello la gestión Lean va más allá de los límites de un departamento, e incluso, de una empresa, tratando de optimizar todo el flujo de valor por medio de una alianza entre quienes intervienen en él. La gestión Lean exige, en efecto, que las empresas estén en estrecho contacto con sus proveedores y distribuidores para optimizar el flujo.

3. Flujo de actividades.

Las actividades que constituyen el flujo de valor deben disponerse en procesos de producción reales, de forma que puedan llevarse a cabo minimizando las actividades sin valor añadido o desperdicios. Ello implicará, no introducir en el flujo actividades tales como transportes o movimientos innecesarios, stocks de materiales o productos y esperas de todo tipo, entre otras.

Esto llevará a una implantación física de los procesos “en flujo”, disponiendo las actividades en secuencia y muy cerca unas de otras, con el producto avanzando de forma regular y constante y moviéndolo en cantidades muy pequeñas, de una sola unidad si es posible.

Finalmente y de acuerdo con lo anteriormente expuesto, el flujo regular y constante de las actividades, debe abarcar todos los procesos de un producto o servicio y, con ello, también a los proveedores y distribuidores.

4. Ejecución de los procesos en modo “Pull”.

Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.

Una vez diseñados y desarrollados los productos y procesos de forma que se ajusten a los requerimientos de los clientes y exentos de desperdicios, se ha llegado al momento de llevar a cabo la producción. Para seguir en la línea de ajustarse sólo a lo requerido por los clientes en producto, cantidad y momento, correspondería llevar a cabo la producción de forma que se iniciara a partir de una demanda constatada en tipo de producto, volumen de producción y momento para efectuarla. Ello nos llevará a actuar de acuerdo con el sistema “pull”, es decir, “tirar” de la demanda y producir lo solicitado por ella. Esto es lo contrario al sistema “push”, que planifica producir de acuerdo con la capacidad de producción existente, lotes lo más grandes posible sobre previsiones y, luego, “empujar” el producto al mercado.

El problema para operar en modo pull puede ser el lead time o plazo de entrega al cliente. Sólo con plazos cortos o muy cortos es posible “aguantar” esperando la solicitud de los clientes para empezar a producir. Pero la gestión Lean Manufacturing, opera con gran rapidez de respuesta, ya que la producción en flujo de actividades, con el material avanzando unidad a unidad o en pequeños lotes, permite entregar el producto en un tiempo muy corto.

Así, será la demanda la que atraerá (pull) a la producción y no la producción la que será empujada (push) al cliente, como en los sistemas convencionales.

Además, la operativa pull ayuda a estabilizar la demanda, lo que, sin duda, facilitará iniciar la producción cuando dicha demanda se manifieste y, con ello, será más fácil alcanzar la gran flexibilidad exigida al sistema para adaptarse de forma continua al consumidor.

Finalmente, la secuencia integrada por los cuatro principios básicos del Lean Manufacturing deberá estar sujeta a una **Mejora Continua** que implicará retomar nuevamente la “rueda” de los cuatro principios y mejorar nuevamente el producto y sus prestaciones, el flujo de valor y el flujo de las actividades, eliminando nuevos despilfarros y potenciar el modo de operar pull, el cual, a medida que se mejore el proceso será más fácil adoptarlo plenamente.

5.3.4. Los Siete Grandes Desperdicios

Llevar a cabo el flujo de valor completo de un producto o servicio, sin acometer ninguna actividad innecesaria, que el consumidor final no valoraría, es decir actividades “sin valor añadido”, es la base fundamental del Lean Manufacturing. Estas actividades a evitar y eliminar en caso de que se hallen en el producto o en los procesos, son los denominados desperdicios.

En realidad, existen tres tipos de actividades que se distinguen en los procesos productivos:

- *Actividades con valor añadido.*
Estas actividades convierten o transforman los materiales o la información, de manera que se adaptan a las necesidades de los usuarios, los cuales se hallan dispuestos a pagar por ellas.
- *Actividades sin valor añadido.*
Se trata de cualquier actividad necesaria para el sistema o proceso, dados los medios o tecnología actuales, pero que no contribuye a comunicar valor al producto o servicio o para la satisfacción del cliente.
- *Despilfarros o desperdicios.*
Son actividades, procesos, tiempo, espacio, materiales, etc., que no aumentan el valor del producto o servicio y que no son necesarios para el sistema o proceso.

Como puede apreciarse, se han distinguido dos clases de actividades sin valor añadido: las que deben catalogarse como despilfarros y las que no. Estas últimas no aportan valor al producto, pero dados los medios y tecnología actuales, son inevitables, por ejemplo los test de calidad de los productos.

De acuerdo con el Lean Manufacturing, en los procesos de cualquier tipo puede haber hasta siete tipos de despilfarro:

1. Sobreproducción.

Se deriva de producir más allá de las necesidades de la demanda, es decir, producir más de lo que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo, para cubrirse de posibles problemas. La sobreproducción penaliza el flujo de materiales y genera inventarios.

2. Sobreprocesamiento.

Este despilfarro ocurre como consecuencia de la aplicación de un exceso de medios o recursos para llevar a cabo un proceso. Sus motivos pueden ser muy variados: método de trabajo inadecuado, capacitación insuficiente del personal, organización de los puestos de trabajo incorrecta, etc.

3. Stock o inventario.

Cualquier acumulación de materiales en almacenes, a la entrada o salida de un proceso, etc., de cualquier tipo (materiales, productos en proceso o producto acabado), es un despilfarro en forma de stock.

4. Transportes.

Mover materiales o productos dentro de los procesos o entre ellos, es una actividad que no aporta valor alguno, como ya se ha comentado anteriormente. La disposición de los procesos en la planta y la distancia entre ellos, juega un papel muy importante para evitar este despilfarro, siendo la disposición en flujo continuo, propia de la gestión lean, la mejor manera de evitarlo.

5. Movimientos.

Los trabajadores de cualquier proceso deben ocuparse de las tareas que les hayan sido encomendadas, pero tratando de que para ello hayan de recorrer la mínima distancia, puesto que el desplazamiento de las personas no aporta valor alguno y constituye un despilfarro. Para ello los operarios deben tener a su disposición todas las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos innecesarios.

6. Esperas.

Materiales, productos o puestos de trabajo parados suponen un claro despilfarro. En efecto, cualquier tipo de espera de unos u otros, sea por falta de material, desajustes en las cargas de trabajo o problemas de cualquier tipo, no aporta valor alguno y constituye un desperdicio.

Sin embargo, los equipamientos productivos no tiene por qué trabajar más de lo que sea preciso para producir lo que esté planificado, ya que entonces se incurriría en un despilfarro por sobreproducción y se generaría un stock de producto, otro claro despilfarro.

Una máquina o equipo de producción puede estar parado, lo mismo que lo estará cuando termine la jornada, hasta que empiece la siguiente, sin que ello

constituya despilfarro alguno, siempre que no haya ningún otro recurso parado con él (por ejemplo, materiales esperando ser procesados o un trabajador especialista que no se puede enviar a otra máquina).

7. Defectos de calidad.

La calidad debe estar asegurada en todas y cada una de las actividades de los procesos, tal como se ha comentado. Además, la falta de calidad es un claro despilfarro en el sentido de implicar actividades sin valor añadido, pues obliga a volver a procesar por segunda vez un producto y genera, de este modo, actividades sin valor añadido, las que ya se habían realizado en el producto y que aportaban valor y que ahora dejan de tenerlo al no cumplir el producto con los requisitos de calidad.

5.3.5. Herramientas

Para actuar sobre los desperdicios, la gestión Lean propone una serie de herramientas que permiten, con su uso adecuado, avanzar en la mejora continua pretendida para alcanzar los objetivos descritos anteriormente.

A continuación se describen de modo las herramientas empleadas en la implantación de una metodología Lean Manufacturing:

5.3.5.1. Value Stream Map (VSM)

Se trata de un mapa que muestra todas las acciones (de valor añadido y sin valor añadido) necesarias, en términos de flujo de material físico y flujo de información para entregar un producto al cliente.

Esta herramienta desarrollada por el Prof. Mike Rother junto con James Womack y Dan Jones, es a la vez estratégica y operativa. Permite englobar la situación actual de la empresa mostrando los puntos clave a mejorar con el fin de llegar a un estado futuro de flujo ideal, producción tirada y perfección en las cadenas de valor.

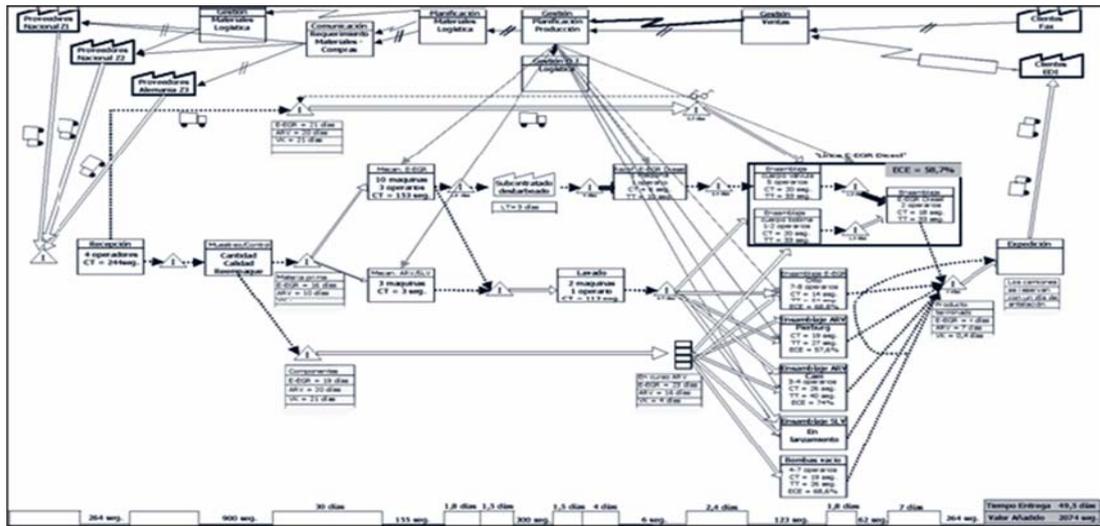


IMAGEN 15. Value Stream Map

5.3.5.2. Diagrama Causa-Efecto

Diagrama de causa-efecto, también llamado Diagrama de Ishikawa, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1953. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado.

Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

Las flechas secundarias hacia la principal indican los factores causales más importantes y generales que pueden generar el problema. En cada una de estas ramas se incorporan los factores más detallados que se pueden considerar causa de problema.

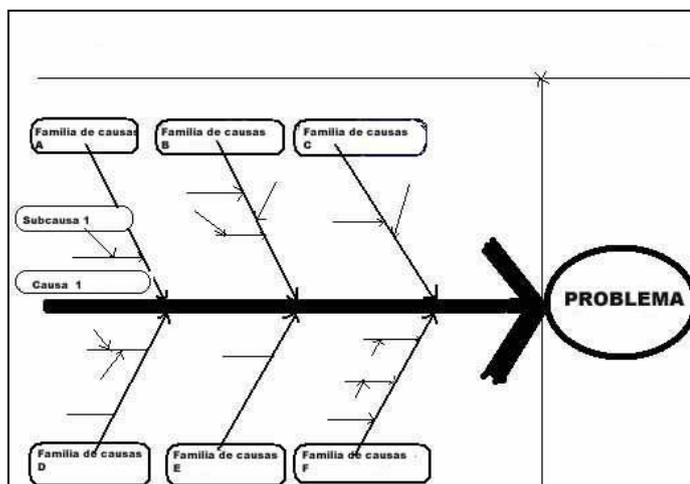


IMAGEN 16. Diagrama Causa-Efecto

5.3.5.3. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en un orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite llevar a cabo el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales a la izquierda" y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama parte como una buena herramienta de trabajo que facilita el estudio comparativo de los numerosos procesos que se elaboran en industrias. Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso

el cual podamos denominar lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originadas el 80% de los efectos.

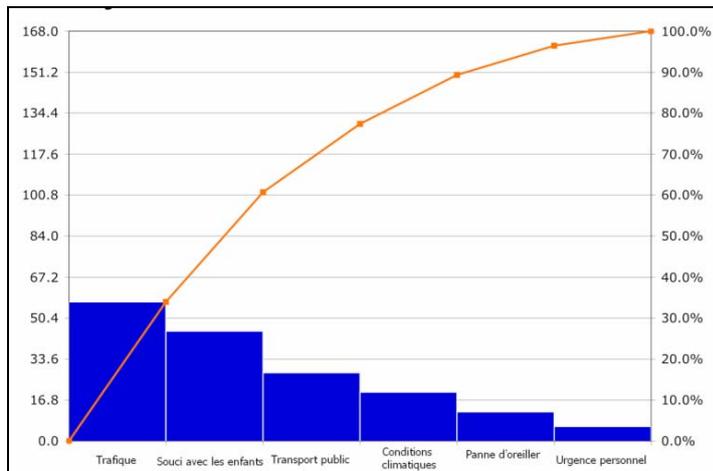


IMAGEN 17. Diagrama de Pareto

5.3.5.4. Justo a Tiempo

Es una filosofía de producción basada en la eliminación planificada de todo el despilfarro en el sistema y la persecución de la mejora continua de la productividad.

Con el sistema de producción Justo a Tiempo se pretende reducir los siguientes problemas, que se muestran de modo gráfico en esta imagen:



IMAGEN 18. Despilfarros a eliminar

Abarca la ejecución exitosa de todos los procesos productivos necesarios para la obtención del producto final, desde la ingeniería del diseño, incluyendo todas las etapas de transformación de la materia prima.

El tiempo que se asigna al cambio se mide desde la última pieza buena tipo A hasta que se produzca la primera pieza buena tipo B. El objetivo a largo plazo siempre es que los tiempos de cambio sean lo más cortos posibles, y no interfieran de forma alguna con el flujo continuo de la producción.

- **Kanban**

Es un sistema para manejar el flujo de información y de materiales de manera sencilla y visual. El flujo es tirado del proceso consumidor de material mediante tarjetas. El proceso proveedor entrega o produce exactamente la referencia en las cantidades estándares definidas. De esta manera se logra nivelar el flujo entre procesos lejanos y/o de características diferentes. La coordinación entre los procesos se descentraliza a los responsables de los procesos.

ACF Example Inc.	
Numero Pieza	No. Tarjeta
	
nombre pieza	
proveedor	usuario
tipo de contenedor	cantidad de piezas por contenedor
TARJETA KANBAN	
No. tarjeta despues del proceso	

IMAGEN 20. Tarjeta Kanban

- **Flujo por pieza**

Es la fabricación de productos uno a uno, pasando cada uno de ellos inmediatamente al proceso siguiente sin interrupciones. Se implementa mediante la creación de células para reducir la necesidad de transporte, tiempos de espera y niveles de inventario, consiguiendo que se mejore la calidad y los costes.

5.3.5.5. Calidad Total (TQM)

El trasfondo de la Calidad Total es la mentalidad de no recibir, producir ni entregar información, servicios ni productos de mala calidad. La calidad total se enfoca en prevenir los errores en su origen. Los principios de la calidad total son:

- Hacer las cosas bien la primera vez, continuamente.
- No aceptar, producir ni enviar productos defectuosos o errores.
- Control al 100%.

- La calidad del producto es la resultante de la calidad del proceso de manufactura.
- La calidad se produce, no se “controla”.

Para conseguir la Calidad Total hay que llevar a cabo un seguimiento de los procesos mediante los siguientes controles:

- **Auto-Control.** Con el auto-control se busca que cada persona revise al 100% la calidad de la operación que está realizando. Esto normalmente requeriría un gran esfuerzo humano, pero existen herramientas que facilitan la labor:
 - Poka-Yoke (dispositivos que evitan que las personas puedan efectuar acciones incorrectas).
 - Autonomación (dispositivos con los cuales las máquinas reconocen por su cuenta si producen buena calidad).
 - Andon (visualización de problemas y defectos en las propias operaciones).

El auto-control responde a los siguientes parámetros:

- Control constante al 100%.
 - Detección inmediata de los problemas de calidad y sus fuentes.
 - Ejecutar feedback y acciones correctivas en el momento que surja el primer problema de calidad.
 - Prevenir la producción de otras piezas defectuosas inmediatamente.
- **Control sucesivo.** Al igual que el auto-control, el control sucesivo plantea un control de los procesos al 100%. Sin embargo, la actividad de controlar es efectuada por una persona no involucrada con el proceso (por ejemplo, el siguiente operario).

El siguiente operario utiliza herramientas similares que en auto control (autonomación, andon y poka-yoke), aplicadas a las funciones específicas.

Hay que decidir si es mejor que el operario controle su misma actividad, o si es más adecuado que otra persona lo haga. También hay que tener en cuenta las limitaciones técnicas que una u otra solución puedan tener. Una vez detectado el error, el operario debe retroalimentar el proceso infractor inmediatamente, identificar la causa y las personas involucradas que deben tomar una acción correctora inmediata hacia el origen del problema.

- **Control estadístico.** El auto-control y el control sucesivo son métodos para asegurar que el 100% de los productos cumplen los parámetros de calidad. Solamente en casos específicos, o con el fin de mejorar el desempeño de calidad, se recurre al control estadístico. Este se basa en fórmulas estadísticas para determinar la frecuencia de las pruebas para asegurar un nivel determinado de confianza en éstas.

En la siguiente imagen se muestra la secuencia de los controles para el seguimiento de los procesos en una empresa:

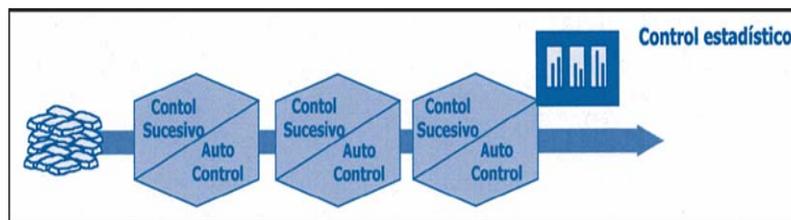


IMAGEN 21. Calidad Total

5.3.5.6. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Consiste en una serie de métodos para asegurar que el equipo disponible trabaje cuando se quiera sin interrupciones, y al ritmo que se quiera. El objetivo es alejar la responsabilidad del funcionamiento adecuado de la máquina de puro mantenimiento (generalmente por especialistas externos) y atribuírsela a los operadores en el puesto de trabajo. El mantenimiento puede concentrarse entonces en mejorar el equipo y no solamente en intentar mantener su rendimiento actual. La medición de rendimiento aplicada al TPM es la Eficacia Compuesta del Equipo (OEE)

Cuando una empresa se embarca en TPM, se encuentra en la situación inicial de que la gran mayoría de actividades de mantenimiento son correctivas. Para poder empezar con los siguientes pasos, es importante incrementar la confianza del equipo. Los pasos a seguir son:

- Identificar fuentes de parada.
- Definir Pareto de razones para paradas.
- Análisis de causas.
- Planificar acciones de mejora.
- Implantar y controlar.

En el siguiente esquema se muestran las claves para llevar a cabo el Mantenimiento Productivo Total:

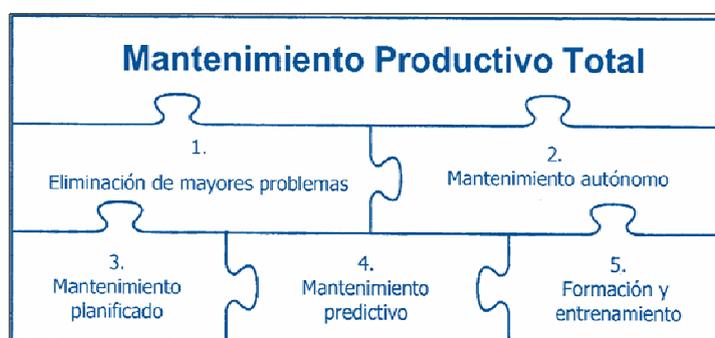


IMAGEN 22. Mantenimiento Productivo Total

A continuación se muestran los tipos de mantenimiento a desarrollar en un Mantenimiento Productivo Total:

- **Mantenimiento autónomo.** La meta de este paso es delegar responsabilidades al operario e incrementar su identificación con el puesto de trabajo. Una de las bases para ello es el concepto de las 5S. Sobre esto se basan los planes de mantenimiento autónomo y la detección autónoma de problemas por el operario, antes de que se dañe el equipo. Los pasos son:
 - Limpiar las máquinas.
 - Establecer indicadores para prevenir suciedad.
 - Definir horarios para inspección y mantenimiento del equipo.
 - Analizar manuales para mantenimiento regular.
 - Implantar estándares para el mantenimiento autónomo.
- **Mantenimiento planificado.** Una vez que los mayores problemas se hayan superado y que las actividades del primer nivel de mantenimiento se hayan traspasado a los operarios, se analizan las actividades para el Departamento de Mantenimiento y se comparan con los requerimientos de cada equipo. De aquí surge un plan de mantenimiento preventivo profundo. Estos planes deben ser revisados continuamente para incluir las experiencias y el histórico de los equipos.
- **Mantenimiento preventivo.** La meta es aprender de los registros históricos de mantenimiento y prevenir la repetición de problemas en nuevos equipos.

5.3.5.7. Programa de “5S”

Se trata de cinco términos que empiezan con S que se aplican para crear un ambiente de trabajo óptimo y adecuado para la producción ajustada:

- *Seiri*: significa separar y eliminar las herramientas, las partes y los materiales innecesarios.
- *Seiton*: significa ordenar bien e identificar partes y herramientas fáciles de alcanzar y usar.
- *Seiso*: significa realizar una campaña de limpieza.
- *Seiketsu*: para mantener un ambiente de trabajo en condiciones perfectas.
- *Shitsuke*: significa tener la costumbre de seguir siempre las primeras cuatro Eses.

A continuación se esquematizan las 5S y en qué consiste cada una de ellas:



IMAGEN 23. 5's

6. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS REVESTIMIENTOS DEL AIRBUS A380-TRENT900



IMAGEN 24. A380-TRENT900

Aunque en la sección de Materiales Compuestos de la Factoría, se realiza la fabricación de diversas piezas con este tipo de material, el Objeto de este proyecto se basa concretamente en la Optimización, mediante la implantación de la Filosofía Lean Manufacturing, del Proceso de Producción de un tipo específico de elementos, los cuales son los Capots o Revestimientos de los Motores del Airbus A380-TRENT900. Este tipo de elemento combina en si mismo, los dos tipos de estructuras de materiales compuestos fabricados actualmente en la factoria:

- Estructuras Laminadas Monolíticas.

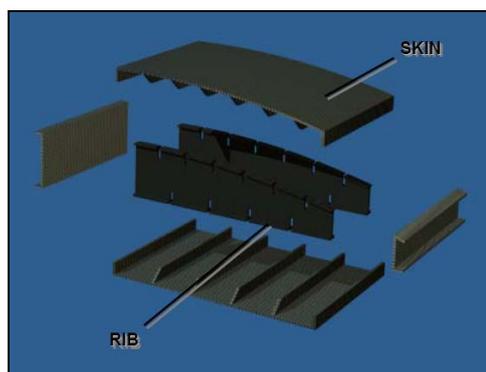


IMAGEN 25. Estructura Monolítica

- Estructuras Sandwich.

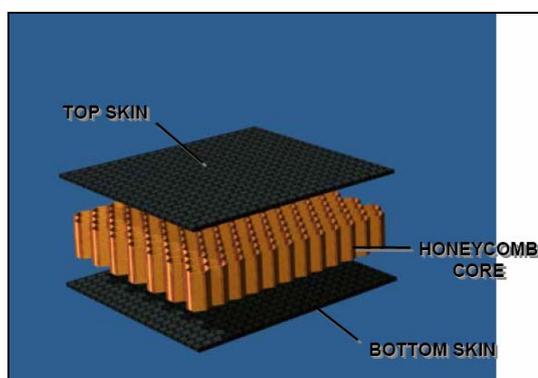


IMAGEN 26. Estructura Sandwich

Los elementos individuales fabricados, llamados elementales, se integran para formar la pieza final, llamada conjunto.



IMÁGENES 27 y 28. Capots de Motores TRENT900

Antes de comenzar a explicar el proceso de producción, se debe concretar los elementos necesarios a fabricar, para la obtención final de un Revestimiento de Motor. Estos se componen de los siguientes elementos o “elementales”:

- Piel (fibra de carbono). Estructura Monolítica.
- Larguerillos Rigidizadores Longitudinales (fibra de carbono sobre núcleo de panel de abeja). Estructura Sandwich.
- Rigidizadores Transversales (fibra de carbono sobre núcleo de panel de abeja). Estructura Sandwich.

El proceso por el cual, se llevará a cabo la fabricación, será un Encolado secundario. Con él, los elementos de material compuesto que van a formar parte de la pieza son curados con anterioridad (precurados), uniéndose en una operación final de encolado mediante adhesivo.

6.1. Zonas existentes en el Área de Materiales Compuestos

6.1.1. Área Limpia

“El Área Limpia es el local donde se realiza el laminado y debe cumplir con unas indicaciones ambientales mínimas para garantizar el éxito del proceso”

El Laminado consiste en los trabajos de colocación y adaptación de preimpregnados, adhesivos y núcleos que se efectúan en el Área limpia, que es una zona aislada, con temperatura y humedad controlada, la cual debe cumplir los requisitos que se indican en la siguiente gráfica:

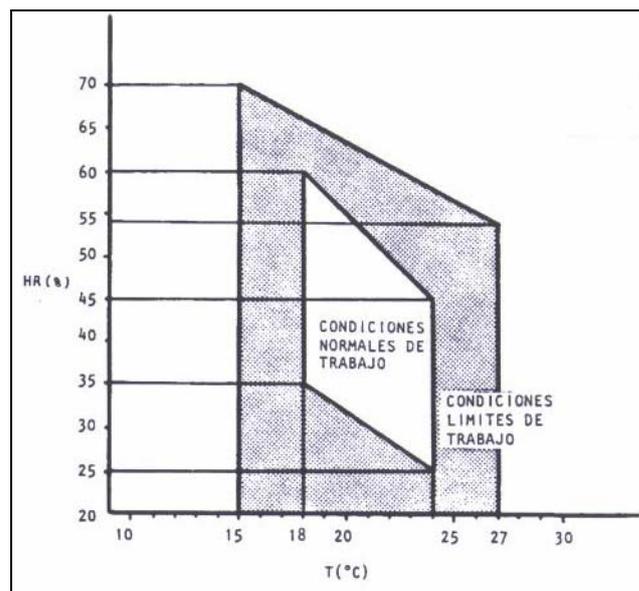


IMAGEN 29. Requisitos de un Área Limpia

La temperatura debe estar comprendida entre 15°C y 27°C, siendo ideal entre 18°C y 24°C. Por otro lado, la humedad relativa del ambiente no debe sobrepasar el 70% y se debe poner especial cuidado en el almacenaje de los materiales de refuerzo, a efecto de que no adquieran humedad.

Con motivo de evitar contaminaciones procedentes del exterior, en el área limpia se mantendrá una sobrepresión mínima de 0.5 mm de columna de agua, que es controlada mediante un medidor de presión diferencial con presión suficiente para garantizar dicha medida. Además se dispone de un sistema de doble puerta tipo esclusa, ya que son obligatorios en el caso de salida a la calle directa. Estas puertas se abren de forma escalonada, es decir, tiene un sistema de seguridad que impide abrir una puerta sin tener anteriormente la otra cerrada. Este tipo de entrada se debe a la necesidad de mantener las condiciones anteriores de temperatura, presión y humedad para la conservación y manipulación de los materiales preimpregnados de fibra de carbono, y evitar la entrada de partículas.



IMAGEN 30. Puerta-Eclusa del Área Limpia

En estas condiciones controladas el tiempo máximo de permanencia de los materiales preimpregnados y adhesivos en condiciones límite de trabajo es de 24 horas en continuo ó 36 horas en períodos acumulativos en un intervalo de 72 horas.

Se controla la concentración de partículas de tamaño superior a 5 μm dentro de esta zona mediante un sistema de filtros que deben ser comprobados periódicamente (al menos una vez al mes). La concentración de partículas de este tipo, máxima admisible será de 29300 partículas/ m^3 de aire. La obtención de la muestra y el recuento de partículas se efectúa mediante contador óptico de partículas de luz dispersa.



IMAGEN 31. Detalle del Filtro de Partículas

Dentro de la zona del Área Limpia, los trabajadores llevan una vestimenta adecuada, consistente en ropa de trabajo blanca, así como batas, guantes y calzado de seguridad. No se permite la estancia en dicha zona, sin la utilización de dichas batas, aunque el periodo de estancia se reduzca a escasos minutos.

Además, existen una serie de prohibiciones generales en el interior de la zona climatizada:

- Aplicación, uso y manejo de desmoldeantes líquidos no curados.
- Comer, beber, fumar.
- Efectuar el mantenimiento y la limpieza de los útiles.
- Uso de útiles y herramientas con deficiente estado de limpieza.
- Utilización de motores o equipos que desprendan aceites, grasas, lubricantes, humos o cualquier otro tipo de contaminante.
- Lijado y limpieza con disolventes en la preparación superficial previa al encolado.
- Introducción de cualquier recipiente que pueda contaminar el área limpia.

El suelo está pavimentado con materiales fáciles de limpiar y las paredes lisas cubiertas de material lavable no desenchable.

La inspección y limpieza de este área se efectúa de acuerdo con el plan siguiente:

PLAN DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE SALA LIMPIA		
Equipos, suelos, bancos de trabajo, herramientas	Inspección no obligatoria	Intervalo recomendado de limpieza, 24 horas. Máximo 1 semana
Paredes hasta una altura de 2.10 m	Inspección no obligatoria	Intervalo máximo de limpieza, 30 días
Resto de paredes, techos, dispositivos colgantes	Inspección cada 30 días	Intervalo máximo de limpieza, 12 meses

Este área se encuentra dividida por Programas, cada uno de los cuales dispone de unas zonas específicas de Lay-Out:

- A380 TRENT900
- A380 GP
- A340
- A400M
- A330MRTT
- Máquinas Fiber Placement

A su vez cada zona se encuentra dividida en sectores de fabricación, a excepción de Máquinas:

- Laminado manual Larguerillos Rigidizadores Longitudinales.
- Laminado manual Rigidizadores Transversales.
- Montaje de Conjuntos.

La Zona de Máquinas cuenta con los siguientes sectores:

- Máquinas de Encintado o Laminado Automático.
- Embolsado de Pieles.

6.1.2. Área Sucia ó taller exterior

Este área se encuentra dividida por zonas específicas:

- Autoclave
- Desmoldeo/Taladrado
- Repaso/Recanteo
- Verificación
- Zona de Almacenaje
- Zona de Expediciones

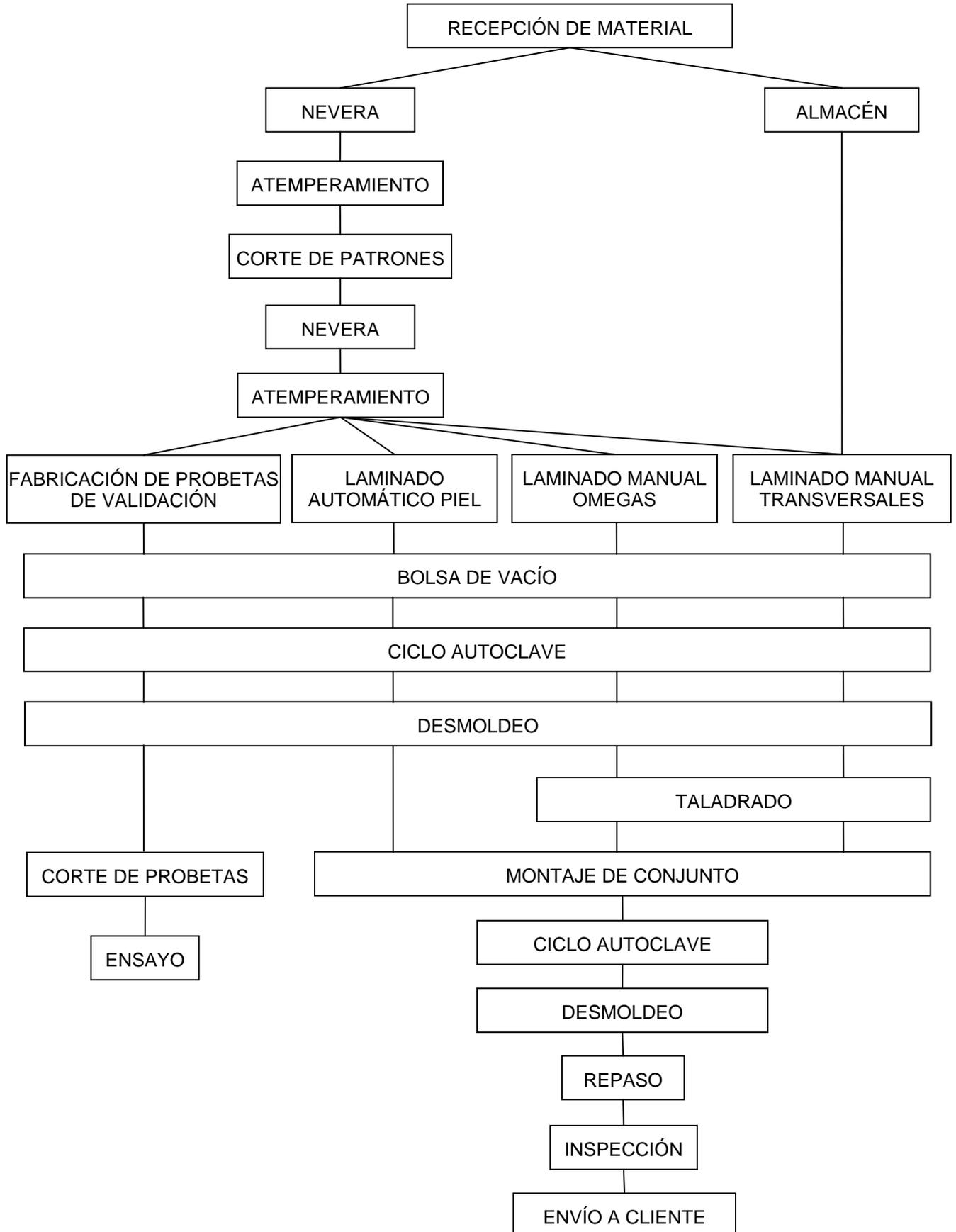
Dentro de la zona del Área Sucia, los trabajadores al igual que los del área limpia, llevan una vestimenta adecuada, pero consistente en ropa de trabajo azul, para disimular la suciedad, guantes y calzado de seguridad.

La inspección y limpieza de este área se efectúa de acuerdo con el plan siguiente, que coincide con del área limpia:

PLAN DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE SALA SUCIA		
Equipos, suelos, bancos de trabajo, herramientas	Inspección no obligatoria	Intervalo recomendado de limpieza, 24 horas. Máximo 1 semana
Paredes hasta una altura de 2.10 m	Inspección no obligatoria	Intervalo máximo de limpieza, 30 días
Resto de paredes, techos, dispositivos colgantes	Inspección cada 30 días	Intervalo máximo de limpieza, 12 meses

6.2. Descripción del proceso de fabricación de los revestimientos

IMAGEN 32. Proceso de Producción de Revestimientos A380-TRENT900



A continuación se van a describir en detalle las etapas de fabricación:

6.2.1. Recepción de materiales

El Proceso de Fabricación de los Revestimientos en Materiales Compuestos, comienza con la recepción física de los materiales necesarios, por parte de los proveedores. Para cada material existe una ubicación dentro de la planta, atendiendo a la categoría a la que pertenezca. Existen varias zonas de recepción:

- Almacén de Cámara Frigorífica; para materiales delicados que requieren condiciones de baja temperatura para su almacenamiento. Caso del Material Preimpregnado.
- Almacenes de Nave; para materiales que requieren una temperatura ambiente. Caso de los núcleos de Panel de Abeja.



IMAGEN 33. Almacén Cámara Frigorífica

A la recepción, se verifica cada material recibido, el cual debe ir acompañado de la siguiente documentación:

- Identificación.
- Certificados de Conformidad del Material.
- Información Adicional (tiempo de vida, etc.).
- Albarán.

Los materiales auxiliares son aquellos que se utilizan durante el proceso de fabricación pero que no se incorporan al elemento final fabricado. Los materiales auxiliares utilizados en la fabricación de un elemento son los indicados en el R.E.P (Requisitos Específicos del Proceso) aplicable y están incluidos los que se indican a continuación:

- Agentes de desmoldeo
 - Líquido
 - En película
- Película peleable o pelable (“Peel-ply”)
- Película o tejido separador
 - Perforado

- No perforado
- Tejido sangrador
- Tejido aireador
- Película para bolsa de vacío
- Pasta de sellado para vacío
- Disolventes
 - Alcohol isopropílico (IPA)
 - Metil-etil-cetona (MEK)
 - Alcohol isopropílico, IPA, puro
 - Metil-etil-cetona, MEK, pura
 - Diestone (DLS)
- Varios
 - Papel adhesivo para fijación de núcleos
 - Cinta adhesiva para estabilización de núcleos durante mecanizado
 - Cinta adhesiva de alta temperatura
 - Sellador de moldes
 - Hilo termopar
 - Espátulas fabricadas con material Poliamida
 - Fielto abrasivo de carburo de silicio muy fino (Scotch-Brite tipo S)
 - Fielto abrasivo de alúmina fino (Scotch-Brite)
 - Fielto abrasivo de alúmina muy fino (Scotch-Brite)
 - Guantes:
 - Algodón
 - Caucho
 - Nylon
 - Cuchillas y herramientas de corte
 - Papel abrasivo de alúmina (tamaño de grano 150-300)
 - Crema de manos
 - Película de polietileno para corte
 - Película de polietileno para embolsar
 - Retenedor de corcho
 - Retenedor de silicona curada
 - Película de compactación de vacío
 - Manta elastomérica
 - Verifilm
 - Caucho de silicona
 - Lápiz de marcado
 - Rotulador de marcado
 - Cinta autoadhesiva de doble cara
 - Barrera anti-humedad
 - Agente desecante
 - Trapos:
 - Algodón
 - Sintéticos
 - Trapos empapados en MEK
 - Trapos empapados en IPA
 - Trapos empapados en Diestone

- Solución de resina para fijar capas de preimpregnado a la cara del útil
- Plancha para protección de mesas de corte manual

En general, los materiales preimpregnados y adhesivos estructurales se almacenan, salvo indicación específica contraria, en las cámaras frigoríficas, a una temperatura igual o inferior a -18°C , en bolsas de polietileno perfectamente selladas y siempre que sea posible en sus embalajes originales. Se debe evitar en cualquier caso apilamientos excesivos o colocación incorrecta que pueda producir daños al material.

Está permitido que durante las operaciones de descarche, carga y descarga en las cámaras frigoríficas se puedan alcanzar picos de temperatura de -12°C como máximo, controlado por el termopar de ambiente de las cámaras (el material preimpregnado deberá estar a una temperatura de -12°C como máximo), durante un período máximo de 15 minutos (60 minutos totales en 24 horas). Excediendo dicho período de tiempo y temperatura máxima, deberán cargarse horas de exposición al material preimpregnado.

Todos los materiales de vida limitada utilizados en la fabricación, se encontrarán dentro de su período de vida útil (vida de almacenamiento y vida total a temperatura ambiente) indicado en los requerimientos de las especificaciones de los materiales o en la Ficha Técnica correspondiente.

Se debe mantener un control de los materiales refrigerados, señalando la fecha y el tiempo de transición del material, dentro y fuera de las cámaras de refrigeración y el tiempo de vida de manejo.

En caso de tener más de un material para la fabricación de un elemento, el tiempo de vida total estará dado por el material de menor tiempo de vida.

El tiempo entre la finalización de la bolsa de vacío y el comienzo del ciclo de curado está especificado en la instrucción técnica correspondiente a cada material.

El tiempo de vida de manejo, que representa el tiempo que el material puede estar expuesto a la temperatura ambiente hasta la terminación del lay-up, debe estar indicado en la instrucción técnica correspondiente del preimpregnado.

En el siguiente gráfico se indica el tiempo de vida total del material:

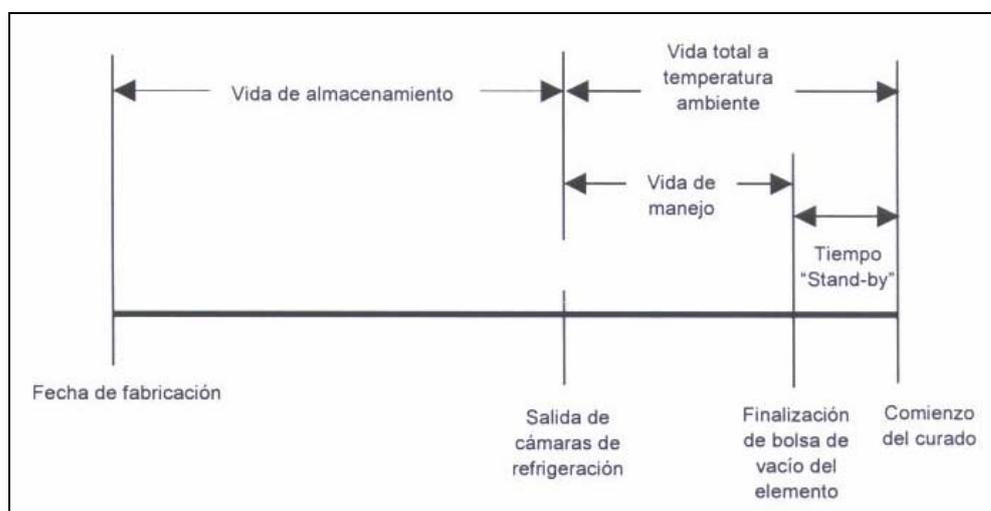


IMAGEN 34. Tiempo de Vida de un Material



IMAGEN 36. Kit de Telas para Fabricación

6.2.3. Corte de telas para kit's

Antes de proceder al corte de telas para la creación de los Kit's de material preimpregnado necesarios para la fabricación de los Larguerillos rigidizadores Longitudinales y los Rigidizadores Transversales de los Revestimientos de los Motores A380 TRENT900, los operarios deben consultar las documentaciones necesarias:

- Libro de Lay-up. En él aparecen las dimensiones a las que deben ser cortadas las telas para formar el kit. Además especifican la orientación que debe tener el corte:

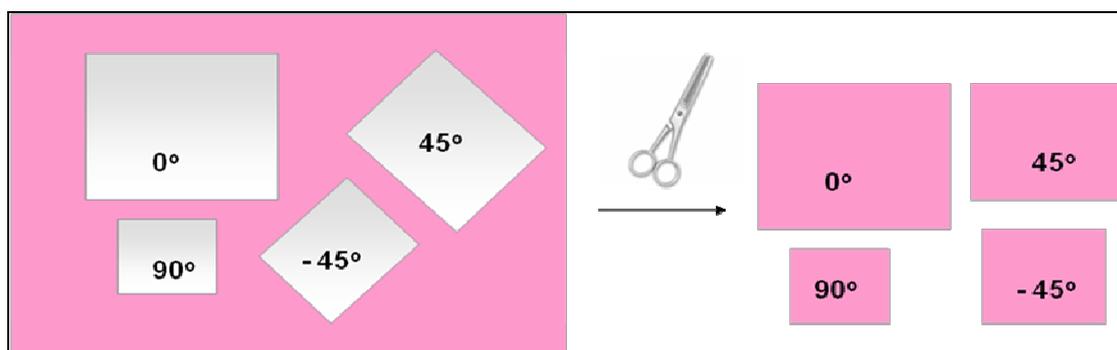


IMAGEN 37. Orientaciones de Corte de las Telas

- Órdenes de producción. En ellas se consulta el tipo de material necesario, así como el código del rollo de material que debe ser usado. El proceso de corte se repetirá tantas veces como sea necesario hasta completar el número total de telas que conforman el kit.

El proceso de corte de telas es el siguiente:

- 1) Tras haber consultado el tipo de material necesario, éste se extrae de la cámara frigorífica dentro de su envoltorio de polietileno. A continuación se revisa que dicho envoltorio no tenga desperfectos ni roturas. En caso afirmativo habría que desechar el material, ya que se habría contaminado con humedad que afecta a la unión fibra-resina. (Etapa anterior de Atemperamiento).

- 2) El material se extrae del interior del envoltorio. Se coloca en un portarrollos específico para el posicionamiento del material sobre la mesa de corte. Los operarios deben realizar esta operación utilizando en todo momento guantes de protección de algodón, evitando con ello, cualquier contacto con la piel.



IMAGEN 38. Rollo de Material Preimpregnado para Cortar Telas



IMAGEN 39. Detalle de Tejido de Fibra de Carbono

- 3) Posteriormente se coloca la herramienta de corte, según tamaño y orientación especificados en la documentación. Se procede al proceso de corte manual propiamente dicho.



IMAGEN 40 y 41. Herramientas para Medición y Corte de Material Preimpregnado

- 4) Después se identifica cada tela que haya sido cortada. Esta identificación consiste en una etiqueta autoadhesiva que se adhiere a la cara de la tela que tenga un film de protección y que debe contener:
 - a. El Número de Orden (Orden de Producción).
 - b. Número de tela correspondiente.
 - c. Orientación de la tela.

- 5) Por último se procede a la inspección visual de las telas, para verificar que no existen:
 - a. Desgarros en los bordes de las telas.
 - b. La orientación corresponde con la especificada en la documentación.

6.2.4. Preparación de kit's

Una vez concluido el proceso de corte, se realizan una serie de operaciones adicionales:

- 1) El conjunto de rollos de material preimpregnado formado, debe introducirse en una bolsa de polietileno, que debe fabricarse en función del tamaño de este. Dicha bolsa se elabora a partir de un rollo de polietileno, utilizando una selladora térmica. La introducción del rollo de material en la bolsa debe realizarse prestando especial atención, para impedir dañar tanto el material como la bolsa de protección.



IMAGEN 42. Rollo de Polietileno

- 2) Por último se almacena el kit para su conservación, que se realizará en el interior de la cámara frigorífica. Debe adjuntarse junto al kit, la hoja de control del mismo, donde se indica:
 - a. fecha y hora de entrada en sala limpia.
 - b. fecha y hora de salida del kit en la sala limpia.

Para tener una trazabilidad del proceso, es necesario tener identificado en todo momento, el operario que realiza cada tarea. Esto queda reflejado en la orden de producción mediante un sello con el código identificativo de cada operario.

6.2.5. Fabricación de elementos

Para comenzar la fabricación propiamente dicha, se sacan de la cámara frigorífica los siguientes materiales:

- **Laminados manuales** (Kit's de Telas descritos anteriormente), para la fabricación de los Larguerillos Rigidizadores Longitudinales, los Rigidizadores Transversales y las Probetas de Validación. En este último caso, el material preimpregnado necesita únicamente una hora de atemperamiento.

- **Laminados automáticos en Fiber Placement**, bobinas de material preimpregnado para la fabricación de la Piel.

El proceso de producción comienza paralelamente con las acciones de:

- Laminar los Larguerillos Rigidizadores Longitudinales.
- Laminar Rigidizadores Transversales.
- Laminar en máquina Fiber Placement la Piel.
- Fabricación de las Probetas de Validación de Elementos.

6.2.5.1. Laminado de larguerillos rigidizadores longitudinales y transversales

Se procede en primer lugar a la extracción del material preimpregnado (Kit's que han sido fabricados anteriormente) del interior de la cámara frigorífica, para su atemperamiento.

Esta tarea debe realizarse por al menos dos operarios, como medida de seguridad en el interior de la cámara, debido al peligro de cierre de puerta. La extracción del material se hará siguiendo el Plan de Fabricación existente y habiendo informado con anterioridad al Mando de Taller.

Para proceder a la extracción, los operarios deben proveerse de la vestimenta adecuada para la entrada en la cámara: un anorak y pantalones adaptados a bajas temperaturas, ya que la temperatura en el interior de la cámara ronda los -18°C. Uno de los operarios será el encargado de entrar físicamente en el interior, localizar el kit y llevarlo hasta donde se encuentre el compañero esperándolo, con un carro de transporte, en la puerta de la cámara.

El proceso debe realizarse lo más rápido posible, para que de este modo la puerta permanezca el menor tiempo posible abierta. A la salida, los operarios deben asegurarse de que la cámara ha quedado perfectamente cerrada.

En el inicio de la ambientación hay que registrar los siguientes datos, en un formulario de Control, como el que se muestra a continuación:

FICHA DE CONTROL DEL PROCESO				
Part Number de la pieza				
Referencia				
Nº Control				
		SALIDA DE CÁMARA FRIGORÍFICA		
Material	Fecha Caducidad	Fecha	Hora	Sello Operario

IMAGEN 43. Ficha de Identificación de Proceso

De esta forma queda relacionado el material, el Kit y el número de la pieza. Debe anotarse en la Ficha de Control de Vida, la fecha y hora de salida del material, así como las horas de vida restantes.

Como se ha descrito anteriormente, debe de procurarse no abrir el envase antes de su atemperación.

Posteriormente se procederá al apilamiento de telas, según la orientación determinada por ingeniería para la fabricación. Este apilamiento se realiza sobre un útil, que es el que le confiere la forma necesaria para su posterior inserción en el conjunto. Esta operación se debe realizar en todo momento empleando guantes de algodón.



IMAGEN 44. Útil para la fabricación de Larguerillos Rigidizadores Longitudinales

❖ *Larguerillos Rigidizadores Longitudinales*

Una vez el útil está preparado en su zona correspondiente, se procede a apilar la primera tela de material preimpregnado sobre el mismo, utilizando una paleta de nylon para evitar la formación de arrugas. En las siguientes imágenes se muestran en un detalle de la colocación de telas sobre el útil y de la paleta empleada:



IMAGEN 45. Colocación de Telas sobre el útil



IMAGEN 46. Paletas de Nylon

Se debe tener en cuenta que cuando se apila una tela sobre otra, o una tela sobre panel de abeja, sólo debe retirarse el film protector del preimpregnado de una de las caras, concretamente la que está en contacto con la cara superior de la última tela apilada. No debe retirarse el otro film protector hasta que no se vaya a proceder a apilar otra tela sobre ella. El operador debe comprobar que al retirar el film protector, no queden residuos y que el material no presente daños. Estos pueden provocarse porque el film se retira con la ayuda de un cutter, que puede ocasionar posteriormente problemas de calidad final.

Una vez se ha colocado la primera capa en toda la longitud del útil, se procede a una compactación en frío de la misma, para extraer todo el aire que pueda quedar retenido entre las fibras de material preimpregnado. Para ello es necesario construir una bolsa de vacío/compactación, de carácter temporal.

Este tipo de bolsa tiene algunas diferencias con la bolsa de vacío final, que se describirá en el siguiente apartado. Los pasos para la fabricación de la bolsa son:

1. Colocación de la pasta de sellado en el contorno de las telas apiladas. No retirar el papel protector hasta proceder al cierre de la bolsa.
2. Colocación de tiras de fibra de vidrio como tejido aireador de contorno, para favorecer la extracción de todo el aire.

3. Colocación del plástico de bolsa de vacío y de las tomas de vacío, que permiten la aplicación del vacío.
4. Colocación de manómetros para medición.
5. Cierre de la bolsa de vacío, por lo que ahora si podrá procederse a retirar el plástico protector de la masilla de cerrado.

Debido a la forma del útil y de los larguerillos, habrá zonas en las que será necesario la realización de pinzas con pasta de sellado para poder realizar un cierre correcto de la bolsa.

6. Conexión de las mangueras de vacío para la aplicación de vacío. Este podrá variar entre 76-150 mm Hg, ya que se trata de un laminado. La duración será de 5 minutos.

Concluido el tiempo considerado para la primera compactación, se retira la bolsa de vacío y se procede a la colocación de una plancha de panel de abeja sobre la primera capa de material, de dimensiones precortadas por el proveedor, acorde con las medidas de los Larguerillos Longitudinales.

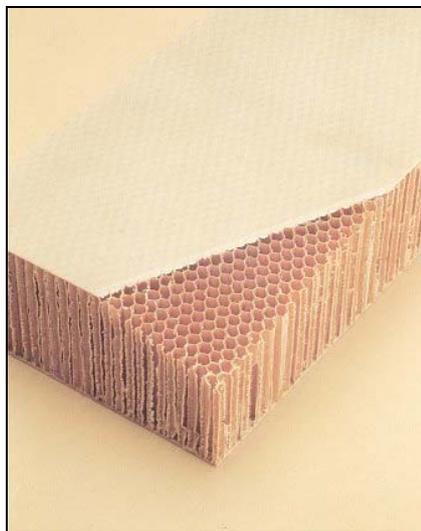


IMAGEN 47. Núcleo de panel de abeja

Para la realización de vacío en este caso, al tratarse a partir de ahora de una estructura sándwich, el vacío variará del orden de 175– 190 mm Hg, durante un tiempo de 10 minutos.

Sobre esta plancha se continúa con el apilamiento de la siguiente tela en el orientación correspondiente. Tras colocar esta segunda tela, debe volverse a realizar una compactación en frío, para lo que se utiliza la misma bolsa temporal anterior.

Este procedimiento debe repetirse cada cierto número de telas. Para la fabricación de este tipo de elementos la secuencia es la siguiente:

SECUENCIA	ACCIÓN
1	Apilamiento TELA 1
2	Bolsa de Compactación 1
3	Apilamiento Núcleo Panel de Abeja
4	Apilamiento TELA 2
5	Bolsa de Compactación 2
6	Apilamiento TELA 3
7	Apilamiento TELA 4
8	Apilamiento TELA 5
9	Apilamiento TELA 7
10	Bolsa de Vacío/Curado Final

TABLA 4. Tabla de Secuencia de Colocación de Telas. Larguerillos Longitudinales

La secuencia de fabricación confiere al elemento una serie de características y cualidades, necesarias para desempeñar la función para la cual fue diseñado. Esta secuencia se consigue mediante la realización de ensayos en la fase de diseño inicial.

❖ *Rigidizadores Transversales*

La fabricación o laminado de este tipo de componentes se realiza de la misma forma que los anteriores, con la diferencia de que son de tamaño más reducido y que se laminan sobre un útil plano. Además la secuencia de fabricación es diferente, como se muestra a continuación:

SECUENCIA	ACCIÓN
1	Apilamiento TELA 1
2	Bolsa de Compactación 1
3	Apilamiento TELA 2
4	Apilamiento TELA 3
5	Bolsa de Compactación 2
6	Apilamiento Núcleo Panel de Abeja
7	Apilamiento TELA 4
8	Apilamiento TELA 5
9	Bolsa de Vacío/Curado Final

TABLA 5. Tabla de Secuencia de Colocación de Telas. Rigidizadores Transversales

6.2.5.2. Laminado automático en Fiber Placement

Para comenzar con la fabricación automática, lo primero que debe hacerse es sacar el material necesario de la nevera. Una vez fuera se anotará la fecha en la que se ha sacado, tal como en el caso anterior.

El material utilizado para la fabricación de elementos con este método consiste en unas bobinas de fibra de carbono preimpregnadas con resina Epoxy.



IMAGEN 48. Bobina de Material Preimpregnado

Este tipo de tecnología es lo más avanzado en Materiales Compuestos, un área en el que España es también líder a nivel Europeo. Se trata de la tecnología Automated Fiber Placement, un proceso de fabricación de piezas de materiales compuestos basado en la aplicación de fibra de carbono de forma automática.

En concreto, esta tecnología de fabricación consiste básicamente en la colocación de fibra preimpregnada sobre la superficie de un útil designado como mandril. Estas fibras se aplican en un formato de cinta, cuya pequeña anchura permite su aplicación sobre superficies con curvatura (cóncava y convexa).

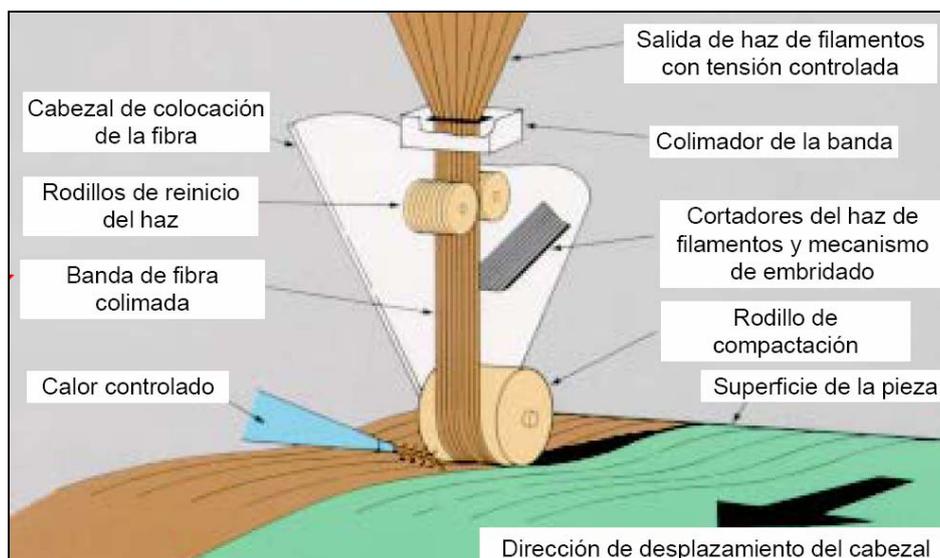
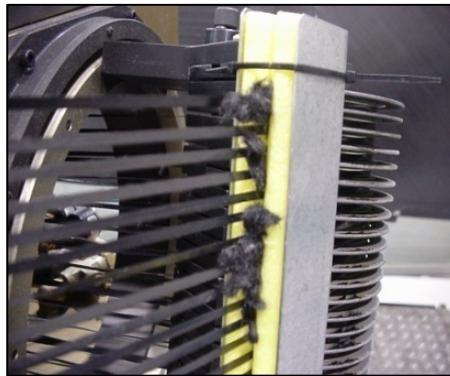
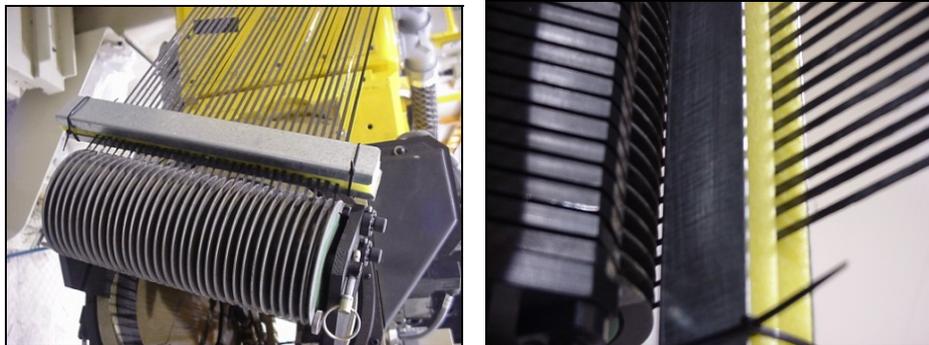


IMAGEN 49. Detalle del Cabezal de Laminado

En las siguientes imágenes se muestran detalles de la máquina de Fiber Placement:



IMAGEN 50. Máquina Automated Fiber Placement



IMÁGENES 51, 52 y 53. Detalle del cabezal de Fiber Placement



IMAGEN 54. Laminación de un Revestimiento

Se trata de un proceso de fabricación automático, basado en una máquina de control numérico y con un interfaz directo con el sistema CAD/CAM, que permite una transferencia directa desde el modelo de diseño a la pieza Revestimientos de los Motores en CATIA V5.

Las capas de cinta se depositan según sus orientaciones angulares de diseño y son inmediatamente compactadas mediante un rodillo que aplica directamente la presión necesaria para ello.



IMAGEN 55. Detalle del Rodillo Compactador

El rendimiento es tanto mejor cuanto mayor sea el número de cintas (bobinas) que permite colocar simultáneamente el cabezal. En el caso de las máquinas del proceso, y para el caso de los Revestimientos, este número es de 32 mechas o cintas.

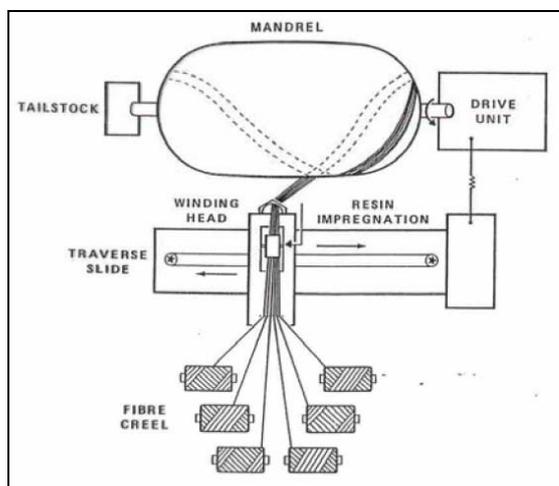


IMAGEN 56. Detalle de Funcionamiento de la máquina Fiber Placement

El Fiber Placement se aplica tanto a piezas "monolíticas" (formadas únicamente por tejido) como a piezas "Sandwich" (el tejido recubre un núcleo de panel de abeja).

El proceso de fabricación de piezas mediante la tecnología de Fiber Placement difiere de la fabricación mediante laminado manual en la propia operación de laminado y el formato de material de partida, compartiendo gran parte del resto del proceso (realización de bolsa de vacío, curado en autoclave, inspección ultrasónica, etc.).

Además es una tecnología que exige un elevado nivel de cualificación en todas las etapas del producto: equipamiento, diseño, cálculo, ingeniería de producto, ingeniería de utillaje, mantenimiento, ensayos, etc.

Entre los beneficios de su aplicación destacan la viabilidad para:

- Desarrollar grandes piezas y geometrías complejas (caso de los Revestimientos que ese está describiendo).
- Versatilidad para implementar con rapidez modificaciones de diseño y proceso que ingeniería considere necesarias (Continuamente se realizan modificaciones en el diseño).
- Reducción de operaciones manuales, como la bolsa de vacío para la compactación, al disponer de un rodillo compactador.
- Fiabilidad en la colocación y compactación de las capas.
- Ahorro de costes de fabricación.

La única desventaja relativa a considerar frente a la tecnología de laminado manual es el coste de adquisición de equipamiento.

Una vez la pieza ha sido laminada completamente y antes de ser retirada del Mandril para su colocación en un útil en forma de U, se le colocará en la cara exterior una capa de tejido pelable. Posteriormente se le realizará una bolsa de vacío/curado.

Una vez el proceso de fabricación ha concluido, el elemento debe desmoldearse del mandril. Este procedimiento se realizará manualmente con la ayuda de paletas de nylon (las mismas usadas en el laminado manual). Se recostará el elemento sobre un útil de recepción con la ayuda de dos operarios. Se necesitará para la tarea un elevador mecánico de personas, para evitar el foso que rodea la máquina.

Una vez ha sido desmoldeada completamente y recostada en el útil de recepción, los operarios deberán proceder a su colocación en un útil PEAU para continuar con el proceso.

Tejidos pelables

Los tejidos pelables se aplican como último material en la secuencia del laminado. Están diseñados para ser extraídos de la superficie del laminado con suma facilidad, favoreciendo los procesos posteriores de adhesión secundaria, masillado o pintado, sin necesidad de abrasión mecánica previa.

Los tejidos pelables o peel-plies son tejidos que, después de su proceso textil, son tratados para ser ofrecidos libres de impurezas, lo que permite utilizarlos en contacto con el laminado, sin problemas de contaminación posterior.

Constituidos normalmente de poliamidas (nylon) o fibras de poliéster, suelen dejar una superficie ligeramente rugosa, ideal para piezas que necesitan de un procesado posterior. La mayoría de los tejidos pelables de poliamidas (nylon) tienen problemas con sistemas de matrices fenólicas, debido a la emisión de agua que producen las mismas, por lo que se ha recomendado el uso exclusivo para la fabricación de piezas en Materiales Compuestos, de los tejidos de poliéster.

Dichos tejidos actúan también como protectores superficiales del laminado y se recomienda retirarlos solamente cuando sea necesario. Es recomendable su utilización para aquellas piezas que puedan ser objeto de una posible contaminación por mecanizado, almacenaje prolongado, manipulación, etc., que pueda perjudicar un proceso posterior.

Suelen presentarse en diferentes formatos comerciales (en rollo o en cintas). El más utilizado en el área de Materiales Compuestos es Rollos con un peso de 80 g/m². Poseen un hilo de color diferente que facilita su identificación sobre la pieza una vez curada. Su selección se ha realizado siguiendo criterios de resistencia a la temperatura.

El tejido pelable debe estar dentro del tiempo de vida indicado en la Ficha Técnica Aplicable.

Se evitará en la medida de lo posible la realización de empalmes de pelable. En caso de que debido a las dimensiones de la pieza sea inevitable, éste se realizará a haces. La existencia de solape en el pelable puede originar la formación de arrugas en las telas de material preimpregnado con el consiguiente detrimento en las propiedades del elemento.

6.2.5.3. Fabricación de la bolsa de vacío/curado

La Bolsa de Vacío es la operación Final que se hace en el Lay-Up, en la fabricación de un elemento de Materiales Compuestos Laminados, como el caso de los Revestimientos de Motores. Se realiza a los tres elementos fabricados hasta ahora:

- Pieles.
- Rigidizadores Transversales.
- Larguerillos Rigidizadores Transversales.

Su misión es extraer el aire y compactar durante el ciclo de curado.

Es de suma importancia mantener el vacío máximo permitido hasta la operación de curado. Es de vital importancia la realización de la bolsa de vacío pues de ello depende la calidad final del producto. Las condiciones específicas de ejecución de la bolsa aplicable a cada pieza de Revestimiento en particular, vienen dadas en la correspondiente documentación de trabajo.

Los elementos utilizados en su construcción no deberán entrar en contacto directo con el laminado a excepción de los tejidos peleables (PEEL-PLY), las películas separadoras y películas impermeabilizantes.

❖ REQUISITOS

El desarrollo de la bolsa de vacío es, como mínimo, de ½ mayor que la configuración de la pieza.

Es indispensable acoplar la bolsa por medio de pliegues y pinzas a todas las irregularidades de la pieza, para evitar su rotura por puenteo durante el ciclo de curado debido a la presión.

En las piezas, que debido a su diseño, tienen diferencias de altura, ángulos, aristas, huecos, etc., para evitar estas irregularidades se emplean pizas, rellenos (siliconas, Air-Pad, Air-Weaver, etc.) para que la bolsa no se rompa.

Las pizas serán lo más pequeñas posibles, aunque tengamos que hacer más cantidad, esto facilita el mejor acoplamiento de la bolsa de vacío y evita que el aire en movimiento del ciclo de curado levante la bolsa.

Para una buena extracción del aire y su posterior curado se puede utilizar como aireadores:

- Dos capas de Air-Weaver.
- Una capa de Fibra de Vidrio Tipo 120.
- Una mezcla de ambos.

Los aireadores deberán cubrir toda la superficie del útil.

Se debe tener precaución de no dejar puentes o huecos que puedan producir roturas de bolsa durante el ciclo de curado. Para ello se darán tantos cortes a los aireadores como sea necesario. Se sujetará con cinta adhesiva de alta temperatura.

En las zonas donde se vayan a colocar las tomas de vacío se pondrá un almohadillado de fibra de vidrio que tendrá, interiormente, un trozo de película separadora no-perforada, para evitar la obstrucción de la toma de vacío en caso de sangrado accidental de la pieza.

❖ ELEMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO CORCHO

Debido al proceso de fabricación, se situará retenedor de corcho en el perímetro de la pieza.

Es de suma importancia poner tantas láminas de corcho como espesor tenga la pieza para evitar distorsionamiento de capas en el final de la pieza.



IMAGEN 57. Láminas de Corcho

❖ FIBRA DE VIDRIO

Una vez fabricado el elemento, se procederá a colocar un mínimo de cuatro bandas de fibra de vidrio tipo 120, como respirador, con una anchura mínima de 25 mm alrededor de la pieza.

Es de suma importancia colocar las tomas de vacío encima de estas capas para la buena extracción del aire.



IMAGEN 58. Fibra de Vidrio

Se recubrirá toda la superficie del laminado con una película separadora hasta la mitad de las bandas de fibra de vidrio.

❖ FILMS SEPARADORES

Los films separadores son utilizados para separar el laminado del resto de materiales del proceso de vacío (desmoldeante). Los films sangradores son los mismos films separadores pero perforados siguiendo un patrón establecido, que permite salir el exceso de resina existente en el laminado.

Los patrones de perforado se establecen de acuerdo con el proceso de fabricación seleccionado. El diámetro de perforado va en función del flujo de resina excedente y dependerá de:

- La temperatura de curado
- Sistema de matriz
- La viscosidad de la resina
- El tiempo de trabajo
- Presión de compactación

Todas estas consideraciones permiten seleccionar el film sangrador más adecuado, que permita salir al exceso de resina y de aire que haya quedado atrapado entre las capas de laminado. Si su elección no se hace correctamente, se obtienen malos resultados:

- Laminados con alta tasa de porosidad (poca evacuación de aire, film sangrador con pocos agujeros).
- Laminados demasiado secos (film sangrador con demasiados agujeros o excesivamente grandes).

También existen films sangradores perforados que permiten solamente el flujo de gases pero restringen el paso de la resina, aunque esta fuese de baja viscosidad.

Otras características importantes de estos films que podemos mencionar son:

- Resistencia a altas temperaturas.
- Alta elongación (acorde a la elongación del film de la bolsa de vacío).

- Ausencia de contaminantes en su composición.
- Reducido coste.



IMAGEN 59. Material Separador (A4000)

❖ MANTAS DE AIREACIÓN

Las mantas de absorción y aireación son tejidos sintéticos no entramados, normalmente constituidos de fibras de poliéster recicladas, razón por la cual presentan imperfecciones en su superficie.

Cumplen básicamente dos funciones:

- a) Permitir circular el aire atrapado por todo el interior de la bolsa de vacío hacia algún orificio de salida.
- b) Actuar como absorbente del exceso de resina que emana por acción de la presión de consolidación.

Atendiendo a criterios de presión y temperatura de trabajo, existe una extensa gama que permite obtener tejidos resistentes a presiones de trabajo desde 1 a 14 bar, y a temperaturas de hasta 430°C.

De bajo peso (alrededor de 140 gr/m²) y gran adaptabilidad, permiten amoldarse a formas complejas. No tienen propiedades desmoldeantes, por lo que deben ser separados del laminado mediante un tejido sangrador o película separadora perforada.



IMAGEN 60. Material Aireador

❖ FILMS BOLSA DE VACÍO

Los films de bolsa de vacío son los encargados de sellar todo el laminado, incluso el resto de fungibles de vacío anteriormente mencionados. Una vez sellado, se realiza el vacío en el interior de la membrana creada sobre el laminado para que actúe externamente la presión atmosférica.

Los criterios de selección se basan en:

- Su mayor o menor elongación
- En su resistencia a temperaturas elevadas
- Su compatibilidad con las resinas
- Su resistencia al ataque de gases durante el curado
- Su adaptabilidad a formas complejas

Los films de vacío de nylon son higroscópicos y el contenido de humedad actúa sobre ellos como un plastificante, teniendo influencia sobre sus propiedades mecánicas. Cuando su contenido de humedad es bajo, el film se vuelve rígido y quebradizo, y sus propiedades de alargamiento se deterioran. Por ello es recomendable almacenarlos en salas en las cuales exista una humedad relativa mayor del 55%.



IMAGEN 61. Material de Bolsa de Vacío

❖ MASILLAS

Las masillas de cierre se utilizan para proveer una junta entre el molde y la bolsa de vacío, que asegure estanqueidad.

Constituidas de una mezcla de caucho sintético combinado con cargas inertes, plastificantes y aditivos que les proporcionan adhesividad, deben ser formuladas para que su extracción del molde sea fácil y no deje impurezas ni residuos en el mismo, después del ciclo de curado.

La selección de dichas masillas se realiza en función de la temperatura de curado y la presión de trabajo.



IMAGEN 62. Masilla de Sellado

❖ TOMAS DE VACÍO

Son conectores que permiten la evacuación del aire del interior de la bolsa, al unirlo mediante una manguera a un sistema de vacío. Consta de una placa base, una arandela de estanqueidad, una placa de cierre y un vástago de ½ vuelta de apriete en medio punto de leva.

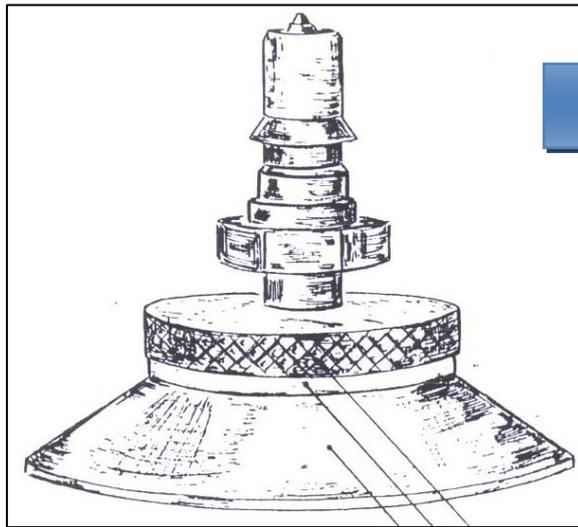


IMAGEN 63. Dibujo Esquemático de una Toma de Vacío



IMAGEN 64. Detalle de una Toma de Vacío

❖ PASOS A SEGUIR PARA LA COLOCACIÓN CORRECTA DE UNA TOMA DE VACÍO

La colocación de la tomas de vacío se realiza de la siguiente forma:

1. Posicionar la placa base sobre materiales aireadores.



IMAGEN 65. Paso 1

2. Colocar la película de vacío.



IMAGEN 66. Paso 2

3. Sacar “Bocado” encima de la placa base, pero nunca rasgar con cuchilla, ya que existe el riesgo de transmisión.



IMAGEN 67. Paso 3

4. El subconjunto restante (Placa Cierre+Arandela+Vastago) se introduce y se gira, teniendo la precaución de estirar la bolsa en el asiento de la placa base para evitar la formación de arrugas que acaban produciendo fugas.

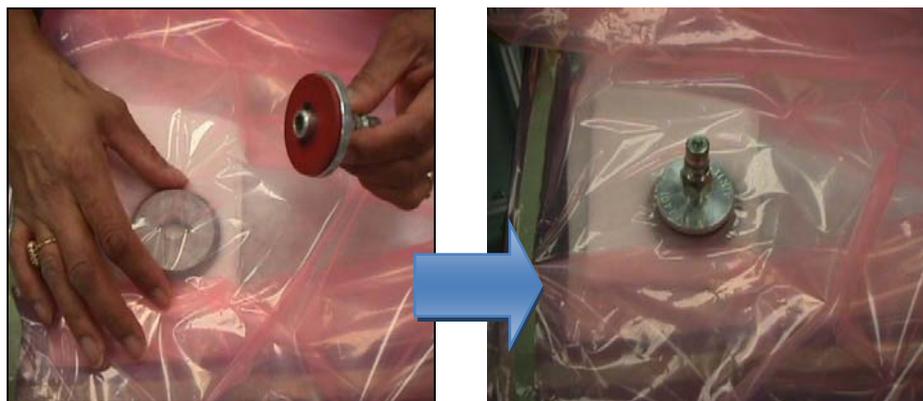


IMAGEN 68 y 69. Paso 4

El número de Tomas de Vacío será directamente proporcional a la dimensión de la pieza y requerimientos de los materiales utilizados (Mínimo dos). En nuestro caso se utilizan 4 unidades. Su colocación será en zonas de buen asiento siempre fuera de la pieza. En caso de no tener espacio en el útil se podrá colocar haciendo unos pliegues al efecto.



IMAGEN 70. Pieza con Toma de Vacío

❖ TERMOPARES

Son cables de Hierro de “Constantan” utilizados para controlar la temperatura del elemento.

- Los terminales estarán soldados en uno de sus extremos.
- La precisión de los termopares y registrado será de $\pm 3^{\circ}\text{C}$, desde 50°C a 185°C .
- Deberán estar protegidos en toda su longitud hasta el extremo soldado.

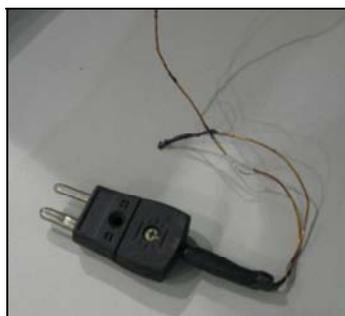


IMAGEN 71. Detalle de un Termopar

Antes de su utilización deberán comprobarse eléctricamente, mediante un comprobador como el que se muestra en la imagen.

Nunca se utilizarán termopares que no hayan sido comprobados eléctricamente.



IMAGEN 72. Comprobador eléctrico de termopares

La colocación de los termopares se debe realizar homogéneamente para así conocer las temperaturas alcanzadas en cada zona de la pieza. Siempre que sea posible, se sitúan dentro de las capas, en su defecto se colocan lo más cerca posible. El número es, para piezas con un área superior a 2 m^2 , de un termopar por m^2 (caso de los Revestimientos) pero para piezas con una superficie menor de 2 m^2 se colocarán como mínimo dos (caso de las probetas de validación). En los Revestimientos se utilizan 4 unidades.

Cuando se utilice algún termopar de superficie, este se situará encima del sangrador de contorno con una separación máxima de hasta 50 mm de la pieza.

Para impedir cualquier movimiento de los termopares durante el Ciclo de Curado, se deben sujetar con cinta adhesiva de alta temperatura.

Tanto la distribución, como el número de termopares empleados, se registrarán en un impreso de control de polimerización preparado para tal fin.

La precisión de la caja de empalmes del termopar y el registrador deben garantizar aproximadamente 3°C dentro de un rango de temperatura de la operación del autoclave. Siempre se inspeccionará visualmente que la camisa del termopar no esté deteriorada.

La salida al exterior de la bolsa de vacío se debe sellar herméticamente con la pasta selladora de la bolsa (cromato de cinc).

❖ CONSTRUCCIÓN FINAL DE LA BOLSA DE VACIO

La pasta selladora de vacío se coloca en la zona del útil preparada para este fin, la cual estará totalmente limpia (generalmente el borde del útil), libre de partículas y restos de desmoldeantes.

Se debe comprobar la estanqueidad de la bolsa y se aplica el vacío máximo permitido según la pieza.



IMAGEN 73. Manómetro

Se verifica que, durante cinco minutos, la pérdida de la bolsa de vacío no es superior a 25mm Hg. Como norma general esta operación se realiza mediante un vacuometro. Si la pérdida fuera mayor, se intentaría encontrar la entrada de aire y si fuera factible se repararía con una bolsa local.

Para la detección de entradas de aire se emplea un detector de fugas ultrasónico.

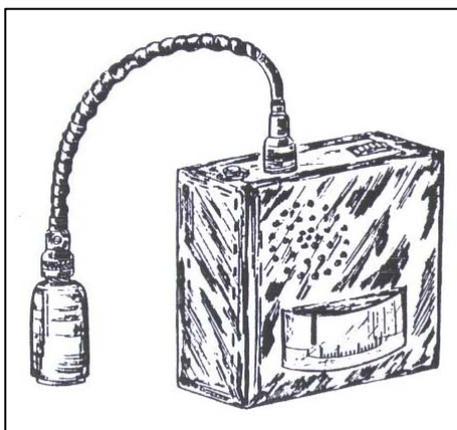


IMAGEN 74. Detector

Nunca se dará por finalizada la orden de Trabajo, sin haber comprobado la bolsa de vacío. Nunca se introducirá una pieza en el autoclave sin haberse cerciorado antes que, ni en la bolsa ni en el útil, haya quedado algún material que pueda producir un incendio (restos de protectores, papel, trapos, etc.).

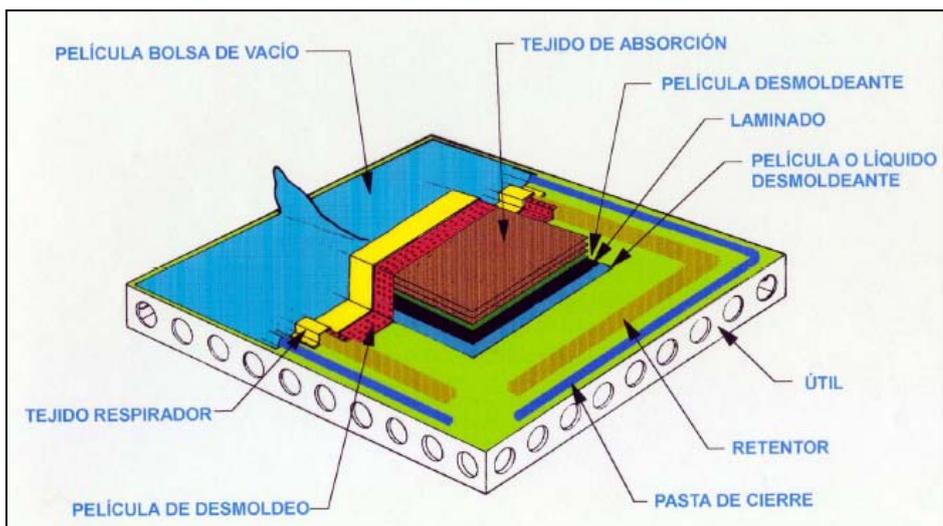


IMAGEN 75. Esquema de Bolsa de Vacío/Curado



IMAGEN 76. Bolsa de Vacío en Larguerillos Rigidizadores Longitudinales

6.2.5.4. Fabricación de placa para probetas de validación de laminados manuales

De las telas previamente cortadas y que forman los Kit's, es necesario realizar unas placas para probetas, para poder validar las características del material, mediante un ensayo de tenacidad a la fractura interlaminar en uniones composite-composite, según la normativa I+D-E 290. Estas probetas validan los siguientes elementos:

- Larguerillos Rigidizadores Longitudinales.
- Rigidizadores Transversales.

El material se habrá extraído previamente de la nevera y dejado atemperar en su envoltorio de protección. Este se encuentra previamente cortado a las dimensiones necesarias.

Se toma una placa plana de aluminio de 500x600 mm y se limpia su superficie con un trapo de algodón y alcohol isopropílico.

A continuación se procede a la fabricación de la placa para probetas en los pasos que se describen a continuación:

❖ Apilamiento

Para las operaciones de apilado se emplean guantes de algodón. Con la ayuda del cutter, se retira una de las películas de protección del primer patrón a moldear, teniendo la precaución de no deteriorar el material preimpregnado, y fijarlo sobre la placa. Se retira la segunda capa de protección, y se adapta el patrón sobre la placa eliminando las arrugas del mismo. Se realiza la misma operación con el segundo y sucesivos patrones, apilándolos sobre el primero siguiendo las orientaciones indicadas. Las tolerancias de posicionamiento de los patrones son de $\pm 5^\circ$ para el tejido y de $\pm 3^\circ$ para la cinta.

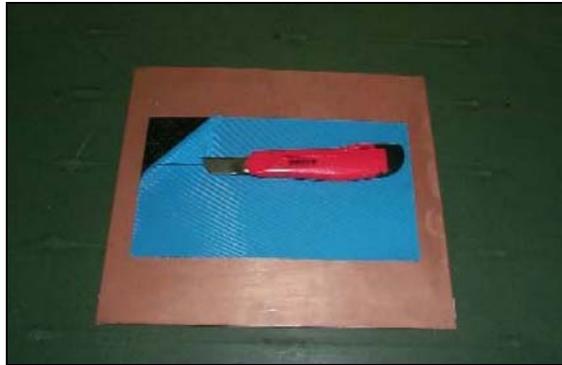


IMAGEN 77. Laminado

❖ Realización de la bolsa de vacío

- Situar cinta adhesiva de corcho en forma de marco alrededor del laminado, a modo de retenedor.



IMAGEN 78. Corcho Retenedor

- Situar la pasta de vacío en el perímetro exterior del útil, dejando unos 100 mm de distancia con el corcho retenedor. No se debe retirar el papel protector de la pasta de vacío.
- Situar la cinta de fibra de vidrio en el perímetro inmediatamente interior a la pasta de vacío, fijándola mediante cinta de alta temperatura. Se deja un sobrante de unos 200 mm.
- Fijar un extremo de un termopar en uno de los bordes del laminado, sujetándolo al útil con cinta de alta temperatura. Se pasan los dos hilos del termopar por separado por encima de la pasta de vacío. Se cubre esa zona con un trozo de pasta de vacío.

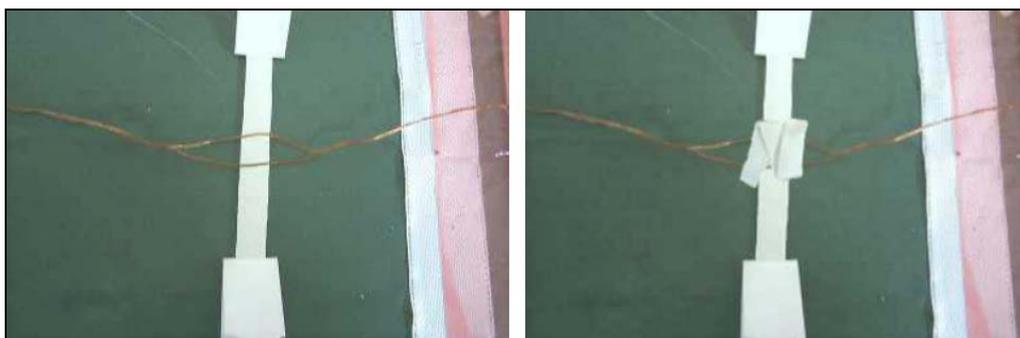


IMAGEN 79. Detalle de Termopar

- Cubrir el laminado con una capa de film separador, que se prolongará hasta la mitad del ancho de la fibra de vidrio.

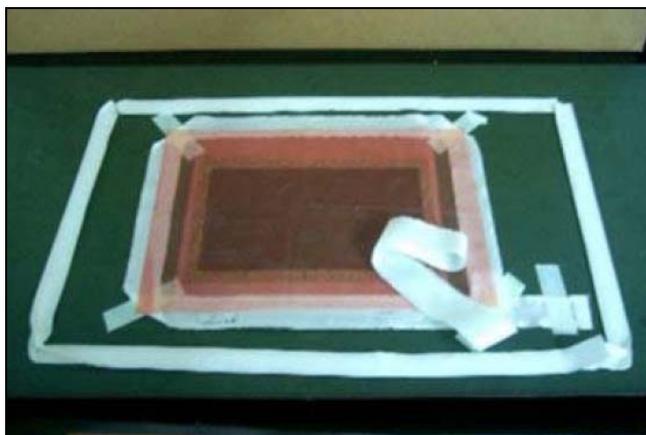


IMAGEN 80. Film Separador

- Cubrir la zona interior del perímetro de pasta de vacío con manta aireadora.
- Hacer pasar el sobrante de cinta de fibra de vidrio sobre la manta aireadora, y situarla formando un par de pliegues. Situar la parte inferior de la toma de vacío sobre esos pliegues.
- Cortar un trozo de bolsa de vacío con las dimensiones de la placa. Retirar el papel protector de la pasta de vacío. Adherir uno de los lados de la bolsa sobre uno de los lados del rectángulo de pasta. Adherir el lado contrario. Cerrar completamente la bolsa, asegurando que no queda ningún pliegue sobre la pasta de vacío.



IMAGEN 81. Bolsa de Vacío

- Perforar la bolsa sobre la toma de vacío. Acoplar la parte superior de la toma a la parte que ha quedado dentro de la bolsa.
- Reparar línea de pasta de vacío (con ayuda, por ejemplo, de la trasera roma del cutter).

❖ Prueba de estanqueidad

Para finalizar se debe realizar una prueba de estanqueidad y para ello, se conecta la toma de vacío y se observa la posible aparición de silbidos que denoten la existencia de pérdidas en la bolsa.

- Volver a reparar la línea de pasta de vacío en los puntos con posibles pérdidas.
- Desconectar la toma de vacío y observar durante unos segundos la posible caída de presión.

Si la bolsa no tiene pérdidas por encima de la norma, se identifica la bolsa con un marcador indeleble, quedando lista para el curado.



IMAGEN 82. Placa de probeta Final

6.2.6. Curado en Autoclave

Una vez terminan las operaciones que se le realizan a los elementos en el interior de la Área Limpia, estos siguen distintos caminos:

- Los Rigidizadores Transversales y los Larguerillos Rigidizadores Longitudinales son transportados a una empresa subcontratada anexa a la factoría, en el interior de sus bolsas de vacío, para proceder a su curado. Se procede de esta forma, debido a que al tratarse de menor tamaño y en pequeñas cantidades, se consideró que no era aceptable el realizar un ciclo de curado en el Autoclave del Área de Materiales Compuestos.
- Las Pieles embolsadas junto con las probetas de validación, son transportadas a la Zona de Autoclave, localizada en el Área Sucia, para proceder al Ciclo de Autoclave correspondiente.

La pieza encerrada a vacío se sitúa en el autoclave para el curado final de la resina. Las condiciones de curado dependen del material, en el caso de los Elementos que forman los Revestimientos (materiales compuestos de epoxy-fibra de carbono) se calienta alrededor de los 180°C (375 °F). Después de retirada la pieza de autoclave se le prepara para continuar el proceso.



IMAGEN 83. Autoclave

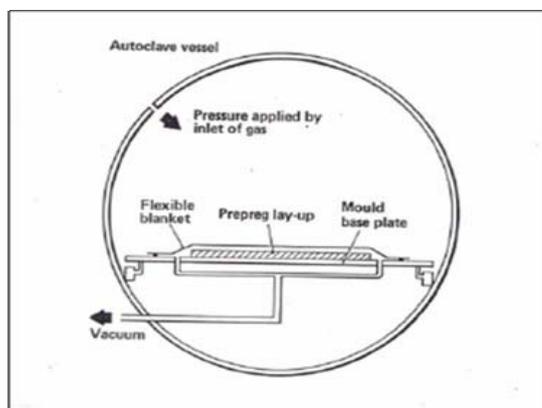


IMAGEN 84. Esquema Autoclave

Los parámetros del ciclo de Autoclave son los siguientes:

- Presión Autoclave.
- Velocidad de Calentamiento y Temperatura de Polimerización.
- Presión en el Interior de la Bolsa durante el Ciclo.
- Tiempo de Curado.
- Velocidad de enfriamiento y temperatura de desmoldeo.

❖ **Ciclo de curado**

Del ciclo de curado utilizado, conjuntamente con la preparación de la bolsa de vacío, dependen, en gran medida, la calidad final del revestimiento fabricado en materiales compuestos.

Los diferentes tipos y métodos de curado se basan en la aplicación de temperatura y presión y/o vacío durante un tiempo determinado. En el caso de materiales compuestos avanzados, como es este caso, el proceso de curado se realiza en el autoclave por medio de la aportación de calor y presión para lograr la reacción de polimerización de la resina y/o adhesivos, durante un proceso totalmente controlado.

Las condiciones específicas de curado dependen principalmente del sistema de resina del material preimpregnado (alta o baja temperatura), tipo de estructura a fabricar, tipo y material del útil, etc.

Las condiciones (P, T, t, velocidad calentamiento, enfriamiento, etc...) vienen indicadas en el R.E.P de la pieza y en la correspondiente documentación de trabajo del elemento.

Dentro de las variables que se tienen en cuenta en la definición de un ciclo de curado, las tres más importantes son:

- Presión
- Temperatura
- Tiempo

1. Presión

El papel de la presión en el ciclo de curado es conseguir una buena distribución de la resina en la pieza y una buena compactación entre las distintas capas de material que componen el elemento a fabricar. La presión aplicada puede variar entre 1 – 10 bares, dependiendo del tipo de estructura a fabricar.

Las presiones utilizadas en la fabricación por autoclave de estructuras monolíticas suelen ser de 7 bares, mientras que en estructuras “sándwich” será generalmente de 3,2 bares, dependiendo del tipo de núcleo.

Es especialmente importante el punto de aplicación de la presión, en función de las características químic-reológicas de la resina (viscosidad y gelificación). Una aplicación de presión, cuando la resina ya ha endurecido (gelificado), o por el contrario cuando la resina está muy fluida, produciría piezas con porosidad y huecos o falta de resina, con la consiguiente apertura de una HNC.

2. Temperatura

La temperatura de polimerización es aquella a la que se calienta el material para conseguir la reacción de entrecruzamiento entre los distintos componentes de la resina. Esta temperatura es función, principalmente, de la naturaleza química de la resina epoxi. Los Revestimientos pertenecen al grupo de materiales compuestos con material preimpregnado en resina de curado a 120°-180°C.

Es imprescindible asegurar que se está aplicando la temperatura correcta durante el ciclo de curado, pues en ella conjuntamente con el “tiempo de estabilización” dependerá que se consiga la polimerización de la resina. Si esto no se consiguiera se obtendrían piezas con características mecánicas y fisicoquímicas muy inferiores a las requeridas en el diseño inicial

3. Tiempo

El tiempo de curado es el tiempo en el que se mantiene la temperatura de polimerización durante el proceso de curado, asegurándose de este modo que se completa la reacción.

Este tiempo para el caso de Pieles y los Conjuntos Montados se sitúa en torno a las 8-9 horas aproximadamente, dependiendo del sistema de resina del material preimpregnado.

Todos los parámetros que rigen el ciclo de curado deben estar monitorizados y registrados durante todo el ciclo. Esto se consigue mediante un sistema de control centralizado en una consola principal.

Los ciclos de curado constan de varios pasos, como puede verse en la siguiente gráfica:

- (1) Rampa de subida de temperatura.
- (2) Período de mantenimiento a una temperatura determinada.
- (3) Rampa de bajada.

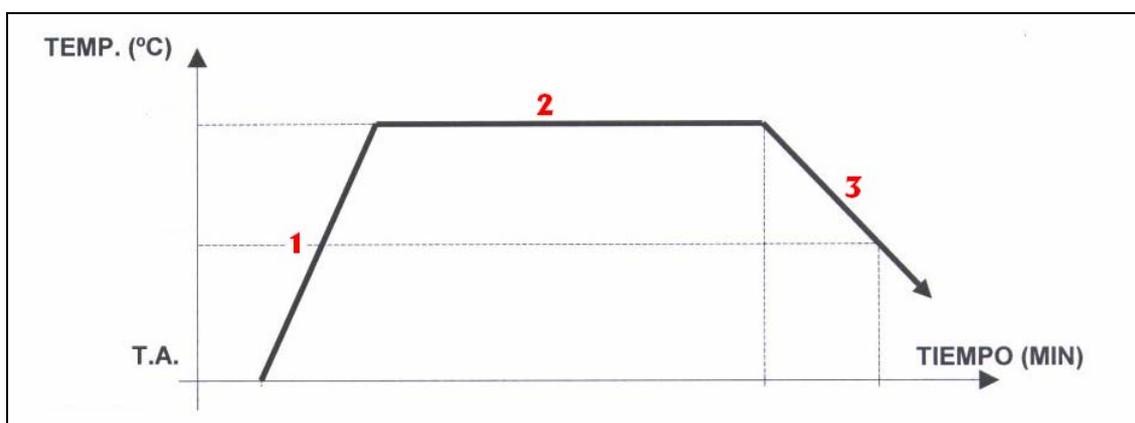
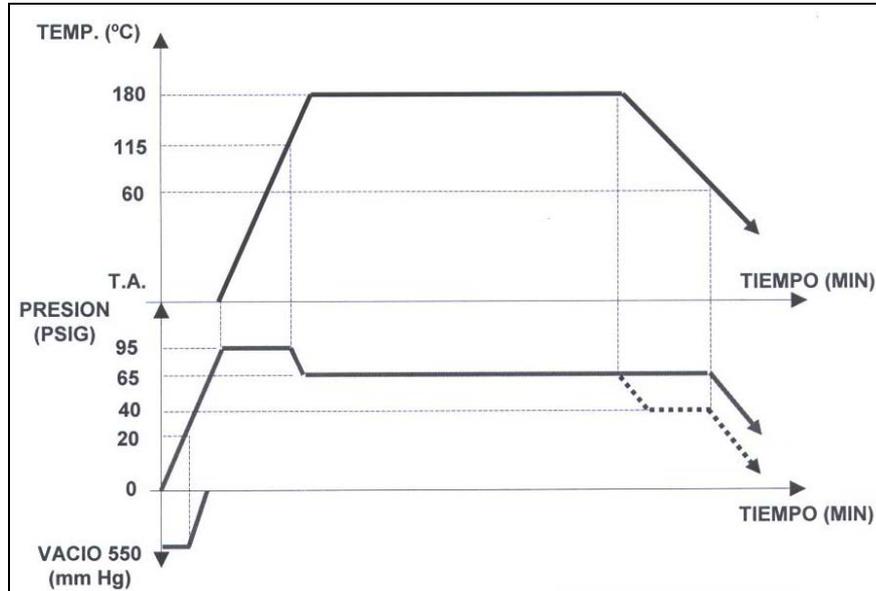


IMAGEN 85. Pasos de un Ciclo de Curado en Autoclave

Los ciclos a realizar para las distintas piezas de materiales compuestas, así como sus variables, que una vez montadas darán como resultado un Revestimiento en Material Compuesto, son los siguientes:

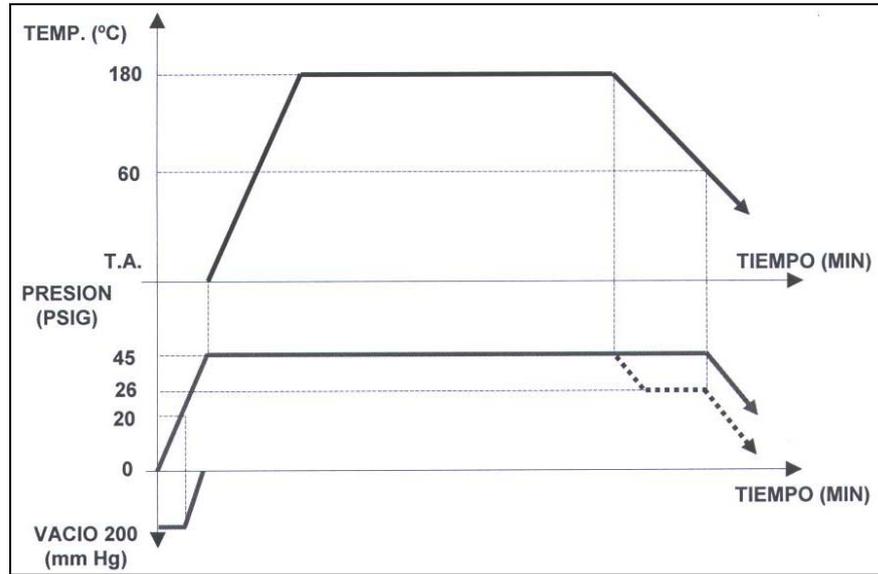
- **CICLO PARA PIELES**



VARIABLES	
PRESIÓN	65 ± 5
VACIO (mm Hg)	550 a 600
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (min)	60 a 150
TEMPERATURA DE ESTABILIZACIÓN (°C)	180 ± 5
TIEMPO DE ESTABILIZACION (min)	120 a 180
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (min)	≥ 45
TEMPERATURA DE DESMOLDEO (°C)	≤ 60

IMAGEN 86. Ciclo de Curado en Autoclave

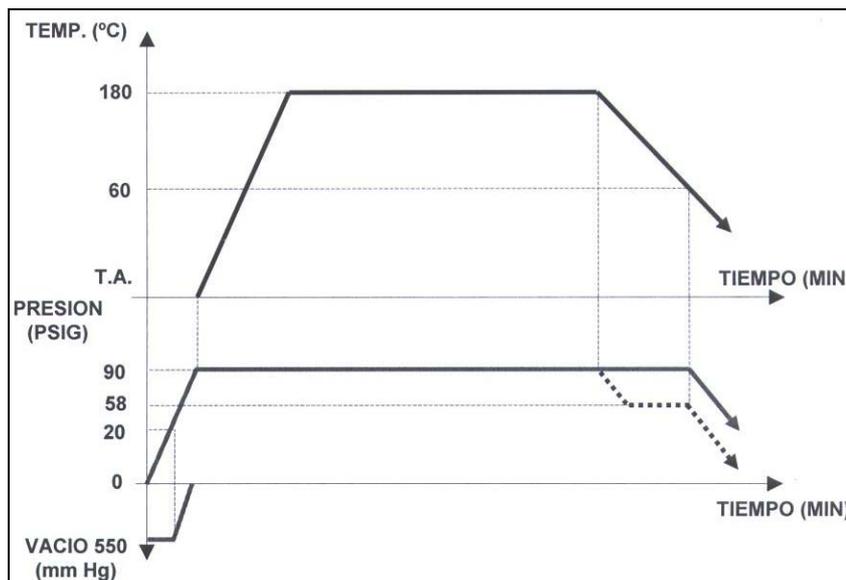
- CICLO PARA LARGUERILLOS RIGIDIZADORES LONGITUDINALES**



VARIABLES	
PRESIÓN	45 ± 5
VACIO (mm Hg)	200 a 250
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (min)	57 a 285
TEMPERATURA DE ESTABILIZACIÓN (°C)	180 ± 5
TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN (min)	120 a 180
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (min)	≥ 43
TEMPERATURA DE DESMOLDEO (°C)	≤ 60

IMAGEN 87. Ciclo de Curado en Autoclave

- CICLO PARA RIGIDIZADORES TRANSVERSALES**

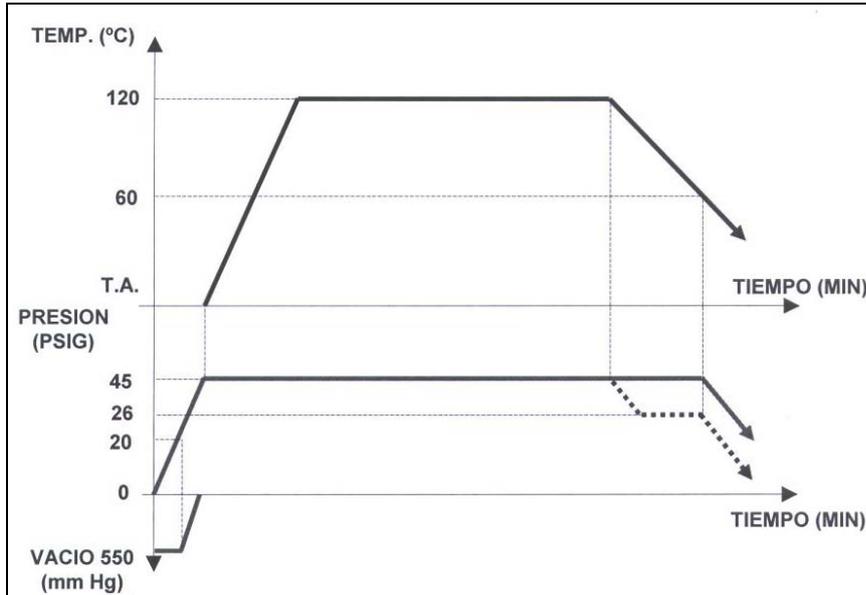


VARIABLES	
PRESIÓN	90 +10/-5
VACIO (mm Hg)	550 a 600
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (min)	57 a 285
TEMPERATURA DE ESTABILIZACIÓN (°C)	180 ± 5
TIEMPO DE ESTABILIZACION (min)	120 a 180
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (min)	≥ 43
TEMPERATURA DE DESMOLDEO (°C)	≤ 60

IMAGEN 88. Ciclo de Curado en Autoclave

• **CICLO PARA CONJUNTO MONTADO**

El conjunto montado tendrá un ciclo de sólo 120°C, ya que todos sus componentes están previamente curados. Lo único que se persigue es que queden adheridos unos con otros. Con ello se minimiza el riesgo de microroturas del material al someterlo a un segundo ciclo de Autoclave.



VARIABLES	
PRESIÓN	45 ± 5
VACIO (mm Hg)	550 a 600
TIEMPO DE CALENTAMIENTO (min)	25 a 60
TEMPERATURA DE ESTABILIZACIÓN (°C)	120 ± 3
TIEMPO DE ESTABILIZACION (min)	90 a 105
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (min)	25 a 40
TEMPERATURA DE DESMOLDEO (°C)	≤ 40

IMAGEN 89. Ciclo de Curado en Autoclave

Existe un protocolo de actuación, para la realización de un Ciclo de Autoclave, que debe realizarse de forma exhaustiva antes de comenzar la operación de curado de las piezas de Revestimientos en materiales compuestos. Las distintas acciones a tener en cuenta son las siguientes:

- (1) Se colocan los útiles de los elementos, que previamente han sido cerrados con su bolsa de vacío/curado en la superficie de rejilla de la plataforma de entrada a autoclave.



IMAGEN 90. Plataforma de entrada a Autoclave

- (2) Programación en la consola de mando del autoclave del ciclo a realizar.
- (3) Conexión de los elementos, tanto de las tomas de vacío como de los termopares de los elementos a las conexiones del interior del autoclave.

Se conectan para tener un registro continuo y en tiempo real de las distintas variables que intervienen:

- Temperatura.
- Presión.
- Vacío.

- (4) Chequeo de vacío y de las válvulas.
- (5) Cierre del Autoclave e inicio del ciclo de curado correspondiente.
- (6) Una vez en marcha, el operario encargado del autoclave procederá a realizar la “*HOJA DE CONTROL DE CICLO*”, que es un documento que deberá acompañar a la pieza tras su salida del Autoclave, durante el resto del proceso. En esta hoja se recoge la siguiente información:

- Croquis de la disposición de las piezas en la plataforma de entrada del Autoclave.
- P/N de los elementos.
- Número de Serie (N/S).
- Referencia.
- Programa al que pertenece.

6.2.7. Desmoldeo de elementos tras curado

Después del curado se realiza la operación de desmoldeo, consistente en liberar la pieza del útil para sus posteriores operaciones. Para ello es necesario retirar todo el material auxiliar que se utilizó en la fabricación de la bolsa de vacío y que no forma parte de la pieza curada.

Esta operación se realiza en la Zona de Desmoldeo, zona anexa y diáfana a la Zona de Autoclave. Las piezas en general no deben desmontarse del útil de curado hasta que alcancen una temperatura inferior a 60°C.

Las operaciones iniciales en el Desmoldeo son las siguientes:

- (1) Recortar la Bolsa de Vacío alrededor de las tomas de presión, para su liberación.
- (2) Cortar la masilla selladora en la zona de los termopares para su recuperación.
- (3) Retirar la bolsa de vacío y efectuar limpieza de la masilla selladora.
- (4) Retirar la manta aireadora, en caso de que sea reutilizable, plegándose y enviándose al área de origen (Área Limpia).
- (5) Desechar el material auxiliar en sus recipientes oportunos.

Las piezas se deben tratar con sumo cuidado, no ocasionándoles golpes, arañazos u otros desperfectos.

Una vez desmoldeada la pieza:

- Se identifica, escribiendo en su superficie con marcador indeleble blanco:
 - Referencia
 - Part Number
 - Número de serie (N/S)
 - Programa al que pertenece (A380 TRENT900)
- Se verifica visualmente, que no posee ninguna imperfección ni daño.
- Se protegen los bordes mediante esponja, para posteriormente colocar la pieza en el suelo.



IMAGEN 91. Detalle de la Protección de Revestimiento

- Se adjunta su documentación para posteriores operaciones.

6.2.8. Taladrado de pieles y rigidizadores transversales

Los Larguerillos Longitudinales van conectados con una serie de vigas transversales, que además de ir pegadas sobre la piel, van remachadas, como medida de seguridad. Para ello, es preciso realizarle a la piel, los taladros necesarios para el remachado final.

Este proceso se realiza después del desmoldeo y con ayuda de lo que se conoce como “carcasas de taladrado”, mientras la piel se encuentra aún en el útil. Una Carcasa de Taladrado es un útil que sirve de guía para taladrar el lugar exacto donde deben realizarse los taladros.

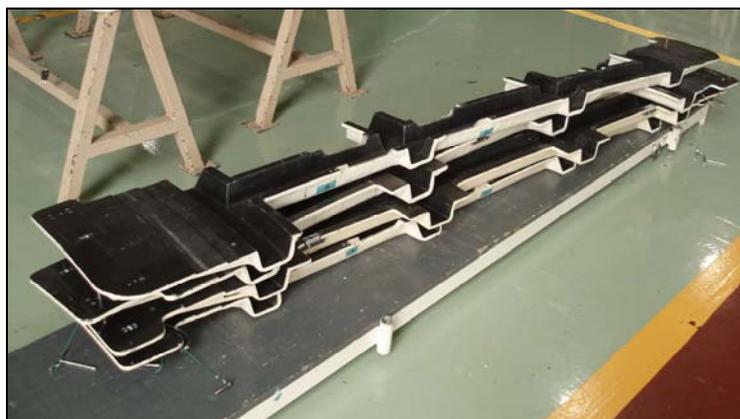


IMAGEN 92. Carcasas para Posicionamiento de Vigas Transversales

Se realizan ocho taladros para cada uno de los dos rigidizadores transversales, uno derecho y otro izquierdo que lleva el conjunto. El montaje de dichas vigas se realiza en el interior del área limpia.

Se lleva a cabo con la ayuda de un taladro y unas brocas especiales para taladrar fibra. Esta operación se realiza de igual forma, para los distintos programas, con la diferencia de que cada uno de ellos necesita un diámetro diferente de broca. Para que la piel no se mueva de su lugar durante el taladrado, se emplean una serie de pinzas metálicas, llamadas fijas.

Para que las pieles no se muevan durante el posterior proceso de montaje de los conjuntos, estas se taladran con la ayuda de unas placas, que se adaptan y cierran previamente al taladrado, sobre unos lugares predeterminados en el útil, que se conocen como “Placas Posicionadoras”. En la siguiente imagen se muestra un detalle de dichas pinzas:



IMAGEN 93. Placas Posicionadoras para Taladrado de Pieles

6.2.9. Limpieza de útiles

Tras la operación de desmoldeo, es necesario proceder a la limpieza del útil, para su posterior uso.

Antes de iniciar la limpieza se efectúa una inspección visual de la superficie del molde, para ver el estado de suciedad que presenta.

Esta se realiza de forma manual. Existen dos tipos de limpieza:

- Limpieza Preliminar, que consiste en el desengrase cuando el molde se utiliza por primera vez o cuando ha permanecido un tiempo considerablemente largo sin ser usado. Este no es nuestro caso, ya que el útil viene de un ciclo anterior. Pero es necesario saberlo, pues si ocurriese en algún momento, este sería el paso inicial antes del comienzo del laminado.
- Después de hacer una pieza, se procede a eliminación de polvo, partículas y restos de resina de la misma. Esta operación suele consistir en dos pasos:
 1. Un desbaste preliminar del grueso de la suciedad; utilizando un disco con herramienta automática de lijado, de grano adecuado, para no dañar la superficie del útil. Se utiliza mayormente en los bordes del útil, donde pueden haber quedado adheridas pequeñas cantidades de resina o masilla de sellado.



IMAGEN 94. Herramienta de Lijado Automático

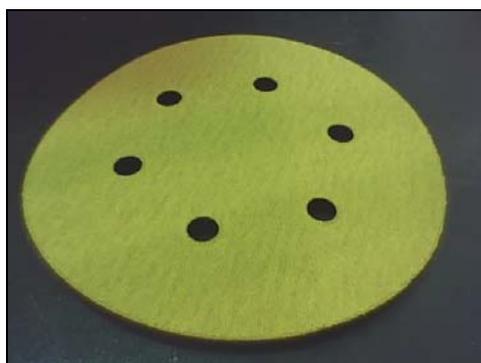


IMAGEN 95. Detalle de Disco de Lijado

2. Le sigue una limpieza más suave, a base de disolventes.

3. Se procede a la aplicación del disolvente adecuado. El disolvente utilizado para la limpieza es Metil-Etil-Cetona (MEK)

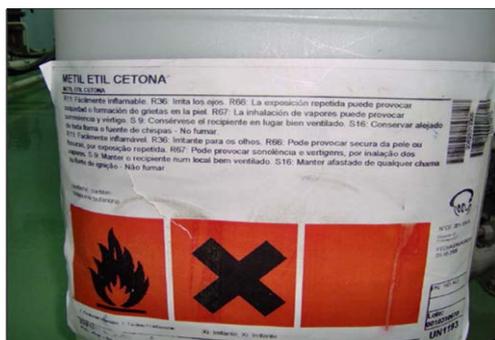


IMAGEN 96. Detalle de Disolvente

Este disolvente se aplica manualmente utilizando uno de los siguientes medios:

- Brocha.
- Trapos limpios de algodón. Este sistema es recomendado por ser más fácilmente desechable.



IMAGEN 97. Detalle de Trapos de Algodón

Los trapos limpios de algodón no deben desprender hilachas. En ningún caso se utilizan de lana y fibras sintéticas por su bajo poder absorbente y su disolución en los disolventes.

No se debe extraer de sus recipientes originales cantidades mayores de disolvente que las necesarias, quedando totalmente prohibido devolver al envase original, disolvente una vez utilizado.

❖ MODO DE EMPLEO

Los trapos no se deben sumergir en los recipientes que contengan disolventes, ya que producirán contaminación. Se vierte siempre el disolvente sobre los trapos (Nunca sobre el Útil). El encargado de la limpieza debe humedecer y frotar la superficie con el trapo o con el medio elegido e inmediatamente secarlo con un trapo limpio. Se debe aplicar extendiendo en capas ligeras, uniformes y perpendiculares entre ellas. No se debe dejar que el disolvente se evapore y se quede sobre la superficie del útil.

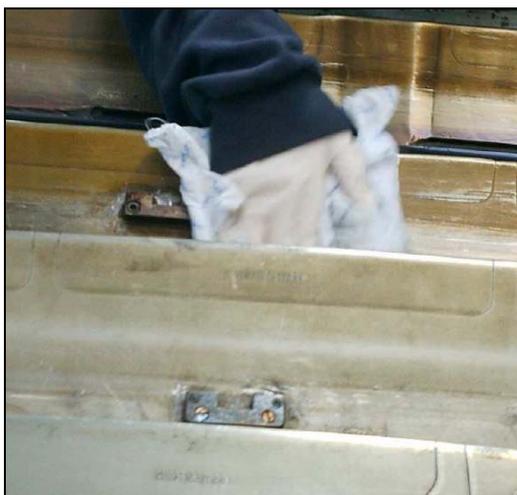


IMAGEN 98. Limpieza de un Útil

Se repite el proceso, si es necesario, hasta la eliminación total de la contaminación.

En el manejo del disolvente se deben de seguir una serie de precauciones:

- Utilizar guantes resistentes e impermeables a los disolventes (de polietileno).
- Llevar gafas protectoras.
- Llevar mascarilla de gases.
- Debido a que estos productos son inflamables, los disolventes se aplicarán en zonas ventiladas y abiertas.
- No está permitido fumar en estas zonas ni tampoco su aplicación próxima a focos de calor y conexiones eléctricas.
- Los trapos, una vez utilizados, se deben almacenar en recipientes adecuados provistos de tapa.
- No está permitido bajo ningún concepto, realizar las operaciones de limpieza, en el interior del área limpia, debido a la contaminación de micro-partículas que provocaría, pudiéndole ocasionar daños al material preimpregnado presente.
- Si los útiles no van a recibir una posterior operación, se protegerán de la contaminación y/o roce. Para ello se recubrirán con una funda de polietileno cerrado de forma hermética con masilla de cerrado.

❖ **APLICACIÓN DE DESMOLDEANTE A LOS ÚTILES**

Tras la limpieza del útil, se debe aplicar sobre este un desmoldeante. Los desmoldeantes son productos empleados como elementos de interposición entre los moldes y la primera capa de material de la pieza a fabricar, cuya misión es evitar la adherencia de la pieza al molde después de la polimerización de la resina en el curado, facilitando su extracción posterior.

Existen dos aspectos a tener en cuenta:

- Deben ser resistentes a las temperaturas a la que van a estar sometidos los materiales compuestos.
- Estarán en recipientes cerrados hasta el momento de su aplicación para evitar su evaporación y penetración de humedad, evitando su inutilidad.

Los Desmoldeantes utilizados en el Área de Materiales Compuestos, se dividen en dos grupos:

- Líquidos. El desmoldeante más utilizado es FREKOTE 33. La aplicación de este desmoldeante se debe efectuar de manera homogénea y uniforme. Sólo es necesario la aplicación de una capa. Si se trata de un molde que lleva sin usarse algún tiempo, se aplicarán, como mínimo, 3 capas debiendo dejar un tiempo de secado de 15 minutos entre ellas. Para este tipo de desmoldeante, antes de comenzar el moldeo de capas se deberá dejar unas 2 horas a temperatura ambiente.

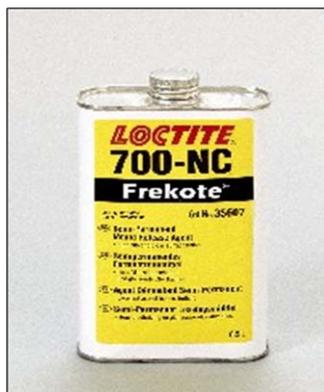


IMAGEN 99. Detalle de Desmoldeante FREKOTE

Existen otros tipos de desmoldeantes que al ser aplicados, deben ser horneados durante unos 30 minutos mínimo a 120°C. Este tipo se utilizaba en un principio, pero el hecho de tener que calentar, hacía su uso inviable económicamente, por lo que se optó por otro tipo de desmoldeante, el cual secase a temperatura ambiente.

- Sólidos. El desmoldeante sólido más utilizado en la empresa es el TOOLTEC, que es una especie de cera en rollos que forma una película separadora. Este tipo es utilizado en otro tipo de piezas distintas a los Revestimientos, pero su uso está aceptado gracias a los buenos resultados obtenidos.

6.2.10. Ensayo de probetas para validar elementos

La placa de probeta de laminado fabricada anteriormente se envía a una empresa subcontratada para que la prepare para los ensayos posteriores, según la norma EN 2565.

La probeta se compone de dos laminados unidos por una capa de adhesivo. Para inducir una grieta inicial, se incorpora una lámina de teflón de espesor 0.02 a 0.03 mm entre los dos laminados, por lo que el adhesivo no cubre dicha lámina.

Las dimensiones y la configuración son las indicadas en la figura siguiente:

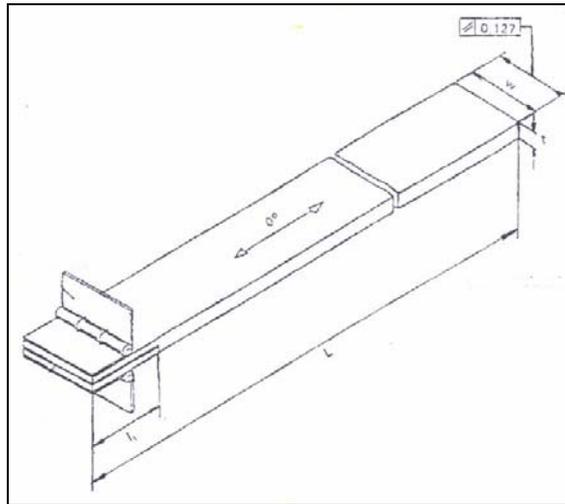


IMAGEN 100. Esquema de dispositivo de Ensayo (I)

DIMENSIONES	
L	250 ± 5 mm
li	25 ± 1 mm
w	25.0 ± 0.2 mm
t	3.0 ± 0.2 mm

6.2.10.1. Procedimiento de ensayo

A continuación, se describe paso a paso la realización del ensayo realizado en el Laboratorio del Área de Materiales Compuestos:

1. Preparación de las Probetas

- El espesor debe ser suficientemente grande para que las grandes deformaciones no influyan en los resultados (carbono/epoxi: 3 mm).
- Pegado de tacos, eliminación de adhesivo y marcado de la probeta.

Ambas caras longitudinales de la probeta se pintan con tipex para facilitar la observación de la propagación de la grieta y medición durante el ensayo.

Para facilitar la sujeción de la probeta a las mordazas de la máquina se pegarán unos tacos, que se pueden observar en la siguiente figura. La unión de los mismos (preparación superficial, temperatura de curado) no debería afectar a las propiedades del material a ensayar y se usará un material de alta resistencia al pelado. Las dimensiones de los tacos son 3 mm de espesor, 15 mm de largo y el mismo ancho el de la probeta.

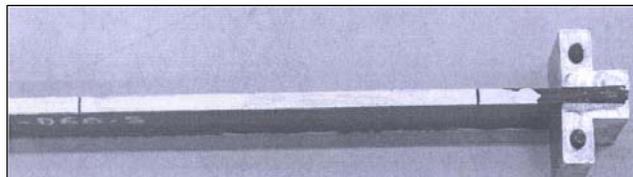


IMAGEN 101. Probeta

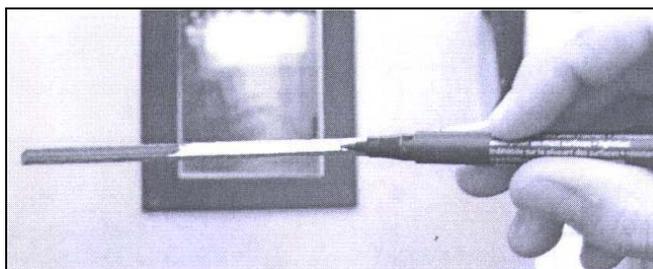


IMAGEN 102. Marcado de la Probeta

2. Realización del ensayo y resultados

Los pasos a seguir para realizar el ensayo son:

1. Alinear la probeta en el útil de fijación del ensayo.
2. Realizar una precarga a la probeta hasta que alcance una longitud inicial de grieta de 10 a 15 mm. Señalar la posición de la punta de grieta utilizando un marcador indeleble.
3. Descargar la probeta completamente una vez marcada la grieta inicial.
4. Señalar la longitud final de grieta de 100 mm medidos desde la marca inicial de grieta.
5. Fijar una velocidad de desplazamiento de las mordazas a 10 ± 0.2 mm/min.
6. Identificar durante el ensayo y también en la gráfica el punto donde se alcanza la longitud inicial de grieta.
7. Cuando se alcanza la longitud final de grieta parar el ensayo y descargar.
8. Despegar completamente y observar el tipo de rotura.

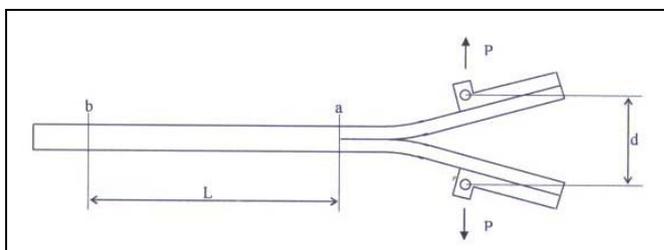


IMAGEN 103. Esquema de Dispositivo de Ensayo (II)

Pueden darse las siguientes roturas:

- Adhesiva: de un lado es visible la superficie del laminado, y de otro el adhesivo. La grieta se ha propagado en el interfaz laminado-adhesivo.

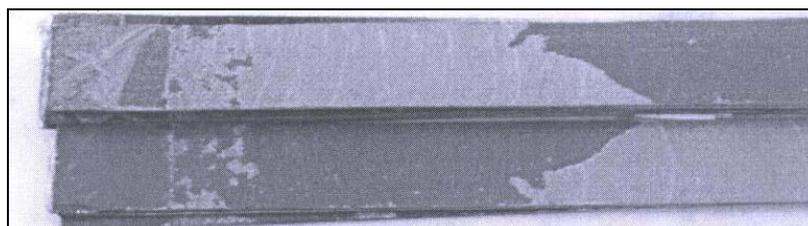


IMAGEN 104. Rotura Adhesiva

- **Cohesiva:** el adhesivo es visible a ambas superficies del laminado. La grieta se ha propagado a través de la lámina de adhesivo.

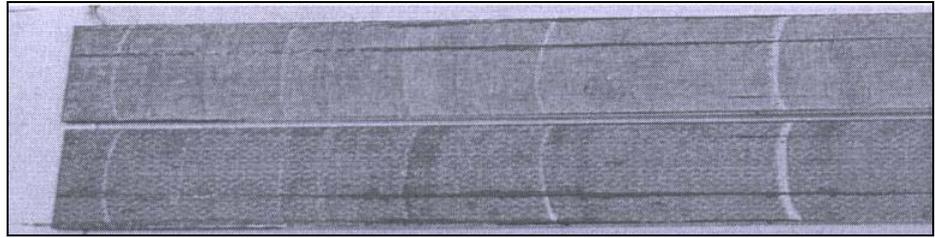


IMAGEN 105. Rotura Cohesiva

- **Delaminación:** se puede observar fibras y resto de resina pegadas a la capa de adhesivo. La grieta se ha propagado en el interior del laminado provocando el fallo por delaminación.

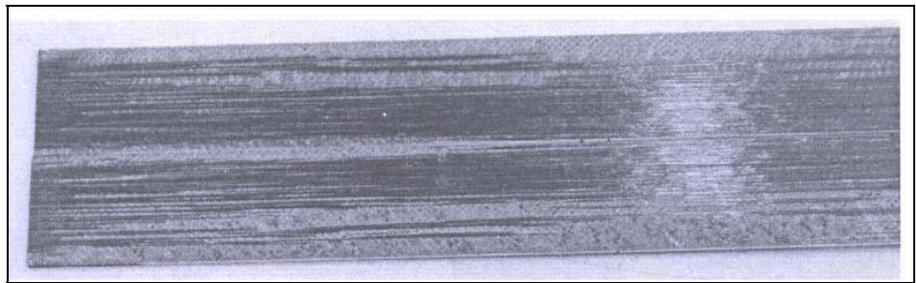


IMAGEN 106. Rotura Delaminación

- **Mixta:** se debe identificar cual de los tres modos anteriores es el primero en producirse.

Aparentemente la caracterización de la tenacidad a la fractura interlaminar no sólo va a depender de las características de la unión, su preparación superficial y las propiedades del adhesivo, sino que podría verse influenciada por cualquier otro parámetro:

- Rigidez y colocación del mismo.
- Rigidez (espesor) de las láminas.
- Secuencia de laminado.
- Zona de medida en el gráfico que se obtiene del ensayo.
- Longitud inicial de grieta en la medida.
- Correlación apertura de grieta-longitud de grieta.
- Ciclo de curado y preparación superficial.

Para la realización del ensayo se utiliza un programa en LabView, como puede verse en la imagen:

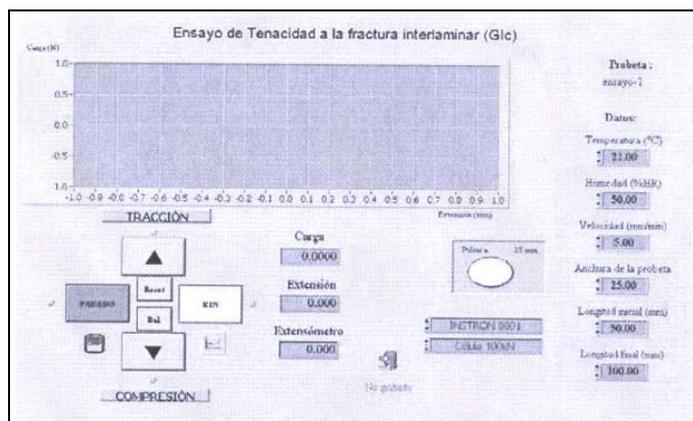


IMAGEN 107. Programa de Ensayos

Este programa permite a la persona responsable del ensayo controlar el desplazamiento aplicado, velocidad de desplazamiento y longitud de grieta propagada. Cuando se observa que la grieta alcanza las marcas realizadas en el canto de la probeta, el operario picará en el botón “Pulsar a:” en la pantalla. Mediante este procedimiento, el programa sabe qué puntos (carga, desplazamiento) corresponden a las marcas en el canto de la probeta.



IMAGEN 108. Máquina de Ensayos

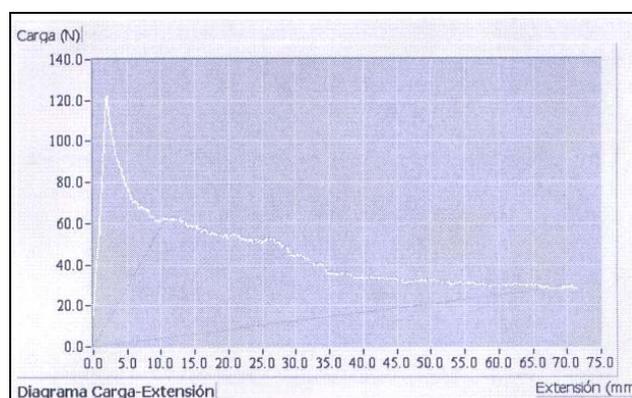


IMAGEN 109. Gráfica de Resultados

6.2.11. Montaje de conjuntos

Se introducen de nuevo todos los elementos ya curados, en el interior de la Sala Limpia, para proceder al montaje del conjunto, que se realiza por un equipo de dos operarios.

Se coloca sobre la piel (la cual en el Área Sucia se le habrá quitado la capa de “Peel-Ply” que la protegía) los Rigidizadores Transversales y los Larguerillos Rigidizadores Longitudinales. Para conseguir la adherencia de los elementos, al tratarse de piezas ya curadas, es necesario el uso de una capa de adhesivo de resina epoxy en las zonas de unión.

Los larguerillos longitudinales se colocan en su posición, mediante unos pequeños elementos llamados “Tacos”, que se unen al útil y marcan el lugar exacto donde deben ir colocados. De este modo se evitan las futuras complicaciones por mal posicionamiento de los elementos.

Una vez colocados los distintos elementos, se cierra el conjunto con una bolsa de vacío/curado, con la misma secuencia que en el caso de las Pielas, para introducir el conjunto nuevamente en el interior del autoclave, transportándola nuevamente al Área Sucia.

El conjunto se desmoldeará y se procederá a colocar los remaches que sustentan los rigidizadores transversales. Una vez colocados se procederá a su apriete. Una vez concluida esta secuencia de operaciones, el Conjuntos ya estará fabricado.

6.2.12. Inspección final

Antes de su expedición al Cliente, el Revestimiento deberá ser inspeccionado, para verificar que cumple con los estándares de calidad de la normativa aeronáutica aplicable.

6.2.12.1. Tipos de inspección

En primer lugar se realiza una inspección visual, para detectar irregularidades superficiales, tales como arañazos o golpes, marcas, arrugas, restos de resina, etc., que puedan afectar a la inspección.

Posteriormente se procede a la inspección ultrasónica, que consta de dos inspecciones:

- Inspección Automática, la cual se realizará mediante dos técnicas de inspección. El motivo de ello es conseguir el mayor nivel de calidad posible. Estos tipos son:
 - Inspección por Pulso-Eco.
 - Inspección por Trasmisión.
- Inspección Manual.

La superficie del elemento debe estar limpia y libre de materiales extraños que puedan afectar a la inspección.

Estos tipos de inspección se van a describir a continuación.

❖ INSPECCIÓN AUTOMÁTICA

En este tipo de inspección ultrasónica, tanto el movimiento del palpador (o palpadores), como el control de la posición se realizan de forma automática.

Permite el acceso de herramientas de evaluación mediante recursos informáticos, mayores velocidades de inspección y elimina al máximo el factor humano.

El elemento a inspeccionar está soportado mediante útiles que impiden su movimiento durante la inspección, sin interferir en ella, y permiten la repetitividad de las inspecciones si fuese necesario.



IMAGEN 110. Inspección Ultrasónica Automática de un Revestimiento Motor TRENT900

Las técnicas de inspección empleadas son las siguientes:

- *PULSO-ECO*

Esta técnica utiliza un solo palpador que actúa como emisor y receptor. Se aplica tanto en incidencia normal para detección de discontinuidades paralelas a la superficie, como angular que permite detectar grietas perpendiculares a la superficie.

Estos ensayos no se diferencian, en esencia, de sus correspondientes por contacto, excepto que por inmersión se consigue un acoplamiento mejor y más uniforme al revestimiento, lo que contribuye decisivamente a elevar la fiabilidad de la inspección.

Debido a la curvatura que presentan este tipo de piezas, cuando se trabaja en incidencia normal, las variaciones de distancia palpador-pieza producen cambios en la posición de los ecos en pantalla que pueden inducir a errores de interpretación.

Para evitar esto, el equipo dispone de la opción “echo Stara”, que debe previamente conectar el verificador encargado de la inspección. Esta opción permite sincronizar el comienzo del barrido de la base de tiempos con el primer eco que llegue (que es el de interfase) en lugar de con la señal inicial, que es lo habitual. De esta forma, el origen de la pantalla está ocupado por la señal de interfase, independientemente de la distancia de agua.

Esta técnica se basa en el estudio de los fenómenos de reflexión que sufren las ondas ultrasónicas en las interfases de la pieza inspeccionada y en algunas de las

discontinuidades que ésta puede presentar. El control y seguimiento de estas reflexiones, más comúnmente llamadas "ecos", a lo largo de la pieza aporta información del estado de calidad de ésta:

- La intensidad del eco (incluso su ausencia) está relacionada con las características del reflector y con la porción de material atravesado por el haz ultrasónico hasta alcanzarlo. Se mide en términos de "atenuación ultrasónica" (dB's) o de tanto por ciento de la altura total de pantalla (%ATP).
- El tiempo que tarda en recibirse el eco desde que se produce la emisión del impulso ultrasónico se conoce como "tiempo de vuelo" y está relacionado con la posición (profundidad) del reflector que lo ha originado a través de la velocidad de propagación del sonido en el material.

P = profundidad

t = tiempo

v = velocidad de propagación del sonido en el material

El ensayo por pulso-eco sólo requiere acceso por un lado de la pieza a inspeccionar y un solo palpador que actúa como emisor y receptor.

- **TRANSMISIÓN**

Debido a que el Revestimiento de fibra de carbono a inspeccionar presenta un nivel de atenuación muy elevado, el ensayo por pulso-eco puede no conseguir un alto nivel de detalle debido a que el sonido tiene que atravesar la pieza dos veces. Para evitarlo, en este método, los verificadores sitúan dos palpadores, uno como emisor y otro como receptor, perfectamente enfrentados, entre los cuales se hace pasar la pieza.

En esta inspección, en la pantalla aparecer una sólo señal cuya posición en la base de tiempos dependerá de la distancia entre los palpadores y cuya amplitud será función de la atenuación que presente la zona de la pieza por donde pasa el haz.

Esta técnica consiste en utilizar el acoplamiento por chorro de agua, lo que evita tener que sumergir totalmente la pieza. El único parámetro que se controla es la intensidad de la señal ultrasónica tras atravesar la pieza ensayada.

Una vez establecido un nivel de referencia en dicha señal, la intensidad se mide en términos de atenuación ultrasónica o de tanto por ciento de la altura total de pantalla (%ATP).

El estado de calidad de la pieza se puede relacionar con la atenuación y su medida permite detectar una amplia gama de discontinuidades. Sin embargo, el ensayo por transmisión no proporciona ninguna información acerca de la profundidad a la que se encuentran dichas discontinuidades.

❖ **INSPECCIÓN MANUAL**

Este tipo de inspección se realiza con un equipo portátil. Es necesaria esta inspección para la verificación de determinados lugares del elemento, cuya inspección ultrasónica automática no es capaz de obtener una lectura aceptable. Este equipo consta de un palpador de dimensiones reducidas, que mueve el verificador manualmente. El contacto con la pieza se realizará mediante una película de material acoplante (líquido de sonda).

El movimiento del palpador (o de los palpadores), lo realiza el verificador quién también controla la posición de este. La evaluación de los resultados mostrados en el display, la realiza el propio operario simultáneamente durante la inspección.



IMAGEN 111. Equipo de Inspección Manual

6.2.12.2. Modos de acoplamiento

❖ POR CONTACTO

Es el tipo de acoplamiento más utilizado en inspección manual, aunque también es posible en inspección automática. Concretamente se utiliza un subtipo, que consiste en:

Mediante contacto entre la superficie activa del palpador y la superficie de la pieza a través de una película de un material acoplante (agua). Este método es utilizado para la inspección por Pulso-Eco.

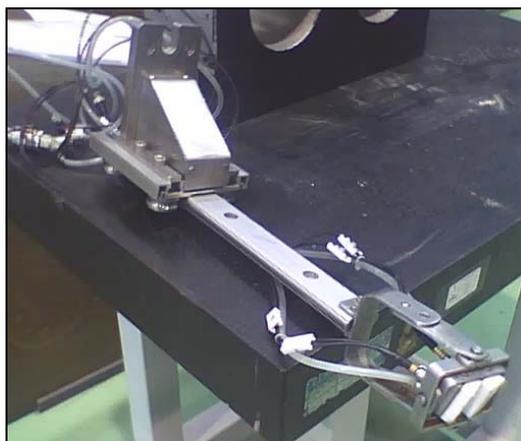


IMAGEN 112. Brazo de Inspección Ultrasónica



IMAGEN 113. Detalle de Cabezal de Inspección

❖ POR INMERSIÓN LOCAL

En este caso, el acoplamiento ultrasónico se produce a través de un chorro de agua. Existen varias formas de conseguir, pero en este caso de inspección, la más utilizada será:

- El palpador (o palpadores) se aloja en una boquilla en la que se introduce agua a una determinada presión. La boquilla proyecta sobre la pieza un chorro que acopla ultrasónicamente la superficie activa del palpador con la superficie de la pieza.
- La presión del agua y el diseño de la boquilla deben ser tales que el flujo se produzca en régimen laminar para asegurar la estabilidad de la señal.
- El elemento en el que se aloja el palpador debe estar dotado de algún sistema que evite la formación de burbujas.

Este tipo de acoplamiento es especialmente adecuado para inspecciones automáticas, aunque también es posible su utilización en inspecciones manuales.



IMAGEN 114. Brazo de Inspección Ultrasonica

6.2.12.3. Proceso de inspección

El proceso de inspección por ultrasonidos se llevará a cabo de acuerdo a lo requerido en los correspondientes documentos aplicables, siendo la secuencia básica la siguiente:

- Preparación para la inspección
- Calibración
- Inspección
- Evaluación de los indicadores
- Operación posteriores a la inspección

La inspección por ultrasonidos se realizará de acuerdo con un procedimiento escrito que cumple los requisitos de la normativa aplicable y que se encuentra a disposición del departamento de calidad.

Este procedimiento ha sido preparado por el personal del área que posee como mínimo el nivel 2 en ultrasonidos y ha sido aprobado por personal en posesión del nivel 3 (Jefe de Calidad).

Este procedimiento escrito consta de los siguientes apartados:

- Identificación de la pieza (Programa, n° de pieza, designación, material, etc.)
- Documentación Aplicable (Especificaciones, normas, etc.)
- Croquis (Indicará la Zona de Inspección)

6.2.12.4. Ventajas del ensayo por ultrasonidos

Si se compara con otras técnicas no destructivas, las principales ventajas del ensayo por ultrasonido son:

- Alto poder de penetración. Se considera un ensayo que aporta información de todo el volumen de la muestra pero con una capacidad de ensayar espesores mucho mayores. Por ultrasonidos es frecuente trabajar con distancias de 300 a 50 mm Sin necesidad de equipo sofisticado, es posible inspeccionar piezas de gran tamaño.
- Alta sensibilidad. Permite detectar defectos muy pequeños. No es posible, sin embargo dar una cifra absoluta de detectabilidad por ultrasonidos ya que depende, entre otros factores, de la calidad del material a ensayar.
- Solo se necesita acceso por una superficie. Esto permite la inspección de vasijas cerradas o la medida de espesores en tubos.
- El resultado de la inspección es instantáneo (tiempo real) ya que todo el proceso de generación y recepción de la señal se controla electrónicamente. Esto hace posible la automatización de la exploración y de la presentación de los resultados. También es posible la evaluación automática.
- Las técnicas actuales de captura automática de datos y de presentación de resultados hacen posible la adecuada documentación del ensayo. Además, los datos se almacenan en un soporte magnético, muy barato, fácil de mantener y que hace posible la reproducción del ensayo lejos del lugar donde se realizó.
- No presenta riesgos para el operador o para las personas que puedan estar cerca de la zona de ensayo.
- Elevada portabilidad de los equipos de mano. Los que se usan en medida de espesores son de bolsillo.

- La información obtenida en el ensayo, en general amplitud de señal y tiempo, puede ser fácilmente procesada por técnicas digitales para caracterizar defectos o para determinar propiedades del material.
- Elevada versatilidad. El ensayo por ultrasonidos dispone de gran cantidad de recursos técnicos que permiten acometer una gran variedad de problemas industriales.

6.2.13. Reparaciones

Si se encuentra un defecto, se procede a la apertura de una HNC y se coloca el elemento en la zona denominada como Junta de Revisión de Materiales, para que sea evaluado el defecto y se cree una disposición que diga si el elemento es reparable o no. Tras esto, el elemento será conducido de nuevo a la Zona de Repaso/Recanteo para el proceso de preparación para la reparación de la superficie del elemento susceptible de tal reparación.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Realizar lijado en seco, utilizando lija de grano 200 hasta que se obtenga una superficie completamente lisa y matizada.
2. Eliminar el polvo producido en el paso anterior, con el uso de trapos limpios humedecidos en MEK y posterior secado con trapos de algodón limpios y secos.
3. Aplicar tapaporos u otro relleno protector que se indique según tipo de defecto.
4. Lijar con lija de agua de grano 250.
5. Secar y limpiar como se indicaba anteriormente.

Luego el elemento se llevará a la Sala Limpia para la reparación.

Algunas reparaciones pueden necesitar el uso de una Sicoteva. Este es un sistema basado en una manta térmica que realiza un ciclo de curado sobre el elemento a 180°C, pero a presión atmosférica. Está destinada a aquellas reparaciones que hayan necesitado de la colocación de material preimpregnado.

El acabado final debe tener la aprobación de la Junta de Revisión de Materiales junto con una nueva verificación manual de la zona reparada.

6.2.14. Expedición de elementos terminados

Una vez los elementos han sido verificados por Calidad y se ha dado su conformidad respecto a las especificaciones, se preparan para su envío al cliente.

La etapa de envío, comprende tanto operaciones físicas sobre el elemento, como la preparación de la documentación pertinente que debe acompañar en todo momento al elemento.

En primer lugar se procederá a la limpieza superficial del elemento, para eliminar los restos de líquido de sonda que puede haber permanecido tras la inspección manual, a la que se ha sometido la pieza. Para ellos se utilizará simplemente paños de algodón.

Posteriormente, mientras se prepara la documentación que acompañará al elemento y se concreta el día y hora en que el transportista recoja la pieza, éste se almacenará en una zona en el Área de Calidad, destinada a las piezas pendientes para su expedición. En este lugar deberá permanecer un corto período de tiempo.

Para poder enviar un elemento al cliente, se debe crear un documento llamado ORDEN DE ENVÍO, la cual debe contener información tanto de la pieza, como de la forma de envío y la persona que lo realiza. En concreto debe contener:

1. Nombre de la persona que realiza el envío.
2. Factoría desde la que se realiza el envío.
3. Fecha de envío.
4. Lugar de destino del elemento.
5. Transportista que realiza el envío.
6. Medio en que se realiza el envío (carretera, avión, barco).
7. Observaciones (si se creen pertinentes).
8. Referencia del Elemento.
9. P/N del Elemento.
10. Cantidad.
11. Observaciones (se suele incluir una breve descripción del elemento, como su número de serie o el tipo de programa al que pertenece).

Junto con esta Orden de Envío, se suele acompañar el elemento con documentación adicional que debe ser entregada al cliente. Entre esta documentación se encuentra:

- Planos del elemento.
- Parte de Reparaciones realizadas.

Uno de los momentos más delicados es el envío de los elementos, por lo que esto supone para la integridad física de los mismos. Por ello debe de tomarse una serie de precauciones a la hora de su embalaje, para su posterior transporte.

El embalaje consiste en un envoltorio de plástico de burbujas con precinto de la empresa, de grosor tres centímetros. Luego el elemento se introduce en una caja forrada de espuma, donde irán los Revestimientos individualmente.

La función del embalaje de un material, es triple:

- Permitir su correcta manutención y almacenaje (logística).
- Permitir su correcta protección (calidad).
- Garantizar la seguridad de quienes lo manipulan.

Por último, se procede a concretar con el transportista el día y hora en que se recogerá la carga y la documentación asociada, para ser enviada al cliente. Los elementos serán cargados en el transporte por parte de personal de la empresa, bajo supervisión de miembros de producción y calidad.

7. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL

Para tener una visión general de la situación inicial que existe en el Área de Materiales Compuestos, se hace uso de una serie de herramientas de diagnóstico, que son las siguientes:

- Value Stream Map (VSM): Mapa de la Cadena de Valor.
- Diagramas de Pareto.
- Encuestas de Información.
- Brainstorming y Diagrama Causa-Efecto.
- Monitorización de Paradas de Máquinas (Gráficos OEE).

7.1. Value Stream Map (VSM): Mapa de la Cadena de Valor

Esta herramienta es una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados.

Este análisis de la cadena de valor es una forma de ayudar a la empresa a centrar toda su atención en todo el flujo del proceso de producción, en lugar de analizar los procesos de manera aislada. Incluso permite expandirse hacia fuera llegando al entorno de la empresa, en concreto a los proveedores y a los clientes.

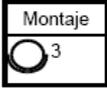
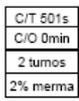
Entre sus características destacan:

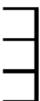
- Es la base para establecer un plan de acciones de mejora continua mediante la identificación de desperdicios. De esta forma podemos tener identificadas las actividades que no aportan valor al producto, con lo que podremos actuar sobre ellas.
- Se utiliza para tener una visión global del proceso, entendiéndolo en su conjunto y priorizando los objetivos globales sobre los de cada actividad.
- Se visualiza gráficamente los puntos conflictivos.
- Promueve el trabajo en equipo, ya que aporta la visión de distintas personas implicadas en el mismo proceso. Con ello, los trabajadores se sienten implicados y llegan a tomar conciencia de la mejora continua desde un primer momento.
- Facilita la comprensión de las causas de los problemas principales.
- Muestra la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información, indicando como influye en la evolución del proceso.
- Utiliza símbolos estandarizados para establecer un lenguaje común en el análisis de procesos.
- Es de fácil uso.

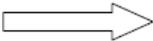


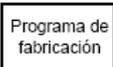
IMAGEN 115. Representación del VSM

La simbología estandarizada utilizada en el Value Stream Map es la siguiente:

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 se 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. 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>

SÍMBOLO	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 repone 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>

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.	
	Flujo de materiales PUSH.	El material avanza independientemente del consumo registrado.
	Flujo de materiales PULL	El material se avanza porque se ha producido un consumo de productos.
	Envío por transporte de carretera.	Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	Flujo de información suministrada de forma manual (Papeles, documentos,...)	
	Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, e-mail...)	
	Proceso de Control. Recibe información (previsiones, consumos...), la procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.	
	Información. Previsiones, órdenes de fabricación...	
	Sistema informático (Base de Datos)	Sistemas ERP,...

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	Kanban de transporte: Indica el número de componentes a retirar de un Supermercado.	
	Tarjetero Kanban	
	Señal Kanban. Indica el número de componentes a fabricar en un proceso que fabrique por lotes.	La señal kanban genera un orden de fabricar un lote para reponer un consumo (Punto de pedido).
	Lote de tarjetas kanban	Señal kanban: Representa un lote. (Punto de pedido) Lote de tarjetas: Es una acumulación de tarjetas. (Periodo)

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	HEIJUNKA BOX. Representa una nivelación del flujo de materiales.	Pitch = XX (Ej, 30). La secuenciación está realizada en base a cantidades de trabajo fijas de 30min de duración. 15 uds para un Takt de 2min.
	Acción KAIZEN.	

Para elaborar el Value Stream Map (VSM), se deben de seguir una serie de pasos:

- Seleccionar una familia de productos (Revestimiento A380-TRENT900) y recoger los datos necesarios.
- Dibujar los clientes.
- Dibujar los procesos productivos.
- Representar los puntos de stock.
- Dibujar los flujos de información.
- Dibujar la relación entre procesos.
- Dibujar las líneas de tiempo.

El flujo, como se puede observar en el diagrama (IMAGEN 116), se inicia en el proveedor, continúa con las operaciones o los puestos de trabajo de proceso a mapear (cada uno con toda la información que interesa destacar), para acabar en el cliente, es decir, el flujo completo del producto. El cliente, a su vez envía órdenes a la empresa y, en concreto, al control de

producción y logística, que a su vez, envía las correspondientes órdenes al proveedor, cerrando así el circuito. El flujo desde el proveedor hasta el cliente pasando por el proceso, es de materiales, y el de cliente a proveedor a través de logística, es de información. Sin embargo se debe tener en cuenta que la parte de flujo de materiales puede tener su contrapartida en un flujo de información, fluyendo en sentido contrario al de los materiales.

A su vez, logística, envía órdenes de producción a las operaciones o puestos del proceso representado en el diagrama, determinando en qué períodos deben efectuarse (que es por tanto, un flujo de información). Un aspecto importante se refiere al volumen de material en espera de ser procesado entre dos operaciones, así como el tiempo que este material se hallará entre las mismas.

Los tiempos de operación sobre el producto y los que este se halla en espera por constituir un stock entre operaciones, quedan reflejados también en el Value Stream Map, lo que permite calcular, por simple suma de los mismos, el lead time entre proveedor y cliente, pasando por todas las operaciones del proceso. Estos tiempos, junto al stock acumulado, son unos de los puntos importantes en la transición hacia un sistema más eficiente, sobre todo cuando los tiempos en que los materiales se hallan en espera entre operaciones son muy superiores a los que se hallan en proceso. De ahí que el VSM sea una herramienta de primer orden en la transición al Lean Manufacturing.

Las acumulaciones de stock presentes en el flujo representado en el VSM y los lead time entre operaciones, son elementos clave de la mejora de los procesos. Estos tiempos se han determinado a partir de la observación directa del proceso de producción y la toma de tiempos. Si se identifica correctamente el stock entre dos operaciones, puede obtenerse una evaluación del tiempo total de permanencia entre operaciones, multiplicando el stock por el tiempo de ciclo de cada unidad de producto en la operación en la que debe ser procesado el mismo.

La imagen 116 muestra el Value Stream Map de la situación actual para el proceso de Producción en Materiales Compuestos de los Revestimientos para Motores del A380 Trent900. En él se encuentra toda la información requerida a cerca de tal proceso, así como los flujos de materiales y de información. En él se emplea la simbología habitualmente utilizada en el VSM y anteriormente descrita. En efecto, cada puesto de trabajo (que representa una sola operación) se halla representado por un rectángulo. Por su parte, el stock se representa por iconos triangulares acompañados de la información relativa a los mismos.

Los tiempos de proceso y de esperas entre procesos que componen el lead time total del flujo representado, que son de una gran importancia para extraer conclusiones y enfocar las mejoras, se encuentran en una línea a dos niveles, en la que los tiempos de proceso se hallan en la parte alta y los tiempos entre tales procesos en la parte baja, de forma que pueden distinguirse correctamente unos de otros.

En este caso, el lead time total del flujo completo de los revestimientos del A380 Trent900 es de 25 días.

Como puede observarse en el VSM la mayoría del Lead Time del elemento está constituido por actividades que no agregan valor al producto, es decir, forman lo que se conoce como despilfarros. Es necesario identificarlos y crear una estrategia de mejora que permita disminuir esos tiempos que no agregan valor. Si se consigue, se logrará disminuir el Lead Time del elemento.

Mediante esta herramienta se evidencian estas fuentes de despilfarros y sirve para indicar las mejoras susceptibles de ser realizadas en los diversos procesos (IMAGEN 117).

IMAGEN 116

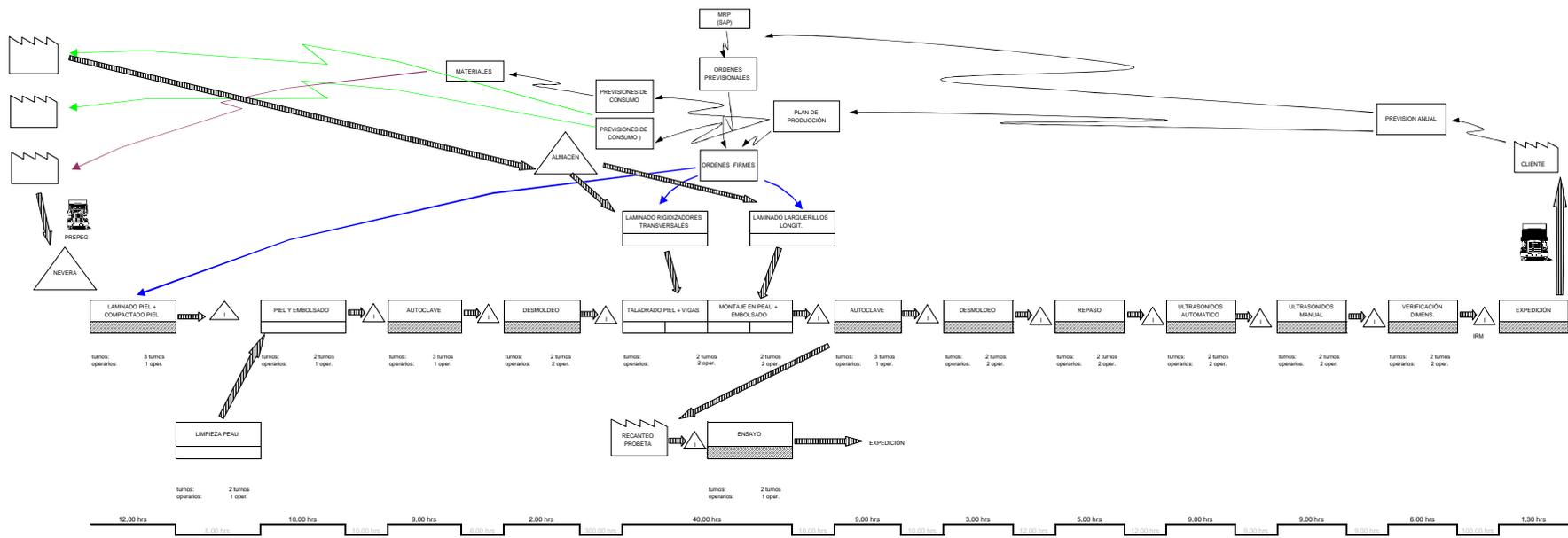
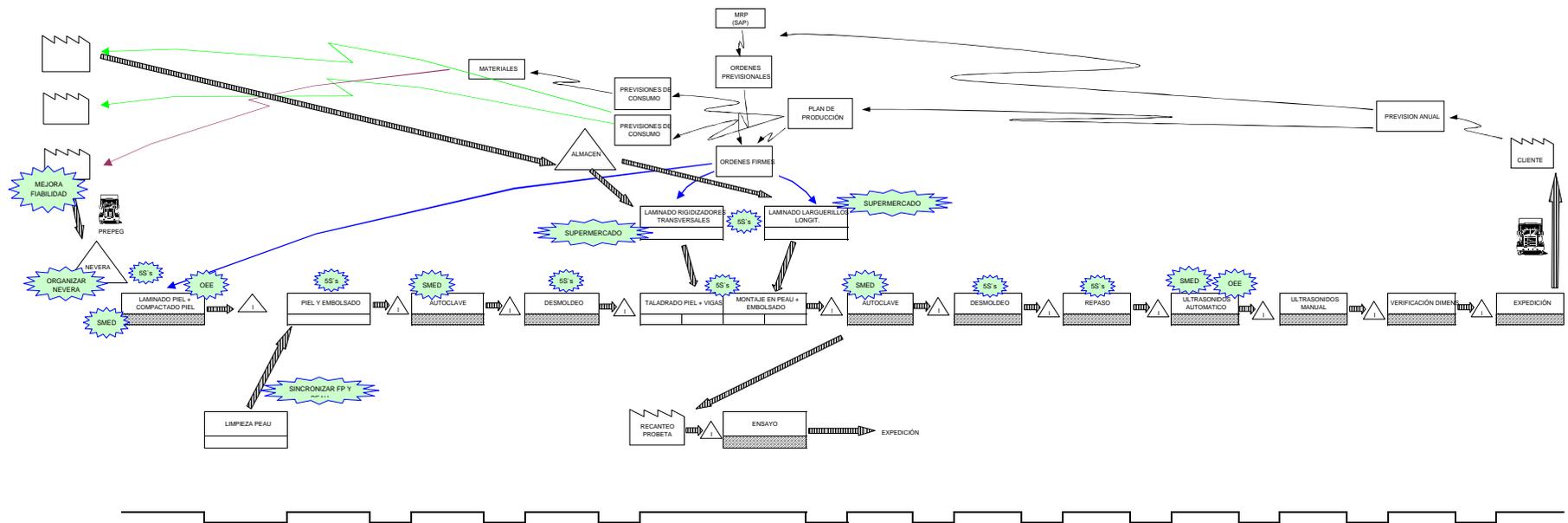


FIGURA 117



7.2. Diagramas de Pareto

La obtención de datos se realizó por observación directa del Proceso de Producción durante un período determinado de tiempo.

Se realizó inicialmente una batería de observaciones durante un período de 3 meses. Durante este tiempo se recopilaron datos de observaciones relativas a problemas producidos en el proceso de producción, como consecuencia de actividades que generaban desperdicios.

Estas observaciones se llevaron a cabo al mismo tiempo, que se desarrollaron las reuniones con el Jefe de área, mandos de taller y jefes de aprovisionamiento e ingeniería, para trazar el mapa de la cadena de valor (Value Stream Map). Para este mapa de valor, se tomó como línea piloto, la misma línea de fabricación sobre la que se realizaron las observaciones, la perteneciente al Programa A380 TRENT900, objeto de este Proyecto.

En un primer lugar los datos se anotaron sin criterio alguno, sólo se anotaba la incidencia ocurrida en el proceso relacionándola con alguno de los siete tipos de desperdicios, para luego tomar acciones correctoras y lograr reducirlo o en el mejor de los casos eliminarlo.

Tras concluir el intervalo de tiempo definido para las observaciones, se procedió a revisar los datos y observaciones recopilados. Se elaboraron una serie de tablas para poder ordenar la información y ver la cantidad de veces que se repetía cada determinada incidencia. Se pudo apreciar que determinadas actividades se producían con una frecuencia en una proporción mayor que otras.

7.2.1. Análisis de resultados

TABLA DE PARETO				
Nº	Actividad	Repeticiones	Frecuencia (%)	Frecuencia Acumulada (%)
14	Pérdidas de tiempo por problemas de documentación	5	0.88	0.88
13	Falta de motivación de los operarios	8	1.42	2.30
12	Problemas de Control de la Producción	9	1.60	3.90
11	Problemas de espacio	15	2.67	6.57
10	Tiempo excesiva para acudir mantenimiento tras aviso de avería	20	3.56	10.13
9	Pérdidas de herramientas	20	3.56	13.69
8	Problemas de Comunicación con Mantenimiento	40	7.12	20.81
7	Problemas de Aprovisionamiento de Materiales	45	8.05	28.86
6	Falta de Limpieza en el puesto	50	8.89	37.75
5	Caducidad de materiales	50	8.89	46.64
4	Pérdidas de tiempo por falta de estandarización	60	10.67	57.31
3	Falta de Orden en el puesto	75	13.34	70.65
2	No entrega de elementos a fecha	80	14.23	84.88
1	Fallo en el funcionamiento de la Fiber Placement	85	15.12	100
		562	100	

Se consideró por tanto la utilización de la herramienta Diagrama de Pareto para realizar un tratamiento de toda esta información y recibir una respuesta en forma gráfica de la frecuencia en que se produce cada incidencia, para conocer tanto sobre cuales actividades hay que incidir como la prioridad a realizarlo.

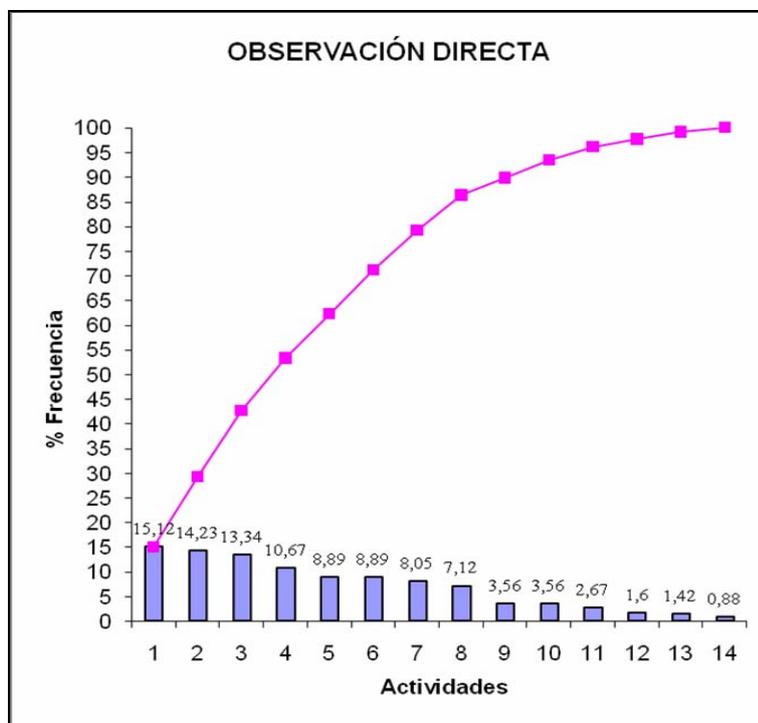


IMAGEN 118. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una de las herramientas pertenecientes a la metodología Lean Manufacturing. Se utiliza generalmente para conocer la situación en la que se mueve la empresa.

Se trata de una herramienta bastante sencilla, ya que desde el punto de vista tanto de confección como de interpretación de los resultados no requiere esfuerzo ni grandes conocimientos. Y como ventaja más destacable es una herramienta que permite obtener de una manera muy visual, una gran cantidad de información necesaria para la toma de las acciones posteriores.

Con ello se consigue que todas las personas implicadas en el proceso y otras que no lo son, al ver los diagramas, sean capaces de interpretarlos y conocer en todo momento la situación actual.

7.3. Valoración de Encuestas de Información

Para conocer la situación inicial del Área, se entregaron a los operarios las siguientes encuestas de información, en las que tuvieron que valorar con una puntuación de 1 a 4 cada cuestión. Teniendo los puntos, el siguiente significado:

- 1: No/Nuca.
- 2: Alguna vez.
- 3: Con frecuencia.
- 4: Si/Siempre.

ENCUESTA N°1: TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)

1. ¿Los responsables de mantenimiento y sus equipos han sido entrenados en los conceptos y principios del TPM?

Observaciones: Desconozco cuál es el nivel de entrenamiento de los responsables del mantenimiento de máquinas.

1	2	3	4
---	---	---	---

2. ¿La maquinaria funciona con todos los elementos de seguridad necesarios activos? ¿Se inutiliza el uso de los equipos cuando los elementos de seguridad se rompen o no funcionan adecuadamente?

Observaciones: Los mecanismos funcionan adecuadamente pero, a veces, es necesario trabajar dentro del perímetro de la máquina.

1	2	3	4
---	---	---	---

3. ¿Se publican en cada área de trabajo los planes de intervención de mantenimiento (Preventivo, Predictivo)? ¿Se rastrea y evalúa la duración de los diferentes ítems críticos en el correcto funcionamiento del equipo?

1	2	3	4
---	---	---	---

4. ¿Se mantienen con rigor los registros de las intervenciones de mantenimiento y se exponen de manera clara y visible para todos los operarios?

1	2	3	4
---	---	---	---

5. ¿Las actividades de mantenimiento se enfocan al aumento de la utilización-disponibilidad de los equipos y a la disminución de la variabilidad en el tiempo de ciclo?

1	2	3	4
---	---	---	---

6. ¿Están definidas las responsabilidades relacionadas con el mantenimiento, tanto para el personal de mantenimiento como para el de producción?

1	2	3	4
---	---	---	---

7. ¿Se destina un tiempo diario suficiente, en la actividad de los operarios, para dedicarlo a actividades de mantenimiento, conservación y limpieza de los equipos y puestos de trabajo?

1	2	3	4
---	---	---	---

ENCUESTA N°2: SISTEMAS VISUALES 5S's & ORGANIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

1. ¿La planta está generalmente limpia de materiales innecesarios, componentes correctos y/o scrap? ¿Las naves están libres de obstrucciones?

1	2	3	4
---	---	---	---

2. ¿Existen líneas en el suelo para distinguir las diferentes áreas de trabajo, las áreas de paso y las de manipulación? ¿Existen señales para distinguir las áreas de fabricación, de inventario y de material sobrante?

1	2	3	4
---	---	---	---

3. ¿Todos los empleados conocen y son sensibles con las buenas prácticas para el ahorro de costes? ¿Los operarios consideran la limpieza diaria como una parte de su trabajo?
Observaciones: Referido sólo a personal de máquinas.

1	2	3	4
---	---	---	---

4. ¿Existe un lugar para cada cosa y una cosa para cada lugar? ¿Siempre que se necesita una herramienta, un utillaje, un contenedor de material, suministros de oficina, ... se encuentran fácilmente y están correctamente identificados? ¿Conocen los empleados como localizarlos?

1	2	3	4
---	---	---	---

5. ¿Existen paneles de información en los puestos de trabajo, que contengan las instrucciones de trabajo (de operación y de seguridad), además de un histórico de problemas de calidad recientes y sus contramedidas? ¿Son actualizados regularmente?

1	2	3	4
---	---	---	---

6. La comunicación entre cambios de turno/operario se rige mediante un procedimiento o hábito riguroso y estable?

1	2	3	4
---	---	---	---

CONCLUSIONES DE LAS ENCUESTAS

De las encuestas anteriores entregadas al personal del Área de Materiales Compuestos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

❖ ENCUESTA N°1: TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)

- Existe una falta de elementos de seguridad en la Sala Limpia, concretamente en el entorno de las máquinas de Fiber Placement, y en la Sala Sucia, en la máquina de inspección automática por ultrasonidos.
- El único mantenimiento llevado a cabo en el Área es el correspondiente a actividades correctivas, con lo que dicho mantenimiento no está enfocado a conservar y cuidar los equipos.

- Toda la responsabilidad de las operaciones de mantenimiento recae sobre el departamento de mantenimiento, al no existir actividades delegadas en los operarios.

❖ **ENCUESTA N°2: SISTEMAS VISUALES 5S's & ORGANIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO**

- Los operarios observan una falta de orden y limpieza, ya que existe gran cantidad de elementos innecesarios en el Área (como herramientas rotas, material obsoleto...), mezclados con los elementos necesarios. Por ello existe una gran pérdida de tiempo, por parte de los operarios, en buscar el material que necesitan usar.
- No existe una delimitación de zonas para ubicar elementos del proceso, lo que conlleva que exista un desorden generalizado en el Área.
- No se utilizan paneles de información, por lo que sólo es posible conocerla mediante la comunicación entre personal; lo cual induce a pérdidas de información ó información confusa.

7.4. Brainstorming y Diagramas Causa-Efecto

Esta herramienta de diagnóstico permite obtener un diagrama en el que se muestren las causas que originan los problemas en la producción. Para ello se procedió de la siguiente manera:

1º) Tormenta de ideas de flujo libre

En primer lugar se desarrolló una sesión de tormenta de ideas. En ella participaron un grupo de personas que englobaban el mayor campo de acción respecto al proceso productivo:

- Responsables de producción.
- Responsables de ingeniería.
- Responsables de calidad.
- Mandos del taller.
- Operarios (representando cada uno de los programas de fabricación de la Planta).

El tema de la sesión consistió en exponer los problemas que no permiten que el proceso de producción se lleve a cabo con eficiencia y sin desperdicios de recursos.

La reunión constó de dos fases diferenciadas:

En la primera fase cada uno de los miembros de la reunión aportaba ideas, las cuales se fueron anotando. No se permitía ninguna crítica o juicio sobre las mismas. A partir de estas ideas iniciales propuestas por los asistentes, se fueron generando nuevas rondas de ideas o ideas derivadas.

En la segunda fase, una vez realizada la tormenta de ideas se realizó un examen crítico de las mismas. Se revisaron y evaluaron las respuestas para, entre otras cosas eliminar las respuestas parecidas, repetidas o no válidas, agrupar los conceptos y resumir las respuestas restantes para discutirlos entre los asistentes.

Las ideas que se obtuvieron en esta sesión fueron las siguientes:

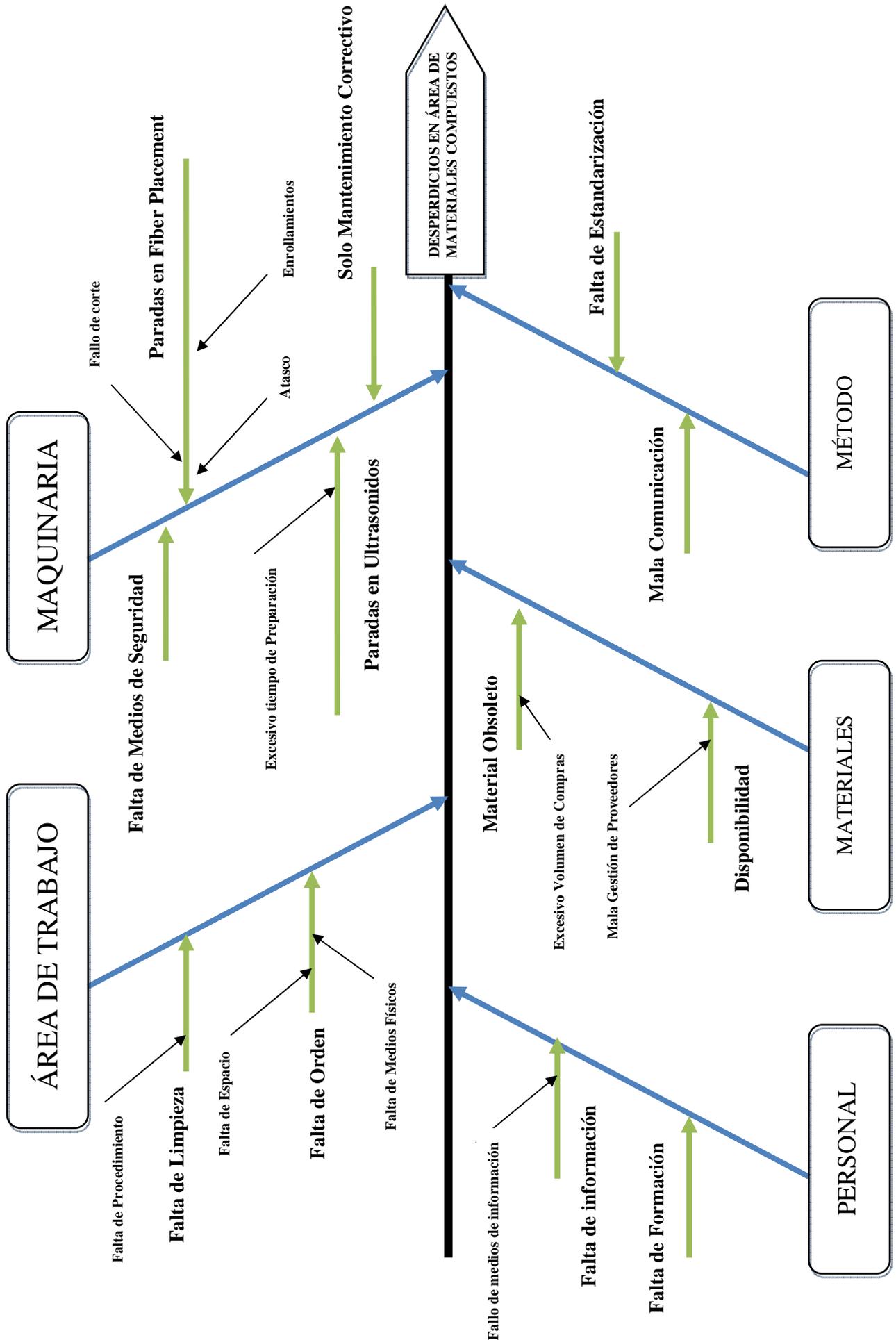
- Existencia de muchas paradas en máquina Fiber Placement y Ultrasonidos Automático.
- Elevado tiempo empleado en preparación para la inspección ultrasónica.
- Desorden generalizado en la zona de producción, con la consiguiente pérdida de herramientas y utensilios y pérdida de tiempo en buscarlos.
- Excesivo tiempo de respuesta por parte del departamento de mantenimiento.
- Realización únicamente de trabajos de mantenimiento correctivo.
- Excesiva dependencia del departamento de mantenimiento.
- Mala gestión de proveedores.
- Excesivo volumen de material obsoleto.
- Pedidos de excesivo volumen de material.
- Acumulación de piezas en zona de autoclave.
- Elevado volumen de generación de HNC's.
- Problemas de flujo de comunicación entre operarios de máquina y mantenimiento.
- Falta de medios físicos de comunicación relativos a información sobre el proceso productivo.
- Falta de procedimientos estandarizados para operaciones tanto de producción, como de apoyo a la producción (orden, limpieza...).
- Falta de formación en determinados aspectos relacionados con el proceso productivo y la próxima implantación de la metodología Lean Manufacturing.

2º) Elaboración del Diagrama Causa-Efecto.

A continuación se procedió al análisis de las ideas para elaborar el correspondiente Diagrama Causa-Efecto.

El diagrama Causa-efecto resultante es el que se indica a continuación:

IMAGEN 119. Diagrama Causa-Efecto del proceso productivo de los revestimientos de motores



CONCLUSIONES DEL DIAGRAMA

❖ ÁREA DE TRABAJO

Es el lugar donde se desarrolla la fabricación, tanto de manera manual como automática, de los elementos de materiales compuestos.

- Falta de orden. Esto ocasiona como problema que los operarios no sean capaces de localizar las herramientas, materiales o utensilios necesarios para realizar las tareas diarias. La falta de medios físicos se refiere a que no existen utensilios o mecanismos para poder ordenar los materiales y herramientas, encontrándose estos sin una localización fija.
- Falta de limpieza. No existe un procedimiento por el que se establezca la rutina, diaria, semanal, mensual para la limpieza de los puestos, acumulándose en ellos gran cantidad de material desechable. Al no existir ningún tipo de procedimiento, los operarios consideran que estas tareas de limpieza no son de su competencia.

❖ MAQUINARIA

Se refiere en general a todos los equipos automáticos empleados en la fabricación de los elementos de materiales compuestos.

- Paradas en Fiber Placement. Este tipo de máquinas permanece un excesivo tiempo del turno de trabajo en modo de parada por la aparición de fallos debidos a:
 - Atasco de la fibra de carbono preimpregnada en el cabezal de tejido.
 - Fallo de corte de la fibra de carbono por las cuchillas del cabezal tejedor.
 - Enrollamiento de la fibra de carbono sobre el cilindro compactador.
- Paradas en Ultrasonido. Son motivadas por el excesivo tiempo de preparación necesario tanto para el montaje de útiles como de elementos para su inspección. Esto es debido a la existencia de medios engorrosos para su sujeción.
- Falta de medios de seguridad. Inexistencia de medios que capten la presencia del operador en una zona peligrosa anexa a las máquinas.
- Solo mantenimiento correctivo. Inexistencia en el Área de Materiales Compuestos de otro tipo de mantenimiento distinto del meramente correctivo, salvo por el realizado anualmente por el fabricante de máquinas como contrato por garantía. El cual sólo se realizará durante el período de validez de la misma.

❖ PERSONAL

Es el conjunto de operarios que realiza sus funciones en la fabricación de elementos de materiales compuestos de forma manual o mediante máquinas.

- Falta de información. Inexistencia de mecanismos físicos para la comunicación de la situación del proceso de producción en el área de trabajo.
- Falta de formación. Existe un vacío por parte de los operarios sobre conceptos necesarios para llevar a cabo correctamente el proceso de producción, así como para

hacer frente a la metodología Lean Manufacturing y acometer de este modo una mejora basada en un proceso en el que se minimicen los desperdicios.

❖ **MATERIALES**

Son todas las materias primas y materiales auxiliares necesarios para la fabricación de los elementos en materiales compuestos.

- Material obsoleto. Existe gran cantidad de material deteriorado a consecuencia de haber sobrepasado su fecha de caducidad. Esto se debe a la adquisición en grandes volúmenes.
- Disponibilidad. Para en ocasiones del proceso de producción debido a la falta de material por una mala gestión de proveedores.

❖ **MÉTODO**

Es el modo en el que se lleva a cabo el proceso de producción para transformar la materia inicial en productos acabados.

- Mala comunicación. Motivada por una estricta burocracia en la comunicación con el departamento de mantenimiento por la aparición de averías.
- Falta de estandarización. Inexistencia de instrucciones técnicas que detallen procedimientos a seguir para la realización de los trabajos en la zona de fabricación.

7.5. Monitorización de Paradas de Máquinas (OEE)

En el apartado de propuestas de mejora se incorpora en primer lugar la recopilación de datos mediante este sistema de monitorización de máquinas. Esto se debe a la importancia de imponer un sistema que nos permita conocer la frecuencia de aparición de determinadas averías, para ver sobre cuales es más importante intervenir. Por tanto esta se puede considerar una Pre-Mejora.

Utilizamos este sistema para monitorizar las paradas ocurridas en:

- Fiber Placement n°1 y n°2.
- Ultrasonidos Automático.

Se obtienen las siguientes gráficas para los intervalos de tiempo observados, donde se puede observar cuales son las paradas que ocurren con más frecuencia. Sobre ellas será importante actuar para minimizarlas.

- Ultrasonidos Automático.

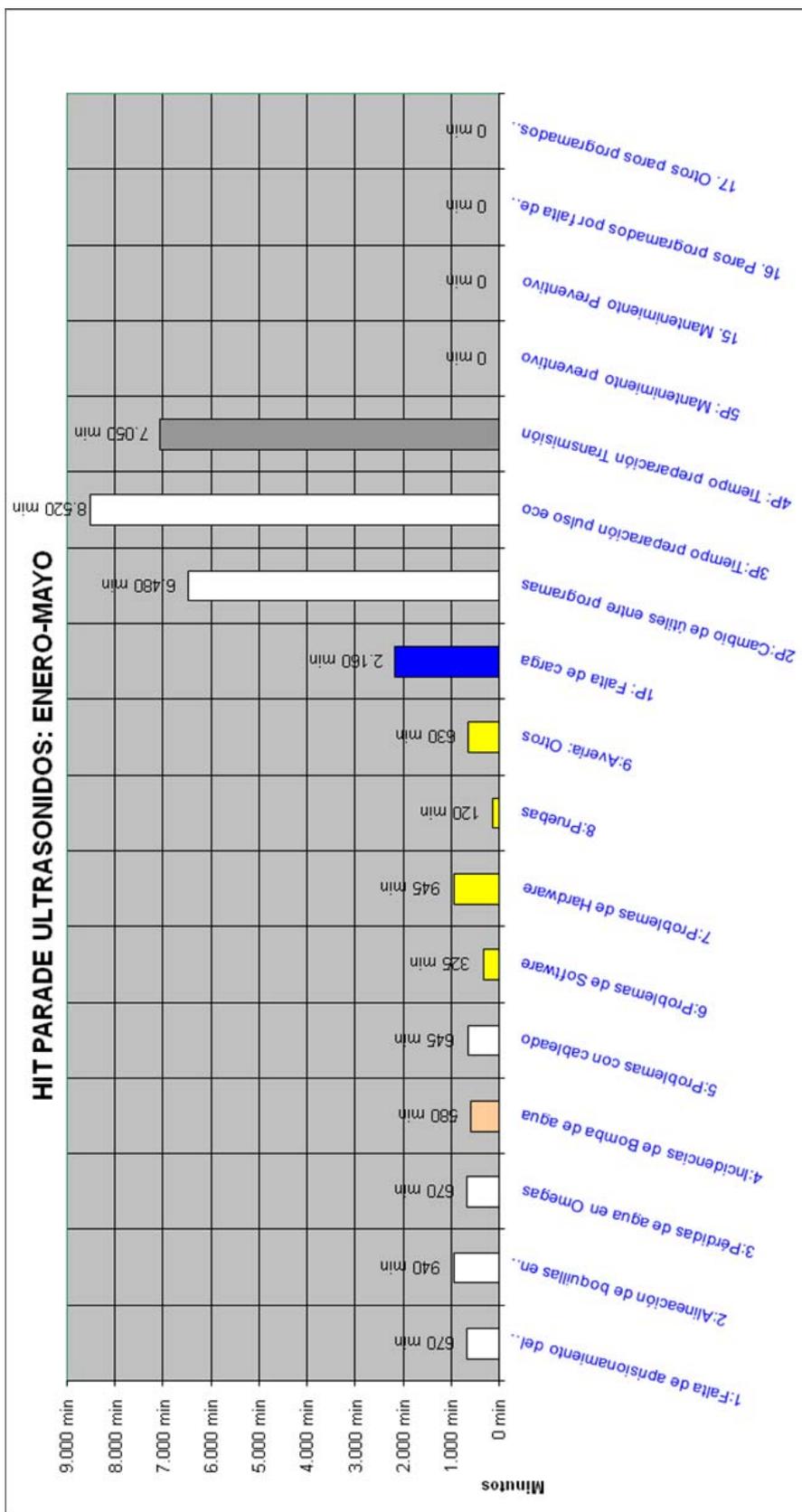


IMAGEN 120. Hit Parade Ultrasonidos Automático

- **Fiber Placement n°1**

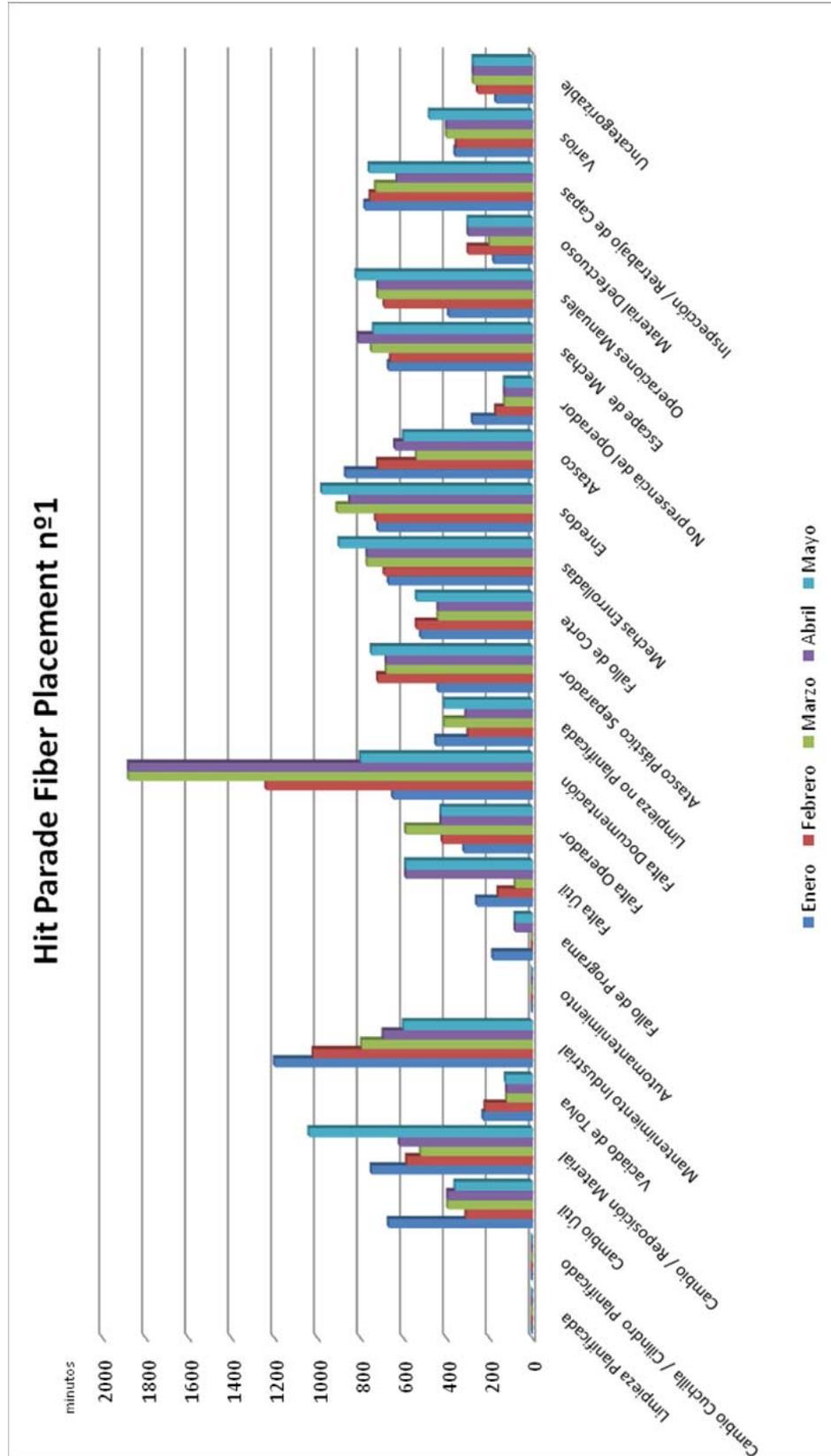


IMAGEN 121. Hit Parade Fiber Placement n° 1

- Para Fiber Placement n°2

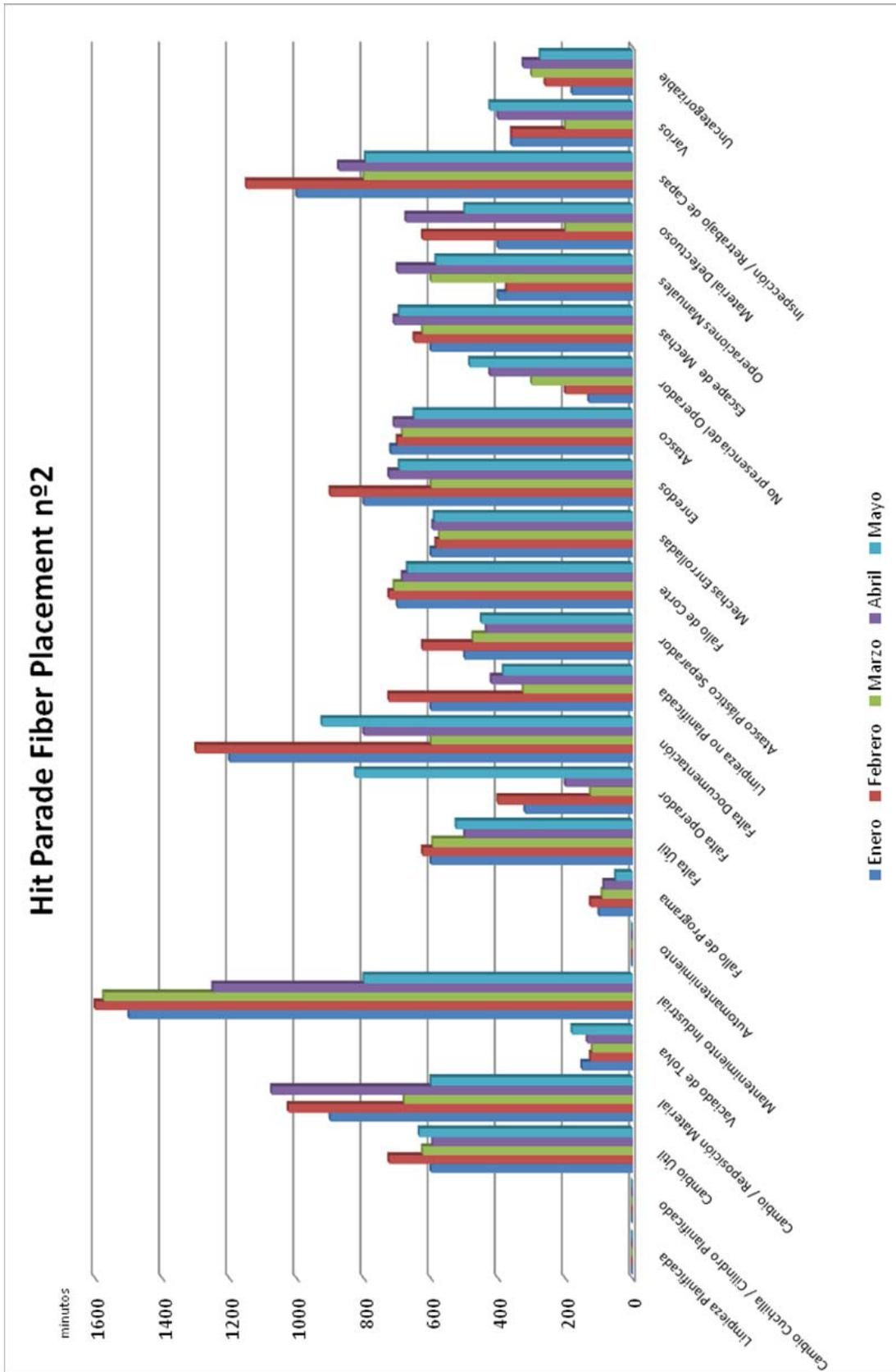


IMAGEN 122. Hit Parade Fiber Placement n° 2

7.6. Diagnóstico General

A continuación se muestra un diagnóstico general de la situación en el Área de Materiales Compuestos. A la hora de introducir posteriormente cada una de las mejoras implantadas, se describirá con más detalle la situación inicial por la que se ha planteado cada una de ellas.

Para la comprobación de la situación del Área, se realizó un análisis de los temas concretos susceptibles de mejora, del cual se obtienen las siguientes observaciones:

7.6.1. Orden y Limpieza

- Herramientas no identificadas con el programa al que pertenecen.
- Localización de las herramientas en lugares muy alejados de donde se utilizan habitualmente.
- Mezcla de elementos deteriorados con elementos de uso habitual.
- Pérdida de herramientas.
- Material de bolsa de vacío en el suelo o sobre útiles.
- Cubos de residuos mal identificados, en número y volumen insuficiente para lo que se genera en el Área.
- Zonas de trabajo no identificadas.
- Zonas de trabajo no delimitadas.
- Suciedad en zonas de Fiber Placement (aceite, restos de adhesivos, material preimpregnado) y Ultrasonidos (Agua).
- Zonas de almacenamiento ocupadas por útiles de uso poco frecuente.
- Localización inapropiada de útiles y herramientas.
- Cajas y carros de Herramientas desordenados.
- Carros de herramientas insuficientes para las herramientas.
- Placas y carcasas de taladrado colocados en cajones sin orden lógico ni mantenimiento.
- Almacén-Nevera desordenada.

7.6.2. Mantenimiento

El mantenimiento del Área lo realiza únicamente personal del Departamento de Mantenimiento, el cual consta de personal interno de la empresa y de personal externo de varias subcontratas.

Actualmente el mantenimiento llevado a cabo se limita únicamente a tareas de tipo correctivo, concretamente rutinario o de emergencia, realizado por personal del departamento. El personal de producción no realiza ninguna tarea de este tipo, al desconocer algunas pautas que deberían realizarse periódicamente para conservar en estado óptimo las máquinas.

El único mantenimiento preventivo planificado es el concertado con la empresa distribuidora de las máquinas Fiber Placement y Ultrasonidos Automático, al encontrarse estas en periodo vigente de garantía.

7.6.3. Gestión Visual

La única gestión visual existente en el Área de Materiales Compuestos se limitaba únicamente a Paneles de Información sobre Seguridad e Higiene Industrial. La única forma que tienen los operarios de recibir información sobre el desarrollo del proceso productivo, es por medio del Mando o Jefe de Taller, lo que origina en muchos casos problemas de confusión.

No existe una información accesible para alguien que no pertenece al área, sobre la situación y el avance la producción en la misma. Para conseguirla debe preguntar al responsable.

7.6.4. Máquinas

Ocurren numerosas paradas, que reducen el tiempo disponible de las máquinas para la fabricación.

- Sistema de apriete y sujeción de los elementos a inspeccionar en máquina de ultrasonidos.
- Sistema de sujeción de bobinas de material preimpregnado en máquina Fiber Placement.
- Método de cambio de útiles para laminación en máquina Fiber Placement.
- Fallos de diversa índole tanto el ultrasonidos como en Fiber Placement.

7.6.5. Formación

Existe una necesidad de cubrir determinados aspectos formativos relacionados, tanto con la fabricación de materiales compuestos, como en las áreas de Seguridad e Higiene Industrial, gestión de residuos y herramientas Lean Manufacturing.

7.6.6. Gestión de proveedores

Necesidad de un nuevo sistema de gestión de proveedores para evitar las siguientes situaciones:

- Aparición y acumulación de material obsoleto (caducado).
- No disponer de los materiales necesarios para la fabricación en el momento adecuado sin tener que parar la producción por la falta de los mismos.
- Altos costes de transporte de los materiales pedidos al proveedor.
- No existe un control continuo sobre los pedidos hechos al proveedor.

8. MEJORAS PROPUESTAS

Para mejorar el proceso productivo y disminuir los tiempos de no valor añadido, se han propuesto una serie de mejoras a realizar en el Área de Materiales Compuestos. Cada una de las siguientes mejoras están formadas por tres partes perfectamente diferenciadas:

- **Situación inicial;** en la que se explica detalladamente la situación que existe en el Área, por la cual es necesario realizar la mejora.
- **Mejora Propuesta;** detalla la mejora que se ha propuesto para cambiar la situación inicial.
- **Situación Final;** explica a modo conclusiones lo que se ha llevado a cabo mediante la propuesta de mejora. Algunas habrán sido implantadas mientras que otras se encontrarán en fase de estudio por parte de la organización.

Las mejoras propuestas son las siguientes, teniendo en cuenta el campo sobre el que se aplica, al cual llamaremos Project Charter:

1. FORMACIÓN

- a. Implantación de un Plan de Formación.

2. METODOLOGÍA 5's

- a. Implantación del 5's.
- b. Implantación de la Gestión Visual mediante Metodología 5'S.
- c. Implantación de la Gestión Visual mediante Paneles de Seguimiento.

3. MANTENIMIENTO

- a. Implantación de un Sistema de Monitorización de Máquinas (OEE).
- b. Implantación de un Sistema de Mantenimiento Planificado.
- c. Implantación de un Sistema de Mantenimiento Autónomo.
- d. Ampliación del sistema informático de gestión de mantenimiento.
- e. Habilitar Comunicación entre Operarios de máquinas y mantenimiento de la empresa o de la empresa externa.

4. LOGÍSTICA

- a. Relación Proveedor-Empresa.
- b. Comunicación con Proveedores.

5. FLEXIBILIDAD Y REACTIVIDAD EN PRODUCCIÓN

- a. SMED

6. ESTANDARIZACIÓN

- a. Estandarización de Operaciones.

7. GESTIÓN DE CALIDAD

- a. Poka-Yokes.

8. MAQUINARIA

- a. Sistema de Transferencia de Puentes Grúa.
- b. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por información de la materia prima.
- c. Independizar estaciones de Trabajo de Fiber Placement nº1 y nº2.
- d. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por atasco de cabezal compactador.

- e. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por carga de material.
- f. Sincronización de PEAU para Pieles en Fiber Placement.
- g. Reparación Combinada de Revestimientos.
- h. Sistema mecánico de desmoldeo de pieles.
- i. Optimización del uso del Autoclave.
- j. Sistema de Alerta ante situaciones de Fallos en máquinas (Andon).

9. SEGURIDAD

- a. Implantación de un sistema de protección para personas en máquinas.

Los objetivos que se persiguen con estas mejoras son los siguientes:

1. Reducción del Lead Time de los elementos.
2. Aumento de la disponibilidad de las máquinas (Fiber Placement, Ultrasonidos Automático).
3. Mejorar la productividad en horas/máquina.
4. Reducción de costes.
5. Disminuir HNC's.

Estas mejoras influirán al final en la fabricación de todos los elementos del área, pero están enfocadas a su actuación sobre la fabricación de los Revestimientos del Motor A380-TRENT900.

8.1. Formación

8.1.1. Implantación de un Plan de Formación

SITUACIÓN INICIAL

Las acciones formativas destinadas al personal del Área de Materiales compuestos del Centro Bahía de Cádiz, se desarrollaban de manera única o aislada, con el fin de paliar momentáneamente las carencias de capacitación.

Por otro lado, las decisiones sobre las materias de formación, se hacían ajenamente a los implicados. Dichas decisiones eran tomadas únicamente por parte del Área de Recursos Humanos junto con los mandos del Área de Materiales Compuestos.

Este procedimiento de formación ocasionaba una serie de efectos:

- Escasa contribución a la evolución continua de la empresa, para conseguir una posición estratégica en el mercado aeronáutico.
- Necesidad de renovación de los conocimientos de manera más frecuente, para poder adaptar el personal a los cambios en la empresa.
- Desconocimiento por parte del personal del Área de Materiales Compuestos sobre técnicas Lean Manufacturing.
- Grado de interés y participación por parte del personal implicado bastante bajo, debido a la ausencia de su contribución en la decisión de los temas de formación.

ACCIONES DE MEJORA

La industria aeronáutica se encuentra en un entorno empresarial altamente competitivo, que exige una continua renovación para la adaptación o adecuación de la situación del mercado en cada momento. En este sentido la Formación en la empresa aeronáutica es un factor clave para el éxito en este sector.

Es conveniente destacar la importancia que adquiere la formación dentro de una Organización del Sector Aeronáutico, concretamente en el Área de Materiales Compuestos, por las siguientes razones:

- La formación es la primera premisa para mantener un proceso de mejora continua, tal y como reclaman los principios de una producción de calidad.
- Las metodologías en las que está inmersa la actividad es un proceso en evolución continua.
- La formación del personal no debe dejarse a la improvisación, sino que ha de responder a las necesidades específicas en relación a los objetivos, tareas y demandas que tiene planteadas la organización.

Cabe destacar que antes de proceder a la implantación de ningún tipo de mejora en el proceso productivo del Área de Materiales Compuestos, es fundamental e ineludible la implantación por parte de la Organización de un Sistema de Formación, destinado a todo el personal implicado en los trabajos desarrollados, desde los mandos a los operarios.

Esta Formación es necesaria tanto por las capacidades, que mediante su desarrollo se van adquiriendo, como por la motivación por parte de todos los implicados gracias a un sistema de formación favorable.

Por ello, no es posible proceder a la implantación de una serie de mejoras en el proceso, haciendo uso de herramientas Lean Manufacturing, si las personas a las que van dirigidas y que recibirán sus consecuencias, no se les haya impartido las sesiones informativas necesarias para que comprendan los conceptos, sientan su utilidad y sean partícipes de la implantación de las mismas posteriormente.

La responsabilidad en este aspecto corresponde al Departamento de Recursos Humanos (RR.HH), junto con los mandos pertenecientes al área en cuestión, ya que debe existir una implicación en la mejora de la formación del personal cualificado del área, para sentar las bases de la implantación.

La propuesta de formación no debe provenir solamente de los responsables encargados de ella, sino que debe implicar a todo el colectivo al que va dirigida, por lo que debe consultar a los interesados sobre sus necesidades de formación.

Para poder ejecutar esta mejora de formación es necesario elaborar un Plan de Formación, cuyos principios y características se desarrollan a continuación.

PLAN DE FORMACIÓN

El Plan de Formación es un documento que fundamenta y consolida las acciones de formación que se desarrollarán, el cual debe estar en línea con el Plan estratégico del Centro y los planes anuales.

• **Estructuración de un Plan de Formación**

El Plan debe definir:

- Objetivo de desarrollo.
- Logros que se esperan sean alcanzados una vez finalizada la formación.
- Competencias que abordará el Programa
- Prerrequisitos.
- Identificación de contenidos
- Definición de la estructura del programa.
- Identificación de las estrategias de formación: modalidades o forma de entrega de los contenidos, métodos didácticos y los medios.

• **Objetivos del Plan de Formación**

Los objetivos del plan de formación, tratan de responder a la situación del Área de Materiales Compuestos de la Factoría. Ante esta situación concreta el Plan se plantearon los siguientes objetivos:

1. Definir un marco de conocimientos mínimos, que será la formación, que debe tener todo trabajador. Dichos conocimientos incluyen, entre otros, todo lo relacionado con los principios de una producción de calidad y las capacidades mínimas profesionales.
2. Análisis de necesidades de formación del personal, en base a los mínimos establecidos.
3. Establecer los medios necesarios para la consecución de los mínimos definidos, así como los procedimientos (manuales, material curso, tutores,...) para que dichos mínimos puedan ser adquiridos por el personal de nueva incorporación.
4. Establecer las acciones formativas para satisfacer las necesidades de formación de los perfiles de usuarios que se establezcan.
5. Adaptación del personal a un entorno tecnológico cambiante, posibilitándole para la realización de un trabajo de mayor calidad.

- **Metodología de elaboración del Plan de Formación.**

La metodología propuesta para el Diseño de Planes de Formación se presenta a continuación:

- 1) **Análisis de la necesidad de Formación.**

En este paso hay que concretar los siguientes aspectos:

- Definición de la problemática y problema. Se refiere a la descripción del estado en que se encuentra el Área implicada en la que se actuará.
- Descripción de los operarios o mandos destinatarios.
- Descripción de las competencias laborales necesarias.

- 2) **Identificación de las competencias a desarrollar.**

Una vez recopilada toda la información, se seleccionan entre las unidades u elementos de competencia identificadas, aquéllas que serán utilizadas como referencia para la formación.

- 3) **Formulación de objetivos y definición de pre-requisitos.**

Este paso consiste en formular los objetivos generales y específicos por cada Módulo de Formación.

También se deben definir las competencias básicas que deben poseer los participantes como condición para participar en el curso.

- 4) **Identificación de contenidos y definición de la estructura del programa.**

En esta fase se deben identificar los siguientes aspectos:

- Contenidos significativos de la formación, que se desprendieron de los conocimientos, destrezas y actitudes identificados como necesarios.
- Secuencia y distribución por materias del tiempo de formación. Con el fin de asignar el tiempo a cada materia se debe atender a las siguientes variables:
 - Dificultad o complejidad relativa que presenta el aprendizaje de las diferentes materias.
 - Capacidad de aprendizaje de los participantes.
 - Disponibilidad de recursos del programa.
 - Tiempo máximo de formación previsto.

5) Identificación de las estrategias de formación.

Esta fase se refiere a la elección de la modalidad de las acciones formativas y de los formadores encargados de impartirla.

❖ *Modalidad de la acción formativa.*

Los tipos de acciones formativas que pueden llevarse a cabo se muestran en la siguiente clasificación:

- **Por tipo de objetivos formativos.**

- a) Actividades de información, tales como mesas de trabajo, reuniones informales para el aprendizaje de un procedimiento, actividades de gestión del conocimiento por medio del ordenador, formación que conlleva una determinada aplicación, etc...

Dichas actividades que como denominador común tienen la transmisión o intercambio de contenidos y experiencias con carácter general, aparecen de una evaluación formal de los aprendizajes conseguidos en dicha actividad.

- b) Acciones de aprendizaje, son el objeto de cualquier programa de formación o entrenamiento, y, por consiguiente, requieren un dispositivo de evaluación de los aprendizajes programados en ellas y serán objeto de evaluación individualizada y por la organización, y las que darán derecho a los debidos certificados de aprovechamiento en las condiciones oportunas.

- **Por grado de especificidad.**

- a) Acciones formativas transversales: son aquellas cuyos contenidos son comunes a varios puestos de trabajo independientemente de la función que desempeñen.
- b) Acciones de formación especializada: requieren programas de aprendizaje específicos, por responder a necesidades ligadas a las tareas más representativas de los puestos de trabajo y las funciones desempeñadas.

- **Por el vínculo de la acción formativa.**

- a) Acciones formativas obligatorias: tienen una prioridad absoluta para el ejercicio de unas determinadas funciones y se prescriben con este carácter.

- b) Acciones formativas de demanda: requieren la cumplimentación de una solicitud por parte del interesado con una finalidad concreta.
- **Por la forma de impartirse.**
 - a) Cursos organizados por la empresa, bien de carácter interno o a través de un tercero.
 - b) Autoaprendizaje, realizado bien a través del software apropiado al efecto, bien con el material existente y tutorizado por el responsable de la herramienta.
 - c) Talleres, entendidos como la aplicación de unos conocimientos adquiridos ó la puesta en práctica de una herramienta nueva.

❖ **Formadores.**

Los formadores que son quienes directamente imparten las horas lectivas o sesiones de la actividad formativa, desempeñarán las siguientes funciones:

- Impartir los contenidos de la materia o especialidad asignada.
- Preparar y elaborar los materiales didácticos que requiera cada curso (descripción detallada de los contenidos, materias que componen la acción formativa, objetivos, metodología y propuesta de ejecución) así como ponerlos a disposición de la sección de formación.
- Atender, seguir y evaluar a los alumnos durante el desarrollo de la acción formativa.
- Presentar un informe sobre la realización que, además de su opinión sobre el desarrollo del mismo, debe incluir la evaluación que corresponde a cada alumno participante.

El departamento de Recursos Humanos de la empresa debe tener en cuenta aspectos como experiencia, conocimientos y habilidades de comunicación, para la elección de formadores para la impartición de las acciones formativas. Los formadores podrán elegirse entre personal del Área al que pertenezcan o bien a personal externo a la empresa.

6) Descripción de la estrategia de evaluación del aprendizaje.

Se debe diseñar la estrategia de evaluación para cada acción formativa: asistencia, preguntas, ejercicios prácticos, simulaciones, etc., que serán utilizados para evaluar el aprendizaje logrado por los participantes en el conjunto de la actividad de formación. Estos serán seleccionados por el diseñador teniendo en cuenta, principalmente, los objetivos generales y específicos del curso.

Por otro lado, también debe evaluarse la acción formativa en su conjunto desde el punto de vista de los participantes, para determinar el grado de satisfacción de los mismos.

SITUACIÓN FINAL

Ante la situación inicial presentada y teniendo en cuenta la propuesta de mejora planteada, se propuso concretar un Plan de Formación Integral, Permanente y Coherente, para el Área de Materiales Compuestos del Centro Bahía de Cádiz, gestionado desde un área de servicio interno de la empresa, con un posicionamiento clave dentro del organigrama de la organización empresarial, como es el Departamento de Recursos Humanos.

Se llevó a cabo su implantación a través de las etapas propuestas en la metodología de aplicación del Plan de Formación, las cuales se describen a continuación.

1) Análisis de la necesidad de Formación.

Para poder definir las necesidades de formación requeridas se consultó a los Responsables que conforman el Área de Materiales Compuestos sobre los siguientes aspectos:

- Dificultades con que se encontraban los operarios en el transcurso de su trabajo. Como por ejemplo, preguntas más frecuentes, incidentes ocurridos debido a desconocimiento de algunas nociones, etc.
- Aspectos de formación que consideraban importantes impartir a los operarios.
- Necesidades formativas por parte de estos mandos.

Dado que la propuesta de formación no debía provenir solamente de los responsables encargados de ella, sino que debía implicar a todo el colectivo al que va dirigida, se consultó a los operarios, principales receptores de la formación. Para ello se les realizaron encuestas dirigidas a sus necesidades e inquietudes de formación.

2) Identificación de las competencias a desarrollar.

Esta etapa fue desarrollada por el departamento de Recursos Humanos junto con la colaboración de los distintos Responsables que conforman el Área de Materiales Compuestos, para concretar las necesidades de formación.

Los objetivos se centraron en dar respuesta a las necesidades de formación correspondientes a:

- Para hacer frente a la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, que se ha visto con anterioridad, es necesario que los operarios adquieran una serie de habilidades necesarias para desarrollar su trabajo:
 - Capacidad de detección de anomalías.
 - Capacidad de comprensión del funcionamiento del equipo y sus mecanismos. Así como habilidad para detectar las causas que pueden llegar a provocar las anomalías.
 - Capacidad para predecir problemas de calidad y detección de sus causas.
 - Habilidad para realizar reparaciones.

- Para hacer frente a la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO, que se ha visto anteriormente, es necesario que el plan de formación dote de las siguientes habilidades al personal:
 - Nociones básicas de mantenimiento preventivo y predictivo y su importancia.
 - Aspectos generales sobre el plan de mantenimiento preventivo.
 - Aspectos generales sobre prácticas de mantenimiento preventivo y cumplimentación de los partes.
 - Ejecución de mantenimiento preventivo en Fiber Placement, ultrasonidos automática, autoclave y puente grúa.
 - Sistemas de diagnóstico a aplicar para mantenimiento predictivo y puesta en práctica.
- Especialmente se atendió a cubrir la formación relativa a conceptos y herramientas basadas en la Filosofía Lean Manufacturing, ya que presentaba una mayor urgencia. Se consideró necesario cubrir los siguientes aspectos:
 - Introducción y objetivos de Lean Manufacturing. Aspectos clave: valor, flujo de valor, flujo de actividades y enfoque “pull” de la producción.
 - Análisis de las operaciones y su flujo: detección de despilfarros. Utilización de paneles de control de la producción para la regida de “observables”.
 - Aspectos que comprende la implantación de la producción lean o ajustada: flujo regular y constante, equilibrado o balanceado, calidad, involucramiento, disponibilidad operacional, movimiento de materiales y operarios, organización de los puestos de trabajo, diseño lean del producto y diseño lean del proceso.
 - Representación del proceso y su flujo por medio de la herramienta de gestión visual denominada Mapa de Flujo de Valor o Visual Stream Map. Planteamiento y seguimiento de la transición a la implantación lean mediante la misma.
- En cuanto a la formación necesaria para la ejecución de los trabajos de producción es necesario que los operarios conozcan y afiancen conocimientos sobre:
 - Conocimientos teóricos, así como la formación práctica específica necesaria para las labores de producción, tanto a nivel de diseño como de fabricación propiamente dicha y de interpretación de planos.
 - Formación específica para las actividades reparación de composites, tanto en sala limpia como en zona de recanteo.
 - Formación teórica y práctica en el desplazamiento de cargas mediante puente-grúa y carretilla elevadora.
- Las necesidades de formación para los operarios para la inspección automática por ultrasonidos son las siguientes:
 - Formación específica en operaciones de verificación basadas en normas específicas de clientes.
 - Desarrollar las capacidades del personal en cuanto a la verificación por ultrasonidos.
- También se ha detectado un desconocimiento acerca de nociones de gestión medioambiental:
 - Conocimientos sobre los diferentes residuos que generan las actividades que tienen lugar en el Área de Materiales Compuestos y su correcta gestión.

- En cuanto a la Prevención de Riesgos Laborales es fundamental que la plantilla conozca aspectos tales como:
 - Nociones básicas sobre la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Cómo prevenir accidentes, así como el correcto uso de máquinas y las medidas de seguridad a adoptar.
 - Formación teórica y práctica en Higiene a la hora de efectuar los trabajos.
 - Información referente a productos químicos a través de sus fichas de seguridad, características contaminantes y precauciones sobre su uso y gestión.
- En cuanto a los idiomas, cabe destacar que en la interpretación de planos y otros documentos existen términos en inglés, por lo que es necesario que el personal tenga nociones de inglés técnico.

3) **Formulación de objetivos y definición de pre-requisitos**

En cada curso quedó especificado lo que se persigue con su impartición y a quién iba dirigido:

- Mandos intermedios.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Personal de mantenimiento.
- Personal de ingeniería.
- Personal de calidad.

4) **Identificación de contenidos y definición de la estructura del programa.**

Una vez determinados los aspectos anteriores, por parte del Área de Recursos Humanos y de los Responsables del Área de Materiales Compuestos, la información se plasmó en hojas guía y anexos y se programó la formación de manera anual.

- ❖ Identificación de contenidos. Para cada acción formativa se dispuso una hoja guía para que los interesados dispongan de información suficiente acerca de dicha acción. En esta hoja guía se hizo constar:
 - Título de la acción formativa.
 - Objetivo a conseguir.
 - Tipo de metodología.
 - Programación modular.
 - Puestos destinados.

A continuación se presenta la relación de acciones formativas, clasificadas por contenidos, que se consideraron desarrollar para el personal del Área de Materiales Compuestos de la Factoría:

- PRODUCCIÓN:
 - Procesos de fabricación para fibra de carbono.
 - Reparación de materiales compuestos.
 - Interpretación de planos.

- Manejo de puente-grúa.
- Manejo de carretilla elevadora.

- CALIDAD:
 - Verificación aeronáutica.
 - Inspección por ultrasonidos.

- MEDIO AMBIENTE:
 - Gestión de residuos en la planta de producción.

- PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:
 - La Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Seguridad e Higiene.
 - Seguridad en máquinas.
 - Productos químicos usados en la fabricación.

- IDIOMAS:
 - Inglés Técnico.

- Las acciones formativas que se muestran a continuación, son las necesarias a llevar a cabo, basadas en la metodología LEAN MANUFACTURING, ya que es fundamental, puesto que se está implantando dicha metodología en el Área de Materiales compuestos:
 - Lean Thinking.
 - Introducción a Lean Manufacturing
 - Medir para el éxito Lean
 - Diagnóstico Lean
 - Creando Valor al Flujo
 - Kaizen
 - Kanban
 - Poka Yoke
 - Manipulación Lean de Material
 - Control de Inventarios
 - Desarrollo de Producto
 - SMED
 - Mantenimiento Total Preventivo
 - Análisis de la Cadena de Valor de la Empresa
 - Orden, disciplina y limpieza (5's)
 - Autoinspección/Mantenimiento Autónomo
 - Monitorización de Máquinas (OEE)

En concreto, estas acciones formativas relacionadas con Lean Manufacturing y sus hojas guía se encuentran en el **ANEXO 4** del presente Proyecto Fin de Carrera.

- ❖ Desarrollo de los cursos. Como regla general al menos el 25% de las horas de curso relacionados con las funciones de los participantes, se desarrollarán durante la jornada laboral, excepto los que repercuten directamente con el puesto de trabajo que se esté

desempeñando, en cuyo caso se realizarán preferentemente dentro del horario de trabajo. Estos irán especificados en el programa de cada acción formativa.

Se intentará organizar grupos que tengan un nivel semejante en el conocimiento previo sobre la materia a impartir, con el fin de lograr un mayor aprovechamiento por parte de los interesados.

En las hojas guía de cada acción formativa se indica además el tiempo que se le dedica a cada parte de la misma.

- ❖ **Calendario de actuación.** Las fechas de cumplimiento de las actividades formativas se insertarán en el Plan de Formación, para dotarle de una seriación de acciones de formación.

5) **Identificación de las estrategias de formación.**

Para cada acción formativa se determinó la modalidad a seguir, que quedó especificada en la hoja guía de cada una, en el apartado de tipo de metodología. Esta metodología se decidió por acuerdo entre el Área de Recursos Humanos, el equipo de formadores y los responsables del Área de Materiales Compuestos.

Para la ejecución de las acciones formativas se ha optado, por un lado contratar una empresa formadora, especializada en formación de Lean Manufacturing, a la que le suministró el programa formativo que se pretendía llevar a cabo, admitiendo las sugerencias que pudiera aportar.

Por otro lado, se desarrollan acciones formativas por parte de personal formador especializado del Área de Materiales Compuestos del Centro Bahía de Cádiz, para la formación más específica, relacionada con los puestos de trabajo existentes en dicha Área.

6) **Descripción de la estrategia de evaluación del aprendizaje.**

Como estrategia de evaluación de las acciones formativas se ha determinado lo siguiente:

- **Asistencia a las acciones formativas.**

El personal está obligado a asistir a la totalidad de las horas que forman la actividad. La inasistencia no justificada, da lugar a la apertura de un informe que se adjuntará al expediente del trabajador.

La persona que por motivos justificados no pueda asistir, lo comunicará a la sección de Formación de Recursos Humanos con la mayor antelación posible a la celebración de la acción formativa, a fin de permitir que la plaza se cubra con personal de otra convocatoria posterior. Esta persona pasará a formar parte de la convocatoria del mismo curso pero posteriormente, es decir, en otra fecha distinta a la inicial. De incumplir este requisito, no será posible su admisión a la siguiente convocatoria del curso, salvo un caso de fuerza mayor.

- **Evaluación de acciones formativas.**

Uno de los aspectos principales de las acciones formativas es el hecho de que responda a las necesidades de los distintos puestos de trabajo, así como que la acción formativa sea evaluable. En el propio Plan de Formación se debe incluir los sistemas que se establezcan para evaluar sus resultados, y su realización a través de los diversos informes de evaluación.

Para realizar esta evaluación se consideran tres niveles:

1. La evaluación de las reacciones producidas por las acciones formativas en sus agentes, tales como el grado de satisfacción de los participantes con la gestión, el profesorado, los medios didácticos, etc. Esta evaluación se realiza a través de una encuesta de satisfacción.
2. La evaluación del grado de aprovechamiento de la acción formativa, en términos de los conocimientos adquiridos y destrezas aprendidas.
3. La evaluación del uso que se hace de los nuevos aprendizajes en el desempeño de tareas ordinarias. Esto se refiere a la transferencia de lo aprendido al puesto de trabajo y de los resultados efectivos para el área de Materiales Compuestos donde desarrolle su trabajo. Esta evaluación se realizará a través del responsable del área correspondiente o responsable inmediato superior.

A continuación se muestra el cuestionario de evaluación de la acción formativa, que deberán rellenar y entregar todos los participantes en la misma:

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN FORMATIVA

Desde el Departamento de Formación consideramos la evaluación de un curso muy importante para poder asegurar la calidad de las futuras acciones formativas y la mejora continua. Por esta razón, le rogamos que dedique unos minutos a completar el siguiente cuestionario. Muchas gracias por su colaboración.

CURSO: _____	Fecha: ____ / ____ / 20__
Lugar de impartición: _____	
Monitor: _____	

Instrucciones: Marcar con una cruz la casilla que más se ajuste a la opinión que usted tiene sobre los temas expuestos en cada apartado (0 es la mínima puntuación y 5, la máxima).

1.- CONTENIDOS	0	1	2	3	4	5	N/A
1a.- Los contenidos y objetivos se ajustan a las necesidades de formación							
1b.- La combinación entre teoría y aplicación práctica ha sido adecuada							
1c.- Utilidad práctica para su trabajo habitual							

2.- MEDIOS DIDÁCTICOS	0	1	2	3	4	5	N/A
2a.- Calidad y adecuación de la documentación entregada							
2b.- Eficacia de la metodología y los ejercicios prácticos							

3.- MEDIOS TÉCNICOS	0	1	2	3	4	5	N/A
3a.- Disponibilidad, adecuación y funcionamiento de medios técnicos							
3b.- Condiciones del aula y las instalaciones							

4.- FORMADORES	0	1	2	3	4	5	N/A
4a.- Nivel de conocimientos demostrado							
4b.- Claridad en la exposición y capacidad pedagógica							
4c.- Motivación transmitida y adaptación al grupo							
4d.- Cumplimiento de la agenda y horarios previstos							

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN FORMATIVA**5.- LOGÍSTICA**

	0	1	2	3	4	5	N/A
5a.- Organización previa del curso (recepción de la convocatoria)							
5b.- Calidad de otros servicios proporcionados (almuerzo, comida, transporte...)							

6.- VALORACIÓN GLOBAL

	0	1	2	3	4	5	N/A
6a.- Valoración general							

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

Aspectos más positivos:

Aspectos a mejorar:

Fecha: _____

Firma: _____

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Cubrir los vacíos de conocimiento en materias específicas.
- Aumentar la polivalencia de los operarios en las distintas fases del proyecto.
- Adquirir los conocimientos básicos para la implantación de una metodología de mejora Lean Manufacturing.
- Se facilita una integración y adaptación plena del personal a la organización. La formación contribuye principalmente a conseguir que tanto los operarios, mandos intermedios y directivos, se adapten a los cambios que se dan en la evolución de la empresa aeronáutica.
- Promueve la motivación de los implicados en ella.
- Posibilita la promoción.
- Posibilita la modernización de la estructura organizativa.

8.2. Metodología 5's

8.2.1. Implantación del 5's

En la etapa de análisis se ha detectado que uno de los aspectos que más se repite es la falta de orden y limpieza. En un principio, en el Área de Materiales Compuestos, se consideraba a la Producción como una forma de trabajar que se encuentra exenta de la necesidad de llevar a cabo un orden. Lo único que interesaba es que funcionase. Pero no lo hacía, o al menos no como podría llegar a hacerlo de concienciarse de la gran cantidad de recursos que continuamente se despilfarran como consecuencia de la inexistencia en el Área de este orden.

Al comenzar la mejora del Proceso por la implantación de las 5's, esta se convierte en un indicador de cuál es la actitud de la empresa hacia las acciones de mejora continua. Debido a que está relacionado con aspectos importantes de la gestión, incluyendo la moral de trabajo de los operarios, la relación entre la dirección y los operarios y el nivel de las actividades de perfeccionamiento.

Se ha comprobado que los tiempos de valor añadido que se producen como consecuencia de la falta de orden son crecientes, y los cuales podrían emplearse en valor añadido al producto. En cambio este tiempo se emplea en la búsqueda de herramientas, transportes innecesarios, etc.

Además se ha demostrado que la falta de orden y limpieza se encuentra íntimamente ligado con la proliferación de defectos en los elementos, con la aparición de averías en máquinas, los recorridos para buscar material, el nivel de stock, etc.

Como conclusión, en el Área de Materiales Compuestos el nivel de orden y limpieza no es bueno, por lo que existe una carencia de la concienciación hacia esta disciplina que puede reportar grandes beneficios a la empresa.

Son poco frecuentes las fábricas, talleres y oficinas que aplican en forma estandarizada las cinco "S" en igual forma como mantenemos nuestras cosas personales en forma diaria. Esto no debería ser así, ya que en el trabajo diario las rutinas de mantener el orden y la organización sirven para mejorar la eficiencia en nuestro trabajo.

“¿vale la pena mantenerlo desordenado, sucio y poco organizado?”

Es por esto que cobra importancia la aplicación de la estrategia de las 5's. No se trata de una moda, un nuevo modelo de dirección o un proceso de implantación de algo japonés que "nada tiene que ver con nuestra cultura". Simplemente, es un principio básico de mejorar nuestra vida y hacer de nuestro sitio de trabajo un lugar ordenado y eficiente. Y con todo esto, además, se obtiene la mejora de la productividad y la de la empresa. Es una herramienta dirigida a lograr un entorno de trabajo seguro, limpio, organizado y visual.

Para una correcta implantación del Housekeeping en el Área de materiales Compuestos de la Factoría, es necesario seguir cada uno de los cinco pasos secuenciales, que se describen en la Metodología de las 5's, que son las siguientes:

- **SEIRI.** Despejar, retirar todo menos una cosa, con la que se pueda trabajar sin estorbos.
- **SEITON.** Orden, ejecutar actividades una por una; tener un lugar para cada cosa.
- **SEISO.** Limpiar.
- **SEIKETSU.** Detallar, corregir todo detalle que indique mala calidad.
- **SHITSUKE.** Continuidad del proceso.

Este es un proceso que puede aplicarse a cualquier entorno de trabajo (una oficina, un taller, un almacén,...). Se basa en el mantenimiento del orden y la limpieza en el puesto de trabajo. La principal dificultad en cuanto a su aplicación reside en el rigor y respecto de las etapas definidas en el proceso secuencial.

En la siguiente imagen se muestra un esquema de los pasos a seguir en la implantación del 5's y en qué consiste cada uno:

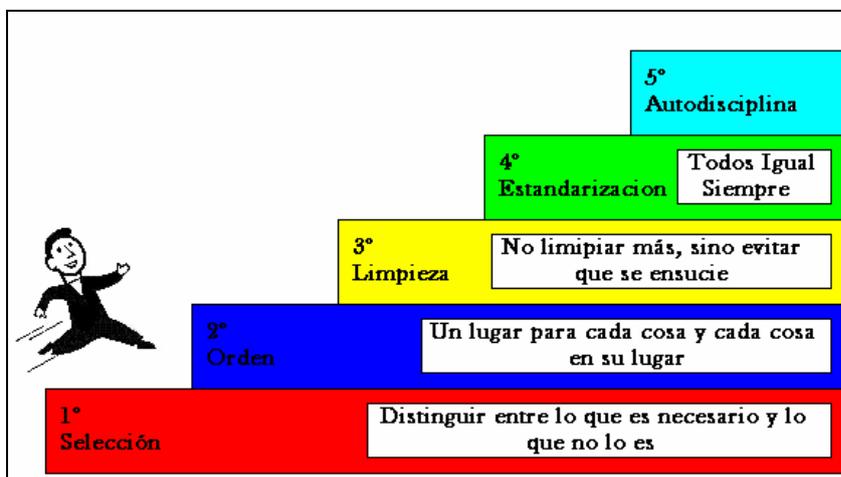


IMAGEN 125. Pasos para la Implantación del 5's

❖ VENTAJAS Y OBJETIVOS DEL 5's

- Mejora la ergonomía (analizando y optimizando los puestos de trabajo, colocando elementos a una altura óptima, eliminando ubicaciones incómodas, facilita el agarre de materiales y herramientas, etc.)
- Mejora la seguridad.
- Fomenta el trabajo en equipo, trabajando sobre algo beneficioso para todos (en particular: mejora la calidad de vida de los trabajadores)
- Dicho objetivo es algo visual, perceptible por todos, relativamente fácil de conseguir.
- Estandariza el entorno de trabajo, lo cual permite una repetitividad cuando se realizan tareas en un área.
- Introduce disciplina y rigor.
- Mejora la calidad.
- Optimiza el espacio necesario y mejora los flujos.
- Facilita la incorporación del personal nuevo.

Cuando el entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza se pierde la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce. Un taller "5S" se debe lanzar cuando las condiciones de orden y limpieza de una zona sean deficientes por falta de reglas, estándares y buenos hábitos, como es el caso del Área de Materiales Compuestos.

Cada etapa debe durar entre 1 y 2 semanas, según la extensión del área elegida. Al término de cada etapa se debe realizar una auditoría de paso de etapa.

Las tareas definidas en cada fase se deben realizar dentro del horario de trabajo y se deben abordar dedicando todos los días algunos minutos mientras el taller está en curso. Cuando se haya alcanzado la 5ªS, el respeto de las reglas debe ser rutinario.

Es necesaria la participación de todo el personal del Área (desde los mandos hasta los operarios) para un correcto desarrollo de esta mejora.

Los criterios a utilizar para la selección de las zonas son los siguientes:

- 1) Zona representativa de la actividad de la empresa.
- 2) Zona claramente delimitada por una frontera natural (una etapa de proceso, una nave de producción, un almacén, un grupo de máquinas, una sección...).
- 3) Que no haya previsión de cambios de la distribución en planta, de la estructura organizativa, de las condiciones de trabajo u otras intervenciones que interfieran en el normal funcionamiento de la sección.
- 4) Clara necesidad de mejora.
- 5) Alta probabilidad de éxito: actitud de las personas, disponibilidad de recursos.

En el Área de Materiales Compuestos, se definen distintas zonas piloto para implantar la metodología “5’s”. Cada una de estas zonas se corresponde con las diversas etapas del proceso de fabricación de los elementos. Dichas zonas son las siguientes:

- Almacenes.
- Zona de Fiber Placement.
- Zona de Laminado Manual y Montaje de Conjuntos.
- Zona de Autoclave.
- Zona de Desmoldeo y Taladrado.
- Zona de Repaso/Reparaciones.
- Zona de Inspección.
- Zona de Expedición.

LISTA DE ZONAS y PARTICIPANTES - TALLER 5S				 ZONA = 		
ZONA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	PILOTO		MIEMBROS EQUIPO	
			NOMBRE	CÓDIGOS	NOMBRES	

IMAGEN 126. Parte de Implantación de la Metodología 5's

Para su implantación se ha diseñado una serie de formatos, basados en el formato PDCA:

“ **P: Planificar** **D: Do (Implantar)** **C: Chequear** **A: Act (Estandarizar)** ”

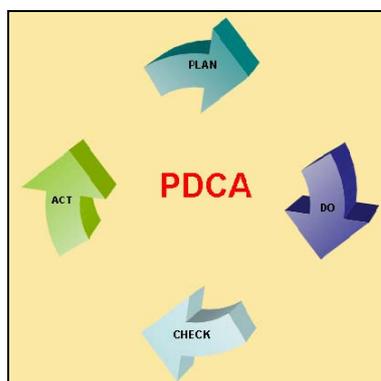


IMAGEN 127. Círculo de Deming

El ciclo **PDCA**, también conocido como "Círculo de Deming", es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos:

- **PLAN**
 - Identificar el proceso que se quiere mejorar
 - Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso
 - Análisis e interpretación de los datos
 - Establecer los objetivos de mejora
 - Detallar las especificaciones de los resultados esperados
 - Definir los procesos necesarios para conseguir estos objetivos, verificando las especificaciones
- **DO**
 - Ejecutar los procesos definidos en el paso anterior
 - Documentar las acciones realizadas
- **CHECK**
 - Pasado un periodo de tiempo previsto de antemano, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada
 - Documentar las conclusiones
- **ACT**
 - Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario
 - Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado en el paso anterior
 - Documentar el proceso

Cada uno de los documentos, basados en el formato PDCA muestra las etapas y las mejoras prácticas que se necesitan llevar a cabo para la implantación de esta metodología, separados por cada uno de los pilares de la metodología o “S”. Estos documentos se componen de dos secciones, que debe rellenar el mando de taller.

La cumplimentación de la sección de validación de cada fase, representa la auditoría que permitirá pasar al siguiente paso en la implantación de las 5’s. Estos documentos diseñados, se muestran a continuación:

ETAPAS Y MEJORAS PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN TALLER 5S'S

1 ^{AS} / ELIMINAR		ZONA:		
Seleccionar en el puesto de trabajo lo que es estrictamente necesario y que debe ser conservado, eliminando el resto.		Fecha Programada	Fecha Realización	Comentarios
P	Definir un perímetro de trabajo 5S. Tomar fotografías de la zona antes de comenzar. Fijarse un objetivo y un plazo.			
D	Coger cada objeto (incluido el interior de armarios, cajones y los discos duros) y preguntarse si es útil: si es útil, guardarlo. si es inútil, darlo, devolverlo y como último recurso tirarlo. si hay indecisión, poner una etiqueta roja sobre el objeto. Retirar la etiqueta en cuanto el objeto sea utilizado indicando el nombre del usuario y la fecha. Apartar los objetos que se vayan a retirar a la zona de espera de decisión. Tomar colectivamente la decisión de guardar o tirar los objetos etiquetados y elegir dónde colocarlos (en función de la frecuencia de utilización).			
C	Crear una lista con los objetos que se han decidido conservar en la zona.			
A	Comprobar que la zona de espera de decisión está libre y que no hay etiquetas sin recoger. La lista constituirá el primer estándar.			

VALIDACIÓN DE LA FASE ELIMINAR		SI	NO	Firma y fecha de aprobación para pasar a la siguiente etapa
Se han realizado fotografías de la situación inicial.				
Se han puesto etiquetas rojas en todos los elementos no necesarios y se han listado (tras la decisión de si se quedan o no).				
Los elementos no necesarios no están en la zona de trabajo.				
Se ha creado una lista con los elementos que deben quedarse en la zona de trabajo y es visible para todo el mundo.				

Cualquier respuesta con "NO" invalida el paso a la etapa siguiente.

ETAPAS Y MEJORAS PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN TALLER 5S'S

2ºS / ORDENAR		ZONA:		
<i>Disponer reduciendo gestos inútiles, esfuerzos y pérdidas de tiempo. Un lugar para cada cosa y cada cosa en su sitio.</i>		Fecha Programada	Fecha Realización	Comentarios
P	Con la lista de objetos que se conservan en la zona de trabajo, determinar los criterios de colocación de los objetos: frecuencia de uso, lugar de utilización, peso aproximado, dificultad de recogerlo, ...			
D	Elegir un nombre y un lugar para cada cosa (reagrupar por naturaleza). Ordenar. Delimitar los lugares de colocación (fotos, siluetas, cinta en el suelo, pegatinas con el nombre, colores, etc...). Comunicar para que cada uno encuentre los objetos.			
C	Comprobar cada día el respeto de las reglas.			
A	Asegurarse que cada cosa incluida en el perímetro tiene un nombre, posee un emplazamiento, y está colocada en su lugar. Tomar fotos que constituirán el 2º estándar			

VALIDACIÓN DE LA FASE ORDENAR	SI	NO	Firma y fecha de aprobación para pasar a la siguiente etapa
Cada objeto tiene una identificación.			
El lugar para cada objeto está identificado.			
Todo está alineado: nada sobresale, nada molesta...			
Existe un plano explicativo de la ordenación realizada.			

Cualquier respuesta con "NO" invalida el paso a la etapa siguiente.

ETAPAS Y MEJORAS PRACTICAS PARA LA REALIZACION DE UN TALLER 5S'S

3ºS / LIMPIAR E INSPECCIONAR		ZONA:	
Fecha Programada	Fecha Realización	Comentarios	
Asegurar la limpieza del puesto de trabajo luchando contra las suciedades y así permitir inspeccionar las máquinas con el fin de detectar anomalías y desgastes prematuros.			
P	Dividir el perímetro en zonas. Definir al responsable de cada zona. Definir los medios de limpieza. Aclarar que la limpieza debe ser a fondo y señalando todos los defectos que haya.		
D	Procurarse los medios de limpieza. Formar a los colaboradores en limpieza, inspección y riesgos. Limpiar sistemáticamente e inspeccionar minuciosamente. Listar las fuentes de suciedad y defectos, identificar sus causas y poner en marcha un plan de acción para eliminarlas.		
C	Verificar el estado de los objetos y su limpieza para prevenir su deterioro.		
A	Asegurarse de que todo lo que está incluido en el perímetro ha sido limpiado e inspeccionado, asignando un responsable de cada punto a limpiar e inspeccionar. Tomar fotos que constituirán el 3º estándar.		

VALIDACIÓN DE LA FASE LIMPIAR E INSPECCIONAR	SI	NO	Firma y fecha de aprobación para pasar a la siguiente etapa
El suelo, las paredes, los pilares y sus alrededores están limpios.			
Las máquinas y sus alrededores están limpios.			
Las estanterías, armarios, mesas de trabajo, y sus alrededores están limpios.			
Los documentos y gamas de trabajo están limpios y al día.			
Los carteles de comunicación y señales de seguridad están limpios y al día.			
Los útiles, herramientas, y aparatos de medición están limpios.			
Existe una lista de anomalías y fuentes de suciedad encontradas.			
Existe un plan de acciones para corregir las anomalías y fuentes de suciedad y se ha cumplido.			

Cualquier respuesta con "NO" invalida el paso a la etapa siguiente.

ETAPAS Y MEJORAS PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN TALLER 5S'S

4 ^{as} / ESTANDARIZAR		ZONA:		
		Fecha Programada	Fecha Realización	Comentarios
Definir las reglas por las cuales el puesto de trabajo quedará despejado de objetos inútiles, ordenado, limpio e inspeccionado precisando los medios para eliminar las causas de suciedades o de desorden.				
P	En equipo y después de las 3 etapas anteriores, formalizar las reglas de trabajo de forma simple, visual o en su defecto escritas.			
D	Colocar e identificar visualmente los estándares creados, colores, etiquetas, colocación de las herramientas, fichas de trabajo, automantenimiento ... Formar a los colaboradores. Anunciar estas reglas.			
C	Verificar el buen funcionamiento de las reglas de trabajo (estándares)			
A	Colocar fotografías de después mostrando el estándar. Establecer un "check list" de evaluación del seguimiento de los estándares.			

VALIDACIÓN DE LA FASE ESTANDARIZAR	SI	NO	Firma y fecha de aprobación para pasar a la siguiente etapa
Existe documentación que identifique los puntos de limpieza y control de máquinas, la frecuencia y fotografías explicativas del lugar a limpiar.			
Está identificado el responsable de cada tarea de limpieza y control y el tiempo que debe dedicar a cada operación.			
Está actualizada la lista de tareas realizadas y cuándo se hicieron.			
Existen fotografías de después.			

Cualquier respuesta con "NO" invalida el paso a la etapa siguiente.

ETAPAS Y MEJORAS PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN TALLER 5S'S

5ºS / RESPETAR		ZONA:	
Fecha Programada	Fecha Realización	Comentarios	
Fijarse por objetivo el mantenimiento de los estándares y de los buenos hábitos, animando a respetar las reglas.			
P	Comprobar el cumplimiento de los estándares semanalmente. Comprobar el cumplimiento de las pautas de limpieza semanalmente. Comprobar el cumplimiento de las pautas de automantenimiento.		
D	Hacer comprender con la formación y la ejemplaridad, incluyendo a los recién llegados, el interés de los estándares y que sin autodisciplinarse estos estándares no sirven para nada. Respetar y hacer respetar las reglas de eliminación, colocación y limpieza-inspección a diario. Si no se respetan, preguntarse el porqué y analizar las causas y consecuencias. Poner en marcha un plan de acciones correctivas y preventivas.		
C	Comentar los estándares y las pautas de limpieza en las reuniones de 5 minutos y analizar cuando no se cumplen. Proponer ideas de mejora de los estándares creados y añadir nuevos.		
A	Auditar el estándar y verificar que es conforme al procedimiento. Cerrar el grupo de trabajo y comenzar un nuevo ciclo de trabajo 5S.		

VALIDACIÓN DE LA FASE RESPETAR	SI	NO	Firma y fecha de aprobación para pasar a la siguiente etapa
La hoja de seguimiento de tareas de limpieza e inspección está al día.			
Existen planes de acción vivos para la mejora de los estándares y de las condiciones de trabajo.			
Existe un cartel indicador de los estándares de la zona, con fotografías.			
Cualquier persona de la zona puede explicar los estándares creados en su zona de trabajo.			

Cualquier respuesta con "NO" invalida el paso a la etapa siguiente.

FASES DE IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

A continuación se desarrolla cada fase de implantación de la metodología 5's en el Área de Materiales Compuestos de la Factoría.

8.2.1.1. Implantación de la Primera "S": DESPEJAR

El método de las 5's comienza por la primera de ellas, que es la SELECCIÓN, que para ser desarrollada, consta de una serie de pasos, como puede verse en siguiente diagrama:



IMAGEN 128. Etapas de Implementación de la 1's

Concretamente en la empresa se siguieron las siguientes pautas:

1. Presentar al equipo de trabajo el lanzamiento de la 1ªs.
2. Definir un perímetro de trabajo 5's.
3. Al menos un miembro del grupo debe realizar fotografías de la zona al inicio del taller.
4. Fijarse un objetivo y un plazo.
5. Definir y señalar la Zona de Almacenamiento de Materiales Innecesarios.
6. Realizar un paseo por la zona para clasificar el material según los apartados anteriores.
7. Traslado de materiales dudosos a la ZAMI.
8. Reunión para puesta en común, consenso y retirada de materiales innecesarios.
9. Entregar los formatos para realizar:
 - Lista de participantes y zonas de actuación asignadas.
 - Lista de materiales necesarios.
 - Lista de materiales innecesarios.
 - Etiquetas para materiales dudosos.
10. Publicación en un panel 5's de los distintos documentos generados y las fotografías.

Para comenzar el proceso de implantación de la 1's, en primer lugar es necesario que distingamos lo que es necesario para las operaciones de producción de lo que no, en el puesto de trabajo.

Desde el punto de vista de las 5's se hace una distinción entre los tipos de materiales:

- (1) **Material Necesario:** es todo aquel sobre el que no existe ninguna duda de su próxima utilización, en un plazo máximo de un mes.



IMAGEN 129. Partes del suelo y barandillas de la Fiber Placement, para cambio de útil

- (2) **Material Innecesario:** corresponde a todo aquel material que:

- No se tiene seguridad de que sea utilizado en un plazo futuro.



IMAGEN 130. Documentaciones Cerradas

- Se encuentra material deteriorado u obsoleto y en mal estado (caducado).

El tener materiales exige cuidarlos, ubicándolos en un determinado espacio y mantenerlos para evitar su deterioro o caducidad, así como controlarlos para eliminar los desperdicios, la obsolescencia y la acumulación de materiales sin movimiento.

Si esto no se realiza, algunos materiales sobrepasan su fecha de caducidad y no son aptos para la fabricación, lo que ocasionaría a su vez otro tipo de costes, Costes por Inutilización de Material (Material Obsoleto). Este último caso ocurre con frecuencia en el Área y puede verse en las siguientes fotografías:



IMAGEN 131. Material Deteriorado



IMAGEN 132. Material caducado

- Se encuentra en exceso y no se encuentra en un almacén determinado.



IMAGEN 133. Cantidad Excesiva de Material sin Lugar Definido

- (3) **Material dudoso:** es todo aquel sobre el que se duda de su próxima utilización en un plazo de un mes.



IMAGEN 134. Material Dudoso

Para la realización de esta segregación, se utilizó un método basado en la colocación de etiquetas Rojas para la identificación de todos aquellos materiales que no sean necesarios para la producción actual. Este tipo de etiquetas, consta de los siguientes campos a rellenar por el operario encargado de la distinción de materiales:

- Sección de la planta a la que pertenece el material.
- Área donde pertenece.
- Operario que realiza la segregación.
- Fecha a la que se asigna la Tarjeta Roja.
- Elemento del que se trata.
- Cantidad del mismo.
- Motivo por el cual se le ha colocado, al material la tarjeta.

El operario no debe de dudar a la hora de colocar una etiqueta, ya que en el caso de no saber exactamente si algún material será necesario, a este se le colocará la tarjeta. Sólo debe permanecer sin etiquetado lo que sea absolutamente para el trabajo en el lugar que ocupa actualmente. No debe temerse una acumulación de tarjetas rojas en las distintas zonas del Área, ya que esto es señal de que el procedimiento está dando resultado.

TARJETA ROJA	
FECHA:	NUMERO:
AREA:	
NOMBRE DEL ELEMENTO	
CANTIDAD	
DISPOSICIÓN:	
TRANSFERIR:	<input type="checkbox"/>
ELIMINAR:	<input type="checkbox"/>
INSPECCIONAR	<input type="checkbox"/>
COMENTARIO:	

IMAGEN 135. Tarjeta Roja de identificación de materiales dudosos (10x15)

Se desarrolló un plan de acción para retirar los elementos. Una vez visualizado y marcados con las tarjetas los elementos dudosos, se trasladaron a una zona llamada “Zona de Cuarentena”, donde permanecieron un tiempo estipulado de antemano de un mes. Cuando algún elemento de esta zona sobrepasó este tiempo, se tuvieron que hacer las siguientes consultas:

- Mover el elemento a una nueva ubicación fuera del Área.
- Almacenar el elemento fuera de la zona de trabajo.
- Eliminar definitivamente el elemento.

A continuación se muestra un esquema de la manera en la que se debe proceder por parte del operario en esta fase de desarrollo de la 1’s:

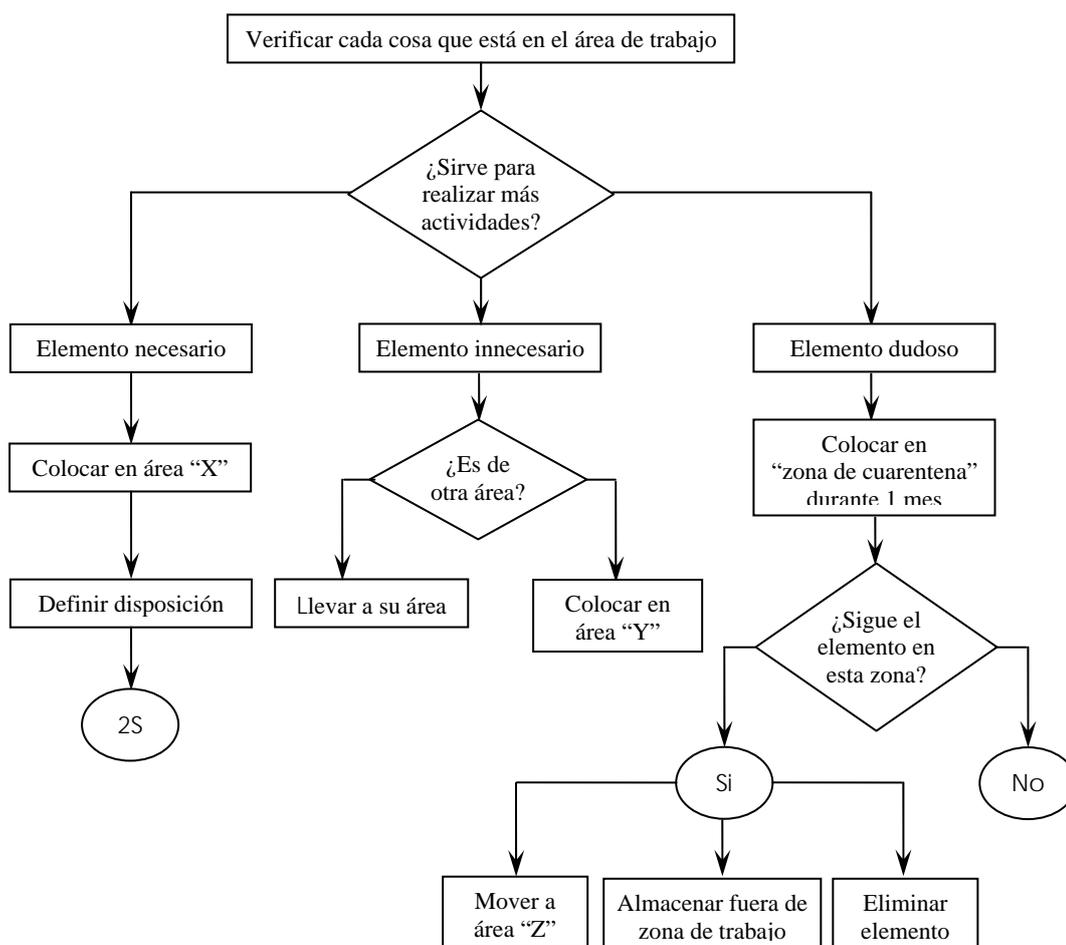


IMAGEN 136. Método de actuación para la 1's

Para finalizar el jefe de área realizó un informe de control final, con unas listas de elementos necesarios y no necesarios, que publicaron en un tablón informativo.

Estas listas enseñaron durante la fase de preparación y permitieron registrar los datos que ya fueron rellenados individualmente en las tarjetas rojas. Debió ser complementada por el jefe de área durante el tiempo en que se decidió realizar la campaña de clasificación.

El diseño de estas listas, puede observarse en los dos documentos siguientes:

- Lista de elementos necesarios.
- Lista de elementos innecesarios.

LEAN MANUFACTURING							
1S ELIMINAR LISTA DE ELEMENTOS NECESARIOS (PIEZAS, HERRAMIENTAS, UTILLAJES, MAQUINAS, ETC.)							
Nº	ELEMENTO	Cantidad	TIPO DE ELEMENTO	PARA QUE HACE FALTA	CUANDO HACE FALTA	DONDE HACE FALTA	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

TABLA 6. Lista de Materiales Necesarios (1“S”)

LEAN MANUFACTURING							
1S ELIMINAR LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS							
Nº	ELEMENTO	Cantidad	TIPO DE ELEMENTO	DONDE SE HA ENCONTRADO	QUIEN LO HA IDENTIFICADO	FECHA EN QUE SE ELIMINA	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

TABLA 7. Lista de Materiales Innecesarios (1“S”)

8.2.1.2. Implantación de la Segunda “S”: ORDEN

Tras haber superado con éxito la implantación de la primera “S”, y habiendo realizado la auditoría por parte del mando de taller encargado, se procedió a la implantación del siguiente paso.

Concretamente las pautas que se siguieron fueron las siguientes:

1. Presentar al equipo de trabajo el lanzamiento de la 2ªs.
2. Realizar un paseo por la zona para realizar una lista de las actuaciones que son necesarias:
3. Identificación: etiquetas, líneas, etc
4. Compra de estanterías, carros, cajones, etc, para asegurar la correcta ubicación.
5. Reunión para puesta en común y consenso.
6. Lanzar acciones (compra o contacto con suministradores).
7. Concretar sistemas de Identificación y proceder a identificar cada zona.
8. Colocar en ubicación definitiva.
9. Difundir a todo el área las nuevas ubicaciones y criterios de identificación.
10. Sacar fotografías y actualizar el panel.

A continuación se expondrán las medidas tomadas para el orden del Área de Materiales Compuestos, separando las acciones por zonas de fabricación:

1. Almacén Nevera.
2. Lay-Up.
3. Fiber Placement.
4. Desmoldeo/Taladrado.
5. Recanteo/Repaso.
6. Inspección.
7. Expedición.

1.- ALMACEN NEVERA

El Almacén nevera del Área de Materiales Compuestos está compuesto por dos estanterías laterales y un pasillo central.

Para establecer un orden, se agrupan los productos y materiales según sus características.

En las siguientes imágenes se observa el cambio favorable que se ha experimentado con la implantación de la segunda “s” en la nevera:



IMAGEN 137. Desorden en el Interior de la Nevera



IMAGEN 138. Nevera Ordenada

En cada balda de las estanterías interiores de la nevera se colocó una ficha identificativa del material que iba a contener. En dicha ficha contiene la siguiente información:

- Código con el que se conoce a nivel de planta el elemento.
- Referencia.
- Denominación del producto o material.

Además cada ficha tiene un color en base a la naturaleza del producto o material:

- Rollos de Material Preimpregnado para Corte de Telas
- Kit's de Telas (Gris)
- Adhesivos (Azul)

A continuación se muestra a modo de ejemplo una ficha identificativa para adhesivo epoxi:



IMAGEN 139. Ejemplo de Etiqueta Identificativa de Producto, colocada en los estantes interiores de la Nevera

La siguiente imagen corresponde a un esquema de la distribución de la nevera, indicando lo que se encuentra en cada una de las baldas de las dos estanterías. Los colores de los cuadros se corresponden con los de las fichas identificativas de los productos o materiales.

Dicho esquema se colocó en la puerta de la nevera para que todo operario que tuviera que entrar en ella, pudiera visualizarlo previamente.

Con estas medidas el tiempo de búsqueda de material en el interior de la nevera se reduciría drásticamente, al conocer el operario antes de entrar en ella, la localización exacta de donde se ubica, mediante este mapa de situación. Una vez dentro gracias a las etiquetas de identificación y a los casilleros de separación, no le resultaría difícil el proceder a cogerlo rápidamente.

2.- ZONA DE LAY-UP MANUAL Y MONTAJE DE CONJUNTOS

• DOCUMENTACIÓN

La documentación de las piezas ya fabricadas se almacenaba en cajas, sin guardar ningún tipo de orden, mezclando documentos relativos a diferentes programas, y en algunas ocasiones mezcladas con las órdenes de nuevos elementos lanzados para proceder a su fabricación, ya que estos también se colocaban en cajas. Provocando la imposibilidad de localizar dichas órdenes a la hora de comenzar la fabricación, llegando a retrasarse incluso varias horas.

ANTES



IMAGEN 141. Documentación de Elementos

Ante esta situación se propuso la instalación de bandejas verticales clasificadas por programas. Se estableció que el Departamento de Gestión Documental recogiera los documentos de estas bandejas una vez a la semana, para proceder a su microfilmación para convertirlo en formato electrónico. De esta manera se elimina gran cantidad de papel, ocupando la información un espacio reducido. Esta acción provoca como mejora adicional, el nuevo modo de consulta de la información, más rápido, organizada por carpetas electrónicas de programas con fechas y sencillo.

DESPUÉS



IMAGEN 142. Bandejas de documentación de elementos



IMAGEN 143. Bandejas por Programas para la nueva documentación

- **ROLLOS DE MATERIAL**

Inicialmente los rollos de bolsa aireadora, de bolsa de vacío y de manta térmica no tenían un lugar determinado. Como solución, se propuso la utilización de unos carros portarrollos; lo que facilitó además el corte del material.



IMAGEN 144. Rollos sin ubicación definida

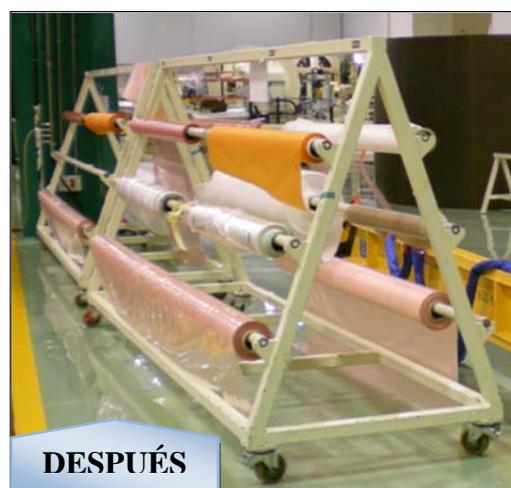


IMAGEN 145. Carros Portarrollos

• **CINTAS ADHESIVAS Y DE FIBRA DE VIDRIO**

Las cintas adhesivas, son utilizadas con gran frecuencia en el proceso de fabricación de los revestimientos de los motores. Se utilizan para la fabricación de las bolsas de vacío/curado, antes de proceder al curado de las piezas en el interior del autoclave. La más usada de este tipo es la cinta azul, utilizada para la mejor fijación de la bolsa de vacío.



IMAGEN 146. Rollos de adhesivo sin Lugar definido

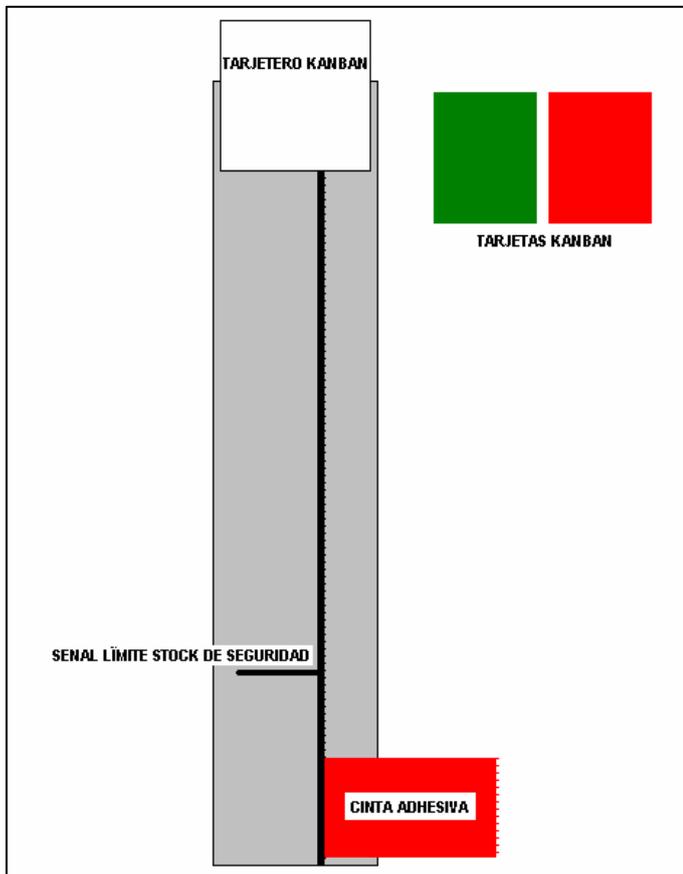


IMAGEN 147. Diseño de contenedor de cintas

Además se utiliza otro tipo de cinta, de tipo de vidrio, que se colocan como respirador, alrededor de la pieza, y es la capa sobre la que se colocarán las tomas de vacío.

Se propuso el diseño y la posterior fabricación de un sistema Portacintas Adhesivas, como medio para eliminar varios de los desperdicios encontrados anteriormente:

- Movimientos
- Material
- Desorden

Se colocará dos portacintas por programa (A340, A380GP, A380 TRENT900), uno de ellos cerca de los útiles de montaje de conjuntos y el segundo cerca de los útiles de fabricación de pieles. De esta forma se evitó tener decenas de rollos desordenados por el lugar de trabajo, sin saber exactamente cuales pertenecen a cada programa, y el estar continuamente tomando rollos nuevos (sin haber acabado el anterior), ya que no se encontraban (bien porque no se sabía donde se colocaron o bien porque otro operario lo había tomado para su trabajo).

El interior de cada cilindro portacintas se rellena con las cintas correspondientes al tipo de rollo adhesivo indicativo, hasta completar su capacidad:

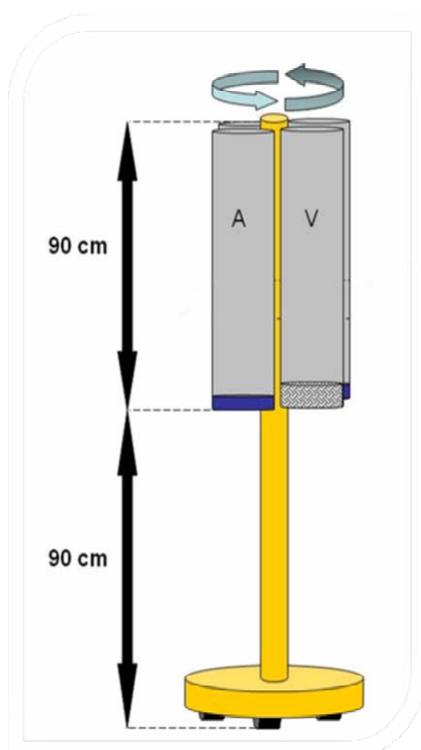
- AZUL: dos cilindros de 10 unidades cada uno
- ROJO: 10 unidades
- VIDRIO: 8 unidades

Este stock de material debe ser repuesto por los encargados de almacén, una vez disminuya por debajo de la marca del stock de seguridad situada en el propio cilindro. Para facilitar la detección visual del momento en que deben ser repuestos los elementos, se dispone adicionalmente, en la parte superior de cada cilindro un sistema de tarjetas Kanban de doble cara:

- Rojo: número de unidades por debajo del stock de seguridad. (Indica que debe ser repuesto)
- Verde: número de unidades superior al stock de seguridad.

La tarjeta está insertada en un tarjetero transparente y deberá ser colocada manualmente por los operarios, a Rojo, en el momento en que vean la reducción del material. El encargado de almacén repondrá la cantidad necesaria hasta completar todo el cilindro y volverá a colocar la tarjeta Kanban a Verde.

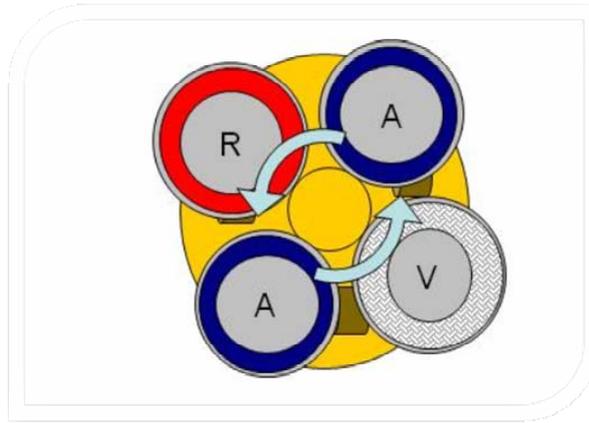
Cada portacintas se compone de cuatro contenedores y se puede mover de manera giratoria, como puede observarse a continuación:



PORTACINTAS ADHESIVAS

D_{ext} cinta Azul = 12 cm (3 cm ancho)
 D_{ext} cinta Roja = 16 cm (3 cm ancho)
 D_{ext} cinta Vidrio = 14 cm (5 cm ancho)

1. Los orificios de entrada y salida de los tubos serán aquellos que mejor se ajusten a los diámetros y anchos de cada adhesivo.
2. El diámetro y grosor del pie deberán ser los suficientes para sustentar la estructura y facilitar su movimiento a través de la nave.



IMÁGENES 148 y 149. Esquema y Vista Superior del Portacintas

• POSICIONADORES DE LOS LARGERILLOS LONGITUDINALES

En cuanto a los posicionadores de los larguerillos longitudinales, se encontraban en una caja golpeándose unos contra otros, lo que facilitaba su deterioro.

Como solución se optó por un panel móvil para colocarlos de manera ordenada. Se instalaron dos paneles, uno para el programa A380TRENT900 y otro para el programa A380GP. Cada panel está dividido en dos secciones, correspondientes a los útiles PEAU 1 y PEAU 2. Además, cada lateral del panel está marcado, indicando el programa y si es PEAU 1 (RH: Right Hand) ó PEAU 2 (LH: Left Hand).

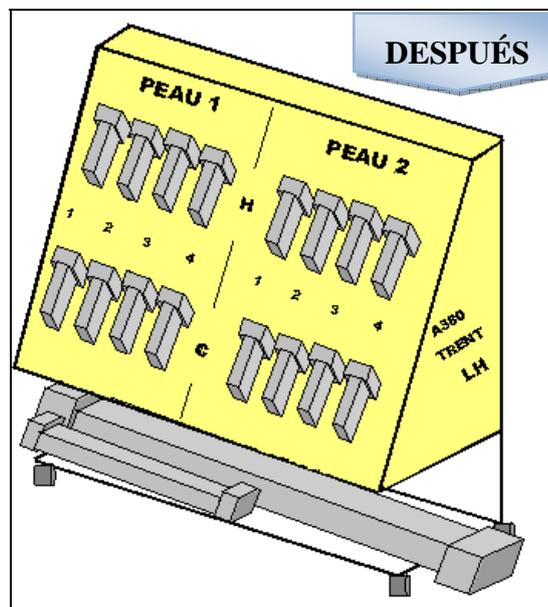


IMAGEN 150. Diseño de Panel Porta-Tacos para el A380 TRENT900



IMAGEN 151. Panel Porta-Tacos para el A380 TRENT900

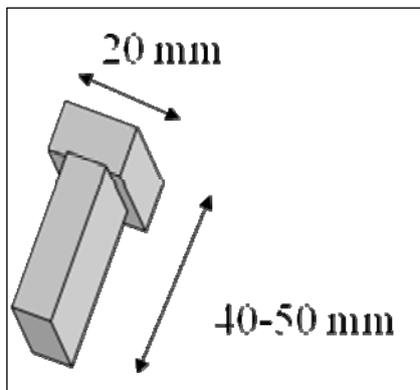


IMAGEN 152 y 153. Detalle y medidas de los Tacos del A380 TRENT900

- **HERRAMIENTAS**

En la zona de Lay-Up se posee una gran cantidad de herramientas almacenadas en cajas de herramientas, sin orden alguno.



IMAGEN 154. Desorden en Caja de Herramientas

Para solucionar esta situación se procedió a la implantación de un sistema de gestión de herramientas, que además fue extensible a todo el Área de Materiales Compuestos, tras haberse probado inicialmente en esta zona como piloto.

El objetivo de la gestión de las herramientas es tener racks de herramientas compartidos entre todos los operarios, ordenados con siluetas, y fácil de controlar cuando falta o se ha roto una herramienta.

Entran a formar parte en esta gestión, todos los programas que tienen herramientas compartidas entre operarios, o que no tienen la herramienta compartida y se pretende que lo sea.

Se creó dos tipos de racks:

- Carros
- Colgantes

Cabe destacar que esta tarea de la gestión de herramientas se debe realizar dentro de la segunda S de un proceso de 5S. Esto significa que solo se podrá llevar a cabo cuando sólo queden las herramientas necesarias y una lista de todas ellas, ya que todo lo demás se eliminó en el primer paso de las 5S.

Esta gestión se llevó a cabo para conseguir una serie de ventajas:

- Para que el operario no tuviera que buscar su herramienta y perdiera tiempo. Este tiempo no tiene valor añadido para el programa.
- Para mentalizar a la gente hacia un proceso de mejora y orden continua y que se dé cuenta del valor de cada herramienta.
- Para evitar que se pierda la herramienta.
- Para tener una gestión clara de las herramientas necesarias en cada proceso.

Con esta lista y una visión clara de la herramienta que corresponde al puesto de trabajo, se empieza a definir con los operarios correspondientes dónde sería la mejor ubicación para cada herramienta. Así la secuencia seguida ha sido:

1. Elegir qué tipo de rack, armario, estantería, es decir, lo más cómodo para ubicar la herramienta.
2. Definir la posición ideal para cada herramienta. Este es el paso más importante que se debe definir con los operarios.
3. Ubicar las herramientas de la manera deseada en el rack sobre un soporte y dibujar la silueta de cada herramienta como se muestra en la figura siguiente:



IMAGEN 155. Disposición de herramientas en Rack



IMAGEN 156. Silueteado de Herramientas para el Rack

4. Cuando la disposición ha sido diseñada y fotografiada, el siguiente paso es enviar las fotos con la ubicación exacta de cada herramienta, el rack al que corresponde, y las dimensiones del mueble, al personal del taller mecánico subcontratado que realiza tareas en el Área de Materiales Compuestos, ya que este es el encargado de realizar sobre tablas en caso de los racks colgantes o esponjas para cajones, las siluetas deseadas.

A continuación se muestra el resultado de la utilización de racks para los cajones de los carros:



IMAGEN 157. Esponja para la colocación de Herramientas en Cajones



IMAGEN 158. Carro de Herramientas

5. Gestionar el Rack

El primer paso para poder gestionar el rack de herramientas es realizar una base de datos con las herramientas que contiene cada rack. Por tanto, cada rack debe tener una lista de las herramientas presentes dentro de éste.

En este fichero, se debe rellenar:

1. El Código
2. El Precio Unitario
3. La Designación
4. El Part Number
5. El Tipo: C=Consumible o A=Amortizable
6. El Número de cajón donde está la herramienta
7. El número de la herramienta asignado dentro del cajón
8. El número de herramientas de este tipo

Se asignó a cada Rack con un color para los que corresponden a herramientas del mismo programa:

ROJO	PROGRAMA A380 TRENT900
NEGRO	PROGRAMA A380 GP
AZUL	PROGRAMA A340

6. Mantener el Rack

Es muy importante que antes de comenzar la actualización de los racks se les transmita a los operarios la mejora que esto les supone, así como el compromiso requerido por parte del operario para el mantenimiento del mismo. Por ello, antes de iniciar el proceso se deben comprometer a la cumplimentación de hojas de seguimiento del estado del rack.

Para mantener el estado actual del rack se debe establecer un estándar de verificación de herramientas cada fin y comienzo de turno. Para ello se debe utilizar un formulario llamado Comprobación de Presencia de Herramientas en Rack, que debe estar colocado y actualizado en un transparente pegado en cada rack con una foto del estado en el que debe estar el rack para que el operario que va a chequear pueda comparar.

Este documento contiene 2 columnas para cada turno, una para el chequeo del comienzo y una para el fin del turno. Esta hoja se rellena por los operarios de la manera siguiente:

- Si todas las herramientas están presentes, se pone una cruz en la celda superior.
- Si falta alguna herramienta, se queda la celda en blanco, pero se pone una **F** en la celda que corresponde a la herramienta que falta.
- Si se encuentra una herramienta averiada o rota, se pone una **A** en la celda que corresponde a la herramienta que falta.

Durante el comienzo de la implantación de la hoja de seguimiento, el mando de producción o el responsable de la herramienta asignado debe comprobar que se rellene la hoja y chequear que no falten herramientas, de modo diario o incluso por turno.

La hoja de seguimiento debe cambiar cada lunes antes del comienzo del primer turno. A continuación se muestra el formulario que hay que cumplimentar:

❖ CASO DE PÉRDIDA O DETERIORO

En caso de detectar la pérdida o el deterioro de una herramienta, el responsable de las herramientas debe seguir el siguiente proceso:

- Debe notificarse al mando de taller.
- Debe procederse a la colocación de una etiqueta de marcación de color Azul, en el lugar donde se encontraba la herramienta, con lo que se indicará que la herramienta está perdida y se encuentra en proceso de reposición.
- Debe reponerse a la mayor brevedad posible, para impedir que se paralice el trabajo.

En caso de deterioro, se colocará en el lugar donde se encuentra la herramienta una etiqueta de marcación de color Amarillo. Posteriormente se procederá a la cumplimentación del Registro de Herramienta Pendiente de Reparar, que es un fichero de seguimiento de reparación de la herramienta:

REGISTRO DE HERRAMIENTA PENDIENTE DE REPARACIÓN						
MATERIALES COMPUESTOS BAHÍA DE CÁDIZ						
PRODUCCIÓN				HERRAMIENTAS		
PROGRAMA	NOMBRE HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN DE LA AVERÍA	FECHA AVERÍA	FECHA RECOGIDA	FECHA ENTREGA	COMENTARIOS
A380TREN900	MARTILLO	MANGO ROTO	10/08/08	10/08/08	11/08/08	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

El operario que se encuentra con la avería debe rellenar los campos siguientes:

- (1) Programa al que pertenece la herramienta (A340, A380TREN900, A380GP)
- (2) Nombre de la herramienta
- (3) Una breve descripción de la avería
- (4) Fecha de aparición de la avería

Los encargados de mantenimiento, deben de rellenar los siguientes campos cuando vienen para recoger o devolver la herramienta:

- (5) Fecha de recogida de la herramienta
- (6) Fecha de devolución
- (7) Comentarios que consideren necesarios

IMAGEN 160. Registro de Reparación

Para utilizar este fichero:

- Se debe delimitar una zona de segregación con cinta de color rojo, donde se colocará la herramienta averiada.
- Se colocará una hoja de registro de herramienta pendiente de reparación que rellenaron los operarios y el departamento de herramientas una vez informado de la presencia de dicha incidencia.

• GRADAS

Las Gradadas son plataformas metálicas elevadas a la altura necesaria para realizar un trabajo específico, en el caso de esta zona de trabajo:

- Laminado de Omegas Longitudinales.
- Montaje de Conjuntos.
- Embolsado de Pieles y Conjuntos.

Su objetivo es permitir realizar el trabajo de forma cómoda en aquellas zonas de altura.

En la línea de los programas A380 TRENT900 y A380GP se tienen gradadas a mayor altura que en la línea del A340, pues el elemento tiene un tamaño mucho mayor.

Las gradadas están formadas por un entramado metálico antideslizante y unas escaleras de acceso. También dispone de ruedas, que poseen un sistema de frenos de seguridad, que permiten moverlas para posicionar el útil y retirarlo una vez acabado. Constan también de unas barandillas de seguridad, en el lado que no queda adherido al útil.



IMAGEN 161. Grada de Montaje A380



IMAGEN 162. Grada de Montaje A340

Para identificar las gradadas a emplear en los dos programas, se procedió a colocar etiquetas identificativas en ellas.

GRADAS DE MONTAJE

A380-TRENT900

IMAGEN 163. Etiqueta identificativa del Programa al que pertenece la Grada

3.- ZONA DE FIBER PLACEMENT Y EMBOLSADO DE PIELES

- **HERRAMIENTAS PARA CAMBIO DE ÚTIL**

Para realizar el cambio de útil en estas máquinas, debido a su grado de complejidad se hace necesario el uso de una gran cantidad de herramientas. Estas se encontraban recogidas en el interior de un carro, desordenadas en el interior de los mismos. Para solventar esta situación se colocaron láminas de espuma de poliuretano de las medidas de los cajones. Estas láminas poseen huecos correspondientes a cada herramienta, de manera que sea fácil encontrarla dentro del cajón.



IMAGEN 164. Desorden en Caja de Herramientas para Cambio de útil de Fiber Placement



IMAGEN 165. Caja de Herramientas para Cambio de útil de Fiber Placement

- **REPUESTOS PARA REPARACIONES**

Inicialmente los repuestos se encontraban al igual que en el caso anterior, desordenados por los distintos cajones de los puestos de trabajo. Para poder agruparlos se propuso el empleo de un rack, como puede verse en las siguientes imágenes. De esta manera es más sencillo y rápido la localización de los repuestos: tornillos, tercas, válvulas, etc.



IMAGEN 166. Repuestos para Reparaciones de Fiber Placement



IMAGEN 167. Rack de Repuestos para Reparaciones de Fiber Placement

4.- ZONA DE DESMOLDEO Y TALADRADO

• TALADRADO DE PIELES

Las operaciones de taladrado que se explican a continuación, de las cuales se han tomado medidas de mejoras en 5's, únicamente están relacionadas con la Piel. Los Conjuntos por el contrario, una vez desmoldeados, pasarán inmediatamente al transporte a la siguiente operación.

1. TALADRADO PARA POSICIONAMIENTO EN ÚTIL

Para el taladrado de las pieles, para impedir que en el montaje del conjunto se muevan, se usan unas placas, las cuales una vez utilizadas vuelven a su lugar de procedencia. Existe un juego de placas por programa (A380 TRENT900 y A380GP). Las placas no pueden utilizarse en dos útiles, si se ha introducido en autoclave dos Piel del mismo Programa. La cuestión es ¿debemos esperar a taladrar una de ellas, para continuar con la siguiente? Como en este caso no es posible que en ambos puestos de trabajo se taladre simultáneamente, considerando las dimensiones y el coste de las placas (fabricadas en aluminio reforzado), se decide duplicarlas para los dos programas, situándolos en una zona cercana de fácil acceso para ambos.

Estas piezas se colocaban en cualquier sitio donde fuera posible, sin hacer distinción alguna sobre el programa al que pertenecían; estando en ocasiones, las piezas en peligro de dañarse, como puede observarse:



IMAGEN 168. Placas Posicionadoras para Taladrado sin Ubicación Fija

Para solucionar esta situación, las placas se ubicaron en un soporte con ruedas, con el silueteado de cada uno de los elementos, como puede observarse en la imagen adjunta:



IMAGEN 169. Silueteado de las Placas Posicionadoras de Taladrado



PROGRAMA A380 TRENT900



PROGRAMA A380GP

Las placas se clasifican según el programa en que se va a realizar el taladrado de posicionamiento, para cuando comience el montaje del conjunto. Estas placas presentan una base de color diferente. Con ello se pretende identificar de forma clara y rápida el tipo de diámetro de taladrado. Esta codificación de color se corresponderá el de unos contenedores de brocas, que se verán más adelante, para evitar errores en el producto.

Además de este código de color, tanto en las placas como en el útil de montaje, se ha incluido otro código (en este caso numérico), con el cual se pretende ayudar a identificar la zona de posicionamiento correcta de la placa.

Al ser el taladrado de las Pieles simétrico, la placa puede posicionarse por ambos lados, indicándose mediante banderas amarillas y azules, si pertenece al lado izquierdo o derecho respectivamente. Es una forma de alertar visualmente al operario el posicionamiento correcto de la placa, con el fin de poder evitar un error humano, es decir, evitamos despilfarros por calidad. Esta codificación de bandera amarilla (lado izquierdo) y azul (lado derecho) se extiende a todos los puestos donde exista posibilidad de confusión en el posicionamiento.

Debido al alto coste de las máquinas de taladrado, tenerlas por duplicado (existen dos máquinas para tres programas) no es necesario pues el tiempo empleado en realizar los taladros es muy inferior si lo comparamos con el empleado en colocar las placas (situar, atornillar, desatornillar), por lo que sería un coste innecesario. Por ello se intenta buscar una ubicación próxima a ambos puestos de trabajo.



IMAGEN 170. Ubicación Máquinas y Accesorios

Estas taladradoras junto con los accesorios necesarios, se encuentran ubicados en una estantería como se muestra en la imagen anterior. Se observa que las máquinas taladradoras se encuentran protegidas en una caja para que no sufra ningún daño.

Es fundamental que las cosas una vez ordenadas se mantengan, es decir, que una vez usadas vuelvan de nuevo al mismo lugar de donde se retiró.

Pensemos que esta máquina y materiales, van a ser usados por tres programas distintos:

- A380 TRENT900 (2 operarios por turno)
- A380 GP (2 operarios por turno)
- A340 (2 operarios por turno)

Considerando que existen 3 turnos por día, significa que 18 personas necesitan usar las máquinas y los accesorios, y si no los encuentran en sus ubicaciones se perdería mucho tiempo buscando en cuál de los posibles puestos de trabajo se encuentran. Si esta situación es habitual lleva incluso a afectar al propio operario, cansado de dar vueltas en busca del material necesario para realizar su trabajo.

2. TALADRADO PARA MONTAJE DE RIGIDIZADORES TRANSVERSALES

Existe otro proceso de taladrado, que usa las mismas brocas que el proceso anteriormente descrito para posicionamiento en útil. Por lo que este también se surtirá del sistema de brocas anterior.

Este nuevo proceso se basa en la creación de seis taladros en la piel, en unas posiciones concretas, para remachar posteriormente al curado del conjunto, las dos vigas transversales que lo forman. Este es considerado un sistema de seguridad adicional, debido a las fuertes tensiones que debe soportar. Se realiza en el mismo lugar, la zona de desmoldeo/taladrado.

Para este tipo de taladrado, en la piel se debe de colocar un útil guía, llamado CARCASA DE TALADRADO, que sitúa correctamente el lugar exacto donde deben hacerse los taladros. Este debe a su vez quedar bien sujeto a la Piel, para evitar desplazamientos indeseados. Esto se consigue mediante la sujeción de este útil guía a la piel y al útil PEAU principal con unas herramientas llamadas FIJAS.

- Estas *Fijas* se localizaban en el interior de la Sala limpia en una estantería u otra, sin un lugar definido, amontonadas unas contra otras, a una distancia considerable de donde son usadas. Lo que provoca que se encontrasen en peligro de dañarse.

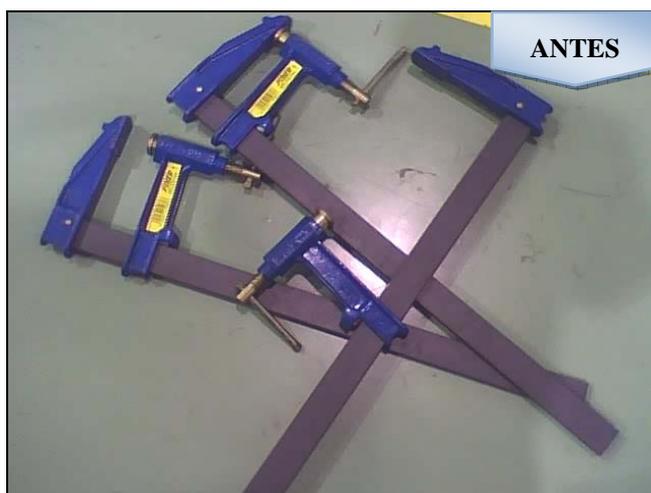


IMAGEN 171. Elementos de Fijación sin Lugar Definido

Había que situar estos elementos de fijación necesarios para el taladrado previo al montaje de las vigas transversales, en un lugar que minimizarse los desplazamientos de los operarios. Estos se situaron en las zonas bajas de las gradas, concretamente en los lados de la misma, en las barandillas de acceso. De esta forma, al encontrarse más próximas al útil, es mucho más sencillo, ya que supone un mínimo esfuerzo físico para el operario, al tener que bajar y subir únicamente un par de escalones para coger o dejar la herramienta en su lugar., ahorrando una gran cantidad de desplazamientos y a su vez de tiempo.



IMAGEN 172. Elementos de Fijación para Piel I

Los elementos de Fijación se colocaron sobre unos paneles en los que se siluetearon cada una de las herramientas, para saber visualmente y de un vistazo donde iban colocadas cada una de ellas y saber en un momento dado cual era la fija que falta. Además se colocó sobre cada herramienta, una etiqueta que indicaba si la Fija se utiliza para:

- Fijar la Piel al Útil.
- Fijar el Chaleco a la Piel.



IMAGEN 173. Elementos de Fijación para Piel II

- Las *Carcasas de taladrado* que se utilizan para posicionar correctamente los taladros. Son independientes para los Programas A380 TRENT900 y A380GP, así como también lo son el de la PARTE de HERRAJE y el de CERROJO. El Programa A340 no utiliza estas carcasas, ya que las vigas transversales no van remachadas.

Estas se situaban en la zona de desmoldeo sin ubicación fija. Únicamente se tomaba como medida de protección eventual, para evitar tanto deterioro como

tropiezos, colocarlos sobre una plataforma de grada interior, la cual cuando era necesario su uso debía de desalojarse, con el consiguiente empleo de tiempo de al menos dos operarios, por las dimensiones y el peso de los Chalecos.



IMAGEN 174. Carcasas de Taladrado del A380 TRENT900 sin Lugar Definido

Para solucionar esto se dispuso de una estantería con cuatro baldas, una para la colocación de cada carcasa de taladrado. Las cuales se identificaron con una etiqueta con:

- El programa al que pertenece.
- Si es de posición de Herraje o Cerrojo.

Esto se presentaría con las letras en el color del Programa determinado, como ya se ha visto en el proceso de Producción (Negro para A380 TRENT900 y Rojo para A380GP).



IMAGEN 175. Carcasas de taladrado colocadas en Estanterías con Referencia al Programa que Pertenecen y sin son derecho o izquierdo

- En cuanto a los *rigidizadores transversales*, también se dispuso una estantería para su adecuación, ya que inicialmente una vez era fabricado el material, este se envolvía con una envoltura de burbujas y se amontonaban en cajas.



IMAGEN 176. Localización Inicial de los Rigidizadores Transversales



IMAGEN 177. Estantería para Rigidizadores Transversales

• APROVISIONAMIENTO DE PIEZAS EN DESMOLDEO

Ahora se va a analizar con más detalle la forma de aprovisionar las piezas a la zona de desmoldeo. En este puesto, no se disponía de un medio de ubicación de las piezas usadas en el taladrado. Por lo que los operarios debían acudir, cuando le falta alguna broca, al mando de taller, en el interior de la sala limpia, para que este le proveyera de lo necesario. Esto requería un tiempo de búsqueda además de la posibilidad de poder extraviar algunas de las pequeñas piezas.

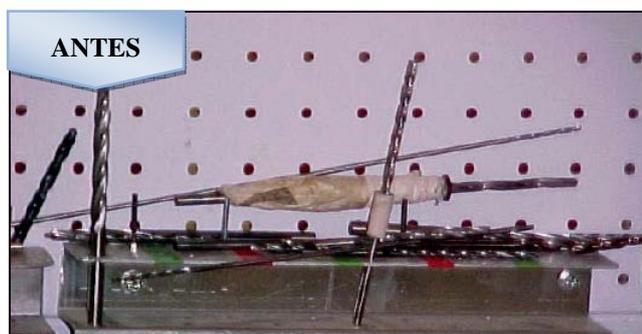


IMAGEN 178. Brocas Usadas junto con Brocas Nuevas, sin Lugar Definido

La ubicación de las distintas piezas que componen esta operación es fundamental para reducir tiempos. Por ello se pensó en la colocación de una estantería donde colocar una serie de contenedores. Cada uno ellos se prepararon teniendo en cuenta varios factores:

- Minimizar el número de cajas.
- Agrupar por tipo de brocas.

Para obtener un buen taladrado es muy importante el estado de la broca, que no puede presentar puntas quemadas, mangos doblados ni desgastados, mellas y/o desprendimientos en los filos de corte, como puede observarse:

Un taladro con unas décimas de más, en el sector aeronáutico supone instalar un defecto. De ahí la importancia del buen estado de las herramientas de corte si se quiere conseguir cero defectos.

Para poder distinguir aquellas herramientas que son adecuadas para la operación de taladrado, se ha diseñado una caja donde se distingue dos compartimentos como puede verse en la imagen:



IMAGEN 179. Caja para Brocas

En la zona gris de la izquierda se situarán aquellas herramientas de corte que son aptas. Cuando el operario detecte que la herramienta presenta los filos de corte desgastados, se rompa o cualquier otro tipo de defecto, ubicará dicha herramienta en el lado derecho de la caja, marcado en rojo para indicar que no deben usarse y retirará una nueva broca de la zona gris. El personal de almacén recogerá las herramientas de corte de la zona roja y procederá a separar entre aquellas que sean válidas para ser afiladas y aquellas que son rechazadas.

Proceso esquemático de cómo se debe actuar



A partir de este punto, las acciones la realizara el Personal de Línea

1. Inicialmente todas las herramientas de corte están en la zona gris de la caja, según el número indicado en la etiqueta. El stock inicial es de cuatro brocas por codificación.



2. Cuando una broca se desafilé o rompa, se depositará en la zona roja y se retirará una broca nueva de la zona gris.



3. Cuando no quede ninguna broca en la zona gris, se retirará la caja del lado "PERSONAL DE LÍNEA".



4. Después se adelanta la caja llena situada detrás de la anterior.



5. Ubicar caja vacía en lado “ALMACÉN” con las etiquetas hacia fuera.



A partir de este punto, las acciones la realizara el Personal de Almacén

6. Recoger cajas vacías del lado del almacén de línea. Las cajas vacías son las que están en lado almacén con la etiqueta hacia fuera.



6. Reponer en almacén de suministros las herramientas indicadas en la caja.



7. Ubicar caja llena en lado almacén etiqueta hacia dentro.



8. En caso de que no sea posible la reposición de alguna de las herramientas de corte, su caja se depositará en la estantería de nuevo con la etiqueta hacia fuera, indicando así que está vacía.

- **TRANSPORTE ENTRE OPERACIONES EN ÁREA SUCIA**

Una vez finalizado el proceso de Desmoldeo y Taladrado, la Piel o el Conjunto pasa de estar acostado en el útil a estar de pie en el suelo. Es el momento de Transportarla a la siguiente operación del proceso. Para ello se colocan tres soportes con ruedas bajo la Piel, como se muestra en la siguiente imagen:



IMAGEN 180. Soporte de Transporte de Piel



IMAGEN 181. Detalle soporte de Transporte de Piel

Este sistema tenía el problema de que no existía un lugar definido donde localizar estos soportes de ruedas. Los operarios solían hacer uso de ellos para realizar cualquier movimiento relacionado con las pieles o los conjuntos, dejándolos abandonados en múltiples lugares de la nave.

También se ha dado el caso de que usaban dos soportes en lugar de tres, debido a que no encontraban el número necesario para ello, y para no perder más tiempo en su búsqueda, tomaban esa decisión. Ello ocasionaba por ejemplo en el caso de las Pielas, las cuales no poseen una estructura rígida como los conjuntos al no tener vigas que lo rigidicen, que se pudieran dar problemas de calidad, al sufrir la piel debida al movimiento producido por el transporte, ya que no tenía los suficientes puntos de apoyo. El pandeo producido sobre el elemento llegaba a ser crítico, perjudicando las propiedades estructurales de la pieza.

Para evitar esta situación se definió una localización en el suelo de la zona de desmoldeo, cercano a las posiciones de trabajo, delimitada con cinta amarilla, donde ubicar los soportes de transporte. Además para evitar que no hubiera un número suficiente para proceder al transporte de un elemento y evitar al mismo tiempo los problemas de calidad derivados, se soldó una barra para unir cada uno de los soportes. El ángulo de soldado es el idóneo para minimizar el pandeo de la Piel en su transporte. En el caso de que se trate de un conjunto, este hecho no influye como se ha comentado anteriormente.

En este lugar se creó un sistema de tarjeta Kanban (verde y roja). En todo momento debe de haber localizado en esta situación al menos tres sistemas de transporte a la vez. Si el número baja por debajo de este, el encargado de actividades subcontratadas (como limpieza de útiles), debe proceder a reponer un número de unidades superior a tres. La dirección del área ha considerado que esta acción sea cometido de Personal subcontratado, eliminando de esta forma una pérdida de tiempo por parte de los operarios de la zona.

Cuando los operarios detecten visualmente que no hay las unidades necesarias mínimas colocarán la tarjeta por el lado rojo en el tarjetero, y el encargado de reponer los elementos cambiará la tarjeta a verde una vez haya realizado el trabajo de reposición.

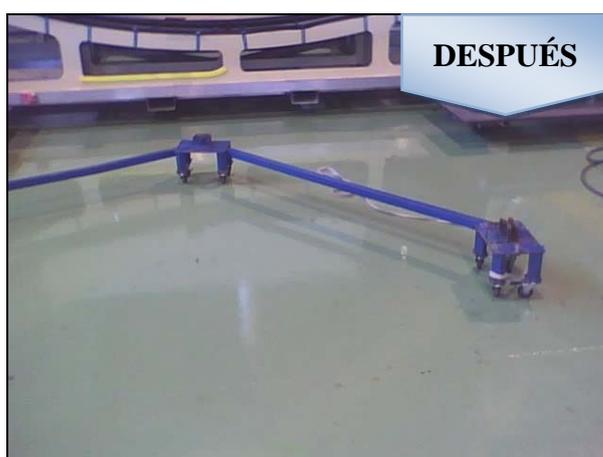
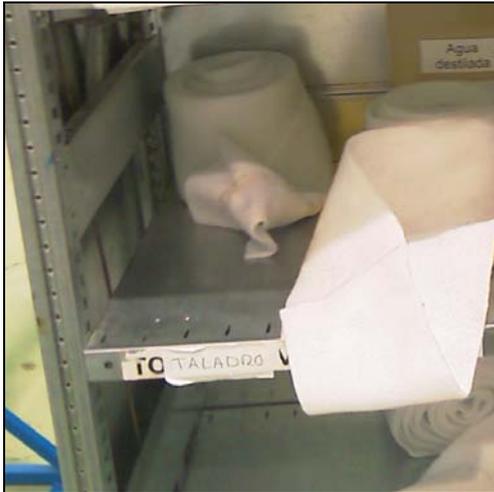


IMAGEN 182. Soporte Triple de Transporte de Pieles Soldado

5.- ZONA DE RECANTEO/REPASO

En esta zona se realizan una gran cantidad de operaciones para los diversos programas de fabricación del Área. Encontramos por ello una gran cantidad y variedad de herramientas. Existían en un principio carros que contenían todas estas herramientas, pero no se encontraban etiquetados, lo que producía tener que abrir todos los cajones para encontrar una herramienta determinada. Además existía una estantería, que si se encontraba etiquetada, pero no se respetaba, colocando en los lugares destinados a una herramienta, cualquier otro tipo de elemento, como puede observarse en fotografías:



ANTES



IMAGEN 183. Lugares no respetados para la colocación de Herramientas

Como solución, se colocó un panel silueteado como se indica en la siguiente imagen:



IMAGEN 184. Panel de Herramientas

La ropa de trabajo tampoco tenía una ubicación definida, por lo que se podía encontrar monos de protección en cualquier lugar del Área, aún no perteneciendo a ella.



IMAGEN 185. Monos de Trabajo sin Localización Fija

Por ello se optó por la adquisición de un sistema de perchas:



IMAGEN 186. Lugar de Ubicación de Monos de Trabajo

- **APROVISIONAMIENTO DE COMERCIALES Y CONSUMIBLES**



A partir de este punto, las acciones las realizará el Personal de Línea

1. Una vez la caja esté vacía, es decir ya no contenga material para el proceso de fabricación o montaje, esta se retirará de su ubicación en la estantería por el lado "PERSONAL DE LÍNEA".



2. Se adelantará la caja situada detrás de la anterior, la cual estará completa de material para la fabricación.



3. Ubicar caja vacía en lado "ALMACÉN" con la etiqueta Kanban hacia fuera. De este modo el peón encargado de reponer el material, sabrá con solo ver la estantería, cuales son los contenedores que debe reponer de material.



A partir de este punto, las acciones las realizará el Personal de Almacén

4. Recoger cajas vacías del almacén de línea. Las cajas vacías son las que están en el lado almacén con la etiqueta hacia fuera.



5. Reponer el almacén de suministros comerciales previstos para los aviones estimados según la producción.



6. Colocar caja llena en su ubicación correspondiente del lado almacén con la etiqueta hacia dentro.



7. El caso que no sea posible la reposición de algún comercial o consumible, se depositará de nuevo en la estantería con la etiqueta hacia fuera indicando así que está vacía.

5.- ZONA DE INSPECCIÓN

En esta zona existen varias localizaciones donde podemos encontrar piezas pequeñas (programas A400M, A300MRTT) o piezas grandes (Revestimientos, LAP's). Las Piezas Pequeñas se encontraban localizadas en dos mesas:

1. En una mesa se colocaban piezas:
 - Correspondientes a los programas anteriormente mencionados.
 - Tanto para su envío a:
 - Cliente (envío final).
 - A una empresa secundaria (para la realización de una operación subcontratada).

- A pintura (si necesita ser pintada), que se encuentra en la Nave de Chapistería.
 - Como piezas recibidas de una empresa secundaria (a la que se le ha realizado una operación subcontratada).
2. En otra mesa se colocaban:
- Piezas para inspeccionar.
 - Piezas inspeccionadas pendientes de determinar operación posterior (envío al cliente, pintura, subcontratación).
 - Piezas que actualmente están siendo inspeccionadas.
 - Piezas pendientes de Montaje.

Para solventar estas deficiencias se optó por el diseño y colocación de tres estanterías, para los elementos ya inspeccionados, en las que se distribuyeron los estantes de la forma siguiente:

- EXPEDICIONES (pieza lista para el envío al cliente).
- PINTURA.
- SUBCONTRATACIÓN (pieza para realizar operación subcontratada).
- MONTAJE (piezas a las cuales hay que montar algún componente).

En cada uno de ellos se rotuló la localización exacta de cada cosa, en la cual al mismo tiempo se especifica la siguiente operación a la que será sometida la pieza.

6.- ZONA DE EXPEDICIÓN

Esta zona se encuentra en el exterior de la sala limpia, concretamente frente a la zona de verificación final, como puede verse en la situación en el plano adjunto:

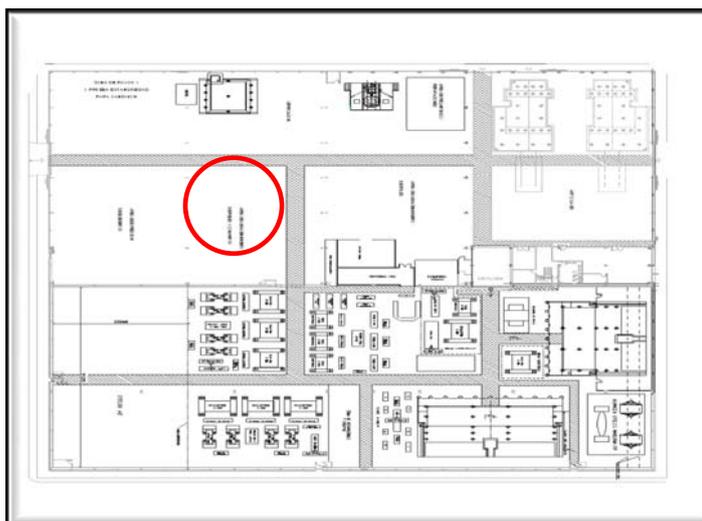


IMAGEN 187. Situación de la Zona de Expedición

Los Revestimientos que han sido inspeccionados tanto por Ultrasonidos Automático como Manual, y que por parte de Calidad se encuentran en condiciones de ser enviados al Cliente, junto con toda la documentación necesaria, se colocaron en una situación no definida.

Pero en esta zona también se ubicaban los Útiles de las piezas de otros programas llevados a cabo en el área, como son los relacionados con los Programas de:

- Tubos del Sistema de Aire Acondicionado del A330MR TT.
- Paneles de cabina del A330MR TT.
- Útiles pertenecientes al Programa de Carenas del A400M.
- Otros cuyo uso es únicamente para Ensayos.

Estos se colocaban normalmente en el suelo sin existir una distribución lógica de ellos, ni encontrándose identificados por tipo y programa, por lo que resultaba una tarea ardua y difícil la búsqueda de un útil específico. Además de por la necesidad de tener que retirar los anteriores para poder utilizar alguno que estuviese más atrás, debido a la inexistencia de zonas para poder manejar la carretilla elevadora (debido a su gran peso y dimensiones).

Por ello existía una deficiencia principal en cuanto a la gestión de esta zona. No existía una ubicación definida para las piezas de envío y para los útiles de otros programas.



IMAGEN 188. Zona de Expedición sin Orden

Las soluciones que adoptó para este problema fue la colocación de estantería para útiles:



IMAGEN 189. Zona Habilitada para la Colocación de útiles

8.2.1.3. Implantación de la Tercera “S”: LIMPIEZA

Las pautas que se siguieron para implantar la 3ªs fueron las siguientes:

1. Presentar al equipo de trabajo el lanzamiento de la 3ªs.
2. Realizar un paseo por la zona para Identificar las fuentes de suciedad. Es recomendable distinguir:
 - Lugar difícil de limpiar.
 - Fuente de suciedad permanente.
3. Reunión para puesta en común y consenso.
 - Listar acciones necesarias, las fuentes de suciedad deben permanecer identificadas en el puesto de trabajo hasta que se eliminen o se integre su limpieza periódica en una instrucción.
4. Realizar Instrucciones de limpieza.
5. Difundir a todo el área.
6. Sacar fotografías y actualizar el panel.

El tercer pilar del método de las 5´s, la limpieza, consiste en mantener tanto el área de trabajo como las instalaciones y equipos limpios, eliminando la suciedad. Con ello se busca obtener una mayor vida útil de los equipos e instalaciones además de mejorar el aspecto visual de las áreas de trabajo haciendo un entorno más agradable.

Había que buscar los focos de suciedad y como se puede observar en la Imagen siguiente, solía concentrarse debajo de los bancos de trabajo y en todos aquellos lugares sin identificar.



IMAGEN 190. Focos de Suciedad

El éxito de este pilar depende principalmente de la actitud y el compromiso por parte de los operarios. Por lo que es fundamental la parte formativa del personal, en la cual mediante una serie de cursos se les expone el desarrollo de esta fase además de sensibilizar a todos los empleados de la necesidad de mantener limpia las zonas de trabajo.

Se debe abandonar la tradición de las limpiezas generales cada cierto periodo de tiempo por una empresa externa e ir adoptando la idea de limpieza diaria tanto en las herramientas como en las áreas o zonas de trabajo por parte del personal.

La gestión de los residuos que aparecen durante el proceso de productivo es un aspecto importante a tener en cuenta. Durante la fabricación de elementos en Materiales Compuestos, se generan numerosos materiales de desecho que deben ser eliminados. Pero en el Área de Materiales Compuestos los trabajadores no solían tener claro dónde tirar cada tipo de residuo, ya que no tenían clara la clasificación de los mismos.

Los cubos que podían encontrarse distribuidos tanto por esta zona de Lay-Up, como por el resto de zonas, a las cuales se hace extensible esta mejora, eran todos de color gris. La única forma que tenían los operarios de diferenciar qué tirar en cada uno de ellos, era un papel a tamaño A4 pegado con adhesivo en uno de sus laterales. Esta etiqueta no posee ningún tipo de protección (no estaba plastificada) frente a las inclemencias (material húmedo, roces, golpes, roturas) por lo que la vida útil de la información era bastante corta.

Se propuso para mejorarlo, el establecimiento de un código de colores para la gestión de los residuos. Cada contenedor destinado a un tipo de residuo es de un color. De este modo se conseguirá que cualquier persona de la organización, de un simple vistazo sepa dónde debe colocar un determinado residuo, agilizándose la gestión del mismo y procurándose el orden y la limpieza.

El código de colores es el siguiente:

- Rojo: para residuos peligrosos (Trapos, plásticos contaminados, restos de disolvente)
- Amarillo: para inertes (plásticos de embalaje)
- Verde: plásticos de gran volumen.
- Azul: papel y cartón. Deberán encontrarse limpios, sin restos de otro tipo de residuo.
- Blanco: restos de material preimpregnado.

En todos los puestos de trabajo se incluyen estos cubos para el vertido de aquellos elementos tanto tóxicos como no tóxicos.



IMAGEN 191. Cubo Residuos Plásticos



IMAGEN 192. Contenedores de Papel y Cartón



IMAGEN 193. Contenedores de Plásticos

En el área ya existían algunos contenedores, pero no eran de las dimensiones adecuadas para el volumen de residuos generado, ni estaban identificados, para que cualquier operador o persona que venga de fuera, supiera para que residuo está destinado:



IMAGEN 194. Cubo de Material Preimpregnado



IMAGEN 195. Contenedor de Material Preimpregnado

Por ello se estableció un tiempo al final de cada turno, aproximadamente de 5 minutos, con los que se pretende que estas actividades de limpieza se conviertan en parte del trabajo diario. De esta forma el área de trabajo estará en perfectas condiciones para el siguiente equipo de trabajo, devolviéndose las herramientas utilizadas a sus lugares correspondientes y limpiando el área de trabajo (suelos, estantes, etc...) de los restos de material eliminados o de cualquier otro elemento de suciedad (aceite, agua,...) que nos encontremos.

La limpieza debe entenderse también como inspección. Es importante establecer un procedimiento de limpieza en el que se recogerá cada una de las funciones a realizar y en qué frecuencia. En todos los puestos se estableció una gama de limpieza, que consistía en un chequeo de los distintos puntos a realizar en el área de trabajo por el operario, donde se incluyó además:

- Frecuencia en que debe de realizarse, es decir, si es diaria, semanal o mensual.
- Persona que ha de realizarla.
- Fecha de la realización.

Existía un rechazo por parte del trabajador para realizar este tipo de tareas al pensar que no era parte de sus funciones y muchas veces no realizaban correctamente esta limpieza-inspección como debía hacerse. Esto requiso tiempo y formación para cambiar el concepto de que la limpieza es función exclusiva del servicio de limpieza subcontratado.

A continuación se observa una Instrucción de limpieza a realizar en el puesto de trabajo, indicando su periodicidad:

En el siguiente cuadro se muestran las acciones de limpieza a llevar a cabo en la Sala Limpia, indicando si requiere o no inspección:

PLAN DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA		
Equipos, suelos, bancos de trabajo, herramientas	Inspección no obligatoria	Intervalo recomendado de limpieza, 24 horas. Máximo 1 semana
Paredes hasta una altura de 2.10 m	Inspección no obligatoria	Intervalo máximo de limpieza, 30 días
Resto de paredes, techos, dispositivos colgantes	Inspección cada 30 días	Intervalo máximo de limpieza, 12 meses

TABLA 8. Acciones de limpieza en el Área Limpia

En la Factoría, la limpieza de las zonas, la realiza una empresa subcontratada. Este hecho no implica que el personal propio de la factoría no deba implicarse en la implantación de esta fase (3's). Es muy importante que se impliquen en el cumplimiento de las pautas que se enumeran en las normas.

1.- FIBER PLACEMENT

En las siguientes imágenes se muestra la situación que presentaba la zona de Fiber Placement:



IMAGEN 197. Restos de Aceite



IMAGEN 198. Restos de Material Auxiliar (cintas, adhesivo, toallitas, etc.)

2.- DESMOLDEO/TALADRADO

En esta zona se procedió a retirar todo el material auxiliar necesario para la fabricación de la bolsa de vacío/curado, utilizada para curar la pieza en el autoclave. Este material resulta inutilizable, salvo la manta aireadora que si lo es, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre. Esto será criterio del operador encargado de la operación el decidir si puede o no volver a utilizarse.

Las siguientes imágenes muestran los residuos acumulados en la zona:



IMAGEN 199. Desmoldeo de una Pieza, eliminando material auxiliar



IMAGEN 200. Residuos de Bolsa de Vacío/Curado en el suelo

Hasta ahora el material se dejaba caer en el suelo o sobre otros útiles, acumulándose una gran cantidad de él, debido al gran consumo, necesario para la fabricación de unas piezas de gran tamaño como son los Revestimientos. Esto ocasionaba problemas de tropiezos de los operarios y sensación de desorden y suciedad en la zona.



IMAGEN 201. Residuos de Bolsa de Vacío/Curado sobre un útil

Se colocaron unos contenedores con ruedas de gran tamaño para hacerse cargo del gran volumen de plásticos generados.

8.2.1.4. Implantación de la Cuarta “S”: ESTANDARIZACIÓN

En el siguiente gráfico se esquematizan las etapas de implantación de la 4^ª:



IMAGEN 202. Etapas de Implementación de la 4^ª

Los pasos que se dieron en la empresa para implantar la 4ªs fueron:

1. Presentar al equipo de trabajo el lanzamiento de la 4ªs.
2. En equipo y después de las tres etapas anteriores, formalizar las reglas de trabajo de forma simple, visual o en su defecto escritas.
3. Colocar e identificar visualmente los estándares creados, colores, etiquetas, colocación de las herramientas, etc.
4. Formar a todo el personal.
5. Anunciar las reglas.
6. Verificar el buen funcionamiento de las reglas de trabajo (estándares).
7. Colocar fotografías de después, mostrando el estándar.
8. Establecer un "Check List" de evaluación del seguimiento de los estándares.

Con la fase de limpieza estandarizada lo que se pretende es mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las 3's. Estandarizar sólo se consigue cuando se trabaja conjuntamente los tres primeros principios (organización, orden y limpieza). Esta fase de la gestión de las 5's debe de ser permanente, porque si no, se corre el riesgo de retroceder en nuestro proyecto. Por ello, para generar esta cultura se puede usar una herramienta visual que consiste en disponer fotografías del sitio de trabajo en las condiciones óptimas y no deseables, para que pueda ser visto por todos los empleados y recordarles en qué estado debe permanecer el puesto.

Debe formularse unas normas, de forma que los operarios conozcan exactamente lo que hay que hacer, dónde, cómo y cuándo.

El empleo de los estándares debe ser auditado por el personal al mando, para verificar su cumplimiento. A continuación se muestra el sistema utilizado para auditar la implantación de las 5's en el Área de Materiales Compuestos. Consiste en una serie de puntos que se comprobarán diariamente, al principio del primer turno (siete de la mañana). Si el punto se cumple se marcará la casilla de Ok y si por el contrario no se cumple, se marcará NO OK.

Se tomarán además OBSERVACIONES, en el caso que fuesen necesarias, si por ejemplo, algún punto no se ha podido cumplir por alguna causa no habitual, pero que sea de carácter puntual. En el casillero TEMAS PRINCIPALES A MEJORAR se rellenará cuando uno de los puntos se repita con mucha frecuencia (esto dependerá del criterio del auditor, que conocerá la situación diaria). Por último el campo ACCIONES SUGERIDAS, contendrá una acción para mejorar el problema, que el auditor considere que se podría llevar a cabo.

El siguiente cuadro es una hoja para el seguimiento de la auditoría de esta etapa:

	SEMANAS DEL AÑO										OBSERVACIONES DE LA ÚLTIMA AUDITORIA	
	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24		S25
ZONA 1												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA: ENROLLADOR DE CABLE DE MÁQUINA NO FUNCIONA.
ZONA 2												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA: BUSCAR UBICACIÓN PARA PLANTILLAS
ZONA 3												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 4												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 5												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 6												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 7												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 8												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 9												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
ZONA 10												Nº PENALIZACIONES: X SUGERENCIAS DE MEJORA:
												MENOR O IGUAL A 3 PENALIZACIONES
												4 O 5 PENALIZACIONES
												6 O MAS PENALIZACIONES

IMAGEN 204. Seguimiento de Auditoría de 5's

Esta fase tiene como objetivo alcanzar una limpieza estandarizada irrompible. Para ello se requiere alcanzar un nivel de prevención, que en muchos casos no resultan tan obvio. Cuando un mismo problema se repite una y otra vez, el operario tendrá que estar tomando las acciones determinadas para mantener esa limpieza estandarizada. Hay que analizar la causa del problema e introducir cualquier mejora que permita un menor esfuerzo para mantener los tres primeros pilares irrompibles.

Entre los beneficios de estandarizar, podemos citar:

- (1) Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- (2) Se mejora el bienestar personal, al crear el hábito de conservar impecable el sitio de trabajo de forma permanente.
- (3) Los operarios comienzan a conocer con detenimiento el equipo y el lugar de trabajo.
- (4) Con la limpieza se evita que se puedan producir accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- (5) Preparación del personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.

8.2.1.5. Implantación de la Quinta “S”: AUTODISCIPLINA

Este último pilar lo que pretende es que no se rompan los procedimientos ya establecidos. Sólo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que aportan. La disciplina es el canal entre las 5's y la mejora continua.

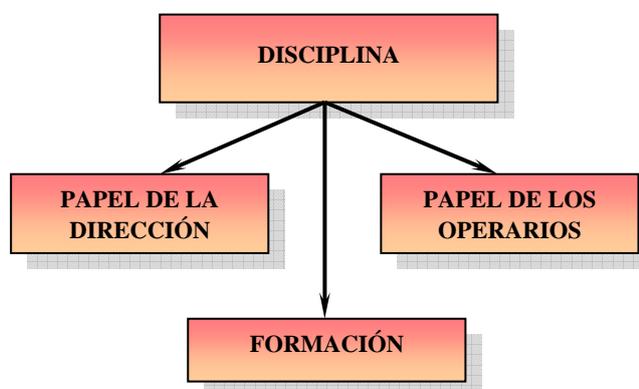


IMAGEN 205. Etapas de Implementación de la 5's

La disciplina consiste en crear un hábito en todos los empleados para mantener correctamente los procedimientos. Cuando ésta no se implanta, ocurre que:

- Los elementos innecesarios empiezan a acumularse tan pronto como se ha completado la implementación del primer pilar.
- A pesar de haberse implementado el orden correctamente, las herramientas, plantillas y accesorios no se devuelven a sus lugares asignados.

- Aunque el equipo se ensucie, se hace poco o nada para limpiarlo. Las máquinas sucias o mal lubricadas empezarán a funcionar mal y producir elementos defectuosos.

Realmente, este quinto pilar es difícil de medir y de implementar un conjunto de técnicas. Hay que formar a la gente para hacerles comprender lo que significa las 5's y la importancia de mantener esta disciplina. Deben cambiar los hábitos anteriormente adquiridos pues de esta forma se obtendrán mayores beneficios tanto desde el punto de vista del propio empleado, como desde la visión de la empresa. Pero también requiere el apoyo de la dirección desde el punto de vista de recursos, liderazgo y reconocimiento, por lo que debe:

- 1) Crear equipos para la implantación de los cinco pilares. Esto no debe ser trabajo de una sola persona sino que deben de estar todos implicados. Si las personas de los propios puestos de trabajo participan desde el primer pilar, será más fácil ir educándolos en la filosofía de las 5's.
- 2) Asignar tiempo para la práctica de los cinco pilares y crear programas para el trabajo. Esto debe de ser permanente para estimular la implicación creativa de los trabajadores, escuchando sus ideas y analizándolas. No consiste en un período de "X" meses mientras se implementa y luego pasa desapercibido. Hay que promover la continuidad de las actividades tanto para los conocedores del método, como para los nuevos empleados que entren a formar parte de la empresa.
- 3) Crear recompensas tangibles e intangibles para los esfuerzos de aquellos empleados que van adquiriendo esta filosofía. Por lo general, los operarios piensan que esto es una pérdida de tiempo y que realmente no sirve para nada, además de darle más trabajo, que según ellos no está dentro de sus funciones. Debido a tener que realizar la limpieza-inspección de las máquinas e instalaciones.
- 4) Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5 S y mantenimiento autónomo.
- 5) Crear un equipo promotor o líder para la Implementación en toda la entidad.
- 6) Suministrar los recursos para la implantación de las 5 S.
- 7) Motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades.
- 8) Evaluar el progreso y evolución de la implantación en cada área de la empresa.
- 9) Participar en las auditorias de progreso.
- 10) Aplicar las 5 S en su trabajo.
- 11) Enseñar con el ejemplo.
- 12) Demostrar su compromiso y el de la empresa para la implantación de las 5 S

La implantación de los cinco pilares conlleva una inversión económica, pero aún más supone una inversión de tiempo sobre todo cuando el personal lleva muchos años trabajando con un esquema organizativo distinto. Se necesita crear una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa y hacia las propias personas.

8.2.2. *Implantación de la Gestión Visual mediante Metodología 5'S*

SITUACIÓN INICIAL

Inicialmente en el Área de Materiales Compuestos no existía:

- Delimitación de zonas para ubicar elementos tanto fijos como móviles.
- Medios para saber la criticidad de las órdenes de trabajo, por lo que el operario debía estar continuamente preguntando al mando de taller.
- Existía confusión sobre los elementos que pertenecen a cada programa de fabricación.
- Falta de procedimientos visuales que indicasen al operario la necesidad de elementos para la fabricación.

MEJORA PROPUESTA Y SITUACIÓN FINAL

La gestión visual implica la totalidad del Área de Materiales Compuestos y se actuó en ella de la misma forma:

❖ **DELIMITACIÓN DE UBICACIONES**

Se delimitaron y definieron las distintas zonas dentro del área. Se decidió proceder a señalar las distintas ubicaciones de material de fabricación mediante cintas adhesivas de color, en concreto los siguientes colores:

- AZUL, para elementos fijos.
- AMARILLO, para elementos móviles, pasillos.
- ROJO, para contenedores de residuos.



IMAGEN 206. Cintas para delimitación de Zonas

En primer lugar se procedió a señalar los pasillos de paso tanto de personal como de medios de transporte. Estos anteriormente a la implantación de las 5's se encontraban diferenciados por el color en que estaban pintados:

- ROJO: pasillos
- VERDE: zonas de trabajo

Se delimitaron con cinta amarilla granulada de 25 centímetros de grosor, como se observa a continuación:



IMAGEN 207. Delimitación de Pasillos de paso

Posteriormente se procedió a delimitar las localizaciones de los demás elementos existentes, mediante los respectivos colores. Se usaron cintas de 10 centímetros. La razón de utilización de unas medidas concretas en las cintas y en unos colores concretos se basa en la creación de un estándar de identificación que abarcara todo el Área de Materiales Compuestos y que por lo tanto fuera fácilmente interpretable por cualquier trabajador, sin crear duda alguna sobre su significado.

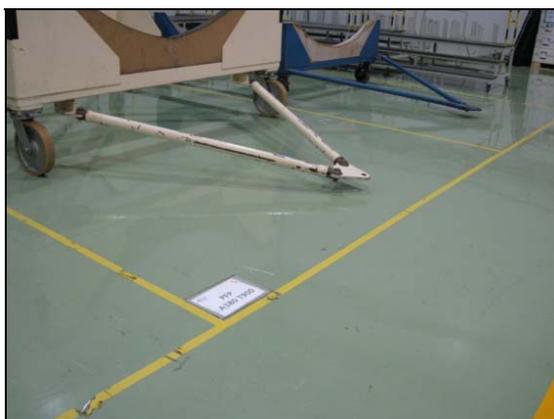


IMAGEN 208. Segmentación del Almacén de útiles Fiber Placement



IMAGEN 209. Mesas de Trabajo. Elemento Móvil



IMAGEN 210. Gradas. Elemento móvil



IMAGEN 211. Contenedor de Residuos



IMAGEN 212. Diversas Delimitaciones

❖ CARROS DE TRANSPORTE

En un primer momento, se tomaron tres carros y se definieron para colocar las piezas de un determinado programa. Se creó un sistema de supermercado, en el que cuando el operario llegase a la zona donde se encontraba un conjunto, para proceder a su montaje, se encontrase en un carro todo lo necesario:

- Tomas de vacío.
- Termopares.
- Rigidizadores Transversales.
- Larguerillos Rigidizadores Longitudinales.

Esta forma de proceder hizo que disminuyera el tiempo perdido por los operarios en la búsqueda de material para realizar el trabajo y que el lugar permaneciese con un cierto orden, al encontrarse todo lo necesario localizado en un lugar concreto. Se encargó esta tarea al personal subcontratado de la zona de Desmoldeo/Taladrado.

Se pintaron en los carros unas bandas de colores y se nombraron para que se utilizaran para distintos programas:

- NEGRO: A380TRENT900
- ROJO: A380GP
- AZUL: A340

A su vez estos carros se duplicaron. Así cuando un carro estaba completo para el montaje y depositado junto al útil donde se procedería al trabajo, el otro carro vacío del montaje anterior pasaba a la zona de desmoldeo. Se producía así una “sustitución” de carros, no teniendo que esperar a que un carro de programa estuviera libre para proceder a cargarlo con el material.

Se añadió también un contenedor del color asignado al programa donde se colocaría la cantidad necesaria +1 de termopares y tomas de vacío para la fabricación de la bolsa de vacío del conjunto a montar. Todos estos materiales mencionados estarán perfectamente revisados y en condiciones óptimas de funcionamiento, evitando la acumulación de material inservible, que se producía antes de esta implantación. Si por algún motivo, alguno de los elementos estuviese defectuoso, se procedería a colocarlo en un contenedor identificado a tal efecto, localizado en el puesto del Mando de Taller. Este contenedor será revisado diariamente, procediendo a verificar y/o eliminado su contenido.

A continuación se muestra un detalle de un carro de transporte y un contenedor en él:

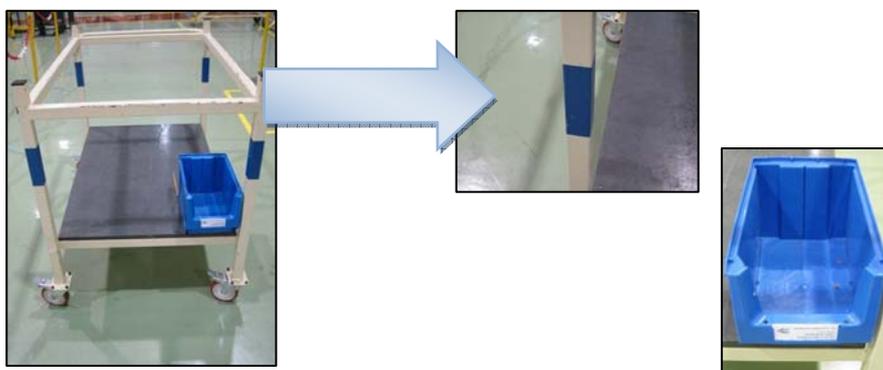


IMAGEN 213. Carro de Transporte

En la zona de Desmoldeo Taladrado se colocaron también dos contenedores, marcados con sendas etiquetas, donde se depositaron conforme se limpian y revisan el funcionamiento de los termopares y tomas de vacío de bolsas anteriores. Esto evita tener mucha cantidad de material sin un lugar definido y sin saber con certeza si ha sido o no revisado. Los que no sean aptos de seguir en uso, serán eliminados.



IMAGEN 214. Contenedor de Tomas de Vacío y Termopares Limpios y Revisados

Para identificar todos los elementos de la planta que se encontraban sin identificar, se elaboraron carteles y se distribuyeron por toda el área. Estos carteles se colocarían en una esquina, dentro del recinto delimitado anteriormente con cinta adhesiva de color.

Se señalaron tanto los elementos fijos como los móviles que tienen un lugar delimitado. En la siguiente fotografía puede verse un ejemplo:



IMAGEN 215. Cartel Identificador

❖ PRIORIZACIÓN DE LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN VÍA GESTIÓN VISUAL

Con esta medida se establece un sistema de fabricación eficiente, justo a tiempo, que permita realizar las entregas en fechas según los requerimientos de los clientes. Se realizará clasificando de manera muy visual según su criticidad y prioridad las Ordenes de Producción vía el uso de bolsas Rojas, Verdes, Azules y Blancas.



IMAGEN 216. Órdenes de Producción

8.2.3. *Implantación de la Gestión Visual mediante Paneles de Seguimiento*

SITUACIÓN INICIAL

En el Área de Materiales Compuestos no existen paneles de información en los cuales el operario llevara un seguimiento del estado de fabricación de las piezas y del estado de las máquinas. Asimismo, no existe ningún panel de incidencias en los cuales se recogieran los diferentes problemas surgidos en la Zona de Producción. Hasta el momento, las incidencias se transmitían de forma oral entre los mandos de taller y los operarios, o se dejaban anotados en documentos que los mandos de taller confeccionaban.

Actualmente se está procediendo al despliegue estratégico para el seguimiento de unas mejoras para la Optimización del Proceso mediante la implantación de las Herramientas Lean Manufacturing. En este despliegue se propondrá una serie de mejoras específicas, para las cuales se crearán grupos de mejora formados por varios operarios para llevarlas a cabo. No existen paneles que indiquen al resto del Área las acciones que se llevan a cabo en ese momento, quienes están implicados, el calendario para llevarlas a cabo y lo que es más importante la plan de acción que se está llevando a cabo para mejorar.

El departamento de Seguridad e Higiene Industrial, es el único de la factoría que dispone de un panel informativo en el Área de Materiales Compuestos. En este panel se recoge una gran información de cara al personal, pero no existe indicación ninguna a los accidentes en sí. Estos accidentes, sean leves (en su mayoría) o graves, deberían de publicarse en el área, para que el personal conociese la evolución y actuase en consecuencia, de la generación de dichos accidentes.

MEJORA PROPUESTA

Se ha propuesto la creación de un modelo de organización, dentro del Área de Materiales Compuestos, basada en el concepto de “Fábrica Visual”. Este refleja la transmisión del desarrollo progresivo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación hacia prácticas deseadas.

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 del sistema.

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

Objetivos de la Gestión Visual

Los principales objetivos que se consiguen con la Gestión Visual son:

- La comunicación visual, al contrario que un traspaso de información individualizado, es común a un grupo de personas, y por lo tanto:

- Conlleva una autogestión implícita que puede variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades.
- Fomenta el trabajo en equipo (VER / SABER / ACTUAR).
- Servir de indicadores de producción mediante los llamados KPI's que se verán más adelante.
- Impulsar la estandarización, da un “lenguaje” y unas herramientas comunes “a la vista” (paneles, señalización horizontal y vertical, etc.), lo que facilita también la formación e integración y el respeto de dichos estándares.

Para llevar a cabo la gestión visual del área, se ha determinado unos indicadores KPI, en conjunto con producción, ingeniería y calidad, que serán colocados en unos paneles a la vista del personal del área. De este modo podrán estar informados de los que ocurre en su lugar de trabajo.

KPI

El término de KPI o “Key Performance Indicator” (Indicador clave del desempeño) designa la medición de un factor crítico en el desarrollo de una actividad. Se definen y utilizan a todos los niveles de la organización y su actualización y consolidación da lugar a la consecución de cuadros de mando.

Son instrumentos imprescindibles para el CONTROL de las actividades pero también para llevar a cabo la MEJORA CONTINUA de las mismas, con el análisis de tendencias y situación / objetivos.

Algunos principios relativos a los KPI's a tener en cuenta son:

- Deben existir KPI's tanto en el ámbito de la Producción como de las funciones soportes (logística, mantenimiento, ingeniería, etc.).
- Deben definirse y establecerse su método de cálculo de manera clara y estándar para todos los procesos o actividades similares.
- Su consecución (cálculo) y actualización deben ser fiable y ágil para permitir su actualización según la frecuencia definida y uso posterior.
- Deben ser visual (graficas) y disponer de valores de referencia (objetivo).

Los KPI's acordados se agrupan en las siguientes categorías:

- **PLAZOS**, como: días de atraso en entregas, fecha cierre de OF vs. fecha prevista, numero OP's retrasado.
- **COSTE**, como: horas-hombre/pieza, consumo de materia prima, consumo eléctrico.
- **CALIDAD**, como: numero defectos encontrado al final de la línea, rechazos, HNC/avión, horas reparaciones.
- **EQUIPO**.
- **SEGURIDAD**, como: nº accidentes, días transcurridos sin accidentes.

❖ PANEL POR EQUIPO

Se colocarán un panel por fase de trabajo para conocer el estado de cada KPI en cada turno y en cada equipo de trabajo, para de este modo llegar a actuar para mejorarlo.

Para el Programa A380 TRENT900, existen ocho fases de trabajo. Se entiende por fase cada uno de los procesos productivos llevados a cabo para la realización de un elemento. Estas fases son las siguientes:

1. Laminado de Pieles
2. Embolsado de Pieles
3. Fabricación de Conjuntos
4. Fabricación de Omegas Longitudinales
5. Autoclave
6. Desmoldeo/Taladrado
7. Repaso
8. Verificación

Los paneles de KPI a colocar presentan la siguiente forma:

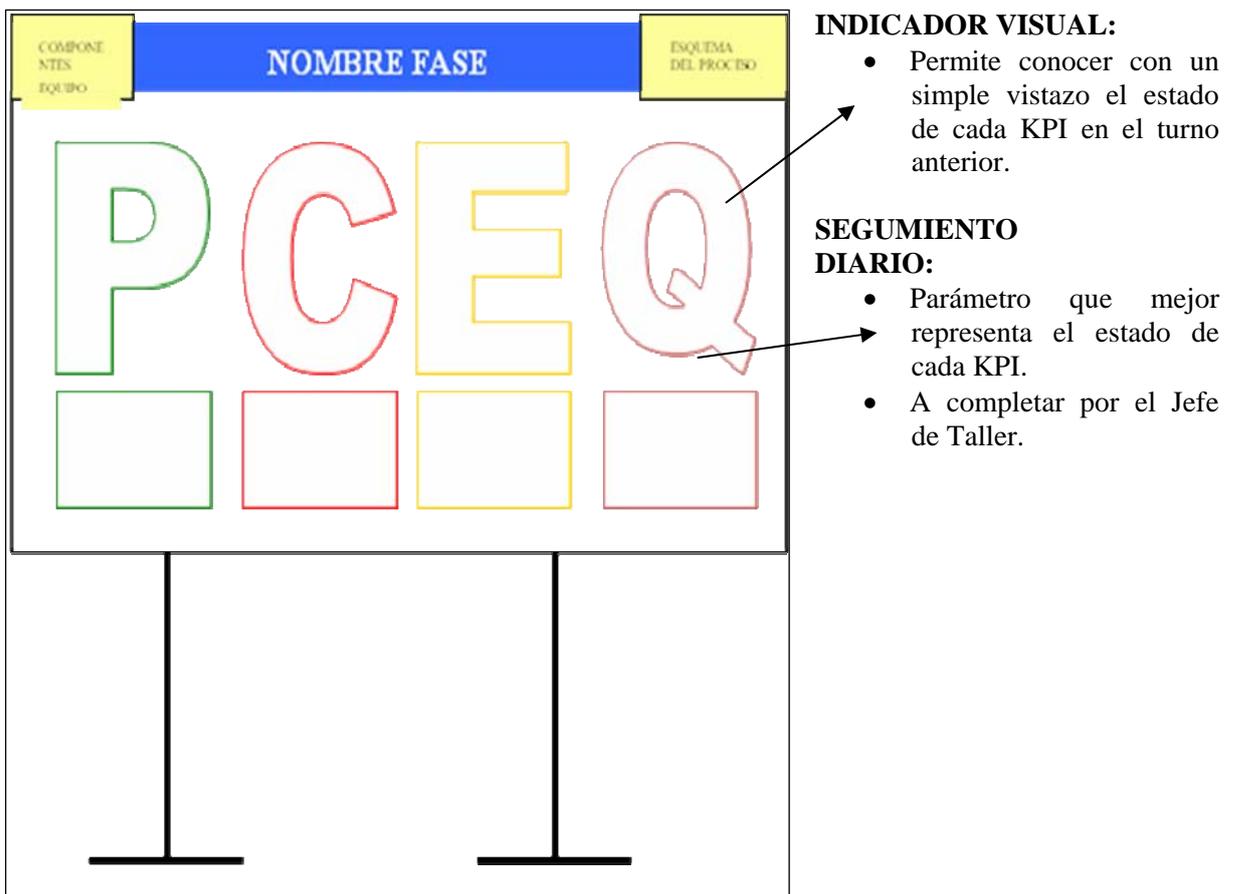


IMAGEN 217. Panel de KPI's por Fase de Fabricación

Cada factor del KPI (plazo, coste, equipo y calidad) está dividido en tres grupos de trabajo o turnos y en 31 días, que se corresponden con cada mes:

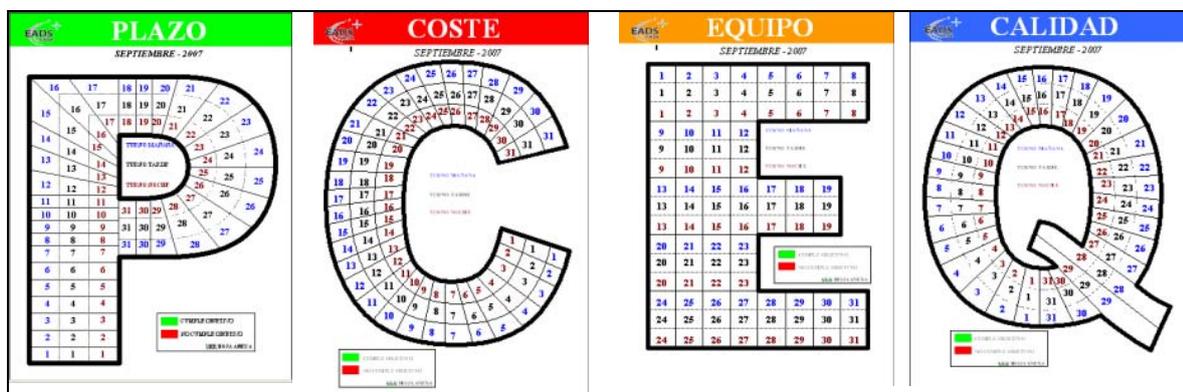


IMAGEN 218. Detalle de KPI's por Panel

En la siguiente imagen se observa la manera de rellenar la Letra de seguimiento visual del KPI, marcando con Verde si todo ocurre normalmente y con Rojo, si existe alguna incidencia:

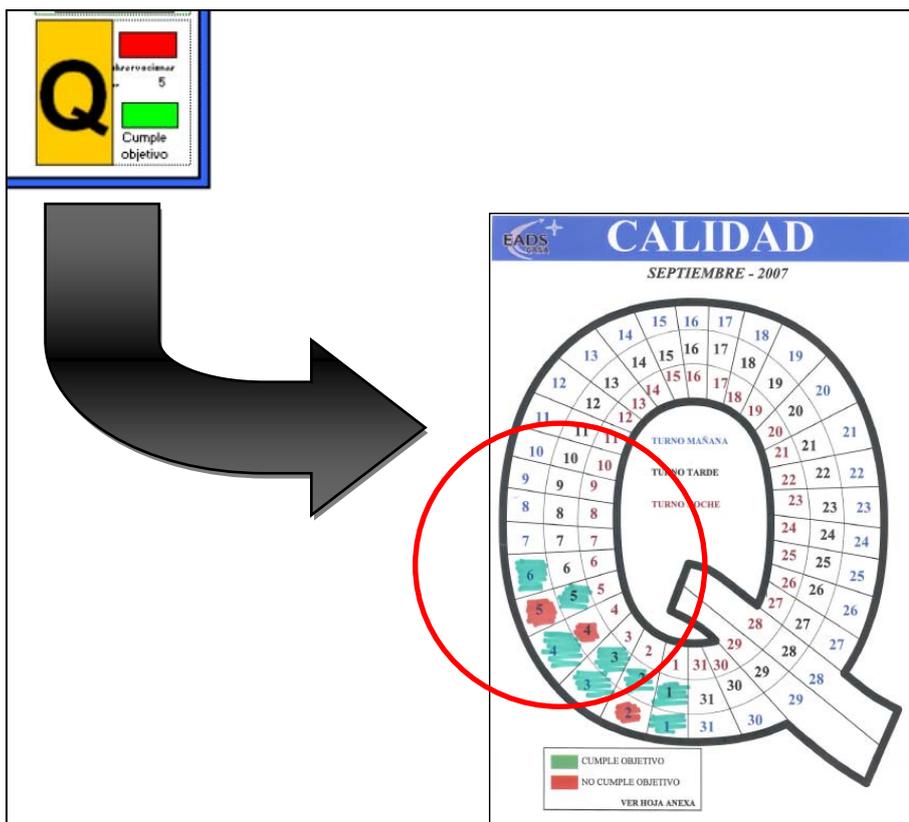


IMAGEN 219. KPI Calidad

Cada KPI posee una hoja adicional para anotar las incidencias:

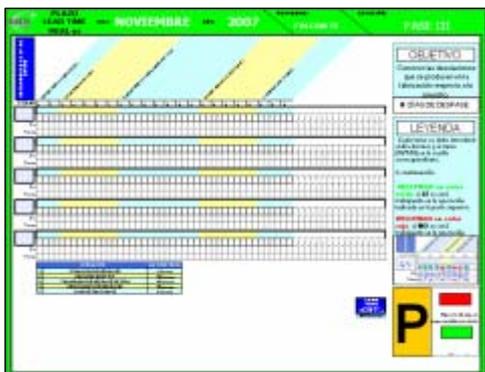


IMAGEN 220. Seguimiento Plan de Producción

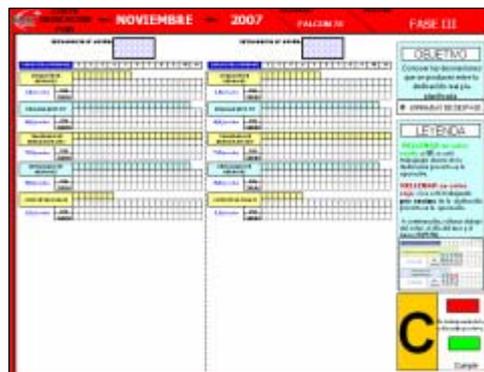


IMAGEN 221. Dedicación pro Operación



IMAGEN 222. Calendario

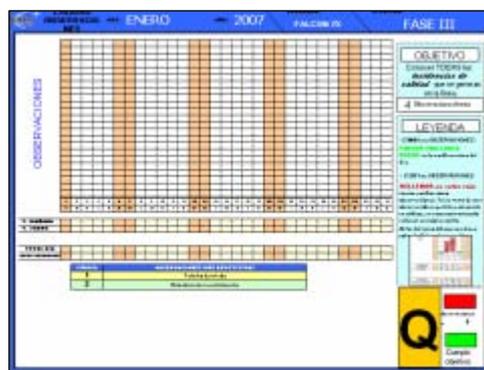
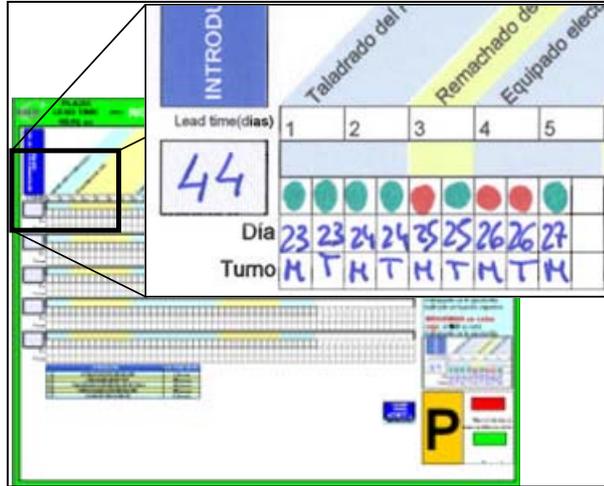


IMAGEN 223. Observaciones

IMÁGENES 220, 221, 222 y 223. Hojas de Detalle para cada KPI

A continuación se explica cada objetivo y la manera de cumplimentar las hojas de cada KPI:

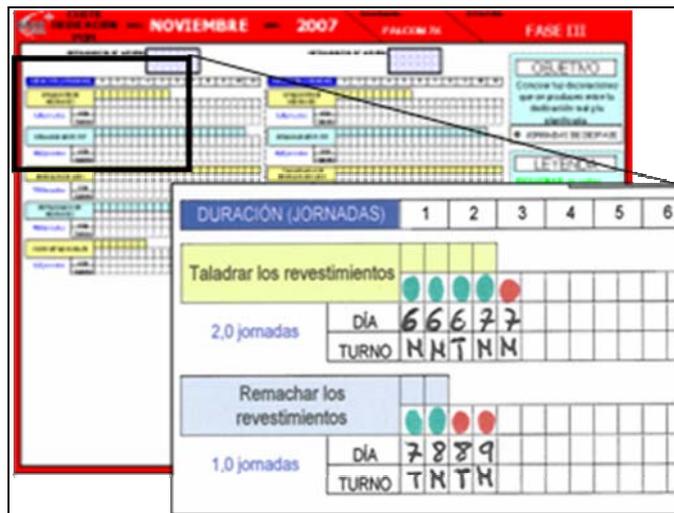
- **PLAZO.** El objetivo es conocer las desviaciones que se producen en la fabricación respecto a lo previsto. El objetivo es conocer los DÍAS DE ATRASO.



Se deberá rellenar de la forma siguiente:

- Será completado por el Mando de Taller.
- Rellenar en color verde si SÍ se está trabajando en la operación prevista y en rojo si NO se está trabajando en la operación prevista.

- **COSTE.** Este apartado se utiliza para conocer las desviaciones que se producen entre la dedicación real y la planificada. El objetivo del KPI es JORNADAS DE DEDICACIÓN DE DESFASE.



Se deberá rellenar de la forma siguiente:

- Será completado por el Mando de Taller.
 - Rellenar en color verde si SÍ se está trabajando dentro de la dedicación prevista en la operación y en color rojo si se excede la dedicación.
- **EQUIPO.** El objetivo es conocer los recursos disponibles en cada momento, para planificar adecuadamente la carga de trabajo. El objetivo es tener datos de % DE ASISTENCIA.

Empleado	1	2	3	4	5
12106 Contreras Lara, Rafael	M	M	M	M	M
13223 Rodriguez Garcia, Carlos	T	T	T	T	T
14340 Sanchez Sanchez, Antonio	T	T	T	T	T
15457 Perez Marjuan, Luis	M	M	M	M	M
16574 Ruiz Jimenez, Eloisa	T	T	T	T	T
TOTAL TURNO MAÑANA	2	2	2	2	2
TOTAL TURNO TARDE	2	2	2	2	2

Se deberá rellenar de la forma siguiente:

- Será completado por el Mando de Taller.
 - Se indicará si hay un cambio de turno, una ausencia, horas recuperables o bolsa negativa.
- **CALIDAD.** El objetivo es conocer todas las incidencias de calidad que se generan en la línea. El objetivo es tener una serie de OBSERVACIONES POR TURNO.

	1	2	3	4	5	6	7
T. MAÑANA	0	1	3	0			
T. TARDE	0	2	1	0			
TOTAL DÍA	0	3	4	0			
TOTAL ACUMULADO	0	3	7	7			

Se deberá rellenar de la forma siguiente:

- Será completado por el verificador y/o operador.
- En el caso de que se produjera alguna observación, se rellenará en color rojo las casillas, si se trata de una observación repetitiva, se le asignará su código según la leyenda.

❖ PANEL POR LÍNEA

El objetivo de este panel es conocer el estado mensual de cada KPI de la línea, para de este modo determinar los principales problemas de la línea y actuar en consecuencia.

Se colocará en principio un solo panel correspondiente al Programa A380 TRENT900, al tratarse de una propuesta piloto. Tras una evaluación posterior de varios meses, para ver su funcionamiento, se llevará a su implantación en los demás programas:

- A380 GP
- A340
- A400M
- A330MRTT

El panel presentará el siguiente diseño:

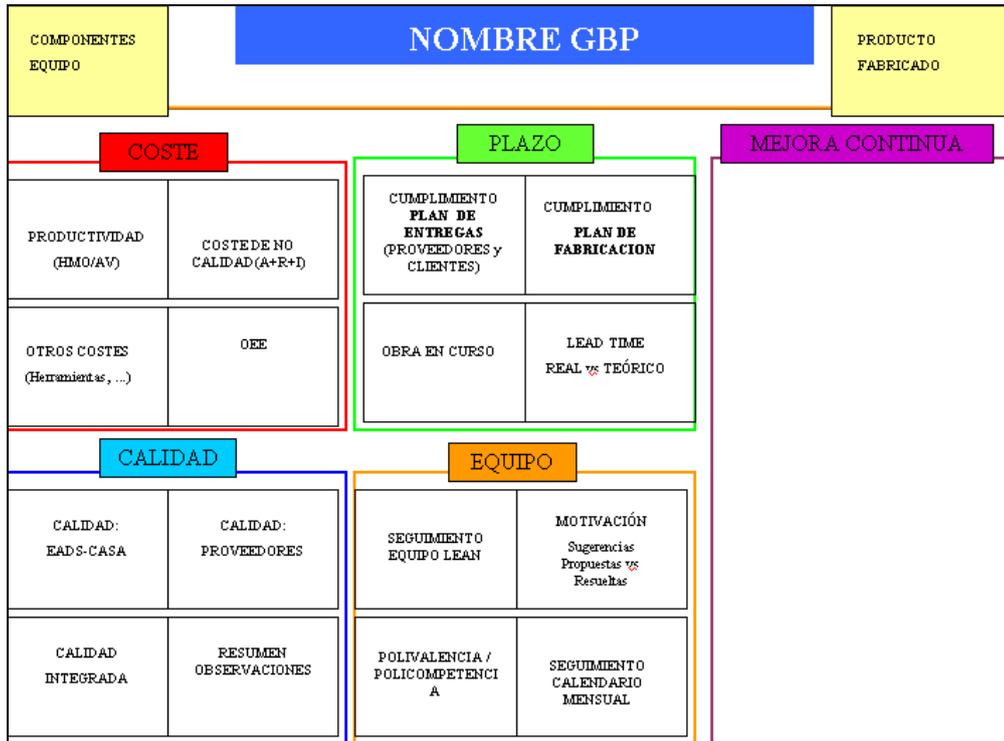


IMAGEN 225. Diseño Inicial de Panel de KPI's por Área y Programa

A continuación se muestra un ejemplo de los formatos para los KPI's considerados, correspondientes a:

1. Plazo
2. Coste
3. Equipo
4. Calidad

1. KPI's PLAZO



**PLAN DE ENTREGAS
(A cliente y de Proveedores)**

Representa el estado del plan de entregas mensual propio y el de los proveedores, así como el retraso o adelanto acumulado.

PLAN DE FABRICACIÓN

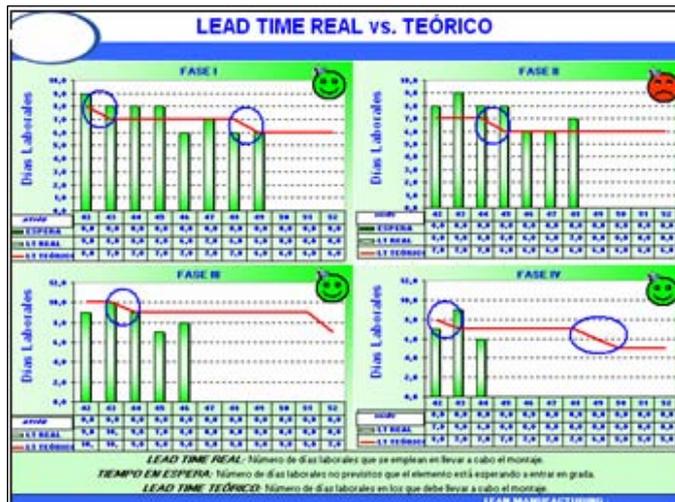
Representa el plan de fabricación de línea respecto al estado real de fabricación.



la

LEAD TIME Teórico Vs Real

Representa el lead time teórico de la línea respecto al lead time real. Asimismo, se escribirán los cambios principales que han afectado a la reducción del Lead Time Teórico.



2. KPI's COSTE



PRODUCTIVIDAD

Número de horas de mano de obra dedicadas en cada avión.

COSTES DE NO CALIDAD

Coste de Mano de Obra invertida en Accidentes y Reparaciones. Incluye de Accidentales que son Trabajos Pendientes



%

3. KPI's EQUIPO

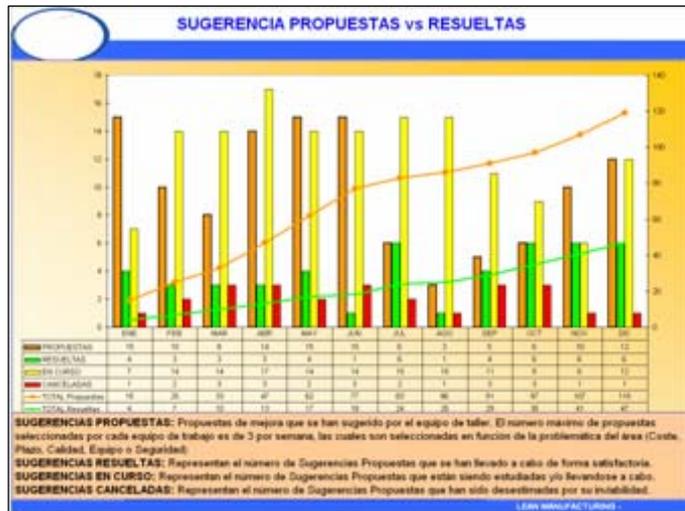


PARTICIPACIÓN EN ACCIONES LEAN

Semáforo que indica lo involucradas que están cada una de las personas con acciones Lean (Asistencia a reuniones, completar paneles, ...).

MOTIVACIÓN Sugerencias Propuestas vs Resueltas

Representa el número de sugerencias propuestas respecto a las sugerencias llevadas a cabo y las desestimadas.



GCI: FASE IV

ITEM	TIPOS: A. PRODUCCIÓN B. ASEGURAMIENTO F. FORMACIÓN	Nº Empleados	Conocimiento de montaje e integración de plantillas en gata y soporte	Procesamiento de elementos en grado	Talado y acabado	Aplicación de sistema de inspección	Aplicación de sistemas de ensayo	Montaje	Completación de la Memoria de Control	Completación de las PP's	Realización de pruebas de ensayo	Emisión de RTP para el montaje
1	FERRERÍA	2520	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	MONTAJE DE MOTORES	2244	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	MONTAJE DE CARBONO	2055	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	MONTAJE DE MOTOR	2025	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	MONTAJE DE MOTOR	2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	MONTAJE DE MOTOR	1800	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	MONTAJE DE MOTOR	1600	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	MONTAJE DE MOTOR	1500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	MONTAJE DE MOTOR	1400	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	MONTAJE DE MOTOR	1300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	MONTAJE DE MOTOR	1200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	MONTAJE DE MOTOR	1100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	MONTAJE DE MOTOR	1000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	MONTAJE DE MOTOR	900	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	MONTAJE DE MOTOR	800	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	MONTAJE DE MOTOR	700	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	MONTAJE DE MOTOR	600	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	MONTAJE DE MOTOR	500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	MONTAJE DE MOTOR	400	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	MONTAJE DE MOTOR	300	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	MONTAJE DE MOTOR	200	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	MONTAJE DE MOTOR	100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	MONTAJE DE MOTOR	50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	MONTAJE DE MOTOR	25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	MONTAJE DE MOTOR	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26	MONTAJE DE MOTOR	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	MONTAJE DE MOTOR	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	MONTAJE DE MOTOR	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
39	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
46	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	MONTAJE DE MOTOR	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

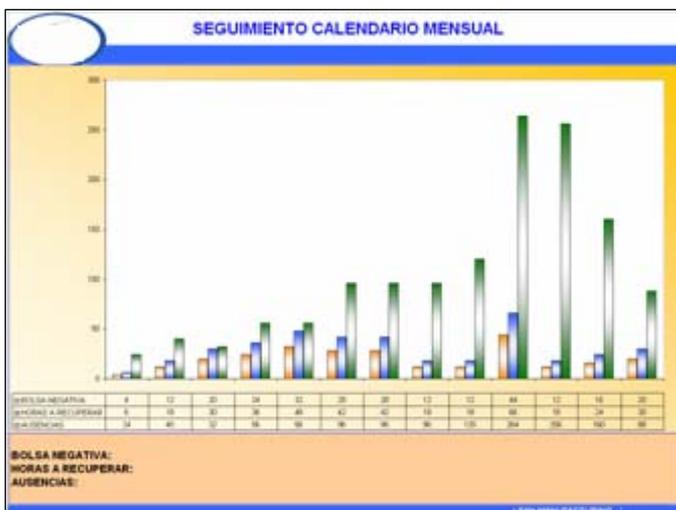
OPERARIOS SOBRES RECORRIDO

POLIVALENCIA / POLICOMPETENCIA

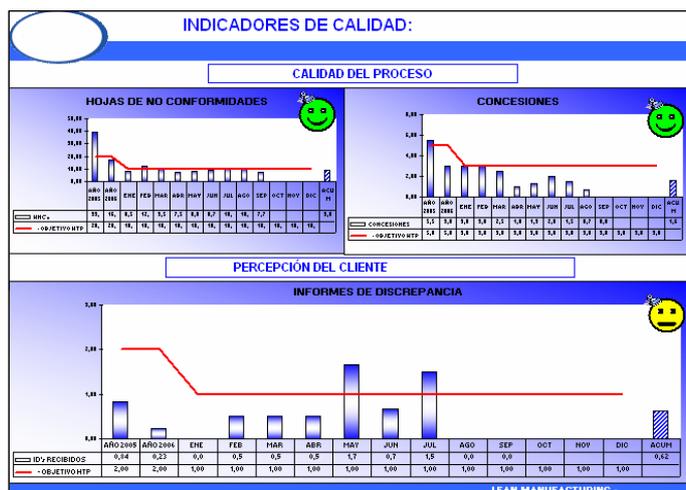
Representa la capacidad que tiene cada operario (Montaje, Aseguramiento o Formación) en cada actividad del proceso.

SEGUIMIENTO CALENDARIO

Representa el número de ausencias y bolsas negativas ocurridas en la línea.



4. KPI's CALIDAD

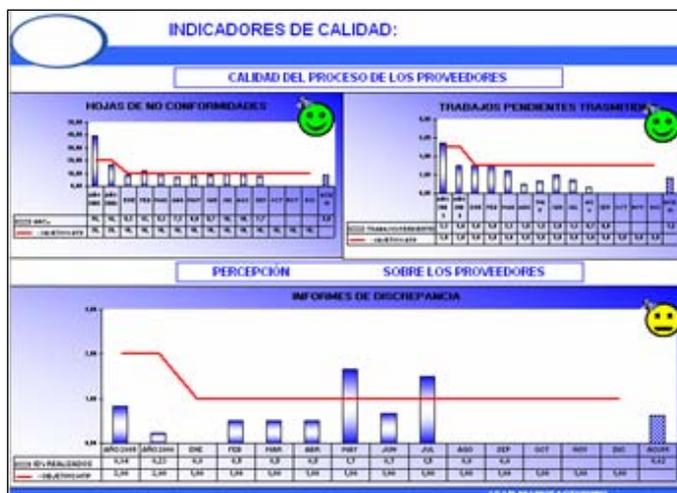


CALIDAD EN LA FACTORÍA Proceso (HNC y C) y respecto al cliente (ID)

Indica la calidad del proceso propio de fabricación mediante HNC's y Concesiones de línea, y como las percibe el cliente.

CALIDAD DE LOS PROVEEDORES Proceso (HNC y C) y respecto al cliente (ID)

Indica la calidad del proceso de fabricación de los proveedores mediante las HNC's y Trabajos Pendientes.



❖ PANEL IMPLANTACION LEAN MANUFACTURING

Se ha diseñado un Panel para el seguimiento de las acciones Lean que se lanzarán a partir del Despliegue Estratégico de un conjunto de actividades que se denominará Matriz de Seguimiento, la cual se verá más adelante.

Con este panel, todo el personal del área podrá conocer de forma actualizada las medidas de mejora que se está llevando a cabo, así como su evolución en el tiempo. Además podrán contrastar la situación inicial con la final, una vez se haya cerrado con éxito la actividad.

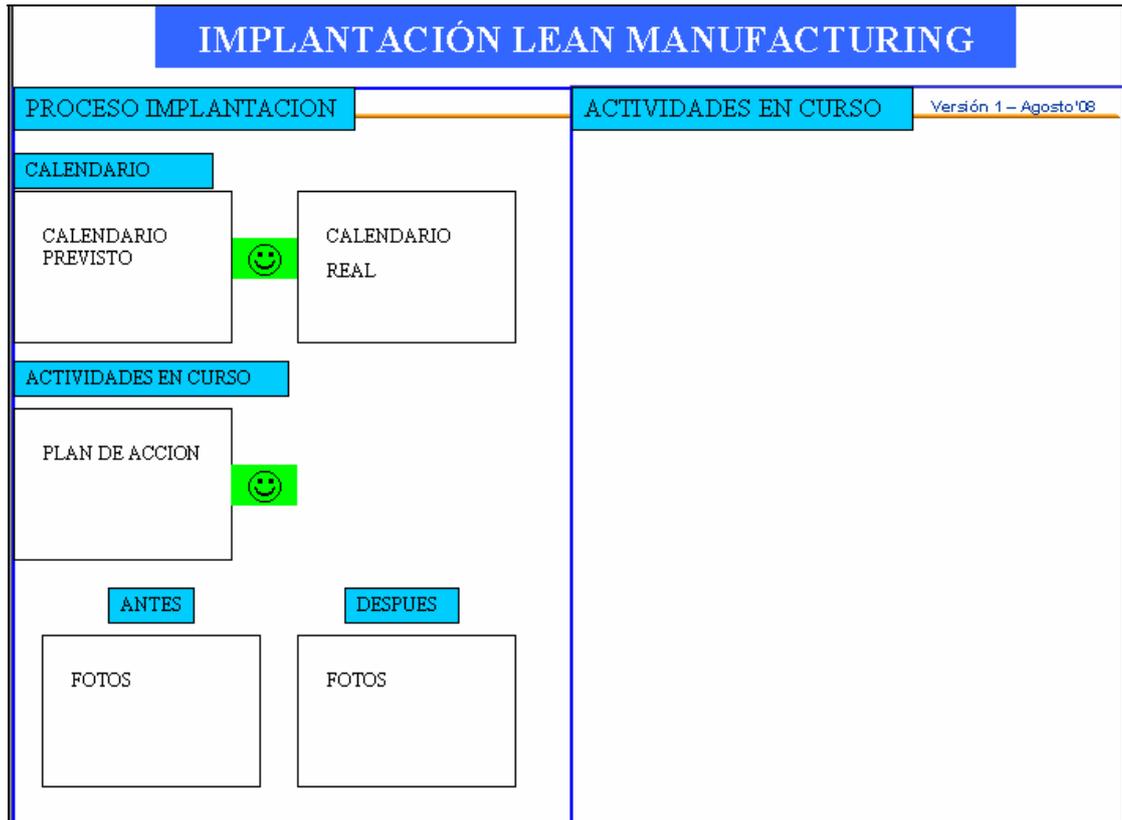


IMAGEN 229. Panel de Implantación de Lean Manufacturing

❖ PANEL IMPLANTACIÓN 5's

Para llevar a cabo la Mejora anterior de IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5'S se hace necesario el diseño y la publicación para el personal de un panel, donde pueda seguirse la evolución de cada una de las etapas. En ella debe mostrarse el calendario propuesto para la implantación total de la metodología, así como un desglose de cada etapa con fotos de ejemplo del estado inicial de una determinada fase de fabricación frente al estado final conseguido y que ha dado la oportunidad de ir avanzando en su implantación.

Deberá mostrar también un gráfico donde se vea el seguimiento que está teniendo la implantación de cada etapa por fase de producción, así como un plano del área donde se indique que se está realizando en cada zona, mediante un código de colores.

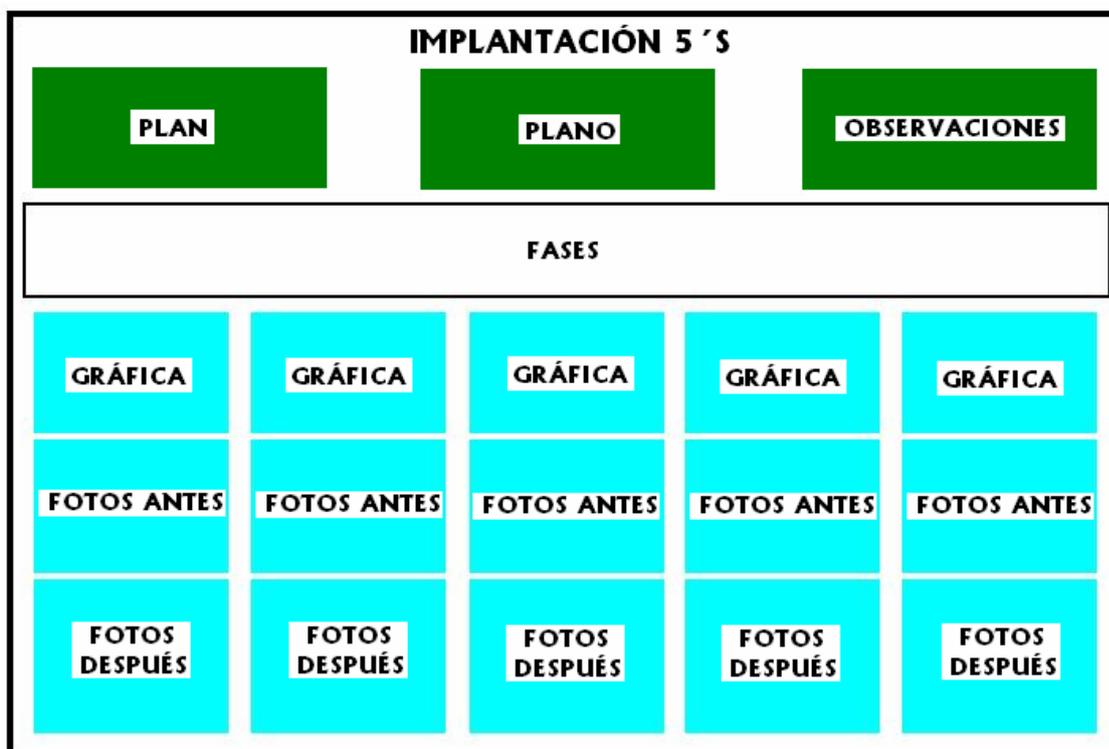


IMAGEN 230. Diseño de Panel de Implantación de Metodología 5's

SITUACIÓN FINAL

Actualmente esta mejora se encuentra en fase de fabricación de los paneles de Seguimiento de KPI's, Seguridad, Lean Manufacturing y en recopilación de la información para la confección de los indicadores de forma actualizada.

El Panel perteneciente a la Implantación de 5's es el único que ha sido puesto en marcha, debido a su necesidad para la implantación de los distintos pasos de la mejora. En la fotografía siguiente podemos ver el panel definitivo del Área de Materiales Compuestos:



IMAGEN 231. Panel de Seguimiento de la Implantación 5's

8.3. Mantenimiento

8.3.1. Implantación de un Sistema de Monitorización de Máquinas (OEE)

SITUACIÓN INICIAL

En un principio dentro del Área de Materiales Compuestos no existía ningún tipo de monitorización de los tiempos de parada de máquinas. Debido a ello no se tenían datos de disponibilidad de las mismas.

De esta manera no se tenía un registro de las paradas para conocer las más repetitivas y así poder actuar en consecuencia con toda seguridad para solventar dichas paradas.

MEJORA PROPUESTA

Una máquina ideal trabaja de forma continua (100% del tiempo), a plena capacidad (100% de la velocidad máxima) y fabrica productos de perfecta calidad (100%). En la realidad, sin embargo, esto no suele ser factible. El objetivo fue la utilización de un parámetro para calcular cuánto se desvía de esa idealidad. Para ello se recurrió a La Eficiencia Global del Equipo (en inglés Overall Equipment Effectiveness - OEE) que mide las pérdidas que ocurren en las máquinas para permitir tras su análisis posterior incrementar la productividad y la efectividad de las mismas.

“OEE (Eficiencia Global de las Instalaciones). Ratio entre la producción realizada en un período de tiempo y la producción máxima realizable en el mismo período de tiempo con la máquina funcionando a velocidad teórica máxima durante todos los minutos del periodo”.

La Eficiencia Global de las Instalaciones es el indicador clave de los proyectos de implantación de TPM, Mantenimiento Productivo Total, conocido desde hace años.

La métrica OEE proporciona los mejores índices de Benchmarking, que es una filosofía japonesa en la que se analiza a la competencia para aprender de ellos y mejorar. El OEE es el mejor KPI disponible.

Para poder calcular las pérdidas existentes en una máquina, se debe recoger alguna información previamente. Los principales elementos que intervienen en el cálculo del OEE son:

- El porcentaje de disponibilidad de la máquina; ¿está funcionando la máquina?
- El porcentaje del rendimiento de la máquina; ¿está la máquina funcionando a su velocidad máxima?
- El porcentaje de calidad de la máquina; ¿está inspeccionando la máquina productos buenos?

Con estos tres factores el cálculo del OEE muestra claramente la situación de la efectividad total de la máquina.

Como resultado, se obtiene el cálculo del OEE que permitirá focalizar cuando se intenta mejorar la efectividad del equipo, ya que permite conocer donde se están produciendo las pérdidas.

Para mejorar el OEE y conseguir llegar o acercarse lo máximo posible a la excelencia, es necesario buscar las principales fuentes de pérdida de producción. Estas se suelen agrupar en seis grandes Tipos y se presentan en el siguiente cuadro:

LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS EN LOS EQUIPOS

Tipos de Pérdidas	Las Seis Grandes Pérdidas
Pérdida de Tiempo (disminución de la disponibilidad)	1. Averías 2. Esperas
Pérdida de Velocidad (disminución del rendimiento)	3. Microparadas 4. Velocidad reducida
Pérdida de Calidad (disminución de la calidad)	5. Scrap (deshecho) 6. Retrabajo

A continuación se desarrolla en detalle el significado de cada uno de estos desperdicios:

- **PÉRDIDA DE TIEMPO:** La pérdida de tiempo se define como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo pero no lo ha estado, ningún producto sale de la máquina. Básicamente, se refiere a dos tipos de pérdidas:
 - Averías.
 - Esperas.

Pérdida	Descripción
Averías	Un repentino e inesperado fallo genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta disfunción puede ser técnica u organizativa (p.ej. error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo). El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.
Esperas	El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, p.ej. debido a un cambio, por mantenimiento, o por un paro para

	ir a comer. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tiene que apagarse durante algún tiempo cambiar herramientas, útiles u otras partes. Para el OEE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.
Restricción de línea	Las esperas debidas a los problemas de aprovisionamiento y transporte en una línea de producción o en una serie de procesos productivos consecutivos se clasifica como un tiempo de espera específico: la restricción de línea. Debido a que este tipo de paro se genera en otra parte del proceso productivo pero no en la propia máquina, puede ser discriminado del cálculo del OEE de la máquina.

- **PÉRDIDA DE VELOCIDAD:** Una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima. Existen dos tipos de pérdidas de velocidad:
 - Microparadas.
 - Velocidad Reducida.

Pérdida	Descripción
Microparadas	Cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, estas microparadas y las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas por pequeños problemas tales como bloqueos producidos por sensores de presencia o agarrotamientos en las cintas transportadoras. Estos pequeños problemas pueden disminuir de forma drástica la efectividad de la máquina. En teoría las microparadas son un tipo de pérdida de tiempo. Sin embargo, al ser tan pequeñas (normalmente menores de 5 minutos) no se registran como una pérdida de tiempo.
Velocidad reducida	La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que la gente cree que es la velocidad máxima y la velocidad máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. Las pérdidas debidas a velocidades reducidas son por tanto en la mayoría de los casos ignoradas o infravaloradas.

- **PÉRDIDA DE CALIDAD:** La pérdida de calidad ocurre cuando la máquina fabrica productos que no son buenos a la primera. Se pueden diferenciar dos tipos de pérdidas de calidad:
 - Scrap o Mermas.
 - Defectos de Calidad o Retrabajo.

Pérdida	Descripción
Scrap o Mermas	<p>Scrap (deshecho) son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad, incluso aquellos que no habiendo cumplido dichas especificaciones inicialmente pueden ser vendidos como productos de calidad menor. El objetivo es ‘cero defectos’: Fabricar siempre productos buenos a la primera. Un tipo específico de pérdida de calidad son las pérdidas en los arranques. Estas pérdidas ocurren cuando:</p> <p>Durante el arranque de la máquina, la producción no es estable inicialmente y los primeros productos no cumplen las especificaciones de calidad;</p> <p>Los productos del final de la producción de un lote se vuelven inestables y no cumplen las especificaciones;</p> <p>Aquellos productos que no se consideran como buenos para la orden de fabricación y, consecuentemente, se consideran una pérdida.</p> <p>Normalmente este tipo de pérdidas se consideran inevitables. Sin embargo, el volumen de estas puede ser sorprendentemente grande.</p>
Retrabajo	<p>Los productos retrabajados son también productos que no cumplen los requisitos de calidad a la primera, pero que pueden ser reprocesados y convertidos en productos buenos. A primera vista, los productos retrabajados no parecen ser muy malos, incluso para el operario pueden parecer buenos. Sin embargo, el producto no cumple las especificaciones de calidad a la primera y supone por tanto un tipo de pérdida de calidad (al igual que ocurría con el scrap).</p>

Para mejorar el OEE será necesario establecer indicadores de cada una de estos Seis Grandes desperdicios, que disminuyen la efectividad de la máquina o equipo.

Dichos indicadores que componen el OEE son:

- **Disponibilidad**
- **Rendimiento**
- **Calidad**

El producto de estos tres factores es lo que constituye el OEE:

$$OEE = \text{Ratio de DISPONIBILIDAD} \times \text{Ratio de RENDIMIENTO} \times \text{Ratio de CALIDAD} (\%)$$

Si no hay pérdidas, el OEE sería del 100% (la máquina ideal).

Las siguientes tablas contienen las definiciones de los elementos que componen el OEE.

DISPONIBILIDAD

Refleja el tiempo durante el cual la máquina está fabricando productos, comparado con el tiempo que podría haber estado fabricando productos.

Un *ratio de disponibilidad* menos de un 100% indica que existen **pérdidas de tiempo**: averías, esperas.

$$\text{Ratio de Disponibilidad \%} = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Tiempo programado de Producción}} = \frac{\text{Tiempo Programado de Producción} - (\text{averías} + \text{esperas} + \text{restricción de línea})}{\text{Tiempo Programado de Producción}}$$

RENDIMIENTO

Refleja qué ha producido la máquina, comparado con lo que teóricamente podría haber producido (es decir, la producción que se debería obtener si la máquina funcionase a la velocidad máxima teórica durante el tiempo de funcionamiento actual.)

Un *ratio de rendimiento* menor de 100% indica que existen **pérdidas de velocidad**: microparadas y velocidad reducida.

$$\text{Ratio de Rendimiento \%} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidades que teóricamente se debían haber producido}}$$

CALIDAD

Refleja los productos buenos que se han obtenido, comparado con el total de productos que se han fabricado.

Un *ratio de calidad* menor de un 100% indica que tenemos **pérdidas de calidad**: scrap (deshecho) y retrabajos.

$$\text{Ratio de Calidad \%} = \frac{\text{Unidades Buenas}}{\text{Unidades Producidas}} = \frac{\text{Unidades Producidas} - (\text{scrap} + \text{retrabajos})}{\text{Unidades Producidas}}$$

❖ **OBJETIVO**

El objetivo final del cálculo del OEE es mostrar cómo los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad se relacionan entre sí y reducen la efectividad de las máquinas.

A continuación se indica un esquema de los parámetros de OEE:

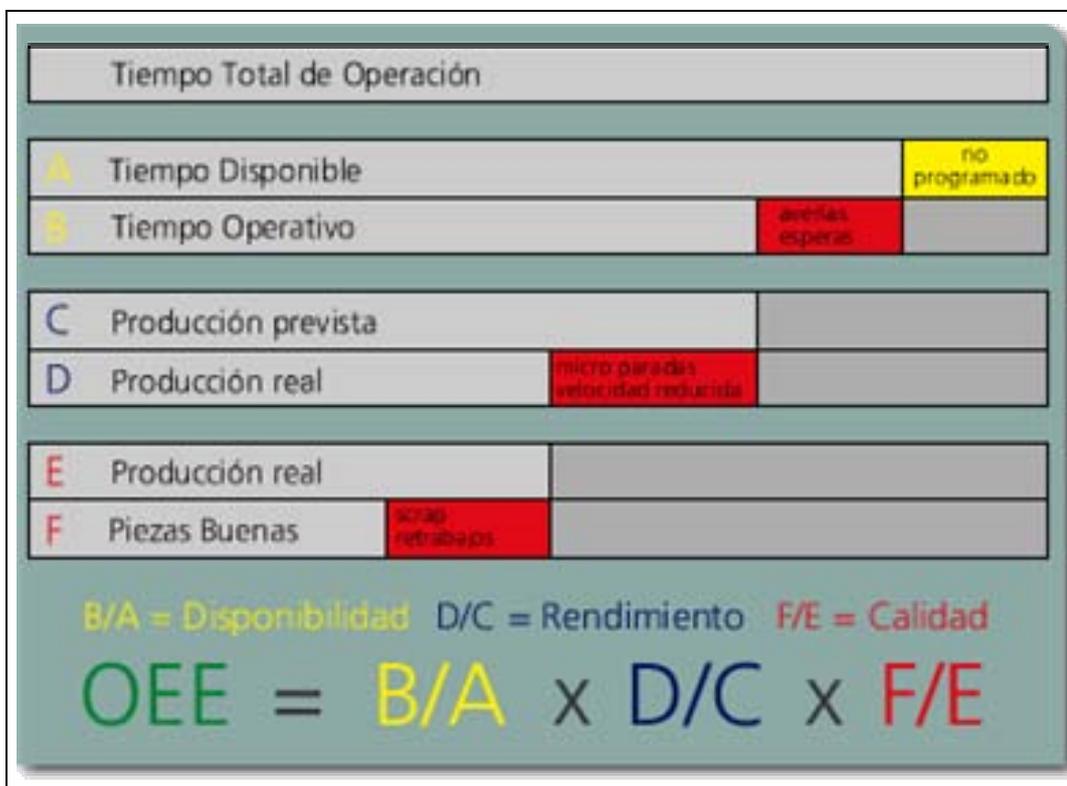


IMAGEN 232. Esquema de OEE

La fórmula mostrada en el esquema anterior muestra los siguientes parámetros:

Término

Tiempo Total de Operación

Qué indica

Tiempo total que la máquina está disponible para fabricar productos. Normalmente son 480 minutos por turno.

A Tiempo Disponible

Tiempo total que la máquina está disponible (Tiempo Total de Operación) menos el tiempo que se haya decidido no destinarlo a producir (p.ej. debido a vacaciones, no tenemos carga de trabajo, no tenemos personal disponible).

B Tiempo Operativo

Tiempo durante el cual la máquina está fabricando productos, es decir, el Tiempo Disponible menos las pérdidas de tiempo: averías, esperas, cambios, restricciones de línea.

C Producción prevista

Las unidades que deberíamos producir durante el Tiempo Disponible si fuésemos a la velocidad máxima teórica de la máquina.

D Producción real

Número de unidades producidas. La diferencia entre la Producción prevista y la producción real muestra las pérdidas de velocidad tales como las microparadas y la velocidad reducida.

E Producción real	Es lo mismo que D.
F Piezas buenas	Son todos los productos que cumplen ‘dentro de las especificaciones’, es decir, la producción real menos las pérdidas de calidad tales como el scrap (deshecho) y los retrabajos.

El área gris oscura en la parte superior muestra la pérdida total de efectividad de la máquina. Es el resultado de las pérdidas de disponibilidad, de las pérdidas de rendimiento y de las pérdidas de calidad.

Los tres componentes del OEE claramente indican que diferentes acciones están abiertas para aumentar la productividad de la máquina. Siendo conscientes del esfuerzo que requiere para eliminar las diferentes pérdidas proporcionará una clara idea de por dónde empezar con el proceso de mejora. El objetivo final del cálculo del OEE es mostrar cómo las pérdidas en disponibilidad, rendimiento y calidad se relacionan entre sí y reducen la efectividad de las máquinas.

SITUACIÓN FINAL

❖ **PRIMER PASO: IDENTIFICACIÓN**

Lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de implantar el sistema de monitorización OEE, es identificar las máquinas donde se quiere medir la disponibilidad. Para ello se realizó una reunión entre el responsable del Área de Materiales Compuestos y los responsables de máquinas, donde se analizó los niveles que se consideran críticos de cada una de las máquinas disponibles.

- **Ultrasonidos Automático.** Por esta máquina pasa la totalidad de las piezas producidas en Materiales Compuestos, para su inspección mediante una serie de técnicas.
- **Fiber Placement N°1 y N°2.** Estas máquinas fabrican diversos elementos de Materiales Compuestos, y en especial las Pieles de los revestimientos de los motores A380 TRENT900.

❖ **SEGUNDO PASO: TIPIFICACIÓN DE AVERÍAS**

En esta primera fase concretamos que paradas/averías son las que se producen en las máquinas de Encintado Automático y Ultrasonido. Se hizo de la siguiente manera:

- Se realizó una observación directa del funcionamiento durante un período de un mes.
- Se realizó un estudio histórico de las acciones de mantenimiento correctivo, que posee el departamento de mantenimiento.

ULTRASONIDOS AUTOMÁTICO

Se ha realizado una clasificación de averías en 14 categorías, y además incluye una categoría como microparo (observado reiteradamente en su funcionamiento):

- 1) **FALTA DE APRISIONAMIENTO DEL BRAZO EN PULSO ECO**; ocasionado porque el palpador del brazo no llega a tocar la pieza para realizar la inspección, lo que provoca una pérdida acusada de señal.
- 2) **ALINEACIÓN DE BOQUILLAS EN TRANSMISIÓN**; debida a la existencia de residuos de cal en las boquillas, ocasionando una pérdida considerable de señal.
- 3) **PÉRDIDA DE AGUA EN LOS LARGUERILLOS LONGITUDINALES**; motivada por la poca apriete de los tapones de silicona en los extremos de los larguerillos.
- 4) **INCIDENCIA DE BOMBA DE AGUA**; debido a que la bomba que impulsa agua para llenar las omegas proviene del mismo foso situado bajo la pieza que se está inspeccionando y que recoge el agua que va cayendo de la misma, formando un circuito cerrado, tiene obstrucciones por la escasez de limpieza que existe en dicho foso.
- 5) **PROBLEMAS CON CABLEADO**
- 6) **PROBLEMAS DE SOFTWARE**; problema derivado de la falta de memoria para cargar los programas de las inspecciones.
- 7) **PROBLEMAS DE HARDWARE**; provoca a su vez fallos de software, ya que no posee la suficiente memoria para cargar los programas de inspección, ni suficiente memoria par almacenarlos.
- 8) **PRUEBAS**
- 9) **OTROS** (a indicar por el operario)
- 10) **FALTA DE CARGA**; debido a una mala planificación por parte de producción de la carga de trabajo, en el área de recantado y repaso, previo a la inspección ultrasónica, no hay elementos de revestimientos listos para ser inspeccionados.
- 11) **CAMBIO DE ÚTILES ENTRE PROGRAMAS**; tiempo invertido en el cambio de los palpadores utilizados para la inspección de los programas Eco y Transmisión.
- 12) **TIEMPO PREPARACIÓN PULSO ECO**; corresponde al tiempo invertido en el cambio del brazo de inspección.
- 13) **TIEMPO PREPARACIÓN TRANSMISIÓN**; corresponde al tiempo invertido en el cambio del brazo de inspección.
- 14) **MANTENIMIENTO PREVENTIVO** (*Surgido de la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO*)
- 15) **PARO: FALLO CARGA DE PROGRAMA**; debido a la falta de memoria del ordenador para ejecutar la carga del programa de inspección, salta una alarma en el sistema y la inspección vuelve a la etapa inicial de identificar los parámetros para inicializar.

FIBER PLACEMENT N°1 y N°2

Las paradas de la máquina de Fiber Placement se clasifican en 24 categorías, que son las siguientes:

- 1) **ATASCO**; se refiere a la parada por el atasco habitual que tiene la máquina.
- 2) **LIMPIEZA PLANIFICADA**; esta es una parada que aparecerá en el futuro, como consecuencia de la **MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**.
- 3) **LIMPIEZA NO PLANIFICADA**; todas las paradas debidas a limpieza que no formen parte de las planificadas.
- 4) **ENREDOS**; se refiere al enredo que se genera entre la salida de la bobina y el cabezal (p.ej cuando llevamos la mecha sin tensión).
- 5) **FALLOS CORTE**; se refiere al fallo que se origina por un mal corte.
- 6) **ATASCO PLÁSTICO SEPARADOR**; se refiere al fallo con el plástico separador. Indicar si se conoce la causa (cinta azul en solape...).
- 7) **MATERIAL DEFECTUOSO**; (Indicar problema). Hay que indicar el problema concreto por el que se considera defectuoso al material (mal empalme, ancho de mecha doble, pegotes de resina en mecha...).
- 8) **CAMBIO CUCHILLAS/CILINDRO PLANIFICADO**; paradas planificadas para el cambio de cuchillas y/o de cilindro. Esta es una parada que aparecerá en el futuro, como consecuencia de la **MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**.
- 9) **CAMBIO CUCHILLAS/CILINDRO NO PLANIFICADO**; paradas debidas a cambios de cuchillas y/o cilindro.
- 10) **MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**; (Indicar Avería y Nota Máximo). Cuando se avise a mantenimiento por alguna avería hay que indicar cuál es esa avería y la nota de Máximo.
- 11) **CAMBIO REPOSICIÓN MATERIAL**; se refiere al tiempo de parada por cambio de material.
- 12) **MECHAS ENROLLADAS**; se refiere cuando el material se enrolla en el compactador, este fallo ocurre cuando el operador no está presente.
- 13) **INSPECCIÓN / RETRABAJO CAPAS**; se refiere al tiempo de parada para inspeccionar una capa y cuando es necesario reponer/retrabajar mechas en las capas.
- 14) **FALLO DE PROGRAMA** (Indicar problema por parte del operario)
- 15) **CAMBIO DE ÚTIL**; se incluye en el observer de la pieza recién terminada.

16) FALTA OPERADOR; el operario no ha venido a trabajar.

17) NO PRESENCIA OPERADOR; tenemos que anotar el tiempo que es achacable a no haber estado presente el operador (cambio de turno, descanso, otras tareas...)

Por ejemplo, si se produce un atasco y tardamos en detectarlo una hora, en este concepto pondríamos una hora, ya que el atasco lo habríamos tenido de todas maneras, y el tiempo del tasco lo pondríamos en el concepto "Atasco".

18) FALTA DOCUMENTACIÓN; tiempo de parada por no tener la documentación

19) OPERACIONES MANUALES; tiempo que no se lamina por estar en operaciones manuales.

20) FALTA DE ÚTIL, tiempo que no se lamina por no tener útil donde laminar o donde depositar la pieza laminada.

21) AUTOMANTENIMIENTO; esta es una parada que aparecerá en el futuro, como consecuencia de la **MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.**

22) VACIADO TOLVA; tiempo de parada por vaciado de tolva.

23) ESCAPE DE MECHAS; tiempo de parada por escape de mechas.

24) VARIOS (Indicar); es clave indicar que concepto es.

❖ **TERCER PASO: DISEÑO DEL FORMULARIO MANUAL PARA LA TOMA DE DATOS**

De todas las paradas anteriores se tomará los datos de hora de inicio y de finalización, tomando igualmente nota del tiempo total que dure la parada. Todo ello se realizará en un formato diseñado para tal fin.

Para poder llevar a cabo un estudio y tipificación de los tiempos de parada, en nuestro caso referidas a las máquinas:

- Fiber Placement (Lay-Up Automático).
- Ultrasonidos (Inspección de Calidad).

Se recurre en primer lugar a la creación de un modelo de Parte de Recogida de Datos, que será entregado a los operarios de máquina, para que plasmen en ellos las incidencias o averías y paradas que realice la máquina durante el tiempo que se encuentre en funcionamiento.

Este parte de paradas es específico de cada máquina, al contener las situaciones particulares de las mismas. Consta de los siguientes campos, a rellenar por los operarios de máquina o grupo de apoyo:

MATERIALES COMPUESTOS



	FAN-COWL A340	FAN-COWL A380	OTROS	TURNO
23:00				TARDE
22:45				
22:30				
22:15				
22:00				
21:45				
21:30				
21:15				
21:00				
20:45				
20:30				
20:15				
20:00				
19:45				
19:30				
19:15				
19:00				
18:45				
18:30				
18:15				
18:00				
17:45				
17:30				
17:15				
17:00				
16:45				
16:30				
16:15				
16:00				
15:45				
15:30				
15:15				
15:00				MAÑANA
14:45				
14:30				
14:15				
14:00				
13:45				
13:30				
13:15				
13:00				
12:45				
12:30				
12:15				
12:00				
11:45				
11:30				
11:15				
11:00				
10:45				
10:30				
10:15				
10:00				
9:45				
9:30				
9:15				
9:00				
8:45				
8:30				
8:15				
8:00				
7:45				
7:30				
7:15				
7:00				

Marcar según la nomenclatura adjunta, la carga, descarga y reinspección de elementos que se producen durante la duración de los turnos de mañana y tarde

Nomenclatura	FAN-COWL A340	FAN-COWL A380	OTROS
CARGA	X340	X380	X
DESCARGA	•340	•380	•
REINSPECCIÓN COMPLETA	R340	R380	R
REINSPECCIÓN P. ECO	RE340	RE380	RE
REINSPECCIÓN TRANSMISIÓN	RT340	RT380	RT

Si se deja el equipo realizando algún tipo de inspección en tercer turno, marcar la hora a la que ésta a finalizado

Nomenclatura	FAN-COWL A340	FAN-COWL A380	OTROS
FINAL INSPEC.	X	X	X

	FAN-COWL A340	FAN-COWL A380	OTROS	TURNO
7:00				NOCHE
6:45				
6:30				
6:15				
6:00				
5:45				
5:30				
5:15				
5:00				
4:45				
4:30				
4:15				
4:00				
3:45				
3:30				
3:15				
3:00				
2:45				
2:30				
2:15				
2:00				
1:45				
1:30				
1:15				
1:00				
0:45				
0:30				
0:15				
0:00				
23:45				
23:30				
23:15				

OBSERVACIONES

IMAGEN 234. Parte de Recogida de Datos para Ultrasonido Automático (Trasero)

❖ **CUARTO PASO: DISEÑO DEL FORMULARIO AUTOMÁTICO PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS**

OEE FIBER PLACEMENT 1										
MES	SEMANA 31	SEMANA 32	SEMANA 33	SEMANA 34	MES AGOSTO					
	15 Turnos	15 Turnos	15 Turnos	15 Turnos	60 Turnos	120.0 h.	120.0 h.	120.0 h.	120.0 h.	480.0 h.
1 TIEMPO TOTAL	135 min.	135 min.	135 min.	135 min.	540 min.					
1.1 Paros Programados	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	471.0 h.					
2 TIEMPO DE CARGA	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	471.0 h.					
3 TIEMPO PERDIDA DE DISPONIBILIDAD	0.0 h.									
4.1 DISPONIBILIDAD	100%	100%	100%	100%	100%					
5 TIEMPO OPERACIÓN NETO	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	471.0 h.					
5.1 RENDIMIENTO	100%	100%	100%	100%	100%					
6 TIEMPO OPERACIÓN EFECTIVO	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	117.8 h.	471.0 h.					
6.1 CALIDAD	100%	100%	100%	100%	100%					
OEE	100%	100%	100%	100%	100%					
(Disponibilidad x Rendimiento x Calidad)										
% Perdida Disponibilidad	0%	0%	0%	0%	0%					
% Perdida Rendimiento	0%	0%	0%	0%	0%					
% Perdida Calidad	0%	0%	0%	0%	0%					
AVERIAS / CAMBIOS										
Limpieza Planificada	0 min									
Cambio Cuchilla Cilindro Planificado	0 min									
Cambio Utíl	0 min									
Cambio / Reposición Material	0 min									
Vaciado de Tolva	0 min									
Mantenimiento Industrial	0 min									
Automantenimiento	0 min									
Falta de Programa	0 min									
Falta Utíl	0 min									
Falta Operador	0 min									
Falta Documentación	0 min									
TOTAL	0 min									
MICROPAROS										
Limpieza No Planificada	0 min									
Atasco Plástico Separador	0 min									
Fallo de Corte	0 min									
Mechas Enrolladas	0 min									
Enredos	0 min									
Atasco	0 min									
No Presencia Operador	0 min									
Escape de Mechas	0 min									
Operaciones Manuales	0 min									
TOTAL	0 min									
DEFECTOS										
Material Defectuoso	0 min									
Inspección / Retrabajo de Capas	0 min									
Varios	0 min									
Uncategorizado	0 min									
TOTAL	0 min									

IMAGEN 237. Formulario Automático para Tratamiento de Datos. FIBER PLACEMENT n°1 y n°2

MES Ultrasonidos				2008						
DÍA				0						
prueba				S26	S27	S28	S29	S30	S31	
Nº Motor 340 Inspeccionados	Ó	Ó	9 h.	3 Motor/les	0 Motor/les	2 Motor/les	0 Motor/les	0 Motor/les	0 Motor/les	
Nº Motor 380 Inspeccionados	Ó	Ó	15 h.	3 Motor/les	2 Motor/les	2 Motor/les	0 Motor/les	0 Motor/les	0 Motor/les	
C/O			1 h./motor	11 Cambios	4 Cambios	8 Cambios	0 Cambios	0 Cambios	0 Cambios	
Pasadas defectuosas /reproceso 340	Ó			2,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	
Pasadas defectuosas /reproceso 380	Ó			0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	
Producción Real Neta (PRN)				9,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	0,0 FanCowl	
Turnos				15 turnos	15 turnos	15 turnos	0 turnos	0 turnos	0 turnos	
1.Tiempo total (480min x nº turnos)				120,0 h.	120,0 h.	120,0 h.	0,0 h.	0,0 h.	0,0 h.	
Pausas Personal				135 min.	135 min.	135 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
15. Mantenimiento Preventivo				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
16. Paros programados por falta de demanda (de cliente)				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
17. Otros paros programados (asambleas, reuniones, etc)				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
2.TIEMPO DE CARGA (T.total-paros programados)				117,8 h	117,8 h	117,8 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	
Tiempo inspección "otros"				700,0 min	360,0 min		0,0 min	0,0 min	0,0 min	
PARADAS/AVERIAS										
1:Falta de apriamiento del brazo en PE				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
2:Alineación de boquillas en transmisión				60 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
3:Pérdidas de agua en Omegas				5 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
4:Incidencias de Bomba de agua				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
5:Problemas con cableado				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
6:Problemas de Software				45 min.	0 min.	25 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
7:Problemas de Hardware				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
8:Pruebas				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
9:Avería: Otros				30 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
1P: Falta de carga				0 min.	0 min.	240 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
2P: Cambio de útiles entre programas				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
3P: Tiempo preparación pulso eco				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
4P: Tiempo preparación Transmisión				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
5P: Mantenimiento preventivo				0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	0 min.	
C/O				2 h.	0 h.	4 h.	0 h.	0 h.	0 h.	
6 h.				2 h.	2 h.	4 h.	0 h.	0 h.	0 h.	
3.TIEMPO OPERACIÓN BRUTO (T. Carga - 1º cambios, aver)				109,9 h	115,8 h	109,3 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	
DISPONIBILIDAD (1º op. bruto/1º carga)				93%	96%	93%				
1º Pérdida de disponibilidad (1º carga-1º op. bruto)				7,8 h	2,0 h	8,4 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	
MICROPAROS										
1: Fallo carga de programa				3 veces	4 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	
				0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	
				0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	
				0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	0 veces	
				15,0 min	20,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
				0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
				0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
				0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
				0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	0,0 min	
1º pérdida de rendimiento (1º op. bruto-1º op. neto)				0,3 h.	0,3 h.	0,0 h.	0,0 h.	0,0 h.	0,0 h.	
4. TIEMPO OPERACIÓN NETO (T.op. Bruto- 1º microparos)				109,7 h	115,4 h	109,3 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	
RENDIMIENTO (1º op. Neto/1º op. Bruto)				100%	100%	100%				
1º pérdida defectivo (tiempo dedicado a reproceso)				9 h.	0 h.	0 h.	0 h.	0 h.	0 h.	
5. TIEMPO OEE (T op. Neto - 1º defectivo)				101 h.	115 h.	109 h.	0 h.	0 h.	0 h.	
TASA DE CALIDAD (1 defectivo/t. Op. neto) ó (1º op. neto/1º op. bruto)				92%	100%	100%				
% EFICIENCIA (%1º efectivo) es : (Disponit				85%	96%	93%			0%	
Aclaraciones por día										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conclusiones:										
En %				% Media Semanal						
1. % TIEMPO OEE (1.1+1.2)				92,1%	85%	96%	93%	0	0	0%
1.1 % 1º OEE efectivo (PRN* 1º ciclo/1º carga)				40,3%	55%	25%	41%	0%	0%	0%
1.2 % 1º OEE restante (% 1º OEE- % 1º OEE efectivo)				46,8%	21%	68%	52%	0%	0%	0%
1.2.1 % 1º insp. otros				5,0%	12%	5%	0%	0%	0%	0%
2. % Pérdida Disponibilidad Total (1º perd. Disp/ 1º carga)				5,2%	7%	2%	7%	0%	0%	0%
2.1 % Pérdida Disp. C/O				3,3%	5%	2%	3%	0%	0%	0%
2.2 % Pérdida Disp. Averías				1,9%	2%	0%	4%	0%	0%	0%
3. % Pérdida Rendimiento (Microparos) (1º pérdida rendimiento/1º op. bruto)				0,2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4. % Pérdida Calidad (1º defectivos/ 1º carga)				2,6%	8%	0%	0%	0%	0%	0%
Suma total				100,0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%
En Tiempo				% Media Semanal						
1. TIEMPO OEE (1.1+1.2)				108 h	100,5 h	115,4 h	109,3 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
1.1 1º OEE efectivo (PRN* 1º ciclo/1º carga)				47,4 h	64,5 h	29,7 h	48,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
1.2 % OEE restante (1º OEE- 1º OEE efectivo)				55,1 h	24,3 h	76,7 h	61,4 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
1.2.1 1º insp. otros				3,0 h	11,7 h	6,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
2. 1º Pérdida Disponibilidad Total (1º perd. Disp/ 1º carga)				6,1 h	7,8 h	2,0 h	8,4 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
2.1 Pérdida Disp. C/O				3,8 h	5,5 h	2,0 h	4,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
2.2 Pérdida Disp. Averías				2,3 h	2,3 h	0,0 h	4,4 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
3. 1º Pérdida Rendimiento (Microparos) (1º pérdida rendimiento/1º op. bruto)				0,2 h	0,3 h	0,3 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h
4. 1º Pérdida Calidad (1º defectivos/ 1º carga)				3,0 h	9,1 h	0,0 h				
Suma total				117,9 h	125,6 h	119,8 h	126,2 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h

IMAGEN 239. Formulario Automático para Tratamiento de Datos. ULTRASONIDOS AUTOMÁTICO

Se deberá hacer lo siguiente:

Colección e ingreso de datos:

- Los Operadores de máquina deben registrar los datos de pérdidas en un formato de papel. Es entonces será necesario una codificación de las seis grandes pérdidas.
- El operador o el supervisor incorporará los datos después del cambio de turno.

Generación de reportes y transferencia directa de los datos:

- Varios reportes pre-diseñados se pueden generar por el sistema de criterios definidos por el usuario.
- Los reportes se pueden imprimir y copiar a otras aplicaciones.
- Los varios datos pre-definidos, pueden ser descargados por el usuario.

❖ ***SEXTO PASO: DISEÑO BASE DE DATOS DE OEE***

Se ha creado una base de datos electrónica Excel, que será sobre todo una herramienta de gerencia. Se utilizará para:

- Supervisar y comparar OEE para las células, los departamentos y la planta.
- Dar prioridad al equipo para TPM.
- Escudriñar y planear las inversiones del capital.
- Los supervisores podrán supervisar la productividad de células y de máquinas, y la Pro-actividad buscar tendencias negativas.
- Los operadores podrán supervisar tendencias de varias pérdidas y la toma/sugerencia de acciones correctivas y las justifica.
- Medir el funcionamiento de maquinaria, pero NO medir al operador.

❖ ***SÉPTIMO PASO: CREACIÓN DE UN BAREMO CON EL QUE COMPARAR LOS DATOS OBTENIDOS***

Utilizamos un baremo para comparar como van evolucionando las máquinas del Área de Materiales Compuestos. La **OEE WORLD CLASS** ha estipulado una clasificación con el siguiente baremo para los valores de OEE:

- Valores por debajo del 65%: suelen aparecer en instalaciones dónde no se han realizado esfuerzos sistemáticos de mejora de la Eficiencia. Esta situación se considera Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. La empresa presenta muy baja competitividad en el mercado.
- Valores entre el 65 y el 75%: son los más habituales en procesos de una cierta complejidad. Se considera una situación Regular, sólo aceptable si se está en proceso de mejora.
- Valores entre el 75 y el 85%: son valores poco frecuentes, que pueden ser síntomas de líneas bien gestionadas y muy sencillas o errores de cálculo. Si nunca antes se había medido el OEE se debe revisar el cálculo. Situación Aceptable. Se

debe superar el límite y avanzar hacia la World Class. Presenta ligeras pérdidas económicas. La competitividad es ligeramente baja.

- Valores entre 85 y 95%: es una situación Buena. Entra dentro de Valores World Class. La empresa tiene una buena competitividad.
- Valores superiores al 95%: son resultado de un esfuerzo sostenido de medida y mejora del OEE o, simplemente, errores de cálculo. Si no se ha desarrollado un programa sistemático de mejora, se debe revisar el cálculo realizado. En este caso la empresa estará en un caso de Excelencia y poseerá una excelente competitividad dentro de su campo de Materiales Compuestos.

Cada factor de OEE debe ser mayor o igual que su valor mínimo:

DISPONIBILIDAD \geq 90%
RENDIMIENTO \geq 95%
CALIDAD \geq 99%

La OEE debe ser mayor o igual que el valor mínimo, 85%.

$$\text{OEE} = \text{D} \times \text{R} \times \text{Q} = 0.90 \times 0.95 \times 0.99 = 0.85 = 85\%$$

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Favorece la obtención de resultados (3 a 5 días) que, a su vez, son sostenibles a medio-largo plazo. Esto permite generar los recursos necesarios y autofinanciar el programa con las mejoras que se van produciendo.
- Involucra al personal de base, mediante formación y entrenamiento, para que con su participación activa, consiga los resultados, emplee las herramientas asociadas y sea capaz de aplicarlas con autonomía y de una manera constante y sistemática.
- Se focaliza en las pérdidas. El OEE proporciona información sobre el nivel de efectividad de una máquina específica o una línea de producción. Además, al referenciar la efectividad de la máquina con el máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad, nos podemos focalizar íntegramente en las pérdidas y con ello en el potencial de mejora existente.
- Un indicador conecta todos los parámetros. Al multiplicar los tres componentes mencionados (disponibilidad, rendimiento, calidad) el OEE se convierte en un indicador que refleja el estado en el que el equipo está trabajando. El indicador refleja el cociente entre lo que estamos fabricando y lo que en teoría deberíamos estar fabricando durante un periodo de tiempo concreto (normalmente un turno).
- Es fácil de entender para los equipos de planta. El OEE refleja perfectamente lo que está pasando en planta. Si tenemos problemas, el OEE tendrá valores bajos, y lógicamente solo tendremos valores altos cuando raramente tengamos algún problema. El OEE utiliza el lenguaje y las definiciones que se utilizan en planta. El trabajo diario de los equipos de planta se refleja en el OEE.

- Los equipos pueden influir sobre el OEE. La información referida a las pérdidas permite a los equipos de planta iniciar mejoras específicas y enfocadas al problema detectado. Por tanto, dichos equipos pueden influir sobre cada uno de los parámetros que componen el OEE de un modo directo y por tanto guiar el OEE en la dirección correcta. De este modo, los resultados de todas estas mejoras quedan reflejados en la evolución del OEE.
- Indicador fiable. El cálculo del OEE no puede ser corrompido. Una vez que los estándares han sido establecidos, no tiene sentido dar información incorrecta. Cada uno de los tres factores que lo componen pueden ser alterado, pero el OEE permanece estable (ya que siempre lo podemos calcular como el ratio entre las piezas buenas obtenidas y las piezas que teóricamente deberíamos haber obtenido en el espacio de tiempo considerado). Los equipos de producción sólo podrían ocultar al proporcionar información errónea que pérdida es la mayor y/o que mejoras tendrán el efecto deseado.
- Ofrece calidad en la información. Una vez que se ha dejado claro que el OEE no puede ser corrompido, la calidad de de la información disponible mejorará cada vez. Esto unido al hecho de implementar mejoras específicas en lugar de buscar al culpable, proporciona un entorno idóneo para crear un ambiente de mejora continua.

8.3.2. *Implantación de un Sistema de Mantenimiento Planificado*

SITUACIÓN INICIAL

En cualquier sistema TPM no tiene sentido la existencia de un mantenimiento únicamente correctivo, que se utilice para solucionar las averías de las máquinas una vez se produzcan, ya que esto provoca una pérdida de recursos muy costosa e importante. Es necesario que la organización se plantee el mantenimiento como una inversión y no como algo costoso e ineficiente.

El mantenimiento está íntimamente unido al concepto de calidad. Esta calidad debe concentrarse en lograr un nivel cero de averías en las máquinas y no en usar el mantenimiento como un sistema para ir solventando las averías conforme se producen.

La falta de atención de las actividades de mantenimiento, constituye uno de los puntos débiles en el logro de un nivel óptimo de eficacia en la fabricación. Para conseguir este objetivo es imprescindible el esfuerzo combinado tanto de operarios, dirección, equipos de mantenimiento y de las personas que actúen como soporte.

Inicialmente en el Área de Materiales Compuestos se realizaba únicamente un Programa de Mantenimiento Correctivo Total, desempeñando únicamente otro tipo de mantenimiento, como es el preventivo, a la hora de realizarse las revisiones anuales concertadas con el Fabricante de las máquinas Fiber Placement, Ultrasonidos y Autoclave.

El mantenimiento correctivo se realizaba cuando se producía un fallo inesperado en uno de los equipos mencionados. Como su propio nombre indica, el tipo de acciones a realizar eran correctoras, lo que implicaba actuar sobre hechos que ya se habían producido.

Las actividades del sistema de mantenimiento correctivo, que se realizaban en el Área de Materiales Compuestos pueden agruparse en dos clases básicas. Desde el punto de vista técnico, entre estos dos tipos pueden existir infinidad de clasificaciones, asignando niveles de “grave”, “muy grave”, “prioridad absoluta”, etc. Los tipos que se diferencian en una primera aproximación, son:

- Mantenimiento rutinario.
- Mantenimiento de emergencia.

El grueso de recursos en este sistema se empleaba en mantenimiento correctivo de emergencia y el resto en mantenimiento rutinario, que es la corrección de fallos que tienen una prioridad baja a causa de que el sistema puede seguir funcionando aunque no sea reparado.

El mantenimiento correctivo de emergencia se originaba por los fallos que se producían en los equipos, que requerían ser corregidos en un período corto de tiempo.

Las fases habituales que presentan estos trabajos desde su comienzo hasta su terminación son:

- 1º) Se presenta el fallo, que se manifiesta mientras la máquina está funcionando. Generalmente se descubre por aviso, es decir, alguien avisa de que se ha producido un fallo. Puede darse el caso de que la avería se detecte por inspección.

- 2º) Se solicita la ejecución del trabajo por los medios y procedimientos usuales.
- 3º) En el momento oportuno, el encargado de mantenimiento ordena el análisis, que debe ejecutar una persona suficientemente capacitada para:
 - Inspeccionar el equipo y evaluar el fallo.
 - Planear el trabajo necesario a fin de corregir el fallo.
 - Estimar la mano de obra necesaria.
 - Estimar el material indispensable.
 - Estimar forma y tiempo de conclusión del servicio.
- 4º) El encargado de mantenimiento ordena la ejecución del trabajo especificando el grado de supervisión.
- 5º) Ejecutado el trabajo, el personal de mantenimiento realiza la inspección final, que puede incluir pruebas funcionales.
- 6º) Se entrega el equipo en condiciones operativas, seguras y eficientes. Se documenta la intervención y se cierra el servicio.

El siguiente diagrama muestra las acciones que se llevan a cabo en el proceso de mantenimiento correctivo. Como se puede observar el proceso que se describe en un mantenimiento correctivo se describe como una acción en pinzas:

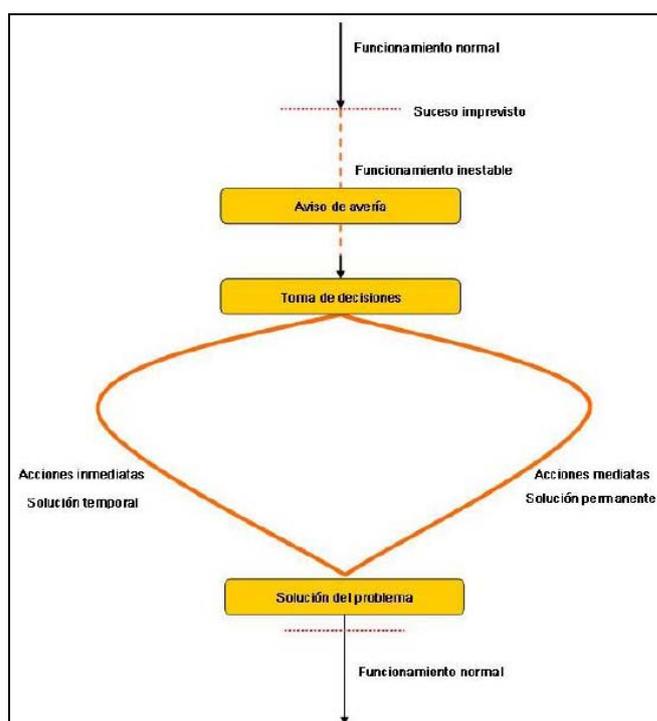


DIAGRAMA 241. Ciclo Mantenimiento Correctivo

Ante un suceso imprevisto que provoque el fallo de una máquina, lo más habitual es seguir el procedimiento representado en la figura anterior. Primero se deben realizar acciones inmediatas para reencauzar la actividad del equipo. Una vez iniciadas (no es necesario que hayan acabado) se debe empezar en cuanto sea posible, previo análisis, la toma de decisiones sobre acciones mediatas que conduzcan a la solución del problema.

Generalmente, las condiciones resultantes de las acciones inmediatas son temporales, ya que, el control logrado es sólo momentáneo y, de no tomarse otras medidas adicionales, el problema podría volver aparecer. Es posible, aunque no es lo habitual, que al llevar a cabo estas acciones de emergencia el problema quede resuelto.

Las condiciones resultantes de las acciones mediatas buscan conseguir soluciones permanentes, o al menos todo lo definitivas que sea posible.

Después de realizar todas las acciones, además de buscar la solución del problema, otro objetivo es que el equipo quedara en las mejores condiciones posibles. Los buenos sistemas de mantenimiento buscan poder prever todos los fallos antes de que ocurran, y en el peor de los casos tener todo preparado para cuando suceda.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

En este caso y debido a la existencia de un mantenimiento correctivo, se propuso trabajar con un enfoque hacia un mantenimiento planificado, compuesto por una parte predictiva y una preventiva. En aquellos casos en que sea estrictamente necesario, el mantenimiento correctivo siguió llevándose a cabo, pero al implantarse esta mejora su actuación disminuyó drásticamente.

En primer lugar se tuvo que recopilar toda la información histórica posible de los tiempos de paro de las máquinas del área de producción. Esto no fue tarea fácil, pues hasta la implantación de la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE MÁQUINAS (OEE), no existía ningún sistema que registrar de forma fiable los tiempos. Sólo se disponía de los tiempos concernientes a las paradas de mantenimiento correctivo.

Luego se procedió a la implantación de un plan de mantenimiento Predictivo/Preventivo con la ayuda del departamento de mantenimiento, en donde se programó con una periodicidad determinada las acciones a realizar.

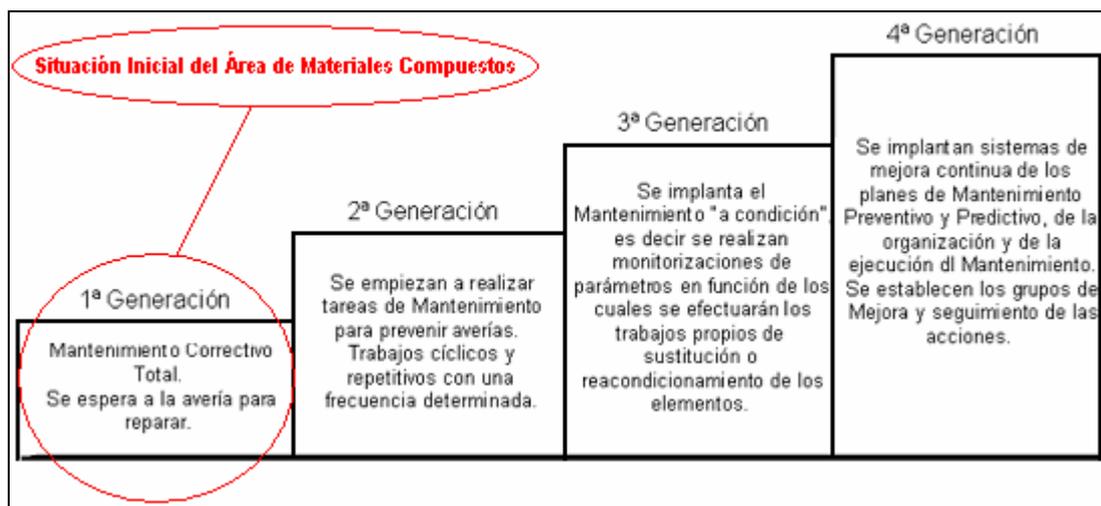


IMAGEN 242. Evolución del Mantenimiento

En un principio el mantenimiento predictivo se aplicó al muelle del brazo de pulso Eco de la máquina de Inspección Automática por Ultrasonidos. Posteriormente y viendo los resultados obtenidos mediante esta experiencia piloto, el departamento de mantenimiento deberá realizar una lista de los elementos de máquinas, propensos a tener una vida limitada debido a su continuo uso, idóneos para hacerles este diagnóstico.

❖ **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Con un buen plan de mantenimiento preventivo, el departamento de mantenimiento gana experiencia, es capaz de catalogar fallos típicos y llega a conocer los puntos débiles de las instalaciones y máquinas.

Al implantar este tipo de mantenimiento, se obtienen una serie de ventajas:

- Seguridad: las máquinas sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento.
- Vida útil: una máquina sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- Coste de las Reparaciones: es posible reducir el coste de las reparaciones gracias al mantenimiento preventivo.
- Inventarios: es posible reducir el coste de inventarios si se determinan de forma precisa los materiales de mayor consumo y se puede prever su uso en el tiempo.
- Carga de Trabajo: gracias al mantenimiento preventivo, podemos hacer programas de trabajo más equilibrados, debido a que se sabe cuándo se realiza cada tarea.

Como se puede observar, el mantenimiento preventivo cubre casi en su totalidad los objetivos que se buscan con el mantenimiento en planificado, esto hará que el Área de Materiales Compuestos ponga especial énfasis en este programa.

Cuando se realizan los planes de mantenimiento preventivo, se debe prestar especial atención pues se puede incurrir en lo que se llama sobremantenimiento, que consiste en que se realiza el mantenimiento con una periodicidad corta. Un exceso no sólo repercute en que al estar realizando revisiones continuas a los equipos, éstos, por regla general, tengan que pararse o reducir su capacidad de producción, sino que se pueden producir lo que se llaman averías inducidas. Este tipo de averías surgen de errores producidos al llevar a cabo el mantenimiento.

El mantenimiento preventivo se debe encargar de inspeccionar, todo aquello susceptible de fallos mecánicos, fallos por acumulación de materiales, lo susceptible a fugas, etc., y para ello puede servirse de recomendaciones del fabricante y experiencias propias, entre otras.

Todas las tareas de comprobación y mantenimiento de estos equipos deben realizarlas personal cualificado y con formación suficiente. Como medida de seguridad, se remite a los técnicos, a los manuales de mantenimiento correspondientes, que ofrecen la información exacta de las necesidades de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se basó en establecer planes de revisión y reparación para los distintos equipos e infraestructuras que existen en el Área de Materiales Compuestos. Estos planes de revisión establecieron un calendario de fechas en los que se van a ejecutar actuaciones sobre los equipos, permitiendo, entre otras muchas ventajas, una optimización de recursos tales como la mano de obra.

La necesidad de trabajo de forma ininterrumpida y confiable obligaba a que el grupo de mantenimiento prestara una atención constante a los equipos, para, por un lado, minimizar el número de averías y, por otro, aumentar el ciclo de vida de esos mismos equipos.

A continuación se detallan los planes de mantenimiento preventivo para las máquinas Fiber Placement N° 1 y 2, Ultrasonidos Automática, Autoclave y Puente-grúa.

1) MÁQUINA DE FIBER PLACEMENT

A continuación se muestra el programa diseñado para el Mantenimiento Preventivo de Producción, correspondiente a la Máquina de Encintado automática Fiber Placement N° 1 y 2:

PLAN DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	FIBER PLACEMENT
NÚMERO DE MÁQUINA	N°1 /N°2

PERIODICIDAD	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	ENCARGADO
DIARIO	Inspección y Limpieza de pérdidas de aceite	Personal de Plantilla
DIARIO	Inspección de la presión de aire, fugas, drenaje Revisar estado del filtro	Personal de Plantilla
DIARIO	Inspección de las luces indicadoras	Personal de Plantilla
DIARIO	Limpieza del rodillo de reinicio del cabezal	Personal de Plantilla

DIARIO	Inspección y limpieza de las cuchillas de la fresa del cabezal	Personal de Plantilla
DIARIO	Limpieza de los rodillos de presión del cabezal	Personal de Plantilla
DIARIO	Verificar el devanado de las estopas en los carretes respecto a las estopas con fibras deshilachadas Asegurarse de que no quedan trenzas de fibras de estopa en los carretes que puedan llevar a la ruptura de la estopa	Personal de Plantilla
SEMANAL	Limpieza de filtros de los enfriadores frontal izquierdo y derecho	Personal de Plantilla

Este plan de verificación de mantenimiento y los correspondientes al resto de las máquinas, se les entregará, para que los rellenen (MEJORA: IMPLANTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO), a los operarios de máquina, puesto que habrá acciones que sean delegadas a ellos para la realización por mantenimiento autónomo.

2) MÁQUINA DE ULTRASONIDOS AUTOMÁTICA

PLAN DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	ULTRASONIDOS AUTOMÁTICA

PERIODICIDAD	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	ENCARGADO
TRIMESTRAL	Limpieza del Foso	Personal de Plantilla
SEMESTRAL	Verificación de los conductos de agua	Personal de Plantilla

SEMANTAL	Verificación del estado del muelle del Brazo Pulso Eco	Personal de Plantilla
MENSUAL	Limpieza de la bomba de agua	Personal de Plantilla
SEMANTAL	Lubricación de los palpadores del Brazo Pulso Eco	Personal de Plantilla
MENSUAL	Limpieza descalcificadora de los Palpadores del Brazo Transmisión	Personal de Plantilla

3) AUTOCLAVE

PLAN DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	AUTOCLAVE

PERIODICIDAD	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	ENCARGADO
ANUAL	Lavado del Autoclave	Personal Subcontratado
ANUAL	Desmontar, Limpiar y Engrasar los cojinetes del Motor Principal del Autoclave	Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Engrasar Motor Principal	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Limpieza de las baterías de calentamiento	

		Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Regulación del sistema de acercamiento de la puerta	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Limpieza y lubricación de los sistemas de palancas, para el movimiento de la puerta	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobación de circuitos de vacío	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobación líneas interconexión termopar	Personal Subcontratado
MENSUAL	Comprobación de termopares	Personal de Plantilla
SEMESTRAL	Comprobación válvulas limitadoras vacío	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Regulación de los dispositivos de seguridad, montados en el cierre de la puerta	Personal de Plantilla
SEMESTRAL	Revisión de cámara de autoclave	Personal de Plantilla
MENSUAL	Comprobación de controlador de presión	Personal Subcontratado
MENSUAL	Comprobación de controlador de temperatura	Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Comprobación de presostatos	Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Comprobación de termostatos	

		Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Comprobación de actuación de válvulas neumáticas de agua de refrigeración	Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Comprobación de actuación de válvulas neumáticas de control aire presión	Personal Subcontratado

4) PUENTE GRÚA

PLAN DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	PUENTE-GRÚA

MANTENIMIENTO MECANICO		
DIARIO	Comprobación visual de columnas, vigas, apoyos, anclajes y demás elementos constructivos que influyan en el soporte del Puente-Grúa	Personal de Plantilla
ANUAL	Inspección y comprobación del sistema de rodadura y desplazamiento, incluyendo carriles de rodadura, poleas, engranajes, etc, procediendo a su limpieza y lubricación. En caso de holguras excesivas, sustituir cojinetes o rodamientos, alinear, reapretar o calzar soportes, etc. Comprobar topes mecánicos si los hubiera.	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobar anclajes y amarres del motor y reductor, así como su alineación, reapretando los tornillos si fuera necesario.	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	CARRO DE ELEVACION: Comprobar elementos de desplazamiento (ruedas, guías, topes, etc), engrasándolos. Comprobar estado de tornillos, soldaduras y demás elementos de amarre. Revisar funcionamiento del reductor, ruidos o vibraciones existentes, y nivel y estado del aceite lubricante. Comprobar estado del cable y poleas de elevación, sistema de	Personal Subcontratado

	guiado, etc. Verificar el correcto estado del sistema o sistemas de limitación de la carga máxima.	
TRIMESTRAL	GANCHO: Comprobar y lubricar polea y rodamiento axial, comprobar estado cierre de seguridad.	Personal de Plantilla
MANTENIMIENTO ELECTRICO		
SEMANAL	Comprobar el funcionamiento del mando y todos sus pulsadores. Comprobar cable (en su caso), y la estanqueidad de su carcasa y sus pulsadores.	Personal de Plantilla
SEMESTRAL	Comprobar cuadro eléctrico: anclaje de armario y cierre de puertas, limpieza interior; revisar conexiones de conectores, interruptores, contactores, relés, etc.	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobar funcionamiento de finales de carrera, tanto su funcionamiento eléctrico como sus soportes.	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobar estado de la línea del cable general de alimentación y mando del Puente Grúa, así como su guía y soportes del cable.	Personal Subcontratado
TRIMESTRAL	Comprobar y ajustar sistemas de freno y bloqueo del tambor y cable de elevación principal.	Personal Subcontratado
SEMESTRAL	Comprobar funcionamiento de motores de elevación y desplazamiento, revisando cajas de conexión, limpiando rejillas o elementos de refrigeración, etc.	Personal Subcontratado

Todas las revisiones detalladas anteriormente para las máquinas se realizarán de la siguiente manera:

DIARIA	Al comienzo del turno de mañana
SEMANAL	Todos los Lunes al comienzo del turno de mañana
MENSUAL	Entre los días 1 y 5.
TRIMESTRAL	Durante los primeros 15 días de cada trimestre
SEMESTRAL	Durante los primeros 15 días de Febrero y Agosto
ANUAL	Durante los primeros 15 de Agosto

Deben anotarse por parte del técnico que realice las revisiones de mantenimiento:

- Fecha de realización de la inspección.
- En caso de realizar alguna intervención: repuestos utilizados.
- Tiempo de la inspección.
- Observaciones.
- Datos del técnico:
 - Nombre
 - Número de trabajador
 - Empresa (si pertenece a una Subcontrata)

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Mejora en la gestión del mantenimiento.
- Disminución de averías de máquinas, lo que conlleva la reducción de las intervenciones de mantenimiento correctivo, con lo que disminuye el tiempo de parada de máquina

8.3.3. Implantación de un Sistema de Mantenimiento Autónomo

SITUACIÓN INICIAL

Partiendo de la mejora introducida anteriormente: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE MÁQUINAS (OEE), tanto a las máquinas Fiber Placement como a Ultrasonidos Automático, se ha podido observar que se produce una pérdida de tiempo considerable debida a mantenimiento de tipo correctivo, ya que todas las averías representadas en el Diagrama de Hit Parade, necesitan de la presencia de algún técnico de mantenimiento.

Esto puede apreciarse en las siguientes gráficas para cada uno de los equipos, durante un período de tiempo comprendido de cinco meses:

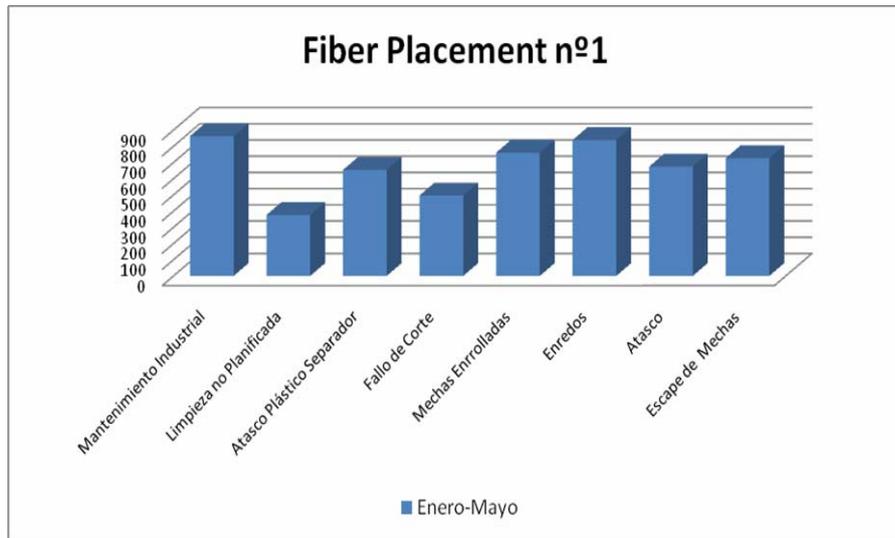


IMAGEN 244. Mantenimiento en Fiber Placement (Equipo 1)

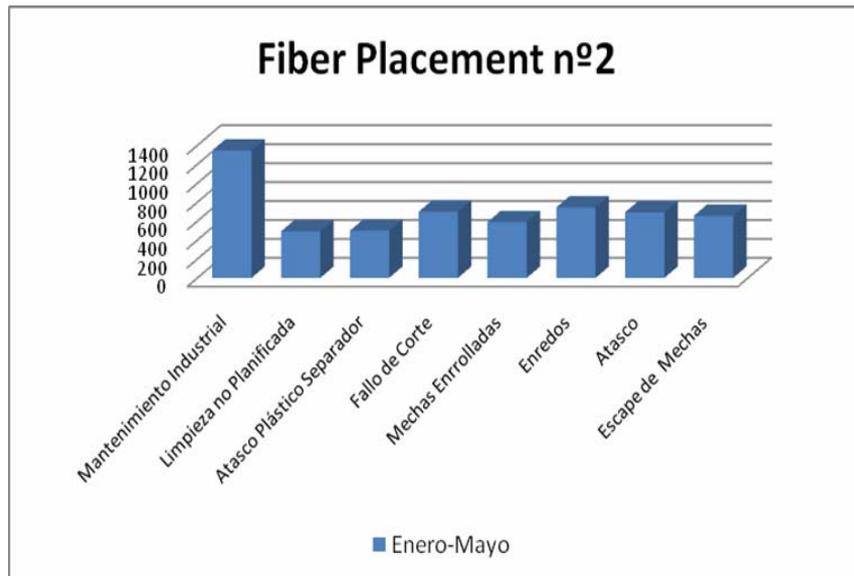


IMAGEN 245. Mantenimiento en Fiber Placement (Equipo 2)

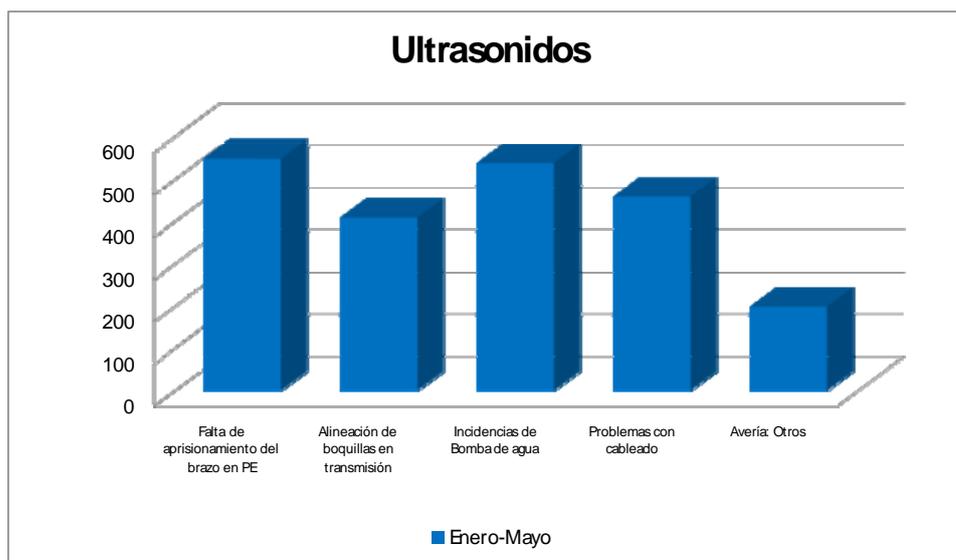


IMAGEN 246. Mantenimiento en Ultrasonidos Automático

El tiempo de respuesta del departamento de mantenimiento es bastante variable, observándose que puede llegar a variar para una misma avería en días consecutivos, del orden de una hora. Ello es debido a varias razones:

- Mala gestión del servicio.
- Mala organización del personal.
- Falta de personal.
- Alta carga de trabajo.

ACCIÓN DE MEJORA

El mantenimiento autónomo es una de las características innovadoras del TPM (ANEXO II: HERRAMIENTAS DEL LEAN MANUFACTURING). Los operarios de este área, que están acostumbrados a pensar “yo opero, tu arreglas”, tienen dificultades para aprender “yo soy responsable de mi propio equipo”, por lo que se trata de un proceso lento para su implantación. En este método de mejora, todos los integrantes de la empresa, incluida la dirección, deben estar de acuerdo en que los operarios de producción sean responsables del mantenimiento de su equipo, para lo cual los mismos operadores deben ser adiestrados según las exigencias del programa de Mantenimiento Autónomo. Esta formación está ligada e integrada con la MEJORA: FORMACIÓN DEL PERSONAL.

Cuando el mantenimiento autónomo se introduce en el Área de Materiales Compuestos, lo que se pretende, es que el operador se prepare y desarrolle habilidades para mejorar las condiciones básicas de los equipos a través de acciones individuales y rutinarias de:

- Inspección.
- Lubricación.
- Limpieza.
- Verificación de ajustes y precisión.

- Reparaciones menores.
- Identificación de situaciones anormales de su propio equipo, con el propósito de lograr mantener las condiciones básicas de las instalaciones.

Además de estas habilidades técnicas, se va a intentar que el trabajador desarrolle otro tipo de competencias como:

- Trabajo en equipo.
- Análisis de problemas.
- Capacidad de observación.
- Organización del trabajo.
- Gestión de la rutina diaria.

Estas habilidades adicionales, conseguirán aumentar el valor de los operarios en sus respectivos puestos de trabajo.

Esta nueva forma de trabajo de mantenimiento autónomo hace posible que de una forma paralela, los supervisores encargados de los equipos humanos, progresen en la forma de realizar su trabajo, delegación y transferencia de responsabilidades a los operarios.

Conforme avance el tiempo en que este sistema esté impuesto y debido a la formación permanente, el operario estará en capacidad de diseñar estándares de trabajo, realizar diagnósticos de calidad, analizar y estudiar mejoras al flujo del proceso.

Para ello se desarrollará el mantenimiento autónomo en cinco pasos, que se implantarán progresivamente siguiendo un proceso lógico de crecimiento personal. Estos pasos permiten estructurar de forma ordenada, tanto el crecimiento técnico, como humano de los equipos de operarios de máquinas:

- 1) Limpieza inicial.
- 2) Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles.
- 3) Creación de estándares de limpieza y lubricación.
- 4) Inspección general.
- 5) Inspección Autónoma.

A continuación se va a tratar cada uno de los pasos mencionados, desarrollando qué es lo que se persigue con cada uno de ellos.

PASO 1: LIMPIEZA INICIAL

Esta etapa se fundamenta en el desarrollo del interés de los operarios por mantener limpias sus máquinas.

El acto de tocar el equipo y moverse alrededor de él, ayuda a descubrir anomalías (vibraciones, desgastes, ruidos, etc.). Esta limpieza da lugar a la detección de numerosas anomalías y, muchas de ellas, causarán averías y defectos en el equipo y/o producto a no ser que se descubran pronto.

Es muy importante que los operarios que realizan estas tareas hayan aprendido a inspeccionar correctamente el equipo, buscar anomalías, juzgar la diferencia entre anomalía y normalidad, y buscar las causas.

Cuando un operario encuentra una anomalía, debe etiquetar su localización. El grupo de la planta determinará que anomalías pueden resolver ellos mismos y cuáles necesitan de un técnico de mantenimiento. Así mismo, deben fijar plazos para corregir cada anomalía. Los operarios deben cuidar por sí mismos de tantos problemas del equipo como sea posible, esto ayudará a su identificación con la instalación.

A continuación se indica en forma de diagrama la manera de actuar en esta primera etapa de limpieza inicial:

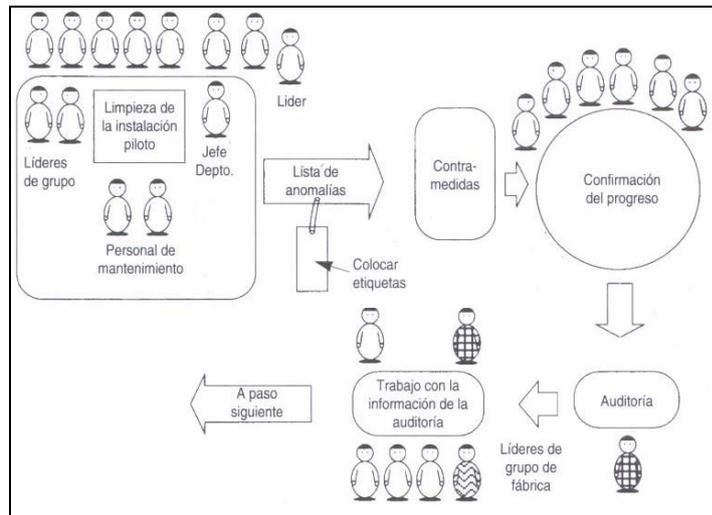


IMAGEN 247. Paso 1: Limpieza Inicial

PASO 2: ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS INNACCESIBLES

El punto esencial es parar la contaminación en su fuente. Cuando esto no es posible, las mejoras deben dirigirse a minimizar la dispersión de los contaminantes.

Por otro lado, para mejorar las áreas en las que es difícil, imposible o lleva mucho tiempo realizar la limpieza o inspección, el grupo de operarios encargado debe convertir estas áreas en accesibles.

En este sentido, los puntos clave de mejora en este paso se concentran en los siguientes:

- Reubicar el equipamiento.
- Facilitar la limpieza del equipo.
- Minimizar la dispersión de suciedad.
- Facilitar la inspección del equipo.
- Apretar las partes sueltas del equipo.
- Racionalizar la distribución de cables y tubos.
- Facilitar el cambio de partes del equipo.
- Instalar ventanas de Inspección para alguna parte del equipo.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente esta segunda etapa para la implantación de mantenimiento autónomo:

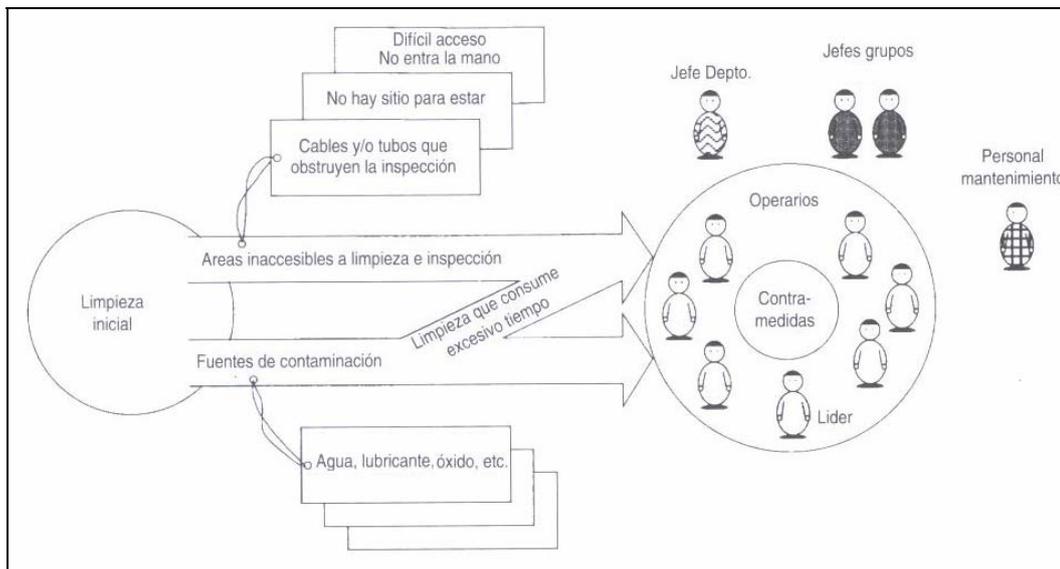


IMAGEN 248. Paso 2: Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles

PASO 3: CREACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE LIMPIEZA

En este paso, los operarios usan las experiencias de los dos primeros pasos para determinar las condiciones óptimas de limpieza y lubricación del equipo y esbozan provisionalmente las tareas estándar para su mantenimiento.

Estos estándares especifican qué se debe hacer, dónde, la razón, procedimientos, cuándo y tiempos empleados. Para hacer todo esto, se debe decidir:

- Partes del equipo que necesitan limpieza diaria.
- Procedimientos que hay que utilizar.
- Cómo inspeccionar el equipo.
- Cómo juzgar anomalías.

Con estos estándares se ayuda a los operarios encargados a realizar las tareas de limpieza con mayor confianza y habilidad.

El tiempo de limpieza y lubricación no puede ser ilimitado; ni tampoco indefinido. No deberá sobrepasar en ningún momento el 2% del total de horas de trabajo.

Es necesario que la duración de las actividades se mantenga dentro de unos límites, para que no consuma mucho tiempo. Para mantener cortos los tiempos de limpieza y lubricación, los operarios encargados de la máquina o los pertenecientes al grupo de apoyo a máquina, deben controlar el tiempo. Para ello deben idear medidas para intentar un ahorro en los tiempos mayores, y, a menos que esto se haga, las limitaciones de tiempo llevarán a resultados por debajo de los estándares o a la completa omisión de las tareas de mantenimiento. Del mismo modo, deben programar el mantenimiento diario y semanal, entrando de esta forma en la mejora de Mantenimiento Preventivo.

PASO 4: INSPECCIÓN GENERAL

En este paso, los operarios deben ser instruidos en los aspectos comunes de los diferentes equipos, así como en las peculiaridades de cada uno. Este paso está estrechamente relacionado con la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE FORMACIÓN.

Este paso debe completarse en las siguientes etapas:

- Formación Teórica y Práctica.
- Poner en práctica lo aprendido para encontrar anomalías.
- Promover el control visual: se trata de situar indicadores o señales a la hora de inspeccionar el equipo.

PASO 5: INSPECCIÓN AUTÓNOMA

Este paso consiste en poner en práctica todo lo especificado anteriormente.

Después de listar todos los puntos de inspección para cada parte del equipo, se dividirá la lista en dos:

- Partes que pueden ser manejadas dentro de la inspección autónoma.
- Partes que requieren inspección por especialistas de mantenimiento, propio o subcontratado, dependiendo del grado técnico de la avería.

Este paso de listar las operaciones se corresponde con la implantación de la mejora, que se expuso anteriormente, MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO, correspondiendo las acciones a llevar a cabo por los operarios con actividades de tipo preventivo. Esto se debe a que el mantenimiento autónomo sólo es posible implantarlo una vez se ha implantado el mantenimiento preventivo, ya que principalmente el autónomo consiste en la delegación de actividades de mantenimiento a personal ajeno a este departamento para agilizar determinadas acciones.

En caso de producirse averías esporádicas, los operarios deberán trabajar con el personal de mantenimiento para desarrollar puntos de inspección que eviten la repetición de la avería y que puedan realizarse como parte del mantenimiento autónomo.

Se debe asegurar que la inspección autónoma se lleva a cabo correctamente por todos los operarios de máquinas.

PASO 6: AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Auditar las actividades de los grupos de trabajo para su evaluación, es parte importante del papel que juega el personal de ingeniería en el desarrollo del sistema de mantenimiento autónomo.

Para conducir eficazmente la auditoría del mantenimiento autónomo, los supervisores y el personal de ingeniería del Área de Materiales Compuestos, tienen que entender el ambiente actual, para que puedan proveer a los grupos de trabajo de la técnica, las instrucciones de trabajo y análisis de los sistemas y equipo, y proporcionar sentido de pertenencia al trabajador para que complementen y realicen cada paso.

SITUACIÓN FINAL

PASO 1: LIMPIEZA INICIAL

Para empezar, se centraron los esfuerzos en desarrollar varias sesiones informativas para los operarios encargados de las máquinas de Fiber Placement y de inspección Automática por Ultrasonidos, impartidas por parte del Jefe de Mantenimiento.

Estas sesiones constaron de una parte teórica y otra práctica, la cual se realizó en el emplazamiento de cada una de las máquinas.

En dichos seminarios se explicaron las nociones generales para llevar a cabo la inspección de cada máquina, con el objetivo de detectar anomalías en ellas y etiquetarlas. Las anomalías a detectar se clasificaron en los siguientes tipos:

- Vibraciones.
- Desgastes.
- Desviaciones.
- Ruidos extraños.
- Calentamientos excesivos.
- Fugas de aceite.

PASO 2: ELIMINAR FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ÁREAS INNACESIBLES

Para el desarrollo de esta etapa se consideró esencial facilitar la inspección de las máquinas. Para ello, se introdujeron los siguientes cambios en ellas:

- ***Máquina de Fiber Placement***

Inicialmente las máquinas de Fiber Placement, tanto la N° 1 como la N° 2, tenían instaladas de serie unas puertas opacas para poder acceder a la parte de carga de las bobinas de fibra de carbono e insertar las bobinas. De esta forma no se tenía acceso visual para poder detectar fallos ocurridos en esta zona.

Fallo: algunas veces el material viene demasiado preimpregnado en resina y el plástico separador, queda adherido al conjunto de la bobina. No pudiendo el aparato succionador de este material actuar sobre él, con lo que se va acumulando formando un atasco. Este hace que la bobina pierda tensión.

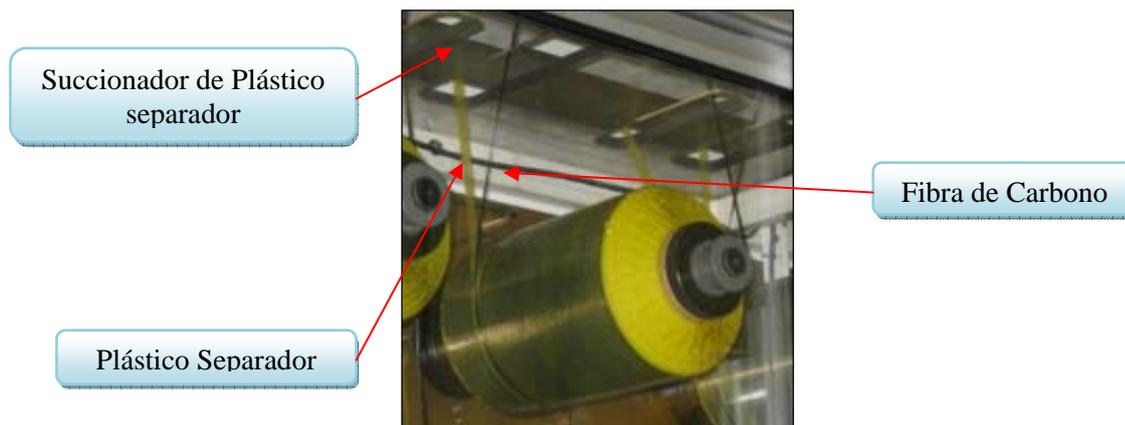


IMAGEN 249. Detalle de las partes implicadas en fallo

El aparato succionador consiste en una aberturas cuadradas en la parte superior del armario de bobinas, que se comunican con un tubo, que mediante el vacío producido por una bomba, arrastra este material hasta un acumulador de desperdicios trasero.

En la siguiente imagen se muestra el resultado de la instalación de dichas ventanas de visualización:



IMAGEN 250. Detalle de ventanas para visualización de bobinas del armario

Adicionalmente a esta mejora, cabe destacar que la instalación de estas ventanas facilitó mucho la eliminación de tiempos de espera, ya que se podía observar cuando quedaba poco material en la bobina e ir a buscarlo antes de que se terminase; con lo que justo al término de esta bobina se procedía a su cambio.

- ***Máquina de Inspección Automática por Ultrasonidos***

Inicialmente la máquina de inspección automática por ultrasonidos presentaba unos paneles opacos por la parte donde se instaló el puesto de mando. Estos paneles dificultaban la visión del funcionamiento de esta máquina, por lo que no era factible su inspección.

Como solución se optó por el cambio de estos paneles por ventanas transparentes para poder apreciar las anomalías que se puedan presentar. En la siguiente imagen se muestra el resultado de la instalación de dichas ventanas de inspección:



IMAGEN 251. Ventanas para la Inspección por Ultrasonidos

PASO 3: CREACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE LIMPIEZA

Para el desarrollo de esta etapa, en el área de Materiales Compuestos, se dispusieron las siguientes claves a la hora de crear un Estándar para la lubricación de la Fiber Placement N°1 y N°2. Estos son los siguientes:

- Listar minuciosamente todas las entradas de lubricación y otros lugares.
- Medir el consumo de lubricante (durante un día o una semana).
- Mediar cantidad usada por aplicación.
- Revisar el método de retirada de lubricante sucio.
- Crear etiquetas de lubricación y adherirlas a los puntos de lubricar.
- Montar en un lugar cercano a la máquina, una estación de servicio (para mantener lubricantes y equipo de lubricación).
- Listar todas las dificultades relacionadas con la lubricación.
- Determinar, junto con el departamento de mantenimiento, las responsabilidades relacionadas con las operaciones de lubricación.

Además, se creó un Informe para la toma de datos de los estándares provisionales de lubricación y limpieza para mantenimiento autónomo, el cual se muestra a continuación:

(Como mínimo debe hacerse para cada equipo un resumen de estándares)

TPM

Nombre del proceso

Estándar de mantenimiento autónomo (limpieza * lubricación * inspección*)

Nombre equipamiento

Diagrama

Identificar el diagrama con los nombres correspondientes a los números

1 2 3 4 5 6 7 8

El diagrama debe indicar los puntos de inspección

No permitir suciedad en piezas principales ¿Qué hacer si el asunto no satisface el criterio?

¿Qué lugares deben inspeccionarse? Criterios de juicio

¿Qué horas de trabajo (horas totales si se trata de dos o más personas)

Meta: XX min. por equipo/mes

Registrar horas de trabajo (horas totales por turno, diarias, semanales, mensuales) en minutos por mes para facilitar comparación con horas de trabajo meta

Registrar los números del equipo según la secuencia de procedimiento del operario

Ancorar puntos a inspeccionar durante la limpieza

- Puntos de inspección visual
- Puntos de inspección por contacto
- Puntos de inspección con herramientas de limpieza

Registrar sólo tareas rutinarias de lubricación

Los estándares relacionados con la calidad y seguridad, se inspeccionan aparte con otra hoja de control diaria

Registrar mediciones actuales y revisar con mediciones hechas después de mejora

Los operarios deben aumentar su nivel de capacidad asumiendo la responsabilidad de mantener los estándares anteriores

Los operarios deben aumentar su nivel de capacidad asumiendo la responsabilidad de mantener los estándares anteriores

Registrar mediciones actuales y revisar con mediciones hechas después de mejora

Grupo n.º

Encargado o contra-maestre

Año

Mes

Líder grupo fábrica

Día

Jefe Sección

N.º

Fecha de creación

Jefe Depto.

Turno

Dierio

Semanal

Bi-semanal

Periodo

Tiempo (min)

Por:

N.º

Puntos

Método

Estándar

Respuesta

Jefe División

Jefe División

Revisión 1

Revisión 2

3

4

Total (minutos)

IMAGEN 252. Estándares provisionales de lubricación y limpieza para mantenimiento autónomo

PASO 4: INSPECCIÓN GENERAL

En este paso, se desarrollaron las etapas mencionadas en la mejora:

- ***Formación Teórica y Práctica.***

Nuevamente se desarrollaron, por parte del jefe de mantenimiento, seminarios de formación teórica y práctica. Esta última impartida en el emplazamiento de cada una de las máquinas.

En esta fase de inspección general, la formación profundizó más allá de la mera identificación de anomalías, ya que se formó sobre la manera de solventarlas.

- ***Puesta en práctica de lo aprendido.***

Una vez recibida la formación adecuada, el encargado de cada máquina debió ejecutar lo aprendido, tanto para encontrar anomalías como para solucionarlas, apoyado en todo momento que lo necesitase por el departamento de mantenimiento.

- ***Promover el control visual.***

Se optó por utilizar los siguientes indicadores para la inspección de las máquinas de Fiber Placement, tanto la N° 1 como la N° 2 y la de Inspección Automática por Ultrasonidos:

- En las máquinas de Fiber Placement se utilizan los siguientes indicadores para el caso de Lubricación:
 - Códigos de colores para indicar los puntos de engrase.
 - Etiquetas indicando el nivel de aceite y el período de reposición.
 - Indicaciones del nivel máximo y mínimo de aceite.
 - Indicaciones del consumo estándar de aceite por unidad de tiempo.
- Para el caso conjunto de máquinas Fiber Placement y Ultrasonido Automático, se emplean las siguientes señales para las partes del equipo:
 - Marcas de inspección y marcas de posicionamiento.
 - Código de colores:
 - Amarillo, para los conductos de entrada que no necesitan pernos.
 - Azul, para pernos para propósitos de mantenimiento.

PASO 5: INSPECCIÓN AUTÓNOMA

En este paso se procedió a dejar un período de un mes de prueba, para que los operarios encargados de las máquinas realizaran el mantenimiento autónomo. Aquí debieron poner en práctica todo lo anteriormente expuesto.

A continuación se muestra el listado de operaciones que el departamento de mantenimiento consideró que podían ser desarrolladas por los operarios de máquina. Tanto a nivel de limpieza y lubricación como de acciones de verificación y reparación.

Para las acciones de reparación, para llevar un histórico, será necesario rellenar una ficha que indique que día fue realizada la reparación, identificación del operario que la realizó y si hubo alguna incidencia.

En el caso tanto de las operaciones de limpieza y lubricación, como para las acciones de verificación, para tener un registro y que los operarios supieran en todo momento, sin duda alguna, lo que debían inspeccionar y limpiar de sus máquinas, se crearon unos check-list a rellenar, que recogería mantenimiento al finalizar la semana:

- **Fiber Placement n°1 y n°2:**

DIARIAMENTE					
INICIO DEL TURNO DE MAÑANA (7:00 h)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Inspección y limpieza de pérdidas de aceite					
Limpieza del rodillo de reinicio del cabezal					
Inspección y limpieza de las cuchillas de la fresa del cabezal					
Limpieza de los rodillos de presión del cabezal					
SEMANALMENTE					
INICIO DEL TURNO DE MAÑANA (7:00 h)	Lunes				
Limpieza de filtros de los enfriadores frontal izquierdo y derecho					

TABLA 9. Limpieza Autónoma Fiber Placement n°1 y n°2

DIARIAMENTE					
INICIO DEL TURNO DE MAÑANA (7:00 h)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Inspección de las luces indicadoras					
Verificar el devanado de las estopas en los carretes respecto a las estopas con fibras deshilachadas. Asegurarse de que no quedan trenzas de fibras de estopa en los carretes que puedan llevar a la ruptura de la estopa					
Inspección de la presión de aire, fugas, drenaje. Revisar estado del filtro					

TABLA 10. Verificación Autónoma Fiber Placement n°1 y n°2

ACCIONES DE REPARACIÓN
Cambio de Cabezal de Compactación por deterioro
Cambio de cuchillas de corte por deterioro
Desmontaje/montaje de cabezal de tejido de fibras por atasco
Desmontaje/montaje de mecanismo de tensado de fibras por atasco
Montaje de Mechas

TABLA 11. Reparación Autónoma Fiber Placement n°1 y n°2

- **Ultrasonido Automático:**

DIARIAMENTE					
INICIO DEL TURNO DE MAÑANA (7:00 h)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Inspección y limpieza de pérdidas de aceite					
Lubricación de los palpadores del Brazo de Pulso Transmisión					

TABLA 12. Limpieza Autónoma Ultrasonido Automático

DIARIAMENTE					
INICIO DEL TURNO DE MAÑANA (7:00 h)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Inspección de las luces indicadoras					
Verificación del estado del muelle del Brazo de pulso Eco					
Inspección de la presión del agua, fugas, drenaje.					

TABLA 13. Verificación Autónoma Ultrasonido Automático

ACCIONES DE REPARACIÓN
Cambio del muelle del Brazo Pulso Eco
Cambio del cableado al brazo de inspección por falta de señal
Purgado de la bomba de agua

TABLA 14. Reparación Autónoma Ultrasonidos Automático

PASO 6: AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Transcurrido el mes de prueba, el jefe de mantenimiento procedió a auditar las actividades de mantenimiento autónomo, para verificar si se desarrollaron adecuadamente. Se anotaron las incidencias y finalmente se valoró positivamente el desarrollo de esta acción de mejora.

Durante los tres meses siguientes se realizaron auditorías, para verificar que se seguía efectuando correctamente este mantenimiento. Transcurridos estos tres meses, se procederá a hacer esta auditoría semestralmente.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción de la dependencia con el departamento de mantenimiento.
- Aumento de la polivalencia del personal de máquinas.
- Reducción de averías, con la consiguiente disminución del tiempo de parada.

8.3.4. Ampliación del Sistema informático de gestión del mantenimiento

SITUACIÓN INICIAL

Como se ha visto anteriormente, actualmente en el Área de Materiales Compuestos de la Factoría Bahía de Cádiz, el departamento de mantenimiento únicamente lleva a cabo trabajos de mantenimiento correctivo.

Estos trabajos consisten en intervenciones para eliminar disfunciones de las instalaciones, que deben ser subsanadas tan pronto como sea posible (según la prioridad que se le asigne) o, aquellas que permiten la operatividad de la instalación y se subsanarán en un momento que no es necesario especificar a priori.

Para controlar los trabajos realizados, se basan en la utilización de un programa informático de gestión denominado MAXIMO, que contiene únicamente el módulo relativo a este tipo de mantenimiento correctivo.

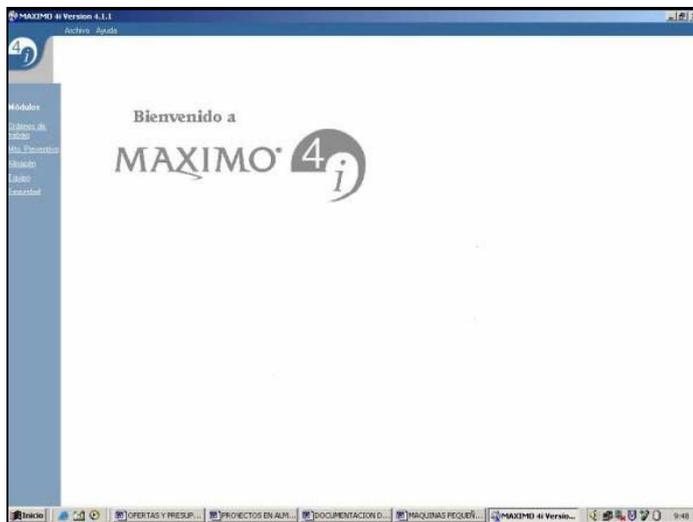


IMAGEN 253. DETALLE DEL PROGRAMA DE GESTIÓN MÁXIMO

Las bases sobre las que se apoya este sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador son las siguientes:

- Orden de trabajo.

Es el vehículo portador de la información básica involucrada en las decisiones a nivel operativo. Se comporta como corazón de las entradas al sistema, a partir del cual se alimentan las bases de datos y el sistema experto o sistema de ayuda a la ejecución del trabajo (programa MAXIMO). Las órdenes de trabajo se generan cada vez que se realizan operaciones de mantenimiento correctivo.
- Contenido de la orden de trabajo.

La orden de trabajo contiene, entre otra información:

 - Síntoma, el cual es codificado al generar la orden de trabajo.
 - Causa que ha generado dicha orden.
 - Solución.

Este contenido estará almacenado en el programa antes de ejecutar la orden de trabajo.

- Ejecución de las órdenes de trabajo.

Un módulo del programa se encarga del procedimiento por el cual un operario o un grupo de trabajo lleva a cabo una orden de trabajo, implementa la política que se haya establecido para las distintas clases de tareas y de circunstancias (nivel de prioridad o urgencia, estado y previsiones, disponibilidad de recursos, etc.).

El módulo de mantenimiento correctivo incluido en el programa de gestión MAXIMO permite registrar las siguientes operaciones:

- Recepción de las órdenes de trabajo derivadas de las averías encontradas en el área de producción, concretamente sobre los equipos: Fiber Placement, Autoclave y Ultrasonidos Automático.
- Histórico de órdenes de trabajo.
- Gestión de órdenes de trabajo durante la realización de los trabajos.
- Índices de gestión de mantenimiento correctivo.

Actualmente sólo se emplea este módulo de gestión para la generación de órdenes de trabajo cuando se estropea una máquina.

ACCIÓN DE MEJORA

La ampliación del sistema de Gestión de Mantenimiento asistido por ordenador, es un elemento crítico para la implantación real de un modelo de mejora de mantenimiento. Se trata de elegir un método de trabajo apoyado en la informática.

El objetivo general de esta ampliación del sistema de información es proporcionar un medio de análisis para la optimización de la gestión y ayuda a la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas. Como objetos particulares se contemplan los siguientes:

- Facilitar la programación de las tareas de mantenimiento y controlar su ejecución.
- Ayudar a planificar el aprovisionamiento de los recursos necesarios para realizar el mantenimiento, donde se incluye la mano de obra, los repuestos, las herramientas, los útiles.
- Facilitar la mejor utilización posible de los recursos.
- Producir informes acerca del estado del sistema general de mantenimiento, atendiendo a un conjunto de indicadores que permitan el control del mantenimiento en los diferentes sectores de la actividad.

Un requisito muy importante de los módulos de ampliación del sistema MAXIMO es que sean compatibles y se puedan integrar con todos los sistemas de información que ya existen en el área de Materiales Compuestos.

Dado los objetivos que se requieren cubrir con esta ampliación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador, es necesario que dicha ampliación considere la siguiente estructura y flujos:

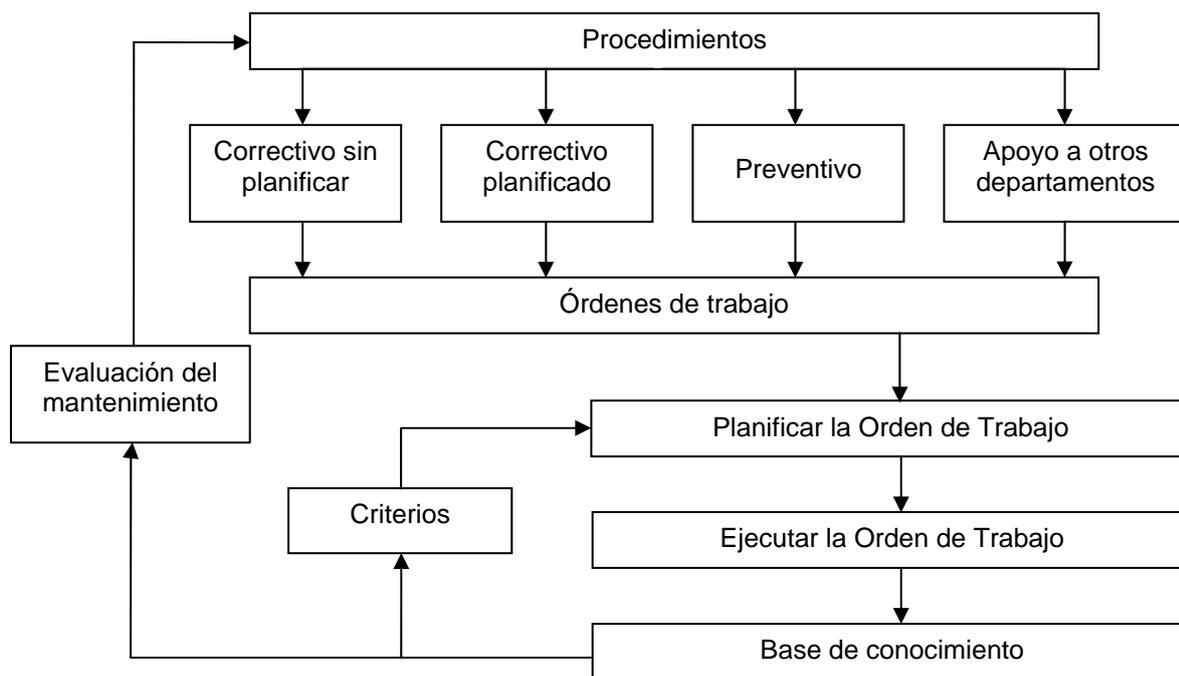


IMAGEN 254. Esquema teórico del Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador

De esta forma, a partir de la situación inicial planteada, es necesaria la implantación completa del sistema de gestión del mantenimiento asistido por ordenador, incluyendo los módulos referentes a Mantenimiento Predictivo, Preventivo y seguimiento de medidas correctoras.

Este proceso necesitará la implicación de la dirección para utilizar los recursos necesarios para llevarla a cabo, además de la involucración del personal correspondiente, ya que será un proceso bastante largo y muy costoso.

Esta mejora además se encuentra íntimamente unida a la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE FORMACIÓN, ya que para poder alcanzar estas ventajas será necesaria una formación en cuanto al uso del programa informático, de todos los futuros usuarios del mismo.

Para la incorporación de los nuevos módulos del programa de gestión del mantenimiento, hay que establecer contacto con la empresa distribuidora del soporte informático ALLEGRO SYSTEMS INTERNATIONAL y encargada de la implantación del mismo. Dicha empresa deberá ponerse en contacto periódicamente para presentar visualmente aquellas partes del programa que se hayan desarrollado de acuerdo a las necesidades específicas del departamento de mantenimiento.

❖ INCORPORACIÓN DE MÓDULO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El módulo de mantenimiento predictivo que se pretende incorporar en el programa informático, deberá permitir realizar las siguientes acciones:

- Posibilidad de añadir las planificaciones a las órdenes de trabajo.

- Posibilidad de control del automantenimiento por parte del personal de producción (MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO), para que el departamento de mantenimiento sea avisado y quede un registro electrónico de la anomalías detectadas por los operarios de máquina.
- Permita aplicar herramientas para el análisis de los resultados de las inspecciones.
- Contenga un sistema de registro histórico de resultados.
- Control de mantenimientos preventivos planificados para el futuro.

❖ **INCORPORACIÓN DE MÓDULO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Por otro lado, el módulo de mantenimiento preventivo a incorporar, deberá permitir realizar las siguientes acciones:

- Permitir el registro de todas las gamas de inspecciones a realizar sobre cada equipo.
- Programación de los trabajos.
- Planificación de los recursos humanos necesarios para realizar las tareas preventivas.
- Generar órdenes de trabajo para las inspecciones periódicas manuales en función de la programación.
- Gestión de las órdenes durante su realización.
- Asociar a las órdenes la planificación de todas las inspecciones a desarrollar.
- Disponer de un historial de órdenes de trabajo de mantenimiento predictivo.
- Cálculo de los índices para la gestión de esta clase de operaciones.
- Permitir aplicar herramientas para el análisis de los resultados de las inspecciones.
- Contener un sistema de registro histórico de resultados.

Como el trabajo de mantenimiento preventivo a menudo es un trabajo repetitivo que se lleva a cabo para que el equipo continúe funcionando eficientemente, el nuevo módulo del programa de gestión MAXIMO deberá permitir crear plantillas estándar para tareas, mano de obra, materiales, herramientas e información de seguridad necesarias para completar un trabajo. El uso de estas plantillas eliminaría la necesidad de ingresar en repetidas ocasiones información relacionada con el trabajo y la seguridad y evitaría riesgos de cambios no autorizados en procedimientos si ha habido cambios respecto de equipos y procedimientos, los que deben ser validados y estar vigentes para ejecutar las intervenciones que se pretenden.

❖ **INCORPORACIÓN DE MÓDULO DE SEGUIMIENTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTO**

El módulo de seguimiento, deberá permitir realizar las siguientes acciones:

- Generar documentos en los que detallen los diagnósticos alcanzados al analizar las órdenes de trabajo relativas a los mantenimientos correctivos y preventivos o en los que aparezcan los resultados de las inspecciones de mantenimiento predictivo.
- Acciones y medidas adoptadas a raíz de esas inspecciones predictivas.
- Objetivos marcados por el departamento.
- Tiempo de aplicación de medidas.

- Histórico de medidas correctoras, donde podamos encontrar información de todas y cada una de ellas, con todos los datos que lleven asociados y que nos permitan en un momento determinado realizar un seguimiento exhaustivo de ellas.

SITUACIÓN FINAL

Actualmente el Departamento de Mantenimiento se encuentra en negociaciones con la empresa distribidora del soporte informático, para la firma de un contrato para la incorporación de una ampliación del programa informático de gestión del mantenimiento. Está se desarrollará según las exigencias y necesidades de los nuevos tipos de mantenimientos que se irán incorporando, como son Preventivo y Predictivo.

IMAGEN 255. Generación de Orden de Trabajo Preventiva

Será necesaria la convocatoria periódica de una serie de reuniones con la empresa ALLEGRO SYSTEMS INTERNATIONAL para el seguimiento de los trabajos contratados.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Agilización y mejora en el seguimiento de las acciones de mantenimiento.
- Simplificación del manejo de información.
- Planificación y programación de operaciones sobre las máquinas, en función del conjunto de actividades pendientes.
- Detección de averías repetitivas.
- Control y compra de repuestos para las operaciones.
- Gracias a la capacidad de análisis, supondrá una disminución en los gastos que ocasiona el mantenimiento.

8.3.5. *Habilitar comunicación entre operarios de máquinas y mantenimiento de la empresa o de la empresa auxiliar*

SITUACIÓN INICIAL

Se analizó el registro de los tiempos de parada OEE de las máquinas del Área de Materiales Compuestos, surgidos de la mejora propuesta anteriormente: **IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE MÁQUINAS**.

De ello se detectó la existencia de numerosas paradas tanto para la máquina de Fiber Placement, como para la de Inspección Automática por Ultrasonidos, consecuencia de la necesidad de aplicarles un mantenimiento correctivo debido a averías.

Posteriormente se determinó que los tiempos de parada se incrementaban aún más debido a la estricta burocracia existente entre los operarios de la planta y las empresas externas que tienen sus puestos de trabajo en la misma planta de producción.

Entre las empresas que actúan en el Área de Producción de Materiales Compuestos, varias realizan labores de mantenimiento que no pueden ser delegadas al propio departamento de mantenimiento de dicha planta debido a varias causas:

- Dificultad en el proceso.
- Operaciones de mantenimiento demasiado específicas, por lo que no se cuenta con los medios para realizar estas actividades.
- Falta de tiempo por parte del propio departamento de mantenimiento de la planta, para dedicarse a trabajos adicionales.

Estas causas, que propiciaban la existencia de un contacto con trabajadores de determinadas empresas auxiliares, dieron origen a problemas, consecuencia de la organización y los contactos entre los operarios. La forma de actuar dependía de las normas existentes, y una de ellas era que los operarios de las empresas auxiliares no podían recibir directamente órdenes de otros empleados de la propia empresa.

Se estableció que los operarios auxiliares recibiesen las órdenes que les serían emitidas por un jefe, perteneciente a la empresa auxiliar y que estaba a cargo de los mismos. Esa persona era la mediadora entre la empresa y la empresa auxiliar a la que pertenecían. A su vez, este jefe de los operarios de la empresa auxiliar solo podía recibir órdenes del jefe de mantenimiento de la empresa, estableciéndose de esta forma el nexo de unión entre ambas empresas.

Por otro lado, para que quedara constancia formal de las intervenciones que se llevaban a cabo, las incidencias se registraban por medio del programa MÁXIMO. Este programa también se empleaba, en muchas ocasiones, como comunicación entre el Área de Materiales Compuestos y la empresa auxiliar.

Los únicos usuarios dados de alta en el programa eran:

- El Jefe de Producción de la planta, en cuanto al registro de las incidencias producidas en la máquina de Fiber Placement y Autoclave.
- El Jefe de Calidad, para el registro de las incidencias de la máquina de Inspección Automática por Ultrasonidos.

- El Jefe de mantenimiento, el cual valoraba a quien correspondía la competencia de solventar cada incidencia registrada, si al departamento de mantenimiento propio o a los auxiliares; y daba la orden a la empresa auxiliar.

Esto ocasionaba problemas en numerosas ocasiones en las que ocurrían incidencias cuando no se encontraba el Jefe de mantenimiento. Esto se debía a que si éste no había delegado sus competencias en nadie, los trabajadores de la empresa auxiliar no podían recibir órdenes para actuar sobre la avería. Esto generaba paradas que se han podido prolongar a varias horas hasta poder ser solucionadas.

ACCIÓN DE MEJORA

A raíz de la situación inicial presentada, se intentó dar solución, por una parte facilitando el acceso a las diferentes partes del programa. En este sentido se procuró dar acceso al programa a un número mayor de personas. Siempre se tendría que acceder a través de una clave personal y única, de manera que al entrar en el programa sólo se tuviera acceso a aquellas partes del programa sobre las que el operario en cuestión tuviera competencias, y que en cada una de esas partes sólo se le permitiera la utilización de aquellas opciones que fueran más adecuadas a su puesto.

Otra propuesta de mejora consistía en la habilitación de un teléfono de contacto para que algunos miembros del departamento de mantenimiento estuvieran siempre localizados, para comunicarles averías que ellos mismos podían solucionar.

SITUACIÓN FINAL

Se facilitó el acceso al programa MÁXIMO a los siguientes implicados en la aparición de incidencias en las máquinas:

- Algunos operarios de las máquinas de Fiber Placement, Autoclave e Inspección Automática por Ultrasonidos, para registrar las incidencias en el programa y de esta manera ponerlas en conocimiento rápidamente al departamento de mantenimiento de la empresa.
- Toda persona que formase parte o trabajase de forma continua para el departamento de mantenimiento de la empresa desde cualquiera de los terminales pertenecientes al mismo. De esta forma podían actuar con mayor rapidez sobre las incidencias que fueran de su competencia.
- Todos los operarios de la empresa auxiliar de mantenimiento, para poder visualizar las incidencias de su competencia y actuar en consecuencia.

También se llevó a cabo la propuesta de habilitar un teléfono para algunos miembros del departamento de mantenimiento.

Anteriormente a la implantación de esta mejora, las paradas producidas por las dificultades de comunicación entre la empresa y la empresa auxiliar de mantenimiento generaban pérdidas importantes debido a la cantidad de horas que éstas, por término medio, suponían.

Una vez llevada a cabo esta mejora, se ha comprobado que cada vez que se producía una incidencia no era necesario reclamar al escaso personal, que en la situación inicial tenía acceso al programa de gestión MÁXIMO, con lo que se agilizaban las tramitaciones de las incidencias. Por ello, una vez solucionada la situación inicial, se ha deducido que esta mejora ha supuesto un ahorro de costes importante para la empresa.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción del tiempo de espera para la actuación del departamento de mantenimiento sobre la avería ocasionada, con la consiguiente reducción del tiempo de parada de máquina.
- Disponibilidad horaria para comunicación con departamento de mantenimiento.

8.4. Logística

8.4.1. Relación Proveedor-Empresa

SITUACIÓN INICIAL

En la Empresa se realizaba una gestión poco eficiente de las relaciones que mantiene con sus proveedores. Existía una falta de concienciación sobre que los proveedores forman parte de la cadena por la que fluye el negocio.

Se pensaba que:

- Cuanto mayor fuese el número de proveedores que suministrasen un determinado material, mayor era la posibilidad de conseguir un buen precio.
- Realizar pedidos en gran cantidad evitaba no tener que realizar varios pedidos.

El número de proveedores era muy variado, pero no se les realizaba una evaluación periódica de sus entregas. Con lo que cuando no cumplían con las entregas o con los plazos, la empresa actuaba únicamente parando la fabricación y reclamándole de forma urgente el material a dicho proveedor.

Por estos motivos se sucedía en el área de materiales Compuestos una serie de problemas:

1. Existencia de excesivo material perecedero.
2. Excesivo material sin lugar físico donde colocarlo.

Estos problemas eran debidos al pedido de grandes cantidades para evitar tiempos de espera grandes en ser recibidos, ya que los proveedores de determinados productos son extranjeros.



IMAGEN 256. Material sin Ubicación Específica

Estos dos problemas generaban a su vez un problema de costes, ya que esos productos quedaban almacenados en el interior de la factoría. No se consideraba la compra en menores cantidades y más periódicas. Los costes que ocasionaban eran los siguientes:

- **Costes de Posesión o Almacenaje:** contar con las existencias cuesta a la empresa una fuerte cantidad de dinero en las diversas actividades relacionadas con el mantenimiento y el control de los materiales que almacena, por ello a mayor cantidad almacenada mayor es el costo anual de poseer materiales. Estos costos se expresan como un porcentaje del promedio anual del

valor del inventario, en el cual se consideran gastos de caja y costos intangibles pero reales en que se incurren por tener existencias, los costos de posesión se clasifican en:

- **Coste de Capital:** Los inventarios forman gran parte del capital de trabajo de una empresa, que al transformarse en materiales no produce intereses mientras no tiene movimiento. Es como mantener dinero ocioso que al estar convertido en materiales no puede invertirse en otras actividades productivas.
 - **Coste de Seguros:** tener materiales implica el riesgo de perderlos, el caso más común en este área es el deterioro, y por ello la empresa asegura sus existencias; el valor de la prima del seguro que toma la empresa es un gasto que corresponde al coste de poseer materiales en almacenes y que generalmente es fijado como un porcentaje sobre el valor promedio del inventario.
 - **Coste de Almacenamiento:** tener materiales en los almacenes exige cuidarlos, ubicándolos en un determinado espacio y mantenerlos para evitar su deterioro, así como controlarlos para eliminar los desperdicios, la obsolescencia y la acumulación de materiales sin movimiento. Esto origina horas-hombre para el control y cuidado de todos y cada uno de los artículos almacenados, que lógicamente, es mayor cuanto mayor es el volumen y la variedad de los materiales con que cuenta la empresa. Esto no impide que algunos materiales sobrepasen su fecha de caducidad y no sean aptos para la fabricación, lo que ocasionaría a su vez otro tipo de costes, Costes por Inutilización de Material (Material Obsoleto).
3. Falta de material en un momento determinado del proceso de fabricación, lo cual genera los siguientes costes:
- **Costes de faltantes o rotura de stock:** la no existencia de un artículo o materia prima necesaria cuando que necesita, tiene un costo que en algunos casos llega a ser de consideración, por cuanto la falta de este material puede interrumpir las operaciones de fabricación del área, generando mano de obra y equipo ociosa, elevando el costo de fabricación o a veces realizar compras de "último momento" a un mayor precio que el que pudo obtenerse de haber tenido existencias en almacén.
4. Recepción por parte de los proveedores de material defectuoso, lo que origina problemas de costes asociados a su devolución y paros en la fabricación.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso, para mejorar esta situación una serie de acciones que debieron ser revisadas y estudiadas por el Departamento de Compras del Área de Materiales Compuestos de la Factoría, para ver sobre qué proveedores de los materiales para la fabricación, podía incidir de forma más adecuada.

❖ VÍNCULOS CON LOS PROVEEDORES

En la relación con el proveedor, una manera de eliminar despilfarros, en forma de excedentes de existencias, es reducir las cantidades de los pedidos. Había que realizar algunos cambios para que la reducción de las cantidades de los pedidos fuera factible:

- Minimizar la burocracia.
- Entregas eslabonadas.
- Simplificar la gestión de las existencias.

Primero se tuvo que simplificar la burocracia para que hubiera menos papeleo relacionado con los pedidos. Si con cada entrega se debía hacer el mismo papeleo, éste aumentaría cuando hubiese una entrega cada periodo de tiempo inferior. Pero se podría reducir, por ejemplo, enviando un solo pedido al mes pero programando entregas parciales diarias o semanales del mismo, en función de su necesidad.

Más entregas significaban también mayores costes de transporte porque había que hacer más viajes. Para reducir el coste de enviar volúmenes más pequeños se puede utilizar un sistema eslabonado. Los proveedores se turnan para hacer las entregas a la fábrica, pasando por otros proveedores en el camino. Para los proveedores de grandes cantidades se pueden mantener las entregas directas si las cantidades lo justifican. Este sistema eslabonado exige una cierta organización, pero tiene la ventaja de que disminuye el coste de los envíos.

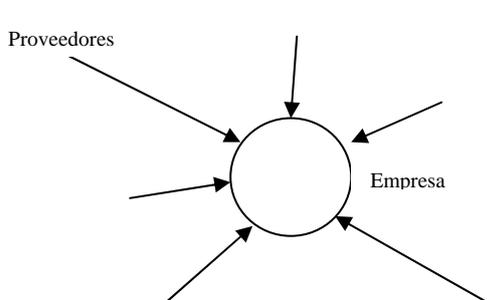


IMAGEN 257. Sistema radial de entregas

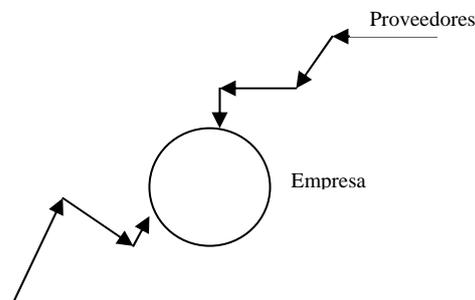


IMAGEN 258. Sistema eslabonado de entregas

Pero para que este sistema eslabonado no cree problemas con las diversas documentaciones o albaranes que vendrían acompañando a las piezas (que serán mayores al realizar pedidos de menor cantidad), se propuso la creación de un almacén logístico llamado “MCI” el cual recogerá y almacenará los elementos de los proveedores y realizará un único envío a la Factoría, una vez a la semana.

Además se propuso el uso de ese almacén logístico, para el envío de elementos terminados y que él se ocupase de su distribución a los clientes. Por tanto este sistema realizaría un único viaje, conectando el centro Bahía de Cádiz con sus clientes y proveedores mediante dos recorridos circulares, uno en cada sentido (carga-descarga).

Cuando los artículos llegaban a la planta, había que simplificar la gestión de las existencias de modo que los artículos llegasen rápidamente a las áreas de producción. Esto significa reducir la inspección y el inventario de entradas, contratando con el proveedor una calidad delegada. Si el producto enviado presentase algún defecto a la hora de ser usado, la empresa lo comunica al proveedor correspondiente y se le impone una sanción económica previamente acordada con ellos, para este tipo de casos.

Con ello se logran los objetivos propuestos: recogida diaria de elementos permitiendo una mayor frecuencia y fiabilidad de entrega, reactividad, optimización del transporte y reducción de inventario, junto con una mejor planificación de la actividad del almacén.

La simplificación de la burocracia y de la gestión de existencias, junto con las entregas en cadena, son cambios necesarios para facilitar los vínculos con el proveedor dentro de la filosofía “Just in Time” (JIT). Los principales requisitos que deben cumplir los vínculos con los proveedores JIT son:

- Alto nivel de calidad
- Reducción de las cantidades de los pedidos
- Más cortos y más fiables tiempos de ciclo

De esta forma, se contribuye a disminuir los niveles de inventario y la incertidumbre respecto al proveedor. Si se puede asegurar que el proveedor entregará productos de alta calidad a tiempo, se puede reducir nuestro stock de seguridad, junto con la necesidad de inspeccionar los productos que se reciban, y no habrá ninguna interrupción de la producción a causa de artículos de calidad deficiente o de retrasos en las entregas.

Para evaluar a los proveedores se creó una base de datos que permite una clasificación de los mismos según cumplan los requisitos que se les exige. Los proveedores se van a clasificar en varias categorías según los resultados obtenidos en las entregas:

- Puntualidad en las entregas:
 - A, muy buenas
 - B, buenas
 - C, deficiente
- Calidad de los productos entregados:
 - 1, muy buena
 - 2, buena
 - 3, deficiente

❖ UN SOLO PROVEEDOR

Aunque las ventajas de tener varios proveedores de un solo material son:

- Una mayor seguridad en el suministro, ya que el fallo de un proveedor no interrumpirá el suministro.
- Reducción del coste del producto (al poder tener un cierto poder de negociación).

La opción que se propuso de reducir a un solo proveedor tiene las siguientes ventajas:

- Al suministrar un solo proveedor una mayor cantidad de material, el coste del mismo disminuirá, ya que gran parte de los gastos fijos continuarán siendo los mismos.
- Al solicitar un volumen mayor de material que anteriormente, este puede ser lo bastante importante como para que el proveedor realice una inversión futura en la mejora de su proceso productivo, para conseguir una fabricación más alta y eficiente. Esto será de suma importancia, teniendo en cuenta que la necesidad de fabricación de elementos crece día a día y se necesita cada vez más material. En el caso de varios proveedores como se tiene actualmente, el volumen que se solicita a cada uno es muy inferior y como consecuencia no les es satisfactorio realizar

una inversión para mejorar su producción, por lo que cuando se les solicita más material al crecer la producción, estos son incapaces de cubrirla.

- Reducción de los problemas de gestión al no tener que tratar materiales de varios proveedores. Reduciendo la cantidad de tiempo empleado para dar entrada a materiales iguales con distintas referencias y lotes en los almacenes de la factoría, por parte del personal de Control de Producción.

❖ CONTRATOS A LARGO PLAZO CON LOS PROVEEDORES

La solución al problema de que el proveedor no sea capaz de suministrar la cantidad de material necesario en el tiempo estipulado, no sólo radica, cómo se comentó anteriormente, en realizar pedidos de un volumen mayor, para que así este vea una inversión adecuada en mejorar su proceso de fabricación. Los hasta ahora, contratos a corto plazo pueden ser más problemáticos y costosos porque no ofrecen al proveedor ningún incentivo para invertir en dicha mejora de su proceso. Hasta ahora se han utilizado porque proporcionaban precios más competitivos. Siempre a expensa de la calidad del producto y el servicio.

Se propuso por tanto la realización de un contrato a largo plazo con los proveedores de los materiales que son más críticos, en el proceso de fabricación:

- Adhesivo.
- Manta Aireadora.
- Airwaver.
- Film de Bolsa de Vacío.
- Termopares.
- Tomas de vacío.

De esta forma conseguiremos alcanzar las siguientes mejoras:

- Más fiabilidad en las entregas.
- Mayores oportunidades de inversión.
- Productos de mejor calidad.
- Menor coste.

Se considera que con un contrato a largo plazo el proveedor mantendrá sus promesas de entrega. El Área de Materiales Compuestos de la empresa, se convierte de esta forma en un cliente importante, especialmente si se compra al mismo proveedor una familia de productos, como puede ser a Hexcell Composites, la compra de todo el material necesario para la fabricación de las bolsas de vacío. Con esto satisfarán en primer lugar las necesidades de nuestra empresa. Este contrato también ofrece al proveedor una mayor sensación de seguridad.

En el contrato deberán quedar recogidas las fechas de entrega y los niveles de calidad que se requieren, con lo que al proveedor no le queda ninguna duda de la importancia de mantener la calidad de los productos, e incluso mejorarla. Esto le forzará a realizar inversiones para facilitar la producción de la familia de productos. Las inversiones junto con el mayor volumen de producción, llevará al proveedor a reducir costes.

Antes de proceder a realizar este paso, es necesario asentar los vínculos con el proveedor. Estudiando mediante el baremo visto anteriormente, al proveedor, en cuanto a puntualidad en las entregas y calidad de los productos entregados.

❖ **PROVEEDORES CERCANOS**

Si los proveedores son más cercanos a la Factoría, el tiempo de suministros y el coste de transporte se reducen considerablemente. Si el transporte se realiza en unas pocas horas, sólo habrá que notificar al proveedor con un plazo máximo de una semana, lo que reduce de forma considerable los problemas haber realizado un pedido de material en exceso, ya que puede programarse mejor la producción. De esta forma los proveedores pueden eliminar despilfarros por inventario asociado al plazo de entrega y disminuir el riesgo de entregar grandes cantidades de material defectuoso.

El hecho de que los costes de transporte suban mucho más rápido que otros costes es un argumento cada vez más poderoso a favor del uso de proveedores más cercanos a esta Factoría de Producción.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Aumento de la fiabilidad de las entregas.
- Reducción de los costes de posesión o almacenaje asociados al material obsoleto en las zonas de trabajo.
- Reducción del tiempo de suministro de los materiales.
- Reducción de la rotura de stock, con la consiguiente reducción de las interrupciones en la fabricación.

8.4.2. Comunicación con Proveedores

SITUACIÓN INICIAL

El trabajo desarrollado en el Área de Materiales Compuestos requiere necesariamente un continuo contacto con las empresas proveedoras para llevar a cabo diversas acciones:

- Comunicarles un pedido.
- Seguimiento de un pedido.
- Reclamarles material.
- Facturar el pedido, etc.

Para ello, la mayor parte de la comunicación con los proveedores se efectúa por vía telefónica, que es la herramienta central de este proceso, y en determinadas ocasiones por fax o correo electrónico.

Por otro lado, es necesario disponer de una gran cantidad de documentación relativa a los pedidos y a los proveedores (hojas de pedido, albaranes, facturas, datos de interés de la empresa suministradora, etc.). Dicha información debe ser archivada, lo cual supone ocupar un espacio físico. Pero en muchos casos a la hora de buscar un documento, debido a la existencia de gran cantidad de documentación, se requiere emplear bastante tiempo y puede que sea difícil de encontrar, añadiendo la posibilidad de pérdida del documento buscado.

ACCIÓN DE MEJORA

A pesar de que las vías utilizadas dan resultados, la comunicación con los proveedores podría mejorarse a través de un sistema más avanzado muy habitual hoy en día.

En este sentido, la tecnología puede ayudar a optimizar la relación con dichas empresas proveedoras. Cabe destacar que la inversión económica requerida por esta medida es mínima. Gracias a ella se puede ganar no sólo tiempo, sino también eficacia y profesionalidad frente a los clientes.

La mejora a aplicar está basada en el control de los siguientes campos:

1. Comunicación con los proveedores.

Para reducir el uso continuado del teléfono, y de otros medios de comunicación, se propone la inclusión en la página web de la factoría, de una sección, denominada EXTRANET, en la que colocar los documentos o los pedidos que se quieran hacer llegar a los proveedores.

Una Extranet no es más que una puerta que sólo se abre a los usuarios a los que se les quiere dejar pasar, en este caso los proveedores, y que permite acceder a una zona restringida con documentos, páginas y elementos que se quiere que sólo vean ellos. La entrada se realiza mediante vía contraseña, con lo que la seguridad de la página no disminuye en absoluto si está bien programada.

Las ventajas que ofrece la utilización de la EXTRANET son numerosas. Algunas de las cuales son:

- La comunicación con el proveedor ya no tiene horarios ni limitaciones geográficas. Se pueden ver sus pedidos o necesidades las 24 horas del día, los 365 días del año.
- La comunicación es directa, sin intermediarios, sin nadie que tenga que enviar nada ni esperar confirmación alguna.
- Se evita la duplicidad de documentos.
- Ya no tiene que haber un encargado de realizar los inventarios o pedidos. Basta conservar un único documento en un lugar al que puedan acceder todos los empleados del departamento, y al que cualquiera de ellos puede añadir sus peticiones.
- Se evita la posibilidad de pérdida de algún documento.
- La comunicación es recíproca. Puede permitir que sus proveedores dejen a su vez los documentos que quieran en esa extranet (como pueden ser facturas o albaranes de envío).

2. Seguimiento del estado de los pedidos.

El seguimiento de los pedidos va a requerir de la herramienta online antes mencionada, que permita hacer comprobaciones en tiempo real, independientemente del horario laboral. Además no sólo se puede saber el estado del pedido, sino también las opciones de recepción en cada caso, el tiempo estimado de llegada, los posibles retrasos, etc. Además, se puede incluir un módulo de envío de recepción a “sms” para los mandos de taller y jefes de área, para poder recibir información en cualquier lugar y momento.

3. Control de las necesidades.

Con la instalación del sistema Extranet, no sólo se consigue ofrecer toda la información necesaria a los proveedores de forma sencilla y fácil de controlar, sino que además, usando herramientas como Microsoft Excel o Microsoft Access, se puede ir avanzando los próximos pedidos. De esta forma el proveedor sabrá cuáles serán las futuras necesidades e irá adelantándose a ellas.

Sólo existe un inconveniente, el proveedor tiene que contar con la tecnología necesaria para hacer todo esto posible. Pero aquí es donde entra en juego la capacidad de la empresa de elegir al proveedor que más le convenga, teniendo en cuenta, entre otras cosas, que disponga de las herramientas necesarias y que éstas sean a su vez compatibles con las suyas.

SITUACIÓN FINAL

Actualmente, el departamento de informática de la empresa está realizando una modificación en su página web con objeto de diseñar una sección de Oficina Virtual, la llamada EXTRANET.

Posteriormente se procederá a dar la autorización a los diferentes proveedores para que se les permita acceder la EXTRANET. Para ello se les facilitará una contraseña.

Una vez dados de alta, cada proveedor podrá acceder dentro de la EXTRANET al Centro con el que tenga concertados los pedidos. De esta manera podrán gestionar los pedidos en que están inmersos directamente.

Este proceso de diseño y puesta en funcionamiento de la Oficina Virtual es largo y se prevé que aproximadamente dentro de un año estará operativo.

Esta mejora se trata de una iniciativa piloto que comenzará implantándose para la factoría Bahía de Cádiz. Si de su puesta en práctica se obtiene unos resultados satisfactorios, esta mejora se pretende extender en una segunda fase a las factorías de Getafe, en Madrid y San Pablo y Tablada, en Sevilla.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Simplificación del proceso de comunicación, seguimiento y liquidación de pedidos a proveedores.

8.5. Flexibilidad y Reactividad en Producción

8.5.1. SMED

Uno de los primeros lugares para aplicar una mejora orientada a la consecución de Lean Manufacturing es sin duda la reducción del tiempo de cambio de útiles ya que:

- Se trata de proyectos sencillos y en una zona aislada.
- Los resultados son muy visibles, en la reducción del tiempo de cambio.
- La metodología es clara y estructurada.

Es decir, se trata de unos proyectos con resultados fácilmente alcanzables y que afectan directamente a una parte importante de los siete desperdicios.

- Sobreproducción: los tiempos de cambio largos hacen que sea necesario espaciar los lotes de piezas, para que los costes de producción sean razonables. Los proyectos de mejora del tiempo de cambio atacan directamente la raíz de este problema permitiendo fabricar de forma económica lotes pequeños y, por tanto, reduciendo la sobreproducción.
- Tiempo: en general, los tiempos de cambio de útil son debidos a ineficiencias que hacen que se pierda el tiempo buscando útiles o realizando tareas que podrían hacerse con la máquina en marcha.
- Movimientos: se realizan numerosos movimientos innecesarios, para proceder al cambio de un útil o la búsqueda de una herramienta, mientras la máquina se encuentra parada.
- Calidad: el resultado de un cambio de útil mal realizado es casi siempre el mismo, la fabricación de productos de mala calidad durante la fase de ajustes. Una buena estandarización del cambio mejora también este aspecto.

Los beneficios del cambio de útil son, por tanto, evidentes y para alcanzarlos sólo debemos dar dos pasos: conocer el enfoque específico de la herramienta y cómo utilizarla dentro del entorno Lean Manufacturing.

❖ ¿QUE SE ENTIENDE POR CAMBIO DE UTILLAJE EN UNA MÁQUINA?

Es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio.

Aunque la palabra SMED significa “cambiar en menos de 10 minutos”, esto no tiene porque ser el objetivo.

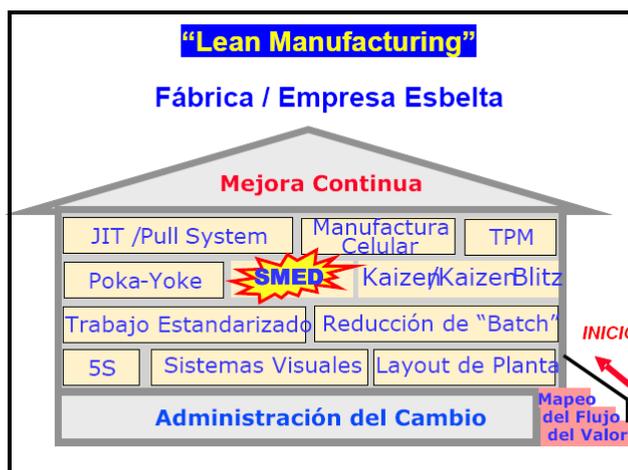


IMAGEN 259. Lugar que ocupa el Sistema SMED en el Lean Manufacturing

Dentro de esta mejora incluiremos las diversas máquinas utilizadas en el proceso de Fabricación de los Revestimientos de los motores del A380 TRENT900, que serán las siguientes:

- **SMED EN MÁQUINA DE FIBER PLACEMENT**
 - **CAMBIO DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN DE BOBINAS**
- **SMED EN MÁQUINA DE AUTOCLAVE**
- **SMED EN MÁQUINA DE INSPECCIÓN AUTOMÁTICA POR ULTRASONIDOS**
 - **CAMBIO DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN POR UN SISTEMA DE APRIETE FÁCIL**

Algunos de los tiempos que tenemos que eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Las mangueras de conexión, cuchillas, matrices,.....no están en condiciones de funcionamiento.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

El SMED, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios.

Como caso genérico partiremos de la base de que con esta técnica puede reducirse el tiempo de cambio un 50% sin inversiones importantes.

Para ello hablamos de dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio:

- **INTERNAS:** incluye todas las operaciones que sólo deben realizarse estando la máquina parada.
 - Fijación del útil a la máquina.
 - Ajustes.
- **EXTERNAS:** incluye todas aquellas operaciones que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento.
 - Transporte de útiles.

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.

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, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

La implantación del proyecto SMED consta de cuatro etapas:

ETAPAS	ACTUACIÓN
Etapa Preliminar	Estudio de la operación de cambio
Primera Etapa	Separar tareas internas y externas
Segunda Etapa	Convertir tareas internas en externas
Tercera Etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

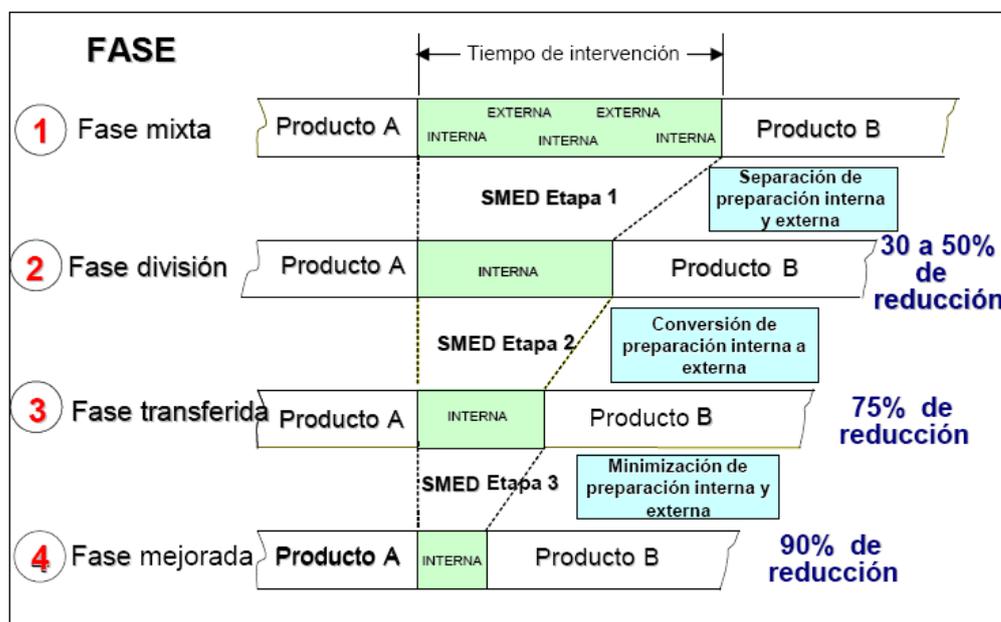


IMAGEN 260. Visión General del Sistema SMED

❖ **ETAPA PRELIMINAR**

Lo que no se conoce no se puede mejorar, por ello en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio. Deben registrarse y controlarse, además de anotar las incidencias habidas, para hacer una estimación del tiempo actual.
- Estudiar las condiciones actuales del cambio
- Análisis con cronómetro
- Entrevistas con operarios
- Grabar en video
- Mostrarlo después a los trabajadores
- Sacar fotografías

Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que invirtamos en su estudio puede evitar posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

En la implantación de un sistema SMED, hemos seleccionado a un grupo de personas que conocen muy bien el proceso de fabricación. Este equipo estará compuesto por:

- Operarios de los tres turnos en los que funciona la máquina determinada (tanto el Fiber Placement, como el Autoclave, como la Inspección Ultrasónica trabajan a tres turnos, cinco días a la semana).
- Mandos de Taller.
- Jefes de Área.
- Operarios de Grupo de Apoyo a Máquinas.

Se ha hecho necesario la formación complementaria sobre:

- Metodología SMED.
- Funcionamiento y Mantenimiento de la máquina.
- Trabajo en Equipo.
- Adiestramiento para montar elementos, medir, centrar, ajustar, calibrar,.....
- Herramientas básicas de calidad) hoja de toma de datos, diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, etc.).
- Técnicas complementarias (orden y limpieza, eliminación del despilfarro, control visual, etc.).

Debido a este hecho, esta formación se incluye dentro de la MEJORA: **IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE FORMACIÓN**, descrita anteriormente. Ya que mediante la realización de una serie de cuestionarios, se ha detectado la falta de conocimientos en esta área de Lean Manufacturing.

8.5.1.1. Aplicación de técnica SMED a máquina Autoclave y Fiber Placement

Uno de los ejercicios más didácticos de realizar y más importantes a la hora de acometer un cambio de útil, es el Diagrama de “Spaghetti”. Para realizarlo se dibuja sobre un plano el recorrido de la persona que realiza el cambio. El resultado es casi siempre una maraña de líneas con forma de “Spaghetti”. Los proyectos de reducción de tiempo de cambio atacan directamente este problema.

Para facilitar el análisis del cambio, lo primero es documentar la situación actual. Se ha utilizado la forma más tradicional, que ha consistido en identificar y cronometrar cada una de las tareas, anotando cada uno de los detalles significativos para el análisis posterior. También, posteriormente se procedió a grabar el cambio en video, lo que tiene algunas ventajas:

- Se puede visualizar cada operación repetidas veces.
- Se recogen opiniones del personal sin interrumpir su trabajo.
- Evita interpretaciones subjetivas contradictorias.
- Es mejor aceptado que los estudios de tiempo.
- Es más fácil analizar la información visual que la escrita o verbal.
- Puede utilizarse para la formación.
- Sirve de referente para analizar las desviaciones del tiempo de cambio.

Posteriormente, con la información obtenida, se han listado las operaciones y se ha calculado el tiempo de cada una de ellas, como puede verse en cuadro de Toma Inicial de Datos para Autoclave y Fiber Placement.

Tras la realización del análisis inicial del proceso para la Carga de Útiles en la máquina Autoclave, correspondiente al paso previo de la Técnica SMED, en la que se tomaron datos directos del proceso, así como la realización de un video del cambio de útiles, para la posterior formación del personal, se observó que todas las tareas se ejecutan con la máquina parada, es decir todas tareas son internas.

El proceso de carga de autoclave es el mismo, independientemente del programa que se esté cargando A340, A380TRENT900 y A380GP.

❖ PRIMERA ETAPA

En esta primera fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada, pero se hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas.

En el siguiente cuadro, encontramos las operaciones desglosadas en dos categorías. En el primero (INTERNAS) se incluyen aquellas tareas que o bien por su naturaleza, o bien atendiendo a razones de seguridad, u otras razones, deben realizarse con la máquina apagada. En el segundo (EXTERNAS), se incluyen las operaciones que podrían realizarse durante el funcionamiento de la máquina. En esta primera fase, las conversiones de tareas internas en externas, se realizarían sin necesidad de hacer una inversión económica en el proceso.

TOMA INICIAL DE DATOS PARA AUTOCLAVE

	DURACIÓN		OPERACIÓN	HERRAMIENTA	COMENTARIO	INTERNA	EXTERNA	SIMULTANEO
1	0:14:00	I	Preparación de PEAU Izquierdo A380Trent y aseguramiento de las tomas de aire		Se debe realizar anclando con seguridad las eslingas al PEAU	0:14:00		
2	0:05:00	I	Instalar eslinga de transporte en elemento. Tensar eslinga			0:05:00		
3	0:05:00	I	Levantar y mover con Puente Grúa	Puente Grúa de la Sala Limpia		0:05:00		
4	0:01:00	I	Colocar en carretilla de transporte	Carretilla de 3.5 Tn		0:01:00		
5	0:04:00	I	Desmontar eslinga y soltar puente grúa			0:04:00		
6	0:04:00	I	Devolver puente grúa y eslinga a posición de reposo	Puente Grúa de la Sala Limpia		0:04:00		
7	0:05:00	I	Transporte del elemento en Carro a Sala Sucia	Carretilla 3.5 Tn		0:05:00		
8	0:03:00	I	Trasladar Puente Grúa y Eslinga de Transporte			0:03:00		
9	0:05:00	I	Instalar eslinga de transporte en elemento. Tensar eslinga			0:05:00		
10	0:05:00	I	Levantar y mover con Puente Grúa	Puente Grúa de la Sala Limpia		0:05:00		
11	0:02:00	I	Subir a Parrilla de Autoclave	Puente Grúa de la Sala Sucia	Hay que "enhebrar" el útil en la parrilla	0:02:00		
12	0:03:00	I	Desenganchar anillas de anclaje y eslinga	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:03:00		
13	0:02:00	I	Llevar y colocar la Probeta			0:02:00		
14	0:14:00	I	Preparación de PEAU Derecho A380Trent y asegurar tomas de aire			0:14:00		
15	0:07:00	I	Levantar, Mover y Colocar en Carretilla	Puente Grúa de la Sala Limpia		0:07:00		
16	0:02:00	I	Llevar a Sala Sucia	Carretilla 3.5 Tn		0:02:00		
17	0:05:00	I	Cargar a Parrilla y desenganchar anillas	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:05:00		

18	0:02:00	I	Llevar y colocar Probeta			0:02:00		
19	0:05:00	I	Carga Ensayo Derecho A340	Carretilla 3.5 Tn		0:05:00		
20	0:03:00	I	Asegurar tomas de aire			0:03:00		
21	0:02:00	I	Enganchar la carretilla	Carretilla 3.5 Tn		0:02:00		
22	0:05:00	I	Transportar a Autoclave	Carretilla 3.5 Tn		0:05:00		
23	0:11:00	I	Revisar Documentación			0:11:00		
24	0:02:00	I	Enganchar a los anclajes del puente	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:02:00		
25	0:02:00	I	Subir a la parrilla	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:02:00		
26	0:02:00	I	Desenganchar los anclajes	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:02:00		
27	0:02:00	I	Levar la probeta a mano a la parrilla			0:02:00		
28	0:06:00	I	Carga Ensayo Izquierdo A340 y asegurar tomas de aire		Quitar los tubos de aire de molestan, mover anillas en posición para las palas de la carretilla, mover gradas hacia los lados, asegurar tomas de aire	0:06:00		
29	0:08:00	I	Cargar y llevar al Autoclave	Carretilla 3.5 Tn		0:08:00		
30	0:02:00	I	Enganche Puente	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:02:00		
31	0:04:00	I	Colocación en Parrilla y desenganche	Puente Grúa de la Sala Sucia		0:04:00		
32	0:02:00	I	Colocar Probeta			0:02:00		
33	0:32:00	I	Descanso			0:32:00		
34	0:09:00	I	Repartir Tubos de Aire			0:09:00		
35	0:07:00	I	Repartir cables de compensación de los termopares			0:07:00		
36	0:05:00	I	Activar servoválvulas con SCADA			0:05:00		
37	0:05:00	I	Abrir manualmente válvulas de paso			0:05:00		
38	0:05:00	I	Empujar parilla con carretilla	Carretilla 3.5 Tn		0:05:00		
39	0:03:00	I	Carretilla a posición de seguridad	Carretilla 3.5 Tn		0:03:00		
40	0:27:00	I	Montaje termopares y tomas de aire en conexiones de la pared del Autoclave		Se comprueba que funcionen las tomas	0:27:00		
41	0:26:00	I	Prueba de vacío con SCADA			0:26:00		
42	0:12:00	I	Seguir montando....			0:12:00		
43	0:15:00	I	Más pruebas de Vacío			0:15:00		
44	0:07:00	I	Cierre Puerta para Ciclo			0:07:00		

			Automático				
45	0:05:00	I	Ejecutar Programa de Ciclo			0:05:00	
TOTAL						05:02:00	
TOTAL GENERAL						05:02:00	

Tiempo de Máquina Parada	302 min.
Tarifa	190 €
Coste	956 €
Días laborables al año	220
Tiempo ciclo medio	360 min.
Carga	302 min.
Descarga (2/3 de la carga)	201 min.
Total	863 min.
Ciclos Anuales	367 ciclos

TOMA INICIAL DE DATOS PARA FIBER PLACEMENT

	DURACIÓN (min)		OPERACIÓN	HERRAMIENTA	COMENTARIO	INTERNA	EXTERNA	SIMULTANEO
1	0:02:00	I	Aviso Cambio de útil		Se procede a avisar una vez ha concluido la fabricación de la pieza anterior	0:02:00		
2	0:05:00	I	Checklist	Util, Grua, cesta elevadora, forklift, eslingas, kit de cambio	Debemos comprobar que podemos disponer de los utensilios para el cambio, y que la zona está despejada	0:05:00		
3	0:25:00	I	Cambio de Cople en útil 2	Cople		0:25:00		
4	0:05:00	I	Eslingar carro y útil 2			0:05:00		
5	0:15:00	I	Llevar carro y útil 2 a zona de transferencia			0:15:00		
6	0:03:00	I	Eslingar carro 1			0:03:00		
7	0:05:00	I	Llevar carro a zona de transferencia			0:05:00		
8	0:05:00	I	Mover con forklift carro y útil 2 a zona de puente grúa			0:05:00		
9	0:02:00	I	Quitar barandillas de seguridad y dejar libre la zona de contrapunto			0:02:00		
10	0:08:00	I	Poner el útil 1 en posición de carga			0:08:00		
11	0:06:00	I	Eslingar el útil 1 en máquina			0:06:00		
12	0:15:00	I	Desatornillar el punto			0:15:00		
13	0:04:00	I	Sacar el pasador del husillo			0:04:00		
14	0:06:00	I	Aflojar el usillo			0:06:00		
15	0:03:00	I	Arrancar el pendant			0:03:00		
16	0:10:00	I	Desplazar el contapunto			0:10:00		
17	0:10:00	I	Mover x´(minima distancia) y mover contrapunto			0:10:00		
18	0:03:00	I	Tomar Y, en contrapunto			0:03:00		
19	0:06:00	I	Mover x´ del útil			0:06:00		
20	0:05:00	I	Llevar el útil 1 al carro 1			0:05:00		
21	0:06:00	I	Eslingar el útil 2			0:06:00		
22	0:05:00	I	Colocar en máquina el útil 2			0:05:00		

23	0:15:00	I	Atornillar el punto			0:15:00		
24	0:08:00	I	Acercamos el contrapunto			0:08:00		
25	0:04:00	I	Atornillamos el husillo			0:04:00		
26	0:03:00	I	Colocamos el pasador			0:03:00		
27	0:06:00	I	Deslingamos el útil 2			0:06:00		
28	0:02:00	I	Reponer barandillas de seguridad			0:02:00		
29	0:30:00	I	Limpiar útil			0:30:00		
30	0:10:00	I	Preparamos el útil 2 poniendo cinta azul			0:10:00		
31	0:05:00	I	Desplazamos el carro 2 a la zona de puente grúa			0:05:00		
32	0:03:00	I	Eslingamos el útil y carro 1			0:03:00		
33	0:10:00	I	Llevamos útil y carro 1 al almacén de útiles			0:10:00		
34	0:04:00	I	Devolver puente grúa y eslinga a posición de reposo			0:04:00		
TOTAL						04:14:00		
TOTAL GENERAL						04:14:00		

❖ SEGUNDA Y TERCERA ETAPA

Una vez tenemos identificadas las tareas que se realizan durante el cambio del útil, se estudiará cuales son aquellas tareas que son posibles o viables de realizar con la máquina parada. Es decir, reevaluamos si alguno de los pasos está erróneamente considerado como interno.

• **Operaciones que implican el traslado de útiles de izado con puente grúa.**

En este tipo de operaciones debemos tener en cuenta que el puente grúa es un recurso compartido entre los distintos programas del Área de Materiales Compuestos, por lo que se debe evitar en la medida de lo posible el retener el puente grúa más del tiempo necesario para realizar la operación para la que se necesita.

Los operarios deben tener este aspecto muy en cuenta, ya que si se procede a tomar alguna medida para mejorar el tiempo de cambio de útil, se debe procurar no perjudicar con ello a otro programa. Si esto se produjese no tendría sentido la mejora.

Las tareas de devolver el puente grúa a su posición de reposo, puede ser ejecutada mientras la máquina está en funcionamiento, debido a que una vez que desmontemos la eslinga del útil y lo liberemos, podemos realizar este movimiento con la máquina en marcha

• **Desplazamientos.**

En el caso de realizar desplazamientos, estos se podrán realizar con la máquina en marcha, es decir de forma solapada. Estos desplazamientos implican ir a recoger el útil necesario para la operación posterior o ir a devolver algún útil, por lo que podemos adelantar o atrasar estas operaciones para realizarlas cuando esté funcionando.

En este caso debemos cuidar que el almacenamiento temporal del útil a transportar no cree ningún obstáculo tanto para las máquinas como para las personas.

Una vez hemos analizado las posibles acciones que pueden pasar a ser externas, la clasificación de las tareas del proceso de cambio queda tal como se ve en la siguiente tabla:

CONVERSIÓN DE TAREAS INTERNAS A EXTERNAS (AUTOCLAVE)

	DURACIÓN		OPERACIÓN	HERRAMIENTA	COMENTARIO	INTERNA	EXTERNA	SIMULTANEO
1	0:14:00	E	Preparación de PEAU Izquierdo A380Trent y aseguramiento de las tomas de aire		Se debe realizar anclando con seguridad las eslingas al PEAU		0:14:00	
2	0:05:00	E	Instalar eslinga de transporte en elemento. Tensar eslinga				0:05:00	
3	0:05:00	E	Levantar y mover con Puente Grúa	Puente Grúa de la Sala Limpia			0:05:00	
4	0:01:00	E	Colocar en carretilla de transporte	Carretilla de 3.5 Tn			0:01:00	
5	0:04:00	E	Desmontar eslinga y soltar puente grúa				0:04:00	
6	0:04:00	E	Devolver puente grúa y eslinga a posición de reposo	Puente Grúa de la Sala Limpia			0:04:00	
7	0:05:00	E	Transporte del elemento en Carro a Sala Sucia	Carretilla 3.5 Tn			0:05:00	
8	0:03:00	E	Trasladar Puente Grúa y Eslinga de Transporte				0:03:00	
9	0:05:00	E	Instalar eslinga de transporte en elemento. Tensar eslinga				0:05:00	
10	0:05:00	E	Levantar y mover con Puente Grúa	Puente Grúa de la Sala Limpia			0:05:00	
11	0:02:00	E	Subir a Parrilla de Autoclave	Puente Grúa de la Sala Sucia	Hay que "enhebrar" el útil en la parrilla		0:02:00	
12	0:03:00	E	Desenganchar anillas de anclaje y eslinga	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:03:00	
13	0:02:00	E	Llevar y colocar la Probeta				0:02:00	
14	0:14:00	E	Preparación de PEAU Derecho A380Trent y asegurar tomas de aire				0:14:00	
15	0:07:00	E	Levantar, Mover y Colocar en Carretilla	Puente Grúa de la Sala Limpia			0:07:00	
16	0:02:00	E	Llevar a Sala Sucia	Carretilla 3.5 Tn			0:02:00	
17	0:05:00	E	Cargar a Parrilla y desenganchar anillas	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:05:00	

18	0:02:00	E	Llevar y colocar Probeta				0:02:00	
19	0:05:00	E	Carga Ensayo Derecho A340	Carretilla 3.5 Tn			0:05:00	
20	0:03:00	E	Asegurar tomas de aire				0:03:00	
21	0:02:00	E	Enganchar la carretilla	Carretilla 3.5 Tn			0:02:00	
22	0:05:00	E	Transportar a Autoclave	Carretilla 3.5 Tn			0:05:00	
23	0:11:00	E	Revisar Documentación				0:11:00	
24	0:02:00	E	Enganchar a los anclajes del puente	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:02:00	
25	0:02:00	E	Subir a la parrilla	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:02:00	
26	0:02:00	E	Desenganchar los anclajes	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:02:00	
27	0:02:00	E	Levar la probeta a mano a la parrilla				0:02:00	
28	0:06:00	E	Carga Ensayo Izquierdo A340 y asegurar tomas de aire		Quitar los tubos de aire de molestan, mover anillas en posición para las palas de la carretilla, mover gradas hacia los lados, asegurar tomas de aire		0:06:00	
29	0:08:00	E	Cargar y llevar al Autoclave	Carretilla 3.5 Tn			0:08:00	
30	0:02:00	E	Enganche Puente	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:02:00	
31	0:04:00	E	Colocación en Parrilla y desenganche	Puente Grúa de la Sala Sucia			0:04:00	
32	0:02:00	E	Colocar Probeta				0:02:00	
33	0:32:00	E	Descanso				0:32:00	
34	0:09:00	I	Repartir Tubos de Aire			0:09:00		
35	0:07:00	I	Repartir cables de compensación de los termopares			0:07:00		
36	0:05:00	I	Activar servoválvulas con SCADA			0:05:00		
37	0:05:00	I	Abrir manualmente válvulas de paso			0:05:00		
38	0:05:00	I	Empujar parilla con carretilla	Carretilla 3.5 Tn			0:05:00	
39	0:03:00	E	Carretilla a posición de seguridad	Carretilla 3.5 Tn			0:03:00	
40	0:27:00	I	Montaje termopares y tomas de aire en conexiones de la pared del Autoclave		Se comprueba que funcionen las tomas	0:27:00		
41	0:26:00	I	Prueba de vacío con SCADA			0:26:00		
42	0:12:00	I	Seguir montando....			0:12:00		
43	0:15:00	I	Más pruebas de Vacío			0:15:00		
44	0:07:00	I	Cierre Puerta para Ciclo			0:07:00		

			Automático					
45	0:05:00	I	Ejecutar Programa de Ciclo			0:05:00		
TOTAL						02:03:00	02:59:00	
TOTAL GENERAL						05:02:00		

Tiempo de Máquina Parada	123 min.
Tarifa	190 €
Coste	389.5 €
Días laborables al año	220
Tiempo ciclo medio	360 min.
Carga	123 min.
Descarga (2/3 de la carga)	82 min.
Total	565 min.
Ciclos Anuales	560 ciclos

CONVERSIÓN DE TAREAS INTERNAS A EXTERNAS (FIBER PLACEMENT)

	DURACIÓN		OPERACIÓN	HERRAMIENTA	COMENTARIO	INTERNA	EXTERNA	SIMULTANEO
1	0:02:00	E	Aviso Cambio de útil				0:02:00	
2	0:05:00	E	Checklist				0:05:00	
3	0:25:00	E	Cambio de Cople en útil 2				0:25:00	
4	0:05:00	E	Eslingar carro y útil 2				0:05:00	
5	0:15:00	E	Llevar carro y útil 2 a zona de transferencia				0:15:00	
6	0:03:00	E	Eslingar carro 1				0:03:00	
7	0:05:00	E	Llevar carro a zona de transferencia				0:05:00	
8	0:05:00	E	Mover con forklift carro y útil 2 a zona de puente grúa				0:05:00	
9	0:02:00	E	Quitar barandillas de seguridad y dejar libre la zona de contrapunto		Simultanear junto con las operaciones anteriores		0:02:00	X
10	0:08:00	E	Poner el útil 1 en posición de carga				0:08:00	
11	0:06:00	E	Eslingar el útil 1 en máquina				0:06:00	
12	0:15:00	E	Desatornillar el punto				0:15:00	
13	0:04:00	E	Sacar el pasador del husillo				0:04:00	
14	0:06:00	E	Aflojar el usillo				0:06:00	
15	0:03:00	E	Arrancar el pendant				0:03:00	
16	0:10:00	I	Desplazar el contapunto		Simultanear junto con las operaciones 20, 21, 22, 23 o hacer estas últimas con la máquina parada ya que la 24 es con máquina parada y no merece la pena arrancar la máquina para tan poco tiempo	0:10:00		X
17	0:10:00	I	Mover x´(minima distancia) y mover contrapunto			0:10:00		X
18	0:03:00	I	Tomar Y, en contrapunto			0:03:00		X
19	0:06:00	I	Mover x´ del útil			0:06:00		X
20	0:05:00	E/I	Llevar el útil 1 al carro 1			0:05:00		
21	0:06:00	E/I	Eslingar el útil 2			0:06:00		
22	0:05:00	E/I	Colocar en máquina el útil 2			0:05:00		
23	0:15:00	E/I	Atornillar el punto			0:15:00		
24	0:08:00	I	Acercamos el contrapunto			0:08:00		

25	0:04:00	E	Atornillamos el husillo				0:04:00	
26	0:03:00	E	Colocamos el pasador				0:03:00	
27	0:06:00	E	Deslingamos el útil 2				0:06:00	
28	0:02:00	E	Reponer barandillas de seguridad				0:02:00	
29	0:30:00	E	Limpiar útil				0:30:00	
30	0:10:00	E	Preparamos el útil 2 poniendo cinta azul				0:10:00	
31	0:05:00	E	Desplazamos el carro 2 a la zona de puente grúa				0:05:00	
32	0:03:00	E	Eslingamos el útil y carro 1				0:03:00	
33	0:10:00	E	Llevamos útil y carro 1 al almacén de útiles				0:10:00	
34	0:04:00	E	Devolver puente grúa y eslinga a posición de reposo				0:04:00	
TOTAL sin simultanear acciones						01:08:00	03:06:00	
TOTAL simultaneando acciones						00:39:00	03:04:00	
TOTAL GENERAL						04:14:00		

Se llegó a la medida preventiva de avisar el Inicio del Cambio de útil con al menos cuatro horas de antelación. Para poder conseguir tener en el momento preciso del cambio todas las herramientas necesarias para llevarlo a cabo y de esta forma no sufrir ningún retraso por la espera de alguna de ellas. Ya que si están siendo utilizadas por algún otro proceso, se debería de posponer el cambio hasta que fuese posible.

NOTA:

Un COPLE es un dispositivo que sirve para conectar los extremos de las flechas de dos equipos adyacentes. El Cople Ideal Debe Cumplir Con Las Sigüientes Condiciones:

- Transmitir eficientemente la potencia total.
- Compensar el inevitable desalineamiento de las flechas.
- Absorber la vibración. Amortiguar las cargas de impacto.
- Tener pocos accesorios y fácil instalación.
- De fácil mantenimiento y reparación.
- No necesitar lubricación o de fácil lubricación.
- Bajo costo.



Cuando se fuese a empezar el cambio es necesario que el operario de máquinas rellene una hoja de “CHESKLIST”, para que quede registrado si existen los medios adecuados y si existen observaciones al respecto que el operador crea que se debe saber para el futuro. Este Chesklist sería el siguiente:

<u>CHECK LIST</u>	
<input type="checkbox"/>	ÚTIL
<input type="checkbox"/>	PUENTE GRÚA
<input type="checkbox"/>	CESTA ELEVADORA (PIOPIO)
<input type="checkbox"/>	FORKLIFT (CARRETILLA ELEVADORA)
<input type="checkbox"/>	ESLINGAS
<input type="checkbox"/>	CARRO DE HERRAMIENTAS PARA CAMBIO ÚTIL
<input type="checkbox"/>	ZONA DE TRANSFERENCIA LIBRE
<input type="checkbox"/>	NECESIDAD DE COPLE
<input type="checkbox"/>	ÚTIL EN BUEN ESTADO
Observaciones	

OBJETIVOS ALCANZADOS

AUTOCLAVE

- Disminución del tiempo de parada de máquina, de 302 min. a 123 min.
- Ahorro económico de 566.5 €por ciclo.
- Optimización del tiempo para poder realizar más ciclos de curado. Los cuales pasan de 367 ciclos/año a 560 ciclos/año.

ULTRASONIDO

- Disminución del tiempo de parada de máquina, de 254 min. a 39 minutos.

8.5.1.2. Mejora en el tiempo de cambio de material por sustitución de sistema de apriete

SITUACIÓN INICIAL

Esta mejora surge como consecuencia de dos problemas muy frecuentes de la Máquina Encintadora o Laminadora Fiber Placement:

1. Las Bobinas de Material se soltaban de su lugar de anclaje. El sistema de apriete inicial de la máquina consistía en cuatro soportes de dientes de sierra, los cuales al apretar manualmente el tapón de rosca, se incrustaban en el soporte cilíndrico de cartón que sirve como medio de enrollado de la fibra, formado la bobina. Debido al continuo movimiento y vibración de dichas bobinas, los dientes de sierra se desprendían del cartón y la bobina se soltaba. Motivada en gran medida por la falta de apriete producida por el operario, al ser para él un sistema complicado que depende de la fuerza que ejerza.
2. Elevado tiempo invertido en cambio de las bobinas de material, motivado por tener que ejercer el operario su propia fuerza para poder conseguir un apriete aceptable del tapón de rosca. El cual a su vez no garantizaba la estabilidad de la bobina en el soporte.



IMAGEN 261. Sistema de agarre de bobina que necesita ser cambiado



IMAGEN 262. Modo de agarrar la bobina a la máquina

Además el sistema de apriete manual inicial en algunos de los soportes para bobinas ha tenido que ser sustituido por dos motivos:

- El tapón de rosca que aprieta sobre el sistema tenía la rosca pasada.
- Rotura del Tapón de Rosca.

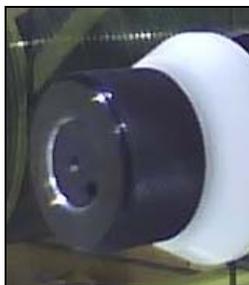


IMAGEN 263. Detalle del Tapón de Rosca

En su lugar se improvisó un sistema de apriete más efectivo pero a la vez igual de engorroso a la hora de cambiar la bobina. Este consistía en colocar una tuerca que se apretaba con una llave Inglesa, con lo que se ejercería mayor fuerza sobre el sistema y la bobina quedaría mejor sujeta, que de la forma anterior manualmente. Pero el tiempo invertido en aflojar y apretar las tuercas de apriete se consideraba excesivamente largo. El sistema utilizado puede verse en la siguiente imagen:



IMAGEN 264. Sistema ideado para Solucionar Problema de falta de apriete

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso cambiar el sistema de apriete y sujeción de las bobinas por uno más sencillo de “Click”, con lo que el tiempo de cambio se reduce drásticamente de 1:30 minutos a escasos 10 segundos. Por lo que el tiempo invertido en cambiar las 32 bobinas sería el siguiente:

Tiempo de Introducción de Datos							
N° Bobinas	Tiempo (min) Sistema Inicial de Rosca	Tiempo (min) con Sistema de "Click"	Tiempo (min) Ahorro Acumulado	N° Bobinas	Tiempo (min) Sistema Inicial de Rosca	Tiempo (min) con Sistema de "Click"	Tiempo (min) Ahorro Acumulado
1	1:30	00:10	01:20	17	25:30	02:50	22:40
2	3:00	00:20	02:40	18	27:00	03:00	24:00
3	4:30	00:30	04:00	19	28:30	03:10	25:20
4	6:00	00:40	05:20	20	30:00	03:20	26:40
5	7:30	00:50	06:40	21	31:30	03:30	28:00
6	9:00	00:60	08:00	22	33:00	03:40	29:20
7	10:30	01:00	09:20	23	34:30	03:50	30:40
8	12:00	01:20	10:40	24	36:00	04:00	32:00
9	13:30	01:30	12:00	25	37:30	04:10	33:20
10	15:00	01:40	13:20	26	39:00	04:20	34:40
11	16:30	01:50	14:40	27	40:30	04:30	36:00
12	18:00	02:00	16:00	28	42:00	04:40	37:20
13	19:30	02:10	17:20	29	43:30	04:50	38:40
14	21:00	02:20	18:40	30	45:00	05:00	40:00
15	22:30	02:30	20:00	31	46:30	05:10	41:20
16	24:00	02:40	21:20	32	48:00	05:20	42:40

TABLA 15. Tiempo de Introducción de Datos según Método y Bobinas Colocadas. Ahorro de tiempo acumulado

El sistema diseñado y posteriormente instalado puede verse en la siguiente imagen:



IMAGEN 265. Nuevo Sistema de agarre de bobinas

Este sistema ejerce una presión suficiente en los extremos del cilindro de cartón de la bobina, el cual impide cualquier tipo de movimiento del mismo. Además de ser un sistema de fácil manejo para el operario.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Disminución del tiempo de parada de máquina.
- Reducción del tiempo que el operario pierde en cambiar el material.

8.5.1.3. Cambio de tornillería de la máquina

SITUACIÓN INICIAL

La máquina de ultrasonidos Automático utilizaba Fijaciones funcionales atornilladas tanto para la colocación de los dos tipos de brazos de inspección, como para la colocación de los útiles para la inspección de los Revestimientos. Este tipo de tornillería puede observarse en las siguientes imágenes:



IMÁGENES 266 y 267. Tornillería empleada en Ultrasonidos Automático

Al fijar pernos y tuercas, los operarios de calidad debían realizar las tres acciones siguientes:

1. Colocar la tuerca en el extremo del perno y rotar una vez para asegurar.
2. Continuar dando vueltas a la tuerca.
3. En la última rotación, tensar con el esfuerzo requerido.

De estas tres acciones, la primera es la más difícil de realizar: a menos que la tuerca esté centrada y colocada sobre el perno con el ángulo correcto, no se ajustará en el perno. Las tuercas de apriete además eran de diversas numeraciones, por lo que se hacía necesario el poseer un juego completo de llaves.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Como mejora se ha introducido el uso de fijaciones funcionales sin atornillar, lo que reduce los tiempos de preparación y cambio con más efectividad que si por ejemplo, consideramos apretar y aflojar sin retirar la tuerca del perno. El propósito final de apretar con un tornillo o perno es asegurar el elemento para evitar su desplazamiento, durante la inspección ultrasónica.



IMAGEN 268. Sistema de Apriete Fácil instalado

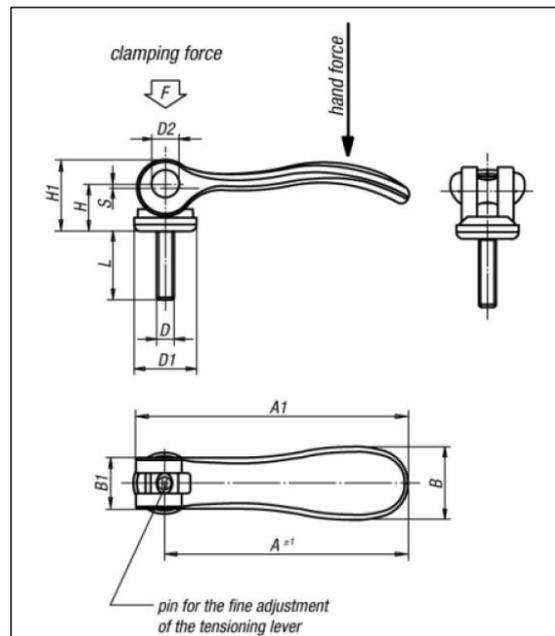


IMAGEN 269. Esquema de los Sistemas de Apriete Fácil

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Disminución del tiempo de parada de máquina.
- Reducción del tiempo que el operario pierde en cambiar el útil o el elemento para inspeccionar

8.6. Estandarización

8.6.1. Estandarización de operaciones

SITUACIÓN INICIAL

Los operarios del Área de Materiales Compuestos, se caracterizan por ser polivalentes, es decir, reciben una formación general de todo el proceso, rotando en la ejecución de las distintas fases de fabricación de elementos, según la demanda de los mismos en cada momento. Por este motivo conocen la forma de desempeñar el trabajo que les sea encomendado, pero tienen la desventaja de en un momento determinado, no recordar o desconocer algún detalle concreto del proceso.

Se detectó que en una gran cantidad de ocasiones se producían paradas en el proceso de fabricación y/o montaje de elementos, por parte de los operarios, al cambiar de fase habitual de trabajo. Estas se debían a que en el área no existía una documentación de consulta o guía en el taller, acerca de cómo se debía proceder. De esta manera los operarios debían consumir tiempo para preguntar al mando de taller o al departamento de ingeniería.

Lo mismo ocurría para el caso de movimientos de útiles en el área.

ACCIÓN DE MEJORA

Una vez se ha definido cómo va a ser el proceso, se debe documentar, a fin de facilitar la implantación de todos los cambios propuestos. Esta no es una tarea fácil, ya que requiere que los operarios estén concienciados con esta nueva forma de producción, por lo que es indispensable una etapa de formación en principios de Lean Manufacturing.

Además de esta formación básica, los operarios deben conocer en todo momento qué operaciones tienen que realizar, en qué orden, y en el caso de los solapes de tareas, dónde empieza y dónde acaba el solape. La mejor manera de conseguir estos requisitos, entre otros, será la estandarización de las operaciones que se realizará creando un modelo de Procedimiento de Operación Estándar.

Las operaciones estándar son el mejor método para realizar una operación, la cual se debe considerar una norma básica (ley) que los operadores deben respetar.

Esta herramienta consiste en una serie de fichas que establecen y documentan la mejor secuencia de trabajo para un proceso, garantizando tanto la seguridad de los trabajadores como la calidad de los productos y la eficiencia del proceso.

Una operación estándar está basada en movimientos humanos eficientemente diseñados y en métodos de trabajo seguros, garantizándose de este modo tanto la eliminación de desperdicios como la correcta utilización de herramientas, equipos y materiales. Los Procedimientos de Operación Estándar son una herramienta que permite a los grupos de trabajo controlar sus propias prácticas y costumbres de trabajo. Proporcionan, además, una inestimable forma de aprendizaje para los nuevos trabajadores.

Con la estandarización de operaciones se consiguen los siguientes objetivos:

- Una alta productividad por utilizar el mínimo número de trabajadores posibles y eliminar todas las tareas o movimientos inútiles.
- Equilibrar todos los procesos en términos de tiempo de producción.
- Utilizar la mínima cantidad posible de trabajo en curso.

SITUACIÓN FINAL

Se desarrolló para el Área de Materiales Compuestos la estandarización de las siguientes operaciones:

- Movimientos de Útiles.
- Fabricación de Elementos.
- Montaje de Elementos.

Para ello se realizaron fichas con un formato estándar. En el caso de la fabricación de elementos, se emplea un juego de fichas para cada uno. Para los revestimientos del A380 TRENT900 fue necesario distinguir entre elementos izquierdo y derecho, pero no lo fue para el caso de procedimientos de operaciones en máquinas, ni movimientos de útiles.

Se ha dado el caso de que esta mejora se ha aplicado al resto de elementos fabricados en el área de Materiales Compuestos, por lo que la anterior diferencia entre elementos derechos e izquierdos, dependerá de cada Programa.

Una vez se realizan las fichas, éstas se colocan en el taller, en un lugar a la vista y a alcance de los operarios, para que ellos puedan seguir detalladamente el proceso.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de una ficha de Instrucción de Operación Estándar para Montaje de Elementos:

INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE MONTAJE					
Fecha:		Realizado/Revisado:	Nº Ficha:		
		Localización: El Puerto de Santa María			
		HOJA			
		Zona:			
		Área: Materiales Compuestos			
		Operación:			
		Elemento Part Number:			
No	Operación Principal	No	Descripción de la Operación	Observaciones	Descripción / Ejemplos / Diagramas
10		10			
		20			
		30			
E.P.I		Medio Ambiente		Gradas / útiles	
Calzado de Seguridad, Ropa de Trabajo, Guantes, Gafas de Protección, Protección Auditiva				Comprobaciones Requeridas	
				Normativa Aplicable	

IMAGEN 271. Modelo de Instrucción de Operación Estándar para Montaje de Elementos

El contenido de estas dos Instrucción Técnicas (Movimientos y Montaje) es la siguiente:

1) CUADRO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR

MOVIMIENTOS

- Part Number (P/N) del elemento al que pertenece la ficha.
- Nombre de la fase en la que se dan las tareas desarrolladas en la ficha, nombre y número de la operación de la hoja de ruta que recoge dichas tareas.
- Título y número de identificación de la Instrucción de Operación Estándar.
- Número de hoja.
- Casillero de firma de aprobación.
- Casillero de firmas de modificaciones.

MONTAJE

- Part Number (P/N) del elemento al que pertenece la ficha.
- Título y número de identificación de la Instrucción de Operación Estándar.
- Número de hoja.
- Casillero de firma de aprobación o de modificaciones.
- Localización, área y zona donde se desarrolla la acción.

2) PIE DE PÁGINA

- Instrucciones acerca del Equipo de Protección Individual a emplear durante la ejecución de las tareas que se indican en la ficha.
- Requerimientos medioambientales a cumplir durante la ejecución de las diversas tareas.
- Relación de los útiles y gradas a emplear para el correcto desarrollo de las tareas de la ficha.
- Observaciones a tener en cuenta durante la ejecución de las tareas.
- Normativa aplicable a las tareas recogidas en cada ficha.

3) DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

- En este casillero se incluye el nombre de la tarea principal que recoge la Instrucción de Operación Estándar y el desglose de dicha tarea en micro-tareas. Además se incluye algunas observaciones, como pueden ser la indicación de tareas que van en paralelo o algún detalle acerca de la ejecución de alguna micro-tarea. En este casillero se clasifican algunas tareas como específicas para temas de seguridad (S) o temas de calidad (C).

4) DIAGRAMAS

- Se incluyen en cada Instrucción de Operación Estándar algunos diagramas o fotos del proceso a fin de ilustrar la correcta ejecución de las tareas y de evitar posibles errores durante la ejecución de las mismas.

- **ÍNDICE**
 - En él se localiza los distintos apartados contemplados dentro de la Instrucción.
- **CONTROL DE MODIFICACIONES**
 - En esta parte se anotan todas las revisiones y modificaciones que van haciendo en la Instrucción operativa, en el caso que ingeniería detecte la necesidad de hacer algún cambio en el proceso de fabricación (laminado, embolsado, etc.).
- **ÚTIL Y LISTADO DE MATERIALES** para la correcta fabricación.
- **NORMAS DE MOLDEO**
 - Es un compendio de las normas de seguridad (vestimenta, protecciones, etc.), que deben seguir todos los operarios destinados a realizar las tareas correspondientes a la fabricación de la pieza determinada especificada por la Instrucción Operativa
- **PROCESO DE FABRICACIÓN**
 - Secuencia de Telas con fotografía para hacerlo muy visual.
 - Secuencia en la Fabricación de la Bolsa de Vacío con diagramas esquemáticos.
 - Observaciones.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Eliminación de problemas de sincronización entre los operarios de la fase de montaje/fabricación.
- Minimizar fallos en la fabricación de un elemento determinado.
- Reducción de movimientos innecesarios por búsqueda de información.

8.7. Gestión de Calidad

8.7.1. Poka-Yokes

8.7.1.1. Corte de telas

SITUACIÓN INICIAL

La fabricación de elementos en materiales compuestos requiere un alto grado de fabricación manual. De esto se derivan problemas de tipo humano, al tener que realizar trabajos pesados que en ocasiones suelen ser muy repetitivos.

Hasta ahora el corte de telas para la fabricación de elementos laminados, la realizaba el operario de forma manual, utilizando para ello herramientas básicas tales como Cutters y reglas (escuadras, cartabones, etc.). Para el corte de las telas debía tener presente que la mayoría de los materiales poseen una orientación (0, +45, -45), además de que cada tela deberá tener unas dimensiones establecidas para la construcción del elemento final.

El operario realizaba el corte sobre el rollo de material preimpregnado, intentando desaprovechar la menor cantidad de material posible.



IMAGEN 273. Operario Cortando Material Preimpregnado

Este tipo de operación es la que más tiempo y concentración requiere. No resulta cómoda de efectuar, porque deben realizarse muchas mediciones y tener las distintas orientaciones comentadas anteriormente en cuenta, que además deben ser opuestas a la que presenta la tela al apilarla al fabricar la pieza, según el plano de fabricación.

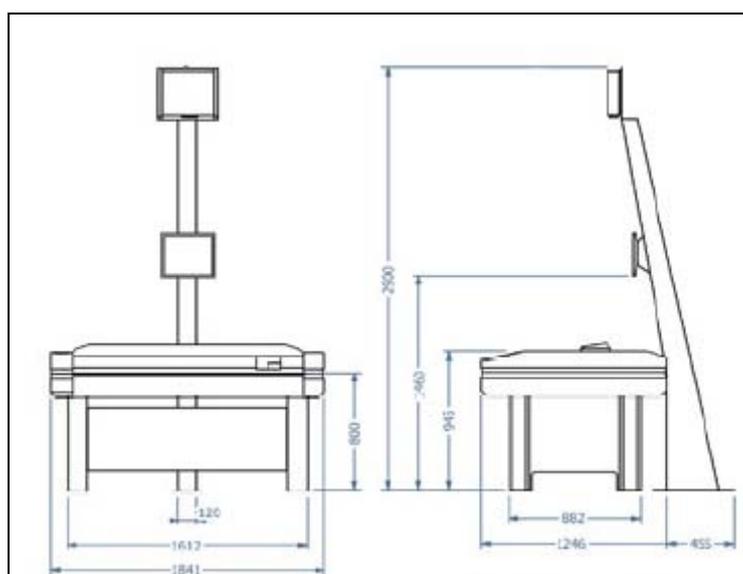
Este modo de trabajar tan artesanal llega a producir despilfarros de varias clases, entre las que destacan:

- Tiempo empleado para llevar a cabo la acción.
- Material desechado.
- Errores en el corte.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Para eliminar los despilfarros anteriores, el objetivo de esta propuesta es conseguir una mejora del trabajo, mediante el uso de los dispositivos Poka-Yoke. Estos hacen referencia a aquellos que no dejan lugar a errores en ningún caso.

Se propuso la compra por parte del Área de Materiales Compuestos de una máquina de corte automática de telas de material preimpregnado. Esta permite a partir de los diseños de las telas en formato CAD, el corte e identificación de las mismas aprovechando el material lo máximo posible.

**IMAGEN 274. Máquina de Corte Automática****IMAGEN 275. Dimensiones de la máquina de corte**

Esta máquina utiliza una cuchilla de Tungsteno tipo POT, como puede observarse en la siguiente imagen. Este modelo impide problemas con la viscosidad que presenta la resina a la hora de realizar el corte. Esta cuchilla va montada sobre un cabezal que contiene además un módulo de bolígrafo para marcar las telas una vez hayan sido cortadas.



IMAGEN 276. Cuchilla y Cabezal de la Máquina de Corte Automática



IMAGEN 277. Cabezal

Esta máquina se colocó en el área limpia, preferentemente en un lugar cercano al Almacén nevera, para minimizar los movimientos de transporte de dicho almacén a la máquina y viceversa.

Fue necesario adquirir también un portarrollos de altura adecuada a la mesa de corte, la cual se muestra en la siguiente imagen:



IMAGEN 278. Portarrollos para Máquina de Corte

Las ventajas competitivas que se consiguen con la máquina de corte son:

- Alta productividad.
- Flexibilidad.
- Máxima fiabilidad.
- Eliminación del patrón físico.
- Reducción de la mano de obra, ya que una persona puede llevar un sistema autoalimentado.
- Extrema flexibilidad para cualquier cambio de modelo o de tejido.
- Eliminación de procesos posteriores, como el marcado.
- Reducción del tiempo de respuesta al mercado.
- Aplanamiento de los picos de producción.
- Eliminación de la dependencia en mano de obra cualificada, fácil manejo del sistema.
- Reducción del espacio.
- Aumento sensible de la calidad y uniformizado de la misma.
- Personalización de las medidas del producto fabricado, rápido y sin coste añadidos.
- Ahorro en materia prima del 5 al 12%, en comparación con el proceso de corte anteriormente empleado.
- Maximización del potencial creativo de la empresa.
- Gran facilidad para el corte de formas complejas.
- Eliminación de errores humanos al tratarse de un corte automático.
- Disminución drástica de los tiempos de corte de telas.
- Elimina los tiempos de identificación manual de las telas cortadas.

A continuación se detallan las etapas para realizar un corte de telas con máquina automática:

1. **Diseño de las Telas;** estas se diseñarán utilizando el Software Autocad. El Departamento de Ingeniería es el encargado de diseñar las distintas telas que formarán cada Kit. Una vez terminado el diseño, se debe exportar el mismo a formato DXF.
2. **Importación de los Diseños;** al software Nesting de corte de patrones en máquina. Los archivos en formato DXF se importan al propio formato de la máquina para efectuar lo que se conoce como marcado.
3. **Realización del Marcado o Nesting;** el software indica a la máquina el número de telas a cortar, especificando los tipos. La máquina mediante un proyector de siluetas, las sitúa de forma automática a lo largo del rollo de material, que el operario debe haber colocado en un principio sobre la mesa, aprovechando lo máximo posible el material. El operario revisa la marcada y si está de acuerdo, acepta en el teclado de la máquina y la marcada es cargada por la máquina para proceder al corte.
4. **Corte de Telas;** el archivo aceptado en el paso anterior es ejecutado y se comienza con la ejecución del corte propiamente. Una vez las telas van siendo cortadas, el cabezal bolígrafo las identifica automáticamente sobre el papel protector de las mismas, según los datos introducidos previamente.



IMAGENES 279 y 280. Máquina realizando Cortes de Telas

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción del tiempo necesario para la realización de la operación de corte e identificación de telas, para la formación de los kit's de material preimpregnado.
- Reducción del desperdicio de material prima.
- La operación podrá llevarla a cabo un solo operario y no dos como en el caso inicial.

8.7.1.2. Autoclave

SITUACIÓN INICIAL

El horno Autoclave posee un sistema de apertura de puerta automático, pero en un principio no se usaba. Debido a que este se activaba en el momento en que el ciclo de autoclave concluía, lo cual provocaba una serie de problemas al encontrarse su interior a alta temperatura, concretamente unos 180°C:

- Riesgo de quemaduras importantes para los operarios encargados de la carga y descarga al tocar los elementos.
- Riesgo de aparición de defectos en las piezas, al producirse un descenso brusco de la temperatura en pocos segundos, al entrar en contacto la temperatura interna del horno con la externa. Esto provocaba la consiguiente apertura de HNC's por parte del Departamento de Calidad.

Se procedía por tanto a la desactivación del modo automático y a ejecutar la apertura de forma manual, la cual tenía como inconveniente la presencia continua de un operario, controlando el descenso de temperatura del interior, para así hacer que el tiempo de reacción fuese lo menor posible. La temperatura a la cual es seguro la apertura del autoclave, es por normativa interna de unos 60°C. Ya que se debe esperar a que la dilatación tanto del útil como del elemento sea mínima. De esta manera operario no podía atender otras tareas, como por ejemplo el ensayo de probetas.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso y se instaló un sensor interno de temperatura, de tal forma que este estuviera conectado con el sistema de apertura automática de la Puerta del Autoclave. Este sólo abrirá la puerta una vez el sensor le mandase la señal de haber alcanzado una temperatura inferior a 60°C. Con lo cual se evita los cambios bruscos de temperatura entre el ambiente externo y el interno, que pueden ocasionar defectos en los elementos y se tiene una medida adicional de seguridad para los operarios encargados de la carga y descarga del autoclave.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Elimina la dependencia del operario de máquina del monitor de control de temperatura, para verificar que esta se encuentra dentro de los límites aceptables y entonces proceder a la apertura manual de la puerta.
- Seguridad para los operarios.
- Reducción de HNC's.

8.8. Maquinaria

8.8.1. Sistema de Transferencia de Puentes Grúa

Los puentes-grúa son aparatos destinados al transporte de materiales y cargas en desplazamientos horizontales y verticales en el interior de una nave industrial.

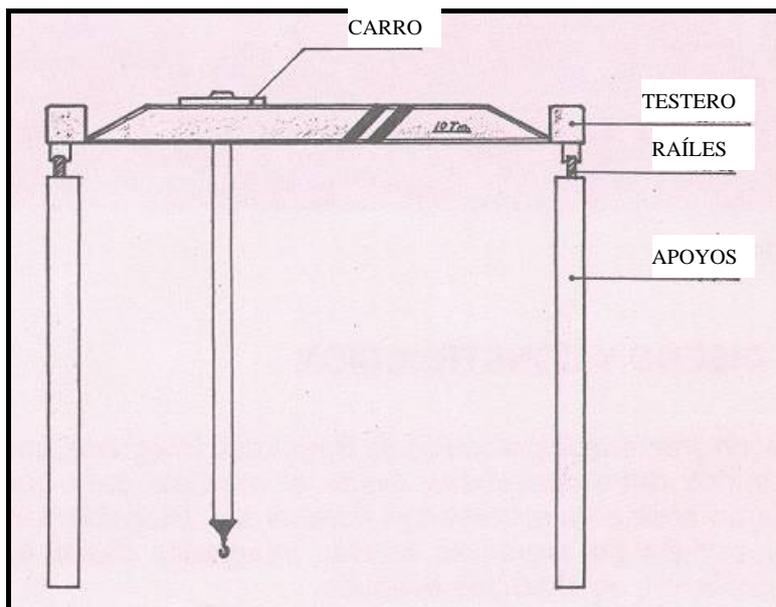


IMAGEN 281. Esquema Puente Grúa

Constan de una o dos vigas móviles sobre carriles, apoyadas en columnas, a lo largo de dos paredes opuestas del edificio rectangular.

El bastidor del puente grúa consta de dos vigas transversales en dirección a la luz de la nave (vigas principales) y de uno o dos pares de vigas laterales (testeros), longitudinales en dirección a la nave y que sirven de sujeción a las primeras y en donde van las ruedas.



IMAGEN 282. Puente Grúa

❖ *Componentes de un puente-grúa*

Consta de tres partes diferenciadas:

1. El puente. Se desplaza a lo largo de la nave.
2. El carro. Se desplaza sobre el puente y recorre el ancho de la nave.
3. El gancho. Va sujeto al carro mediante el cable principal, realizando los movimientos de subida y bajada de cargas.

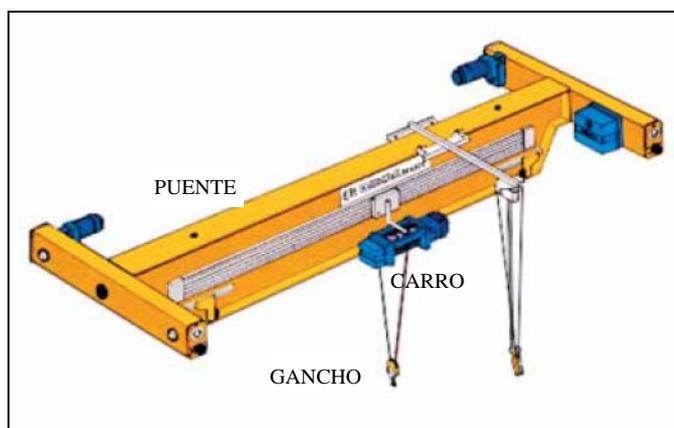


IMAGEN 283. Partes de un Puente-Grúa

❖ *Movimientos del puente grúa*

Los tres movimientos que realiza un puente grúa son:

1. Translación del puente. En dirección longitudinal a la nave. En dirección longitudinal a la nave. Se realiza mediante un grupo moto-reductor único, que arrastra los rodillos motores por medio de semiárboles de transmisión.
2. Orientación del carro. Traslado de carro a lo largo del puente.
3. Elevación-descenso. La carga es subida o bajada por efecto del motor que sujeta el gancho con la ayuda de un cable principal.

❖ *Tipo de mando de puente-grúa*

Mando por radio. Permite guiar la carga manualmente y permite mantener una distancia de seguridad, que el operario estime oportuna con la carga. Permite además un mejor control a la hora de la colocación de la carga en un lugar determinado.



IMAGEN 284. Mando por radio

SITUACIÓN INICIAL

Actualmente el Área de Materiales Compuestos dispone en sus instalaciones de seis puentes grúa, repartidos de la siguiente manera:

- Tres puentes-grúa en el interior de la Sala Limpia, para realizar las acciones:
 - Descarga de Pieles de la máquina Fiber Placement nº1 y nº2.
 - Carga y descarga para el cambio de útiles en Fiber Placement nº1 y nº2.
 - Movimientos de útiles dentro de la sala limpia.
- Tres puentes-grúa en la Sala Sucia, que se utilizan para los movimientos siguientes:
 - Carga y descarga de los útiles del carro de transporte.
 - Carga y descarga de útiles para curado en autoclave.
 - Colocación de útiles en zona de desmoldeo.
 - Carga y descarga de elementos para inspeccionar por Ultrasonidos Automático.



IMAGEN 285. Disposición de Puentes-Grúa en el Área de Materiales Compuestos

El Área Limpia se encuentra dividida en dos zonas, como consecuencia de una ampliación anterior. Esto ocasiona que cada una de ellas disponga de un sistema de vigas laterales (testeros) independientes uno del otro, cada uno con sus respectivos sistemas de puente-grúa.

Debido a la distribución actual de los programas en el interior, para algunas de las operaciones anteriormente mencionadas existen ocasiones en las que se necesita transportar algún útil, de grandes dimensiones y peso (ronda las diez toneladas), de una zona a la otra. Para ello se utiliza el puente-grúa en una de las zonas y se continúa en la siguiente zona mediante el uso de otros medios de transporte (carros, carretilla elevadora o una combinación de ambas).

Existen dos operaciones principales que suelen realizarse de esta forma y que inciden de forma directa en la producción de revestimientos para el A380 TRENT900. Son las siguientes:

1. Descarga de Pieles de la máquina Fiber Placement N°2
2. Cambio de útiles en Fiber Placement N°1

A continuación se muestra como se procede en cada una dos casos anteriores, a las operaciones, mostrándose la secuencia y el tiempo empleado por el operario en cada una de ellas:

<i>Descarga de Piel de la máquina Fiber Placement N°2</i>		
<i>PASO</i>	<i>OPERACIÓN</i>	<i>TIEMPO (min)</i>
1	Eslingar y elevar la Piel que se encuentra en la máquina	20
2	Desplazar la Piel	5
3	Colocar Piel en Útil PEAU y deslingarla	15
4	Enganchar útil Carretilla Elevadora	10
5	Transportar útil a zona de Embolsado de Piel	10
6	Desenganchar carro de Carretilla Elevadora	15
TIEMPO TOTAL		75

TABLA 16. Secuencia de Operaciones para descarga de pieles en Fiber Placement n°2

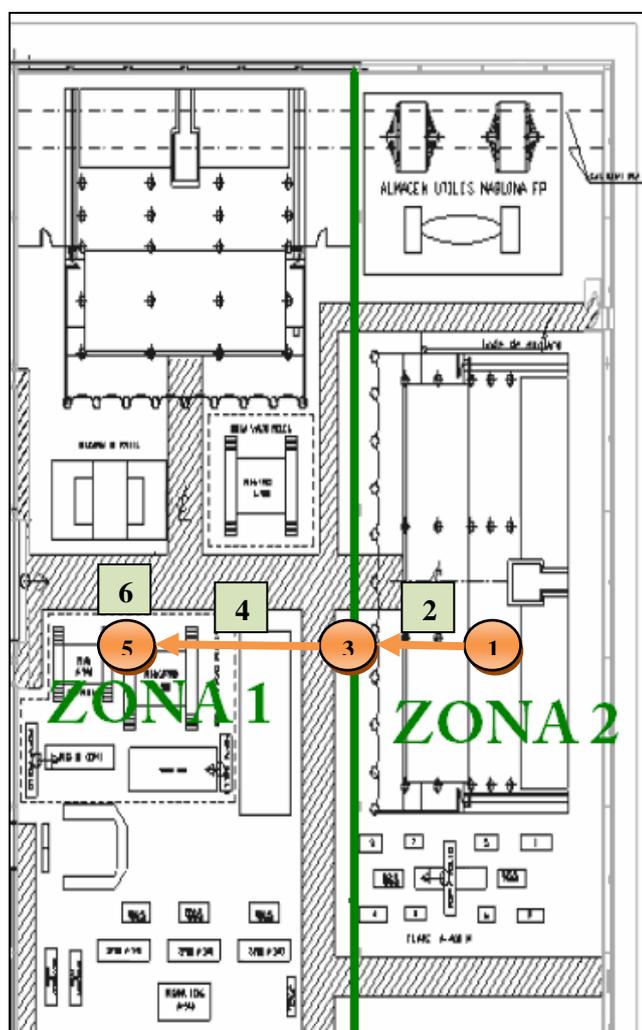


IMAGEN 286. Movimientos para descarga de Piel

<i>Cambio de útiles en Fiber Placement N°1</i>		
<i>PASO</i>	<i>OPERACIÓN</i>	<i>TIEMPO (min)</i>
1	Enganchar carro de nuevo útil a Carretilla Elevadora	15
2	Transportar carro de nuevo útil a zona adyacente a la máquina	25
3	Eslingar y elevar el útil que se encuentra en la máquina	20
4	Desplazar el útil	5
5	Colocar útil en carro de transporte y deslingarlo	5
6	Enganchar carro a Carretilla Elevadora	10
7	Transportar carro a zona de Almacén de útiles	15
8	Desenganchar carro de Carretilla Elevadora	5
9	Eslingar y elevar nuevo útil a instalar	5
10	Colocar nuevo útil en maquina y deslingarlo	20
TIEMPO TOTAL		125

TABLA 17. Secuencia de Operaciones para cambio de útiles en Fiber Placement n°1

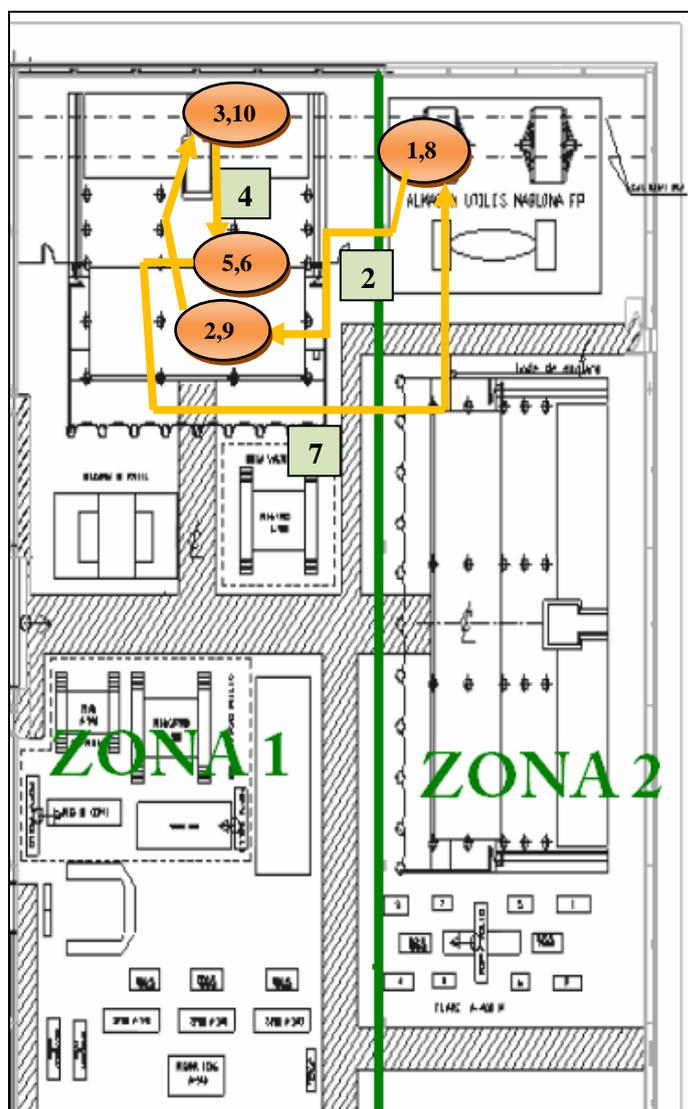


IMAGEN 287. Movimientos para cambio de útil



IMAGEN 288. Carro de Transporte de Útil de Fiber Placement



IMAGEN 289. Carro de Transporte de Útil de Fiber Placement

ACCIÓN DE MEJORA

Se debe evitar la mayor parte de estos movimientos innecesarios y que acaparan el uso de otros medios de transporte diferentes a los puentes-grúa, reduciendo la disponibilidad de los mismos para el procesado de otros elementos (Revestimientos de otros Programas).

Se ha propuesto el estudio y valoración con la consiguiente compra e instalación por parte del fabricante, de un sistema de transferencias entre puentes grúa de distintas zonas en interior del Área Limpia. Este método nos proporcionaría el poder realizar movimientos completos de una zona a otra mediante el mismo carro de desplazamiento del puente, pasando este de un puente a otro por este sistema. Con lo que se reduciría drásticamente el tiempo de movimientos.

SITUACIÓN FINAL

Se realizó en primer lugar un estudio de tiempos aproximados de lo que tardarían en realizarse las operaciones, si existiese el sistema de transferencia, para estimar si sería una mejora viable. Este consistió en calcular cuánto se tardaría en realizar los movimientos con el puente hasta el lugar intermedio de las dos zonas, tal como se muestra en el siguiente diagrama:

<i>Descarga de Piel de la máquina Fiber Placement N°2</i>		
<i>PASO</i>	<i>OPERACIÓN</i>	<i>TIEMPO</i>
1	Eslingar y elevar la Piel que se encuentra en la máquina	20
2	Posicionar los puentes grúa para transferencia	5
3	Desplazar la piel	5
4	Colocar Piel en Útil PEAU y deslingarla	15
TIEMPO TOTAL		45

TABLA 18. Secuencia de Operaciones para descarga de pieles en Fiber Placement n°2

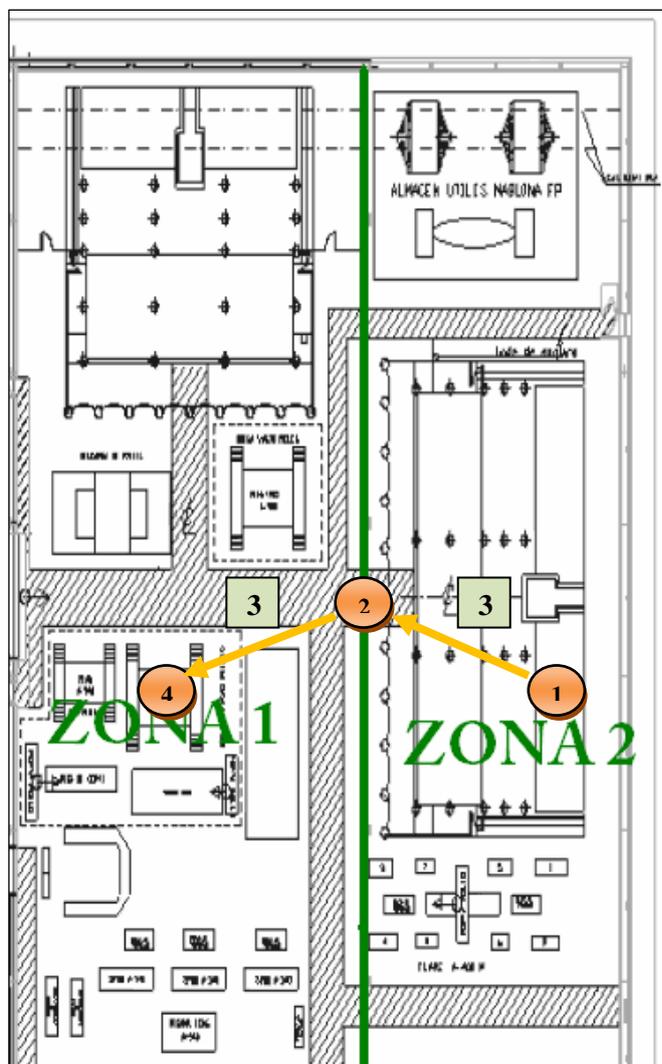


IMAGEN 290. Movimientos para descarga de Piel

Puede observarse con el dato obtenido, una reducción considerable en el tiempo empleado en la operación, que asciende a 30 minutos. Con este ahorro, la medida es satisfactoria.

<i>Cambio de útiles en Fiber Placement N°1</i>		
PASO	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Eslingar y elevar el útil que se encuentra en la máquina	20
2	Posicionar Puentes grúa para transferencia	5
3	Desplazar útil	5
4	Colocar útil en carro de reposo y deslingarlo	10
5	Desplazar gancho	5
6	Eslingar y elevar nuevo útil a instalar	2
7	Desplazar el útil	10
8	Colocar nuevo útil en máquina y deslingarlo	20
TIEMPO TOTAL		77

TABLA 19. Secuencia de Operaciones para cambio de útiles en Fiber Placement n°1

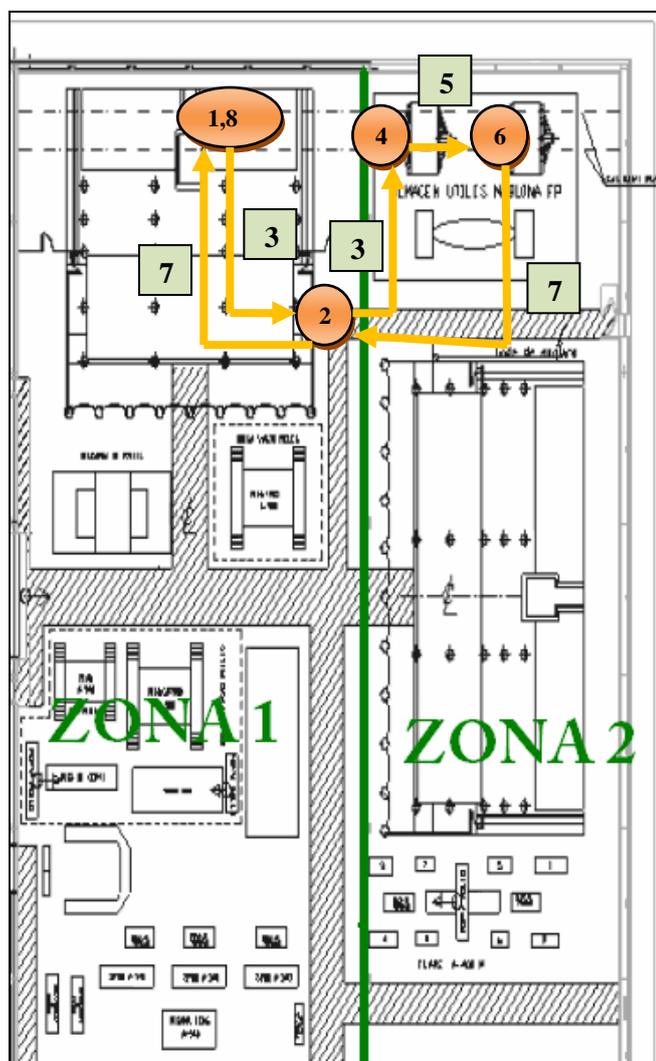
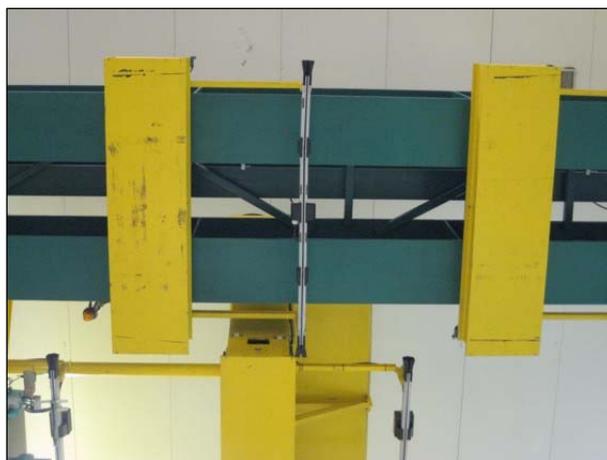


IMAGEN 291. Movimientos para cambio de útil

Se observa una reducción de tiempo que asciende a 48 minutos. Con este ahorro, la medida es satisfactoria.

En las siguientes imágenes se observa el resultado final de instalar dicho sistema de transferencia entre los puentes grúa del Área Limpia.

Estudios posteriores de tiempo en realizar las operaciones, confirmaron con una diferencia de aproximadamente 5 minutos, los cálculos realizados para llevar a cabo la mejora.



IMÁGENES 292 y 293. Transferencia de Puente Grúa

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción en 30 min del tiempo de descarga de pieles de la Máquina Fiber Placement nº2.
- Reducción en 48 min del tiempo de cambio de útiles de la Máquina Fiber Placement nº1.
- Eliminación de la necesidad de disponer de material auxiliar, para la realización de movimientos (Carretilla elevadora).
- Las operaciones podrán ser llevadas a cabo por dos operarios y no tres como en el caso inicial.

8.8.2. *Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por información de la materia prima*

SITUACIÓN INICIAL

Fiber Placement es una tecnología que automatiza el posicionamiento de fibra de carbono en forma de mechas a través de una máquina que puede colocar simultáneamente hasta 32 bobinas. Cada una de estas 32 mechas la compone una bobina de fibra de carbono preimpregnada con resina epoxy.



IMAGEN 294. Bobina de Fibra de Carbono

Estas bobinas una vez colocadas en el compartimento receptor de material de la máquina, deben ser “descargadas” en el sistema, que es como se le llama a incorporar los datos necesarios en el programa de fabricación de la pieza, para llevar una trazabilidad en todo momento del material que se utiliza en cada elemento. Esta “descarga” se realiza incorporando información a cada uno de los campos siguientes:

- Tipo de Material.
- Código de Lote del Rollo.
- Número de Rollo.
- Peso del Rollo.
- Fecha de Fabricación.
- Tiempo de Caducidad.

El proceso de inserción de datos es el siguiente:

- **PASO 1:** Marcar en la pantalla táctil del puesto, el icono correspondiente al número de bobina que se ha colocado. Se abrirá un menú desplegable en la pantalla donde pedirá que introduzcamos los datos anteriores.
- **PASO 2:** Manualmente se pulsa el primer parámetro, con lo que parpadeará un cursor y por medio del teclado alfanumérico del puesto de trabajo se introduce la información. Se pulsa ENTER al finalizar, para que esta quede almacenada en memoria.

mediante un seguimiento (se han realizados 20 medidas de tiempo), resulta un Tiempo de dedicación muy grande por parte del Operario de Máquinas, que le impide realizar otras acciones. Además hay que considerar el factor de error humano, debido a la extensión de los datos a introducir.

Otro problema añadido a este, es el de que la máquina de Encintado debe permanecer parada para poder introducir los datos de las bobinas en el sistema, lo que provoca una pérdida de tiempo de fabricación, importante ha considerar.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

❖ **MEJORA 1: Sistema de Captura de Datos del Material**

Se decidió dotar a cada una de las máquinas de una pistola de códigos de barras, para la introducción rápida de la información de cada una de las bobinas, en los diferentes campos del programa de gestión del sistema. Para ello además de dotar a la máquina del hardware y el software necesario, la información del fabricante debería venir codificada mediante códigos de barras.



IMAGEN 297. Pistola de Códigos de Barras

Hubo que ponerse en contacto con el proveedor del material, Hexcel Composites, S.L., y pedirle que la información de cada bobina viniese codificada, de forma que enviase por cada una, un informe documental. A continuación se muestra un ejemplo final de este informe:



HEXCEL

Clear All Data: *SCL*

Roll Number 47	 *SRN47*
Batch Number 085101ST	 *SBN085101ST*
Material Type AS4/8552 RC34 AW 194/3.2MM	 *SMTAS4/8552-RC34-AW-194/3.2MM*
Date of manufacture 30-may-08	 *SDT30-MAY-2008*
Expiration Date 30-may-09	 *SED30-MAY-2009*
Gross Weight 4,1KG	 *SGW4.1KG*

HEXCEL Composites, S.L.
C/ Bruselas, 10 - 16
Pol. Ind. Ciudad de Parla
28980 - Parla (Madrid)

IMAGEN 298. Hoja Adjunta al Material con Información en Códigos de Barra

El proceso de inserción de datos queda de la siguiente forma:

- **PASO 1:** Marcar manualmente en la pantalla, el número de bobina que se ha colocado y el sistema accederá inmediatamente al menú de introducción de información.
- **PASO 2:** En el primer parámetro, comenzará a parpadear el cursor de forma automática. Se pasará la pistola por el código correspondiente y esta emitirá una señal acústica de confirmación de que ha adquirido la información. El cursor pasará automáticamente al campo siguiente, pues la pistola envía junto con la información captada, una orden de pulsación automática de ENTER.
- **PASO 3:** Una vez relleno el último campo. El sistema volverá automáticamente al menú principal para seleccionar otra bobina y comenzar el proceso de nuevo.

El ahorro de tiempo por parte del operario de máquina es significativo, ya que de tardar inicialmente en introducir los datos manualmente unos 3:30 minutos, se ha logrado reducir el tiempo con las pistolas de códigos a 1:30, consiguiendo un ahorro de 2 minutos por bobina. Se consigue en el caso más desfavorable, que hubiese que cambiar todas las bobinas, un ahorro total de 64 minutos.

En la tabla siguiente se indica la comparación de tiempos en la introducción de datos manual y por sistema de códigos de barras:

Tiempo de Introducción de Datos							
Nº Bobinas	Tiempo (min) Manualmente	Tiempo (min) con Pistola de Códigos	Tiempo (min) Ahorro Acumulado	Nº Bobinas	Tiempo (min) Manualmente	Tiempo (min) con Pistola de Códigos	Tiempo (min) Ahorro Acumulado
1	3:30	1:30	2	17	59:30	25:30	34
2	7:00	3:00	4	18	63:00	27:00	36
3	10:30	4:30	6	19	66:30	28:30	38
4	14:00	6:00	8	20	70:00	30:00	40
5	17:30	7:30	10	21	73:30	31:30	42
6	21:00	9:00	12	22	77:00	33:00	44
7	24:30	10:30	14	23	80:30	34:30	46
8	28:00	12:00	16	24	84:00	36:00	48
9	31:30	13:30	18	25	87:30	37:30	50
10	35:00	15:00	20	26	91:00	39:00	52
11	38:30	16:30	22	27	94:30	40:30	54
12	42:00	18:00	24	28	98:00	42:00	56
13	45:30	19:30	26	29	101:30	43:30	58
14	49:00	21:00	28	30	105:00	45:00	60
15	52:30	22:30	30	31	108:30	46:30	62
16	56:00	24:00	32	32	112:00	48:00	64

TABLA 20. Tiempo de Introducción de Datos según Método y Bobinas Colocadas. Ahorro de tiempo acumulado

❖ **MEJORA 2: Minimizar Tiempo de Parada de Máquina por Introducir Información del Material**

Se tomó otra acción de mejora paralela a esta anterior, pero que se basa en el ahorro conseguido en ella, para minimizar el tiempo de parada de la máquina. Se consultó al suministrador de la maquinaria y el software, la modificación de este último, para que permitiese la incorporación de los datos, una vez cargadas las bobinas y puesta la máquina en funcionamiento, para continuar con el laminado. Con ello se reduce la parada un valor de 1:30 minutos por bobina insertada, que era el valor obtenido al incorporar las pistolas de códigos de barras. Así que dependiendo del número de bobinas que haya que recambiar, el tiempo de parada variará de la siguiente forma:

Tiempo de Introducción de Datos			
Nº Bobinas	Tiempo (min)	Nº Bobinas	Tiempo (min)
1	1:30	17	25:30
2	3:00	18	27:00
3	4:30	19	28:30
4	6:00	20	30:00
5	7:30	21	31:30
6	9:00	22	33:00
7	10:30	23	34:30
8	12:00	24	36:00
9	13:30	25	37:30
10	15:00	26	39:00
11	16:30	27	40:30
12	18:00	28	42:00
13	19:30	29	43:30
14	21:00	30	45:00
15	22:30	31	46:30
16	24:00	32	48:00

TABLA 21. Tiempo de Introducción de Datos según Bobinas Colocadas. Ahorro de tiempo acumulado

El tiempo variará entre 1:30 minutos para el inserto de una sola bobina hasta el de 48 minutos para el caso más desfavorable, en el que haya que introducir todas las bobinas.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción del tiempo de parada de máquina al poder introducir los datos de las bobinas más rápidamente. Se consigue un ahorro de 2 min por cada una de ellas.
- Reducción del tiempo de parada de máquina al permitir introducir la información de las bobinas con la máquina en funcionamiento.

8.8.3. *Independizar Estaciones de Trabajo de Fiber Placement n° 1 y 2*

SITUACIÓN INICIAL

Cada máquina de Fiber Placement posee un cabezal tejedor compactador y dos estaciones de trabajo. En cada estación se coloca un útil mandril, el cual va girando, sujeto por sus extremos a los contrapuntos de la máquina. Al mismo tiempo que el útil va girando, la máquina procede al laminado, mediante el depósito de la mechas de fibra en la orientación determinada de la pieza. Al disponer únicamente de un cabezal, la máquina solo podrá trabajar en una de las dos estaciones. No podrá trabajar en las dos al mismo tiempo.

Cada una de las estaciones posee los siguientes paneles de mandos:

- Estación n° 1: panel de mandos principal y panel de mando auxiliar.
- Estación n° 2: panel de mandos secundario y panel de mando auxiliar.



IMAGEN 299. Estaciones de Fiber Placement

Los paneles de mando auxiliar permiten desplazar los dos soportes contrapuntos, que son las partes de cada estación que se mueven para colocar el útil en la posición adecuada en la estación.

Solamente la estación n°1 es la considerada maestra, con lo que posee una serie de características que la diferencia de la n°2, como poseer en su panel de mandos todas las funciones que permite operar a la máquina. Un ejemplo es que la estación n° 1 posee un potenciómetro, que es un dispositivo que permite regular la velocidad de encintado de la máquina y movimiento de los contrapuntos, mientras que la n°2 no lo posee.

El problema que esto ocasiona es que una Estación está supeditada a la otra, por lo que no existe una independencia entre ellas.

Esto provoca en incontables ocasiones, que se produzcan problemas entre las dos estaciones, que impiden la marcha normal de la fabricación y producen una serie de paradas, con la consiguiente pérdida de tiempo.

Los problemas que se pueden presentar son los siguientes:

- **Problema 1: Reducción de velocidad de operaciones.**

A pesar de que por programación la máquina posee un registro de la velocidad, que debe llevar en cada momento del encintado, dependiente de la pieza o parte de la misma que esté tejiendo, existen momentos que por algunos de los siguientes motivos, es recomendable bajar la velocidad un tanto por ciento mediante el potenciómetro:

- Se conoce que determinadas zonas de una pieza no se tejen bien.
- Se requiere una mayor supervisión debido a la forma que tiene la pieza.

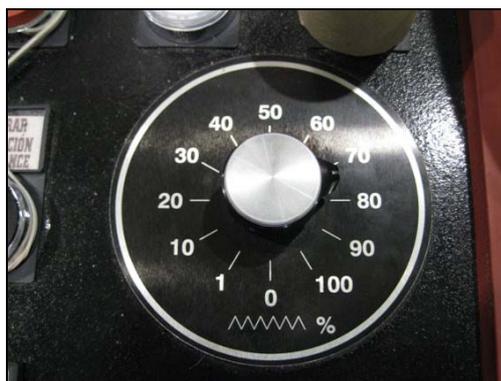


IMAGEN 300. Detalle del Potenciómetro de la Fiber Placement 1

La disminución de la velocidad se hace para conseguir una mayor calidad en el producto acabado y así minimizar luego la aparición de defectos, que conllevan sus respectivas reparaciones.

El problema radica en que este potenciómetro gobierna ambas estaciones al mismo tiempo. Por ejemplo si en la estación n°1 (maestra) se está laminando la Piel de un A380TRENT900 con el potenciómetro al 50%, debido a la existencia de zonas difíciles, y en la estación n°2 se está cambiando el útil para fabricar una Piel de un A340, cuando se deban mover los contrapuntos para proceder al cambio de útil (Véase MEJORA: SMED Fiber Placement), la ya de por sí velocidad reducida del movimiento de la estación n°2 se vería reducida al mismo tiempo por el potenciómetro al 50%. Esto provoca que se ralenticen las operaciones en la estación n° 2. Lo mismo ocurriría si en la estación n°2 se laminase y en la n°1 se procediera a cambiar el útil de laminado.

- **Problema 2: Disminución de la velocidad de acercamiento-giro de los contrapuntos.**

Como se ha comentado en el problema anterior, la velocidad de acercamiento-giro de los contrapuntos de las estaciones cuando no están encintando, es decir, cuando se está procediendo a un cambio de útil, es muy reducida, con lo cual al verse sometida también al potenciómetro, esta puede llegar a ser un gran problema.

- ***Problema 3: Bloqueo de movimiento de una estación.***

- **Situación 1:**

Es usual que ocurra la siguiente situación cuando una de las estaciones está laminando y en la otra se está procediendo a la colocación de un útil, para lo que se requiere el movimiento de los soportes contrapuntos con el mando auxiliar.

Si en la estación donde se está encintando ocurre un fallo, esta se para, pero a su vez bloquea el movimiento en la otra estación. Esto es porque provoca la desactivación del mando auxiliar de movimiento.

Ante esta situación habría que retrasar la colocación del útil hasta que la incidencia fuese solucionada en la otra estación.

- **Situación 2:**



IMAGEN 301. Mando Auxiliar

También puede darse la situación que en una estación se esté cambiando de útil (moviendo los soportes mediante el mando auxiliar) y la otra esté parada sin uso, mientras por ejemplo, se soluciona algún tipo de problema de limpieza.

Si se pretende en ese mismo momento comenzar o continuar laminando con la estación que estaba parada, el sistema se bloqueará y no lo permitirá, porque detectará que ya hay otra estación en funcionamiento. Para hacerla funcionar hay que parar el cambio de útil en el mando auxiliar, activar el laminado de la primera en el mando de la estación correspondiente e inmediatamente podemos continuar con el cambio.

ACCIÓN DE MEJORA

Se propusieron una serie de acciones para crear una independencia de las estaciones nº1 y nº2 de ambas máquinas de Fiber Placement, y así de esta forma impedir que se produzcan los problemas de interferencias:

- **Mejora 1: Colocación de dos potenciómetros**

Para solventar el problema 1, en primer lugar se consideró la colocación en los controles de las dos estaciones de sendos potenciómetros. Así la estación nº 1 tendría un potenciómetro en su panel de mandos principal y la nº 2 lo tendría en su panel de mandos secundario.

De esta forma cada estación controlaría su propia velocidad. Para ello, el fabricante de la máquina debe realizar un estudio de esta propuesta y verificar su validez y posibilidades de llevarse a cabo.

- **Mejora 2: Cambio de motor de los contrapuntos**

Para la resolución del segundo problema, la medida que se debe de llevar a cabo es la realización de un cambio de motor, por uno de más potencia en los contrapuntos. Con esto la velocidad de acercamiento-giro, que unido a que los potenciómetros fuesen independientes, aumentaría considerablemente.

Para ello hay que realizar la propuesta al fabricante de las máquinas de Fiber Placement, el cual valorará el motor más idóneo a instalar.

- **Mejora 3: Desbloqueo de Protocolos de Seguridad**

Para las dos situaciones contempladas en el problemas 3 se da una misma solución, que consiste en la desactivación de una serie de protocolos de seguridad internos de la máquina. Estos protocolos son los que provocan que se desactiven los distintos mandos auxiliares de las dos estaciones. La desactivación de estos protocolos, es tarea del departamento de mantenimiento del Centro.

SITUACIÓN FINAL

A continuación se describen las acciones llevadas a cabo por el Área de Materiales Compuestos para la puesta en práctica de las mejoras expuestas anteriormente:

- **Mejora 1: Colocación de dos potenciómetros**

Esta mejora se encuentra actualmente en realización por parte de la empresa CICINNATI, proveedora de las máquinas Fiber Placement.

En principio, dicha empresa suministradora ha contemplado dos posibilidades de llevar a cabo la mejora:

- Instalar un potenciómetro en la consola de control de la estación n° 2 y desvincularla de la n° 1.
- Proceder a la instalación de una nueva consola de mando para la estación n°2, que incluya un potenciómetro de serie.

Ambas opciones parecen ser igualmente válidas, diferenciándose en su coste, siendo la primera opción más económica que la segunda, ya que esta conlleva el cambio de toda la consola de mando, mientras que la primera opción considera el cambio de sólo un componente de la consola.

Dado que la consola de la estación n° 2 se encuentra en buen estado de funcionamiento, esto lleva a considerar como opción más idónea la primera.

- **Mejora 2: Cambio de motor de los contrapuntos**

Para llevar a cabo esta mejora se estableció contacto con la empresa proveedora de las máquinas CICINNATI y se propuso el cambio de motor de los contrapuntos de las máquinas Fiber Placement.

Actualmente dicha empresa está realizando un estudio con el objeto de determinar que tipo de motor es el más adecuado para la velocidad que se desea en los contrapuntos de las estaciones de las máquinas Fiber Placement.



IMAGEN 302. Contrapuntos

- **Mejora 3: Desbloqueo protocolos de seguridad**

Esta mejora, que sirve para solucionar las dos situaciones del problema 3, ya se ha realizado. Para ello el departamento de mantenimiento del Área de Materiales Compuestos (departamento de ingeniería) procedió a la desactivación de los protocolos de seguridad instalados en el programa de las máquinas Fiber Placement, que provocaban la desactivación de los mandos auxiliares de las dos estaciones de cada una de las máquinas. De esta forma las dos situaciones problemáticas se han resuelto rápidamente y de modo satisfactorio, pudiendo verificarse en el tiempo la ventaja conseguida.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Independencia de las velocidades de ambas estaciones.
- Reducción del tiempo de cambio de útiles al aumentar la velocidad de movimiento de los contrapuntos.
- Independencia de los mandos auxiliares.

8.8.4. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por atasco de cabezal compactador

8.8.4.1. Cambio del Compactador

SITUACIÓN INICIAL

La máquina de Fiber Placement poseía dos juegos de cabezales de compactación formados por la unión de una serie de discos:

- Primer Cabezal de 15 discos, compuesto por dos agrupaciones de siete discos de un grosor de 10 mm que se sitúan en torno a uno central de 30 mm.
- Segundo Cabezal de 11 discos, compuesto por dos agrupaciones de cinco discos de un grosor de 10 mm que se sitúan en torno a uno central de 30 mm.

La razón de este tipo de cabezal radicaba en que este modelo permite amoldar el laminado de una forma más exacta a la forma del útil-mandrill que se esté utilizando en ese momento, aumentando considerablemente la calidad final del laminado, realizándose con un mayor detalle.



IMAGEN 303. Modelo de Cabezal Compactador que es necesario cambiar

El problema surge debido a que la máquina encinta con 32 mechas, por lo que cada una de ellas no coincidirá directamente con cada disco del cabezal, coincidiendo diversas mechas con el espacio de unión de los discos.

Por otro lado, el útil-mandrill tiene forma de tambor casi cilíndrico visto lateralmente, pero a su vez posee una forma cóncava visto frontalmente.

Esta forma provocaba que los distintos discos funcionasen amoldándose a la forma. Debido a que las mechas coincidían con el lugar de unión, al levantarse o bajar uno de los discos para amoldarse a la forma, la mecha podía desplazarse y pegarse con la mecha anexa a ella, provocando con ello que las mechas se apilasen y el laminado no fuera homogéneo.

Este problema ocasionaba una parada de máquina por parte del operario para realizar el corte del material unido en el compactador. Además debía retirar todas las mechas del laminado de la pieza correspondientes a la capa que estaba realizando la máquina.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso la colocación de un cilindro compactador formado por una sola pieza, de forma que todas las mechas estuviesen en el mismo plano y no variasen debido a la forma del útil-mandril.



IMAGEN 304. Nuevo modelo de cabezal compactador

Para la implantación de esta mejora se realizó un estudio por parte del Departamento de Ingeniería, para valorar si debido a la curvatura del útil-mandril, la calidad del encintado se vería mermada.

Se procedió a la fabricación por parte de un taller mecánico subcontratado que realiza tareas en el Área de Materiales Compuestos, del cilindro propiamente dicho y su instalación en la máquina de Fiber Placement para el laminado de una pieza de prueba.

El resultado de dicho estudio confirmó la idoneidad del uso de este tipo de compactador argumentando que la curvatura existente en el útil-mandril de las Pieles de los Revestimientos del A380-TRENT900, no poseían un ángulo de inclinación suficiente para provocar problema de calidad, al ser muy pequeño. A su vez indicaba la precaución de no usarlo para piezas de otros programas.

8.8.4.2. Cambio de material superficial del compactador

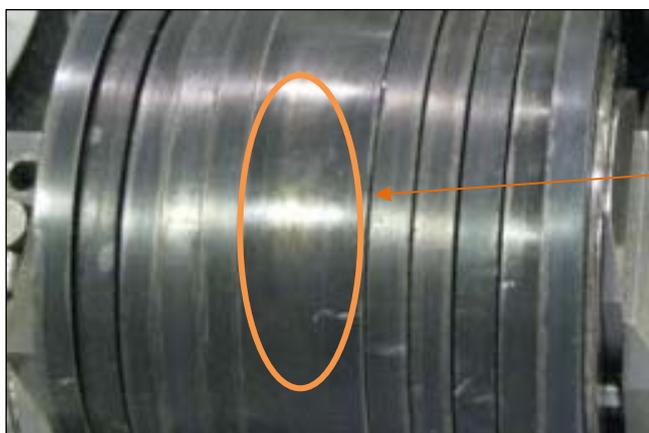
SITUACIÓN INICIAL

El compactador de serie de la máquina Fiber Placement era fabricado en acero inoxidable, recubierto de una capa de desmoldeante, para evitar la adherencia de la fibra de carbono.

Debido a la continua fricción del rodillo con el material preimpregnado en resina epoxy, esta se fijaba en pequeñas cantidades sobre dicho rodillo, ya que durante el funcionamiento diario de la máquina son muchos los metros de fibra que debe encintar y que pasan por él. Con ello, la superficie queda completamente cubierta, ocasionando que la fibra quede unida y gire con el rodillo en cada nueva vuelta, produciéndose un atasco.

Para evitarlo se procedía a la limpieza manual y habitual del compactador, provocando la pérdida progresiva de la capa de desmoldeante, con lo que la situación se va incrementando.

Es un hecho demostrado que aunque la superficie tenga una capa de desmoldeante, los residuos de resina van a estar continuamente pegándose sobre ella.



Detalle del desgaste de la superficie debido a la limpieza continua de los restos de resina del material preimpregnado.

IMAGEN 305. Detalle del desgaste de la superficie del Compactador

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Este nuevo rodillo compactador se realizó en un material de fibra de carbono sobre un cilindro de aluminio recubierto con una superficie plastificada desmoldeante, cuya capacidad mencionada es más resistente que el caso de los rodillos de serie de la máquina que era una capa de producto dada sobre el metal. Por lo que resiste más las limpiezas a las que tenga que ser sometido para eliminar los rastros de resina impregnadas.

8.8.4.3. Sistema automático de retirada de material al producirse una parada

SITUACIÓN INICIAL

El cabezal de compactación se calienta para realizar una mejor compactación, gracias a que ayuda a la resina preimpregnada de la fibra a adherirse a la capa anterior de laminado que hay sobre el útil. Ello unido a la presión que ejerce sobre la fibra consigue que el laminado adquiera unas características de calidad óptimas. Esto se logra mediante una resistencia eléctrica insertada en el interior del rodillo compactador.

Sin embargo, esto ocasionaba un problema que aparecía en incontables ocasiones. Cuando se producía un corte de material para comenzar una nueva capa de laminado, durante el tiempo en que el cabezal permanecía sin actividad (10 a 15 minutos) las fibras se pegaban firmemente en el interior del cabezal, tras las cuchillas de corte.

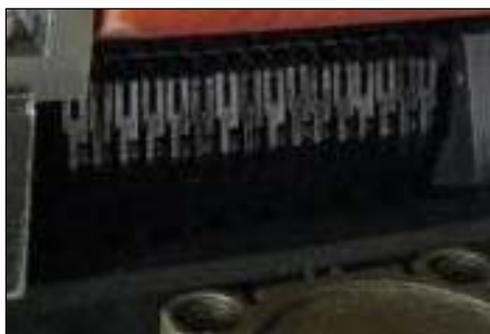


IMAGEN 306. Cuchillas de corte de material

Cuando volvía a continuar el trabajo de la nueva capa, ocurría que de las 32 mechas, varias de ellas no eran colocadas sobre el laminado anterior, sino que se quedaban retenidas en el interior del cabezal. Esto se unía a que la resistencia no era capaz de generar una temperatura constante, aumentando paulatinamente con el tiempo y las mechas se quedaban pegadas en el interior. Este hecho producía un gran problema, ya que una vez solucionado el atasco generado, había que desmontar completamente el cabezal compactador de la máquina y retirar todas las mechas colocadas sobre el laminado, ya que la secuencia de laminado no estaba completa.

Dependiendo del tiempo que el operario tardase en darse cuenta visualmente de que se había producido el fallo en la operación, así era la cantidad de material que debía retirar y desechar del laminado. Y a su vez así variaría la cantidad de material que había quedado retenido en el interior del cabezal.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso realizar una programación del software de la máquina para que actuase de forma distinta al funcionar de forma automática sin presencia del operador. Debería colocar el cabezal en posición de reposo y realizar una “tirada” de material.

La tirada de material consiste que una vez que las cuchillas han cortado las fibras tras haber terminado de laminar una capa completa del elemento, la máquina desplace hacia el exterior del cabezal una cantidad comprendida entre los 400 y 500 mm de material. De esta forma antes de continuar laminado, el operario se acercará al cabezal y realizará un pequeño tirón del material que cuelga fuera del cabezal, con lo que se al realizar este movimiento, las cintas saldrán unos 100 mm aproximadamente, soltándose las que se hayan quedado adheridas en el interior.

Esta medida requiere indispensablemente la intervención del operario de máquina, por lo que antes de proceder a comenzar a laminar, emitirá una señal acústica unida a una señal de color, concretamente blanco, concerniente al sistema Andon colocado anteriormente y explicado en la MEJORA: SISTEMA DE ALERTA ANTE SITUACIONES DE FALLOS.



IMAGEN 307. Cabezal tras haber realizado una “tirada” de material

8.8.4.4. Colocación de sensores que adviertan de la adherencia de material en el compactador

SITUACIÓN INICIAL

Actualmente se da un problema repetitivo en las dos máquinas Fiber Placement, con una frecuencia muy alta. Se trata de que el material de fibra de carbono de la bobina se adhiere y enrolla sobre el compactador, no fijándose el material sobre la capa de laminado. Este hecho se ha minimizado con la aplicación de la mejora anterior, al cambiar el tipo de material del rodillo, pero aún así no puede llegara a evitarse del todo:

Como se expuso anteriormente en la Sub-mejora anterior: SISTEMA AUTOMÁTICO DE RETIRADA DE MATERIAL AL PRODUCIRSE UNA PARADA, el cabezal de compactación se calienta para realizar una mejor compactación, pero ocasiona un problema que se va incrementando según el número de horas de funcionamiento continuo de la máquina. Esto es debido a que cuanto más esté en funcionamiento, más se calentará el cabezal compactador. Pero el problema reside en que la resina del material preimpregnado se ve diluida en una pequeña cantidad, pero suficiente para que esta ocasione que la fibra se fije al rodillo compactador y gire simultáneamente con él, produciendo el consiguiente atasco.

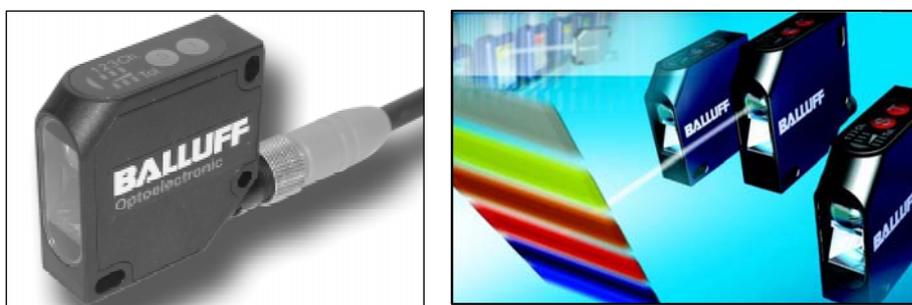
El atasco producido por este motivo provocaba que sólo pudiera ser detectado por el operario, que debía estar atento en todo momento al laminado. No pudiendo realizar ninguna otra labor, salvo la de estar esclavizado a su funcionamiento. Por lo que la gravedad de la situación, es decir, del atasco se basaba en el tiempo de detección del fallo. Este hecho producía en primer lugar tener que desmontar el rodillo compactador para eliminar el material enrollado (había que ponerse en contacto con mantenimiento, aunque más tarde pasa a ser actuación del operario al haberse implantado la MEJORA: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO). En segundo lugar tenía que retirar del laminado sobre el útil todo el grupo de fibras que acompañaban a las que no se situaron sobre él, es decir, las que quedaron adheridas.

MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propuso colocar un sensor que detectase cuando la fibra se enrolla en el compactador.

Para ello se optó por colocar un sensor de color que reacciona con el cambio en el color del Rodillo Compactador, debido al color de la fibra. Consistía en colocar el rodillo en un color muy distinto al de la fibra de carbono, la cual es negra, por lo que se optó por usar un color rojo.

El sensor de color percibe el color igual que el ser humano, esto es, posee la misma sensibilidad espectral. Por esta razón el sensor percibe desviaciones de color de la misma forma que el ser humano. Esa propiedad destaca al sensor BFS 26K respecto de otro grupo de sensores de color, por lo que se puede decidir, al igual que el ser humano, si el color es el adecuado.



IMAGENES 308 y 309. Sensor de Color

El uso del sensor de color es muy simple. Con valores intuitivos y comprobables estadísticamente se puede ajustar la tolerancia de color del sistema en forma precisa. De esta forma se puede analizar el color en forma simple, rápida y confiable.

El sensor se colocó justo encima del rodillo de tal manera que cuando la fibra se enrollase, el sensor detectase el cambio de color en el mismo y parase automáticamente la máquina, dándole el aviso pertinente al operario de turno.

Con esta mejora se evita tener que estar continuamente pendiente de la máquina y evitar los trabajos de desmontaje del rodillo por los enrollamientos de la fibra.



IMAGEN 310. Nuevo Color del Compactador

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Reducción de los problemas de enrollamiento de la fibra sobre el compactador.
- Reducción de la apilamiento de las cintas de fibra debido a los discos del compactador.
- Reducción del tiempo de parada de máquina.
- Aumento de la vida útil del compactador.
- Reducción de los trabajos manuales que el operario realiza en la máquina, como consecuencia de los atascos producidos.

8.8.5. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por carga de material

SITUACIÓN INICIAL

Cuando la máquina Fiber Placement se queda sin material en alguna de sus bobinas, no detecta de forma automática que este se ha agotado. Es el propio operario el que debe permanecer atento para proceder al cambio de material, antes de que este se agote. Si esto no fuese de esta forma, el laminado se realizaría con mechas de menos. Con lo cual, cuando el operario se percatase de la falta de material debería repasar visualmente el laminado realizado por la máquina y si ha laminado sin alguna mecha, proceder a quitar todas las demás mechas correspondientes a la misma pasada del cabezal tejedor, para volver a comenzar de nuevo.

ACCIÓN DE MEJORA

Acción n°1 Minimizar Tiempo de Parada con Señal de Cantidad Mínima de Material

Esta mejora consta de dos acciones simultáneas a realizarse:

1. Se propuso en primer lugar la modificación del software de la encintadora, para incluir una alarma que avise al operador de cuando la bobina de material disminuye por debajo de una cantidad mínima, la cual debería determinarse, para tener tiempo de que se realice el atemperamiento del material de recambio, que en este caso es de 1 hora, con la idea de reducir el mayor tiempo posible la parada de máquina por este motivo.
2. En segundo lugar se propuso la colocación de un sensor, con la idea de que cuando el diámetro de la bobina llegase a un punto determinado, este mandase la señal al software mencionado anteriormente.

Acción n°2: Mejora en el tiempo de cambio de material por sustitución de sistema de apriete

Dentro de esta mejora existe otra acción que aunque se localice en minimizar el tiempo de parada por carga de material, por su naturaleza, se incluirá en la MEJORA: SMED. Esta será Minimizar Tiempo de Parada con Cambio de útil de Sujeción de Bobinas.

SITUACIÓN FINAL

Se colocó un sensor se colocó en el brazo del posicionador de bobinas y otro en el rodillo superior, que es el encargado de darle tensión a la fibra hasta llegar al cabezal de encintado. La misión de los sensores consiste en medir las vueltas tanto del posicionador de bobinas como del rodillo superior, y mediante un programa de software compararlas, determinando así la equivalencia entre ellas.

Al comienzo de colocar una nueva bobina, la equivalencia es que una vuelta de material en el posicionador es igual a 15 vueltas en el rodillo superior. Conforme el material se va consumiendo esta equivalencia va disminuyendo.

El software está programado para que la máquina avise al operario cuando la equivalencia es de 2:1, con una señal de advertencia en pantalla. Con lo que el operario podrá proceder a preparar todo lo necesario para realizar el cambio.

Cuando la equivalencia pase a ser 1:1, el sistema avisará tanto con una señal en pantalla, como acústica de que se debe proceder al cambio inmediatamente.

Se necesitaron por tanto 64 sensores:

- 32 para los posicionadores de bobinas
- 32 para los rodillos superiores.

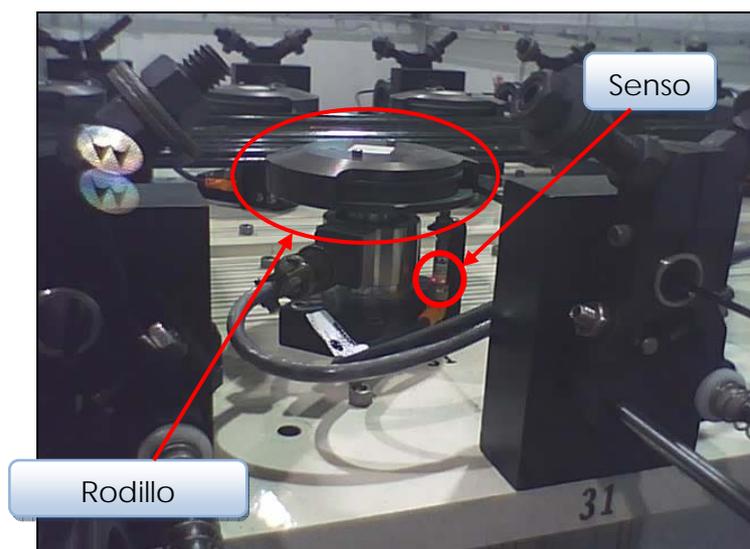


IMAGEN 31. Detalle de rodillo superior con Sensor

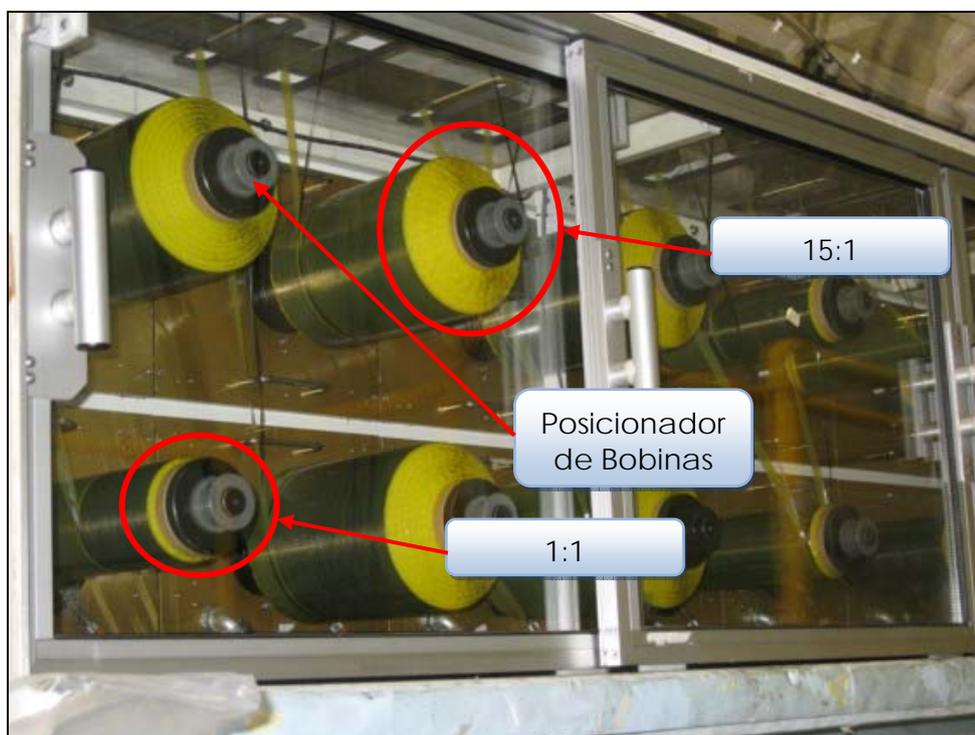


IMAGEN 312. Equivalencias de Cantidad de material-Diámetro

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Mejora en la sincronización de la extracción del material de la nevera y su reposición en la máquina.
- Se evita la necesidad de que el operario este continuamente vigilando las bobinas de fibra para su reposición, pudiendo realizar otras tareas en su lugar.
- Reducción de los retrabajos manuales por parte del operario, al no tener que retirar material preimpregnado defectuoso del laminado. Así además se consigue reducir el tiempo de parada de máquina por este motivo.

8.8.6. Sincronización de PEAU para pieles en Fiber Placement

SITUACIÓN INICIAL

En un principio existía una desincronización entre los Útiles PEAU empleados para el curado de la pieles y esas mismas pieles fabricadas en las máquinas Fiber Placement. Ocasionado por la duración tanto de los ciclos de autoclave, como de las operaciones de fabricación propias y las de desmoldeo, taladrado y limpieza, así como de los movimientos sufridos por el elemento en su paso por los diferentes procesos.

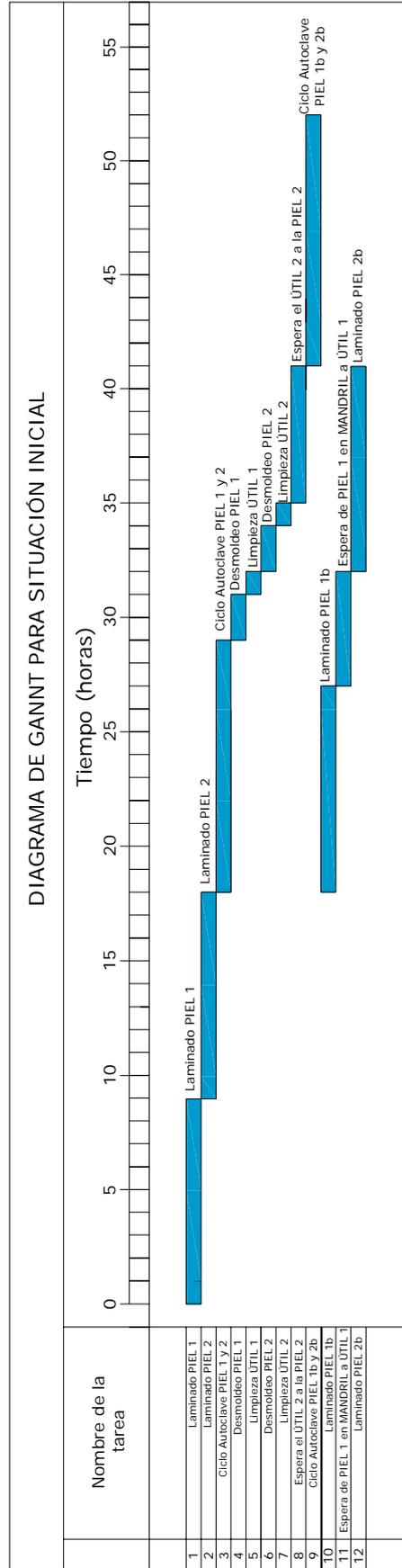
Las máquinas Fiber Placement funcionan con un sistema de fabricación en continuo, durante tres turnos. Produciéndose paradas de descanso únicamente entre el laminado de piezas, cuya duración puede variar entre 5-10 minutos, durante el cual se realizan trabajos de limpieza en la zona de máquinas. El tiempo que se tarda en laminar una piel de revestimiento es de unas 9 horas aproximadamente, dependiendo del número de incidencias o paradas que pueda sufrir la máquina. La configuración de las Fiber Placement sólo permite laminar una piel cada vez, es decir, no permite la solapación de instrucciones de dos pieles al mismo tiempo. Una vez concluido el laminado, la piel es desmoldeada del útil (mandril) y colocada en un útil PEAU, para proseguir su producción. A este útil permanecerá unido hasta su desmoldeo. Este útil no volverá a la zona de máquinas hasta que la piel sea desmoldeada y limpiado. Esto supone un tiempo completo de 14 horas aproximadamente.

El sistema de producción actual para hacer frente a la demanda del cliente, establece la realización de dos ciclos consecutivos para el A380-TRENT900 y dos ciclos consecutivos para el A380-GP, para optimizar el ciclo de Autoclave (no tener que variar los parámetros continuamente) y el de la Fiber Placement.

El problema radica en que únicamente existen dos útiles PEAU para el curado de las Pieles, uno para la piel derecha y otro para la piel izquierda, los cuales no son intercambiables. Ello es debido a que cada uno posee una estructura que marca la dirección de vuelo, a la que está orientado el motor. De esta forma, la fabricación se ve forzada en alternar la fabricación de un revestimiento derecho y uno izquierdo o viceversa.

Con estos tiempos, el proceso no se realiza de forma continua. Se producen solapes de operaciones, lo que provoca que al terminar un laminado, la Piel permanezca un tiempo excesivo (aproximadamente 5 horas), colocada sobre el útil de laminado (mandril). Impidiendo durante ese tiempo, el inicio de la fabricación del siguiente elemento, retrasando la fabricación y el siguiente ciclo en 5 horas. Con lo que la realización de los dos ciclos consecutivos tiene una duración de 52 horas.

En el siguiente Diagrama de Gannt se indica la secuencia para los dos ciclos:



ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

La propuesta consiste en dejar la piel una vez laminada en el mandril. Así en dicho útil se encuentra un revestimiento derecho y otro izquierdo, de los cuales, uno ya se ha laminado y el otro se va a laminar.

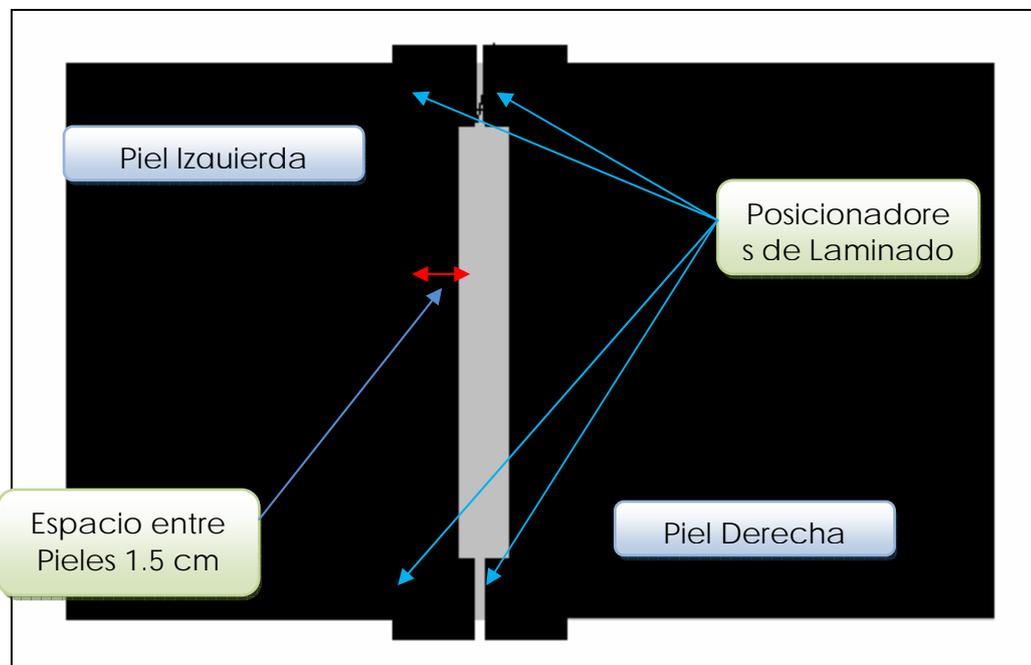


IMAGEN 313. Vista aérea de dos Pieles en el mandril

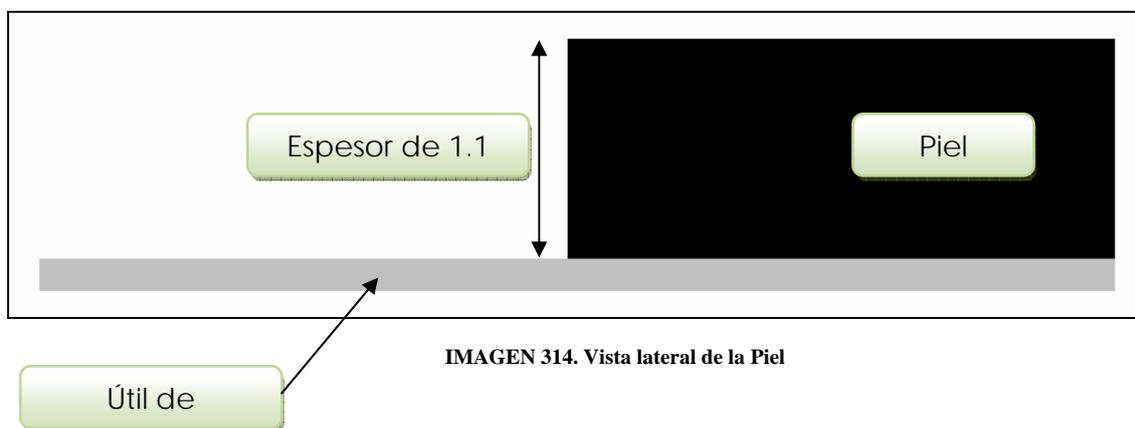


IMAGEN 314. Vista lateral de la Piel

Para proceder a esta mejora existe un problema bastante importante, que fue necesario solventar:

- En la Imagen 313 vemos dos laminados (derecho e izquierdo) sobre el útil de laminado. Entre ellos hay una separación sin laminar. Esta separación es un espacio de tan solo 1.5 centímetros entre cada laminado, y teniendo este un espesor de 1.1 centímetros (Imagen 314), el cabezal de la máquina que comienza a laminar a esos 1.5 centímetros choca con la altura del laminado anterior, al ser el cabezal de la máquina bastante ancho. Hay que tener en cuenta que el cabezal está formado en su extremo por un rodillo compactador, como el de la imagen:



IMAGEN 315. Rodillo Compactador

Además interfiere con los posicionadores de laminado (estos son colocados únicamente como puntos de anclaje para la sujeción del laminado, es una característica de la máquina) cuya separación es de tan solo 4 milímetros entre laminados.

Se planteó en primer lugar el diseño de un útil, fabricado en Titanio, en forma de cuña, con una capa de revestimiento desmoldeante, para evitar la adherencia total de la fibra. Este útil se colocaría junto al primer laminado (derecho o izquierdo) para salvar el escalón producido. Sería necesario un útil para cada una de las dos uniones del revestimiento, ya que el problema se ocasiona sobre las dos zonas, al ser el útil de laminado semicilíndrico.

Se encargó su fabricación a los talleres subcontratados que operan en el Área de Materiales Compuestos. Una vez se dispuso de él, se tuvo que hacer frente a un nuevo problema, que radicaba en el modo de sujeción al útil de laminado. Habría dos opciones:

- Taladrar y colocar unos tornillos para sujetarlo.
- Colocarlo mediante adhesivo (cinta de doble cara).

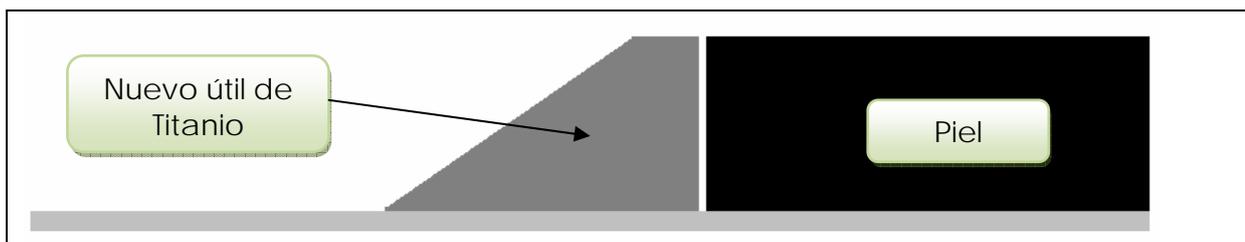


IMAGEN 316. Posición del Nuevo útil de Acero Inoxidable

Pero cada una de estas opciones presentaba unos inconvenientes:

- Si se taladraba el útil de laminado (mandril) y posteriormente se realizaba alguna modificación en la estructura y forma (por ingeniería de desarrollo) del Revestimiento de Motor, estos taladros podrían interferir irremediablemente. Teniendo en cuenta el coste asociado al útil, no se creyó que fuese apropiado.
- En cuanto a la colocación de adhesivo, se realizó una prueba de laminado doble con la cuña posicionada de esta forma. Debido al giro continuo del tambor de laminado (útil) y con la vibración producida, la cuña terminaba soltándose, dejando la pieza irreversiblemente dañada.

Por tanto se desechó este sistema por inviable.

Se pensó en otro modo de acometer esta modificación del útil, de forma más sencilla y económica. Se utilizaron tiras de corcho, utilizadas en la retención de resina en la fabricación de bolsas de vacío, las cuales son adhesivas por su parte inferior. Se colocaron unas encima de otras de forma escalonada y sobre ellas se situó cinta azul para alta temperatura, que tiene la propiedad de ser desmoldeante. De esta forma se salvaba el escalón producido por el laminado y quedaba totalmente adherido al mandril. Se realizaron varios ensayos con este método y fueron satisfactorios.

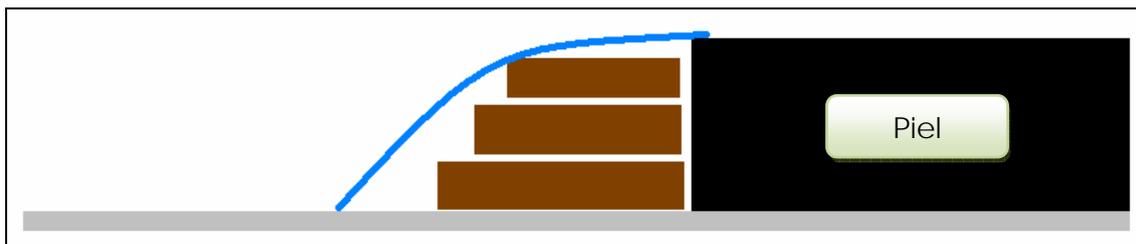
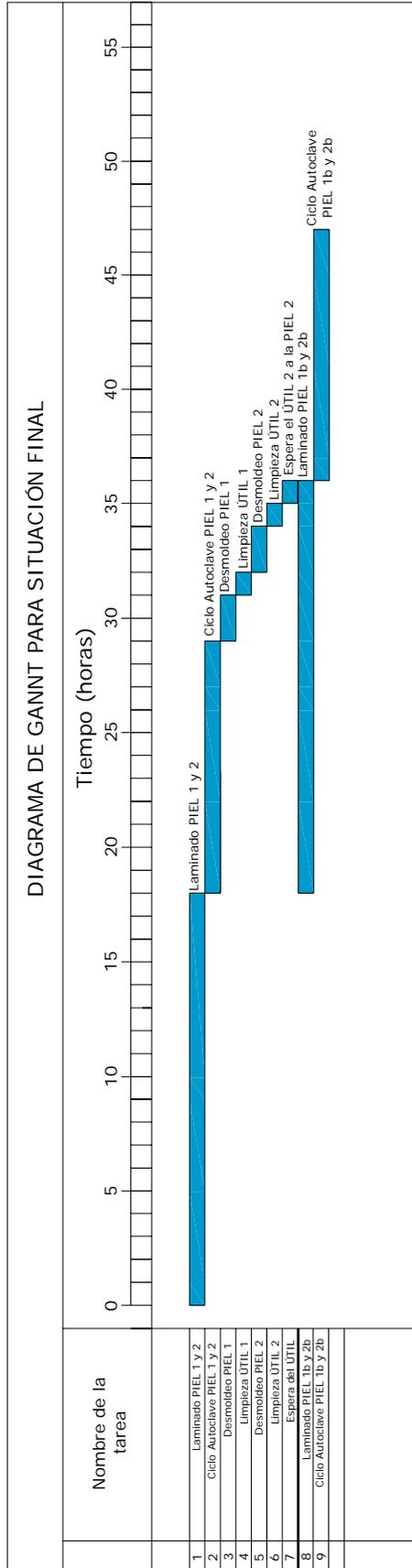


IMAGEN 317. Sistema de Corcho y adhesivo de cinta azul

En el siguiente Diagrama de Gantt se indica la secuencia para los dos ciclos:



Con este método el cabezal no tropieza con la pieza anterior laminada, ya que lamina los extremos sobre el conjunto de corcho colocado, pudiendo realizar el cabezal sin problema su trabajo.

De esta forma los dos ciclos consecutivos tendrán un tiempo de fabricación de 47 horas.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Con este sistema se consigue disminuir la duración de dos ciclos consecutivos del mismo programa en 5 horas. Pudiéndose adelantar este tiempo los ciclos siguientes.
- Reducción del tiempo de parada de máquinas en 5 horas, al no tener que esperar la Piel en el útil mandril a que el PEAU esté libre.

8.8.7. Reparación combinada de Revestimientos

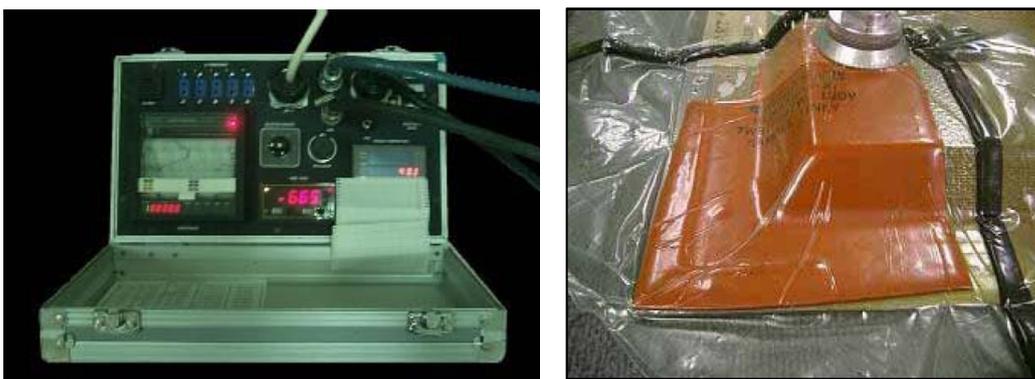
SITUACIÓN INICIAL

En el Área de Materiales Compuestos, las reparaciones de los Revestimientos, se realizan con lo que se conoce como Sicoteva.

La Sicoteva es el conjunto formado por una consola de reparación y una manta térmica. Mediante la consola se regula la potencia que se le suministra a las mantas térmicas para aportar el flujo de calor necesario para realizar la polimerización de las resinas. Además con ella es posible controlar otras variables necesarias para realizar un ciclo de reparación:

- Temperatura.
- Vacío.
- Velocidad.
- Tiempo.

Las dimensiones de las mantas son variables, en función de las necesidades de la reparación. Por lo general las mantas de menor tamaño proporcionan una calidad de calentamiento más alta que las mantas más grandes.



IMÁGENES 318 y 319. Detalle de Sicoteva

Con ellas se puede realizar las siguientes operaciones:

- Control de la velocidad de enfriamiento-calentamiento.
- Control de la Temperatura.
- Control de los Tiempos de Curado.

Este equipo permite realizar reparaciones sobre estructuras de materiales compuestos tanto laminadas como tipo sándwich.

Es un método utilizado para reparaciones localizadas sobre zonas con espesor delgado. Conlleva la colocación de una bolsa de vacío sobre la estructura de material compuesto, con la consiguiente eliminación de todo el aire existente en la bolsa. Esta bolsa tendrá la siguiente secuencia de fabricación:

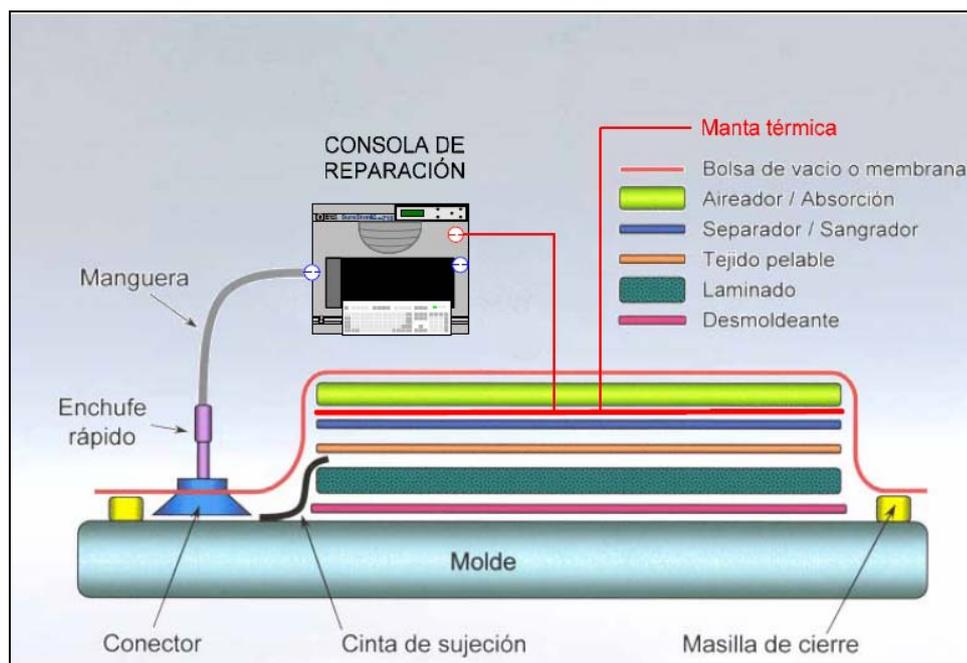


IMAGEN 320. Bolsa de Vacío

En este método de reparación, la compactación se realiza con una presión de 1 atmósfera, es decir, a presión atmosférica. La reparación se realizará por un ciclo de curado ejecutado por la Sicoteva, la cual aporta la temperatura necesaria.

Pero el uso de la Sicoteva plantea una serie de carencias como medio para las reparaciones de estos elementos:

- Pérdidas de vacío entre la bolsa de vacío y el elemento, con la correspondiente entrada de aire.
- Se produce una compactación mínima, debido a que se ejerce únicamente presión atmosférica, sin apoyo de ningún elemento externo.
- Si se realiza una operación de reparación con la colocación de más de cuatro capas de tejido de material preimpregnado, la reparación mediante el uso de presión atmosférica es insuficiente para que se produzca la compactación de todas las capas. Además no se asegura la eliminación de las burbujas de aire existentes.
- Rigidez de las mantas en zonas consideradas críticas y que se corresponden con uniones entre elementos del conjunto. En estas zonas no se produce un correcto curado.

Existe otro método utilizado para la reparación, pero destinado a usarse en el caso de elementos de media calidad. Este es usado en raras ocasiones debido a los grandes costes económicos que ocasiona (un ciclo de autoclave para un solo elemento).

Consiste en someter al elemento a un nuevo ciclo de curado específico para tal fin, para una reparación, en el que la presión, el vacío y la temperatura las controla el propio autoclave.

Las altas presiones permiten la compactación de secciones gruesas formadas por varias capas de material. El ciclo suele ser considerablemente largo, debido al volumen de aire del interior del autoclave, el cual tarda mucho en calentarse y enfriarse. También requiere una bolsa de vacío, que será idéntica al del caso de uso de la Sicoteva.

Pero existe el gran inconveniente de tener que someter de nuevo a ese ciclo de curado, lo que conlleva tener que volver a llevar a la temperatura de curado de los nuevos materiales que se han colocado como parte de ella, a 180°C.

De este modo de proceder se han identificado una serie de problemas, que se han observado repetidamente, por la aparición de numerosas HNC's. Esto se deriva de someter el elemento a otro ciclo completo:

- Desencolados en las zonas del elemento que ya estaban curadas.
- Microroturas en las capas de material ya curado en el proceso anterior de fabricación.

Se han observado también la existencia de otros inconvenientes:

- Elevado coste de la reparación.
- Elevado consumo energético.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Mediante la mejora propuesta se contribuye a la optimización del proceso de reparación de materiales fabricados en materiales compuestos.

Se plantea la necesidad de utilizar otro método de reparación que asegure con un margen de garantía más amplio, que las reparaciones que se van a realizar con él, cumplen los requisitos de calidad que se exigen a un producto de sus características.

Se procedió a realizar un estudio de las diversas posibilidades con que se pudiese disponer en la Factoría, barajando la posibilidad del uso de otros medios de calentamiento existentes en otras áreas (hornos, etc...), pero ni tanto las características dimensionales de los mismos, como de temperatura y/o presión se ajustaban adecuadamente a la normativa aeronáutica de fabricación de Materiales Compuestos.

Se concluyó que sería un método óptimo, la combinación de los dos métodos que se utilizan actualmente en el Área y que se han comentado anteriormente:

- Sicoteva, proporciona unas mejores condiciones de presurización y vacío.
- Autoclave, para aportar y controlar el flujo de temperatura necesario.

Impulsando la realización de un Proceso Combinado Sicoteva-Autoclave en Frío, que se utilizaría para un nivel de calidad moderado.

Se utilizarían las características que a cada uno de ellos, lo hacen favorable para las reparaciones de conjuntos o elementos, estudiando mediante una serie de pruebas:

- Viabilidad.
- Nivel de calidad.
- Nivel de acabado.
- Coste económico.

Las reparaciones que se realizan por este método, son todas aquellas que por el tipo de reparación o porque mediante el uso de la Sicoteva, no se va a conseguir la calidad ideal o se tenga dificultades para realizarla:

- Aquellas que por la zona donde se encuentre sea difícil, debido a la flexibilidad de las mantas de la Sicoteva, que estas se adapten a la zona crítica y sea necesaria la ayuda de la Presión del Autoclave.
- Aquellas que necesiten cuatro o más capas de material preimpregnado para la reparación.
- Aquellas que por la elevada longitud de la zona a reparar, se considere más seguro, realizar la compactación a la Presión del Autoclave.

El procedimiento para la reparación mediante el uso de este Sistema Combinado es el siguiente:

1. Inspección por Ultrasonidos (localización del defecto).
2. Lijado y preparado de la superficie.
3. Procedimiento manual de reparación en Sala Limpia, reparando mediante material preimpregnado.
4. Colocación de la bolsa de vacío y de la manta térmica en Sala Limpia de trabajo.
5. Ciclo de curado mediante Sicoteva a 180°C en la zona de reparación y presurización y vacío controlado por autoclave. Los pasos para realizar el curado mediante Sicoteva son:
 - a) Conectar la Sicoteva.
 - b) Comprobar el funcionamiento de los termopares. Una vez concluido se realizará un reseteo de los valores almacenados.
 - c) Programación de la temperatura a la cual debe realizar el ciclo de curado.
 - d) Realizar una programación del sistema, para que esta comience el ciclo térmico, una vez se haya iniciado el ascenso de presión del ciclo de autoclave.

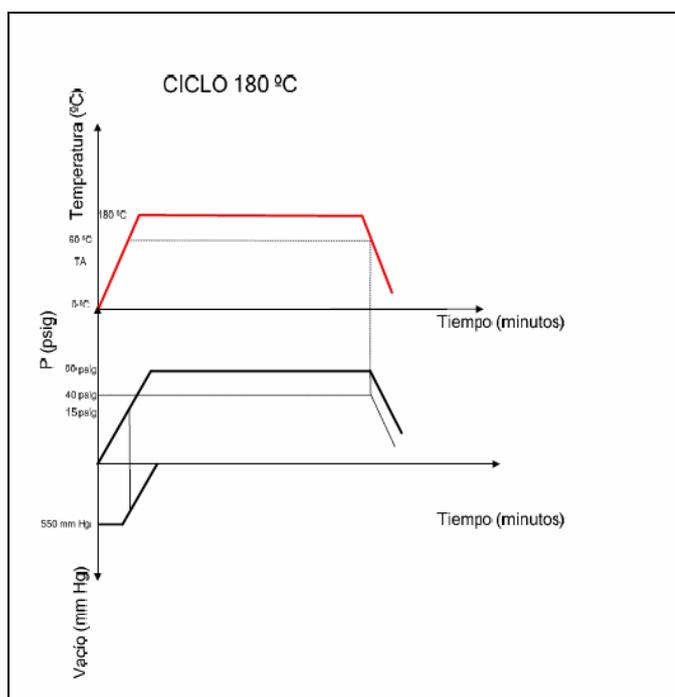


IMAGEN 321. Ciclo de Sicoteva

Los pasos para realizar el vacío por autoclave son:

- a) Carga de elementos en el autoclave.
- b) Programación del ciclo correspondiente con una temperatura de 0°C.
- c) Desconexión del sistema de ventilación del autoclave.

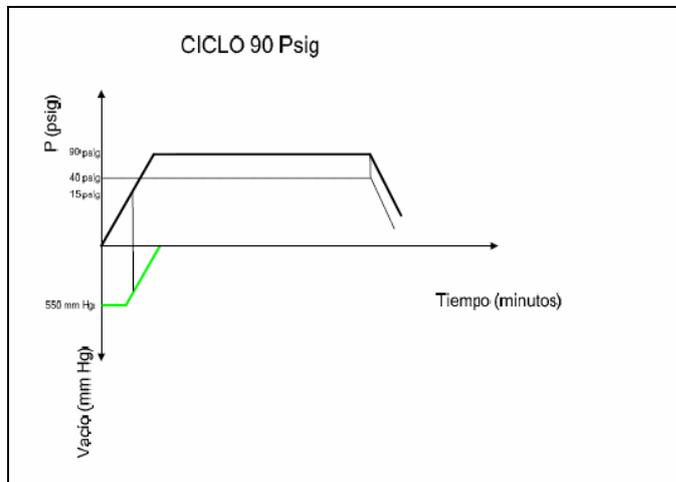


IMAGEN 322. Ciclo de Autoclave

6. Inspección mediante pulso-eco manual y verificación.

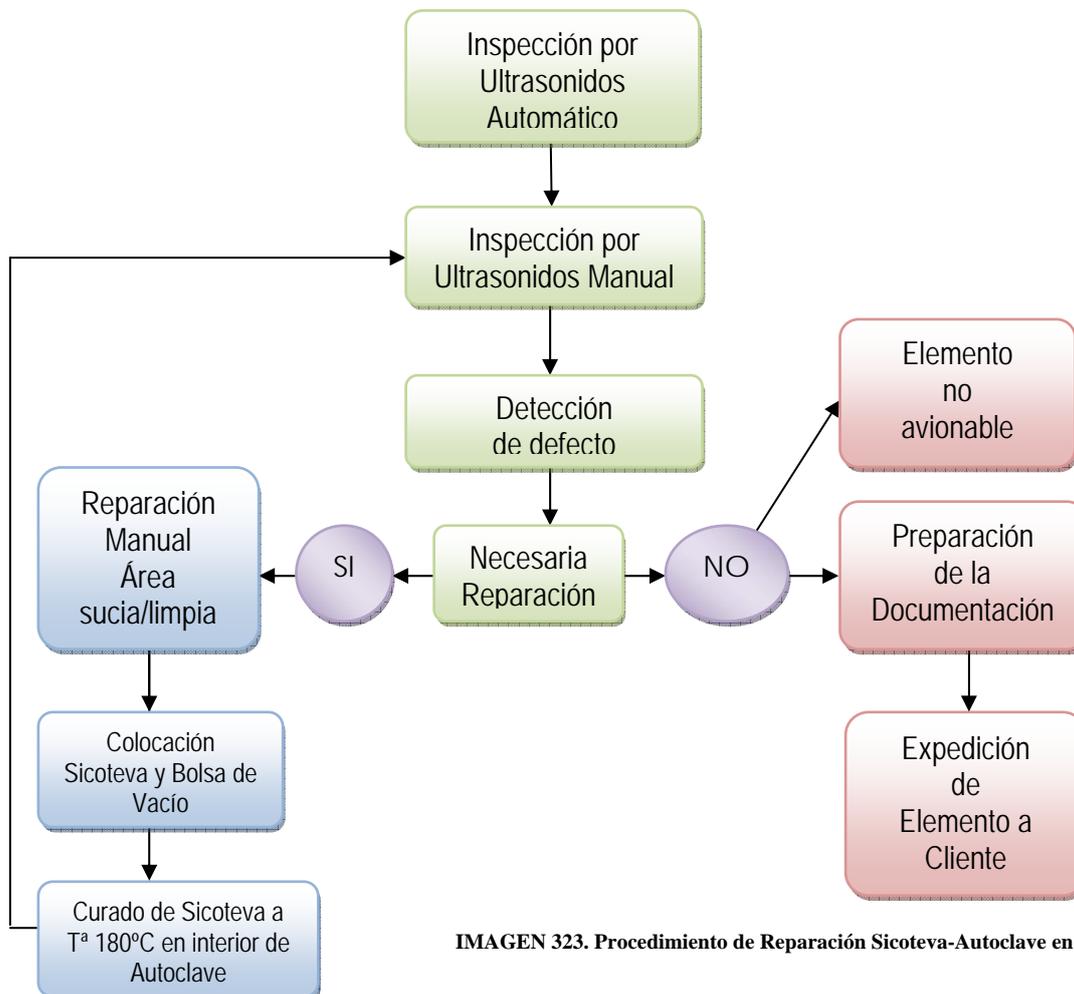


IMAGEN 323. Procedimiento de Reparación Sicoteva-Autoclave en Frío

OBJETIVOS ALCANZADOS

- **Reducción de Costes.** Se ve reducido el consumo eléctrico drásticamente, motivado en este caso, por definir el ciclo de autoclave para que trabaje únicamente como sistema de control para la presión y el vacío. El aporte de calor lo realiza la Sicoteva.
- **Mejora la Calidad de la Reparación.** La calidad que se consigue utilizando el sistema combinado en frío es mucho más elevado del que se consigue con el método de Sicoteva y prácticamente el mismo que el de reparación con autoclave.

La Reparación combinada se realiza, con una presión de 100 psi y un vacío de 600 mm Hg, desde que comienza a temperatura ambiente hasta que alcanza los 180°C Con lo que esta presión está muy por encima de la ambiente del uso de la Sicoteva.

Sólo se calienta la zona de reparación, evitando la exposición a la temperatura de curado de las demás partes del proceso. Esto evita la aparición de microroturas y nuevos desencolados de las partes del elemento que se encuentra en buen estado.

8.8.8. Sistema mecánico para desmoldeo de pieles

SITUACIÓN INICIAL

El desmoldeo de la Piel del útil mandril se realizaba de forma artesanal. Se efectuaba por cuatro operarios. Esta tarea la realizaban a través de una máquina elevadora con cesta donde dos operarios con la ayuda de unas paletas de Nylon, que iban introduciendo poco a poco entre el laminado y el mandril, consiguiendo que este se desprendiera. Otros dos desde el suelo, sujetaban la piel a medida que se desprendía, para posteriormente colocarla en el útil PEAU, para realizarle la bolsa de vacío.

El problema residía en:

- Excesivo tiempo empleado en el proceso de desmoldeo.
- Futuros problemas de calidad del laminado, ocasionados por:
 - Mala ejecución del desmoldeo.
 - Sufrimiento de las fibras, con el consiguiente deshilachado del tejido, debido a que al sostener la Piel conforme se va desmoldeando, esta se dobla y pueden darse roturas.
 - Riesgo de caída de la piel al suelo, debido a que la piel laminada debía ser sostenida manualmente por los operarios para colocarla en su correspondiente útil PEAU.

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

Se propone como mejora, la utilización de un sistema mecánico para la separación o desmoldeo de la Piel del Mandril. Reduciendo con ello el tiempo empleado por los operarios en realizar la tarea, así como el sufrimiento del elemento que puede desencadenar en aperturas de HNC's por micro-roturas del material.

Para ello se ha diseñado un sistema consistente en:

Paso 1:

Colocar una pasarela mecánica de un módulo de desplazamiento, que una vez que se haya concluido el proceso de laminado del elemento, se acerque frontalmente de forma automática hasta el mandril. De esta forma se salva el foso que rodea a la máquina.

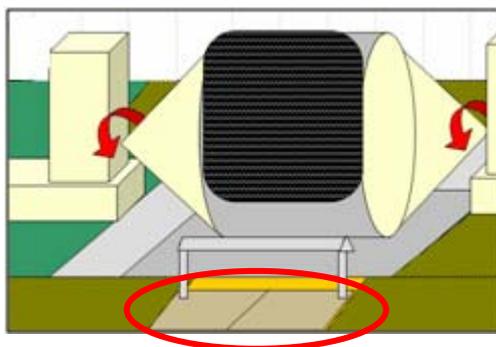


IMAGEN 324. PASO 1: Pasarela Mecánica

Paso 2:

El operario despega manualmente los posicionadores de laminado de uno de los extremos del elemento y coloca en ellos unas mordazas conectadas a un cable retráctil automático, para mantener la Piel ligeramente tensionada y contribuir al despegue respecto al mandril.

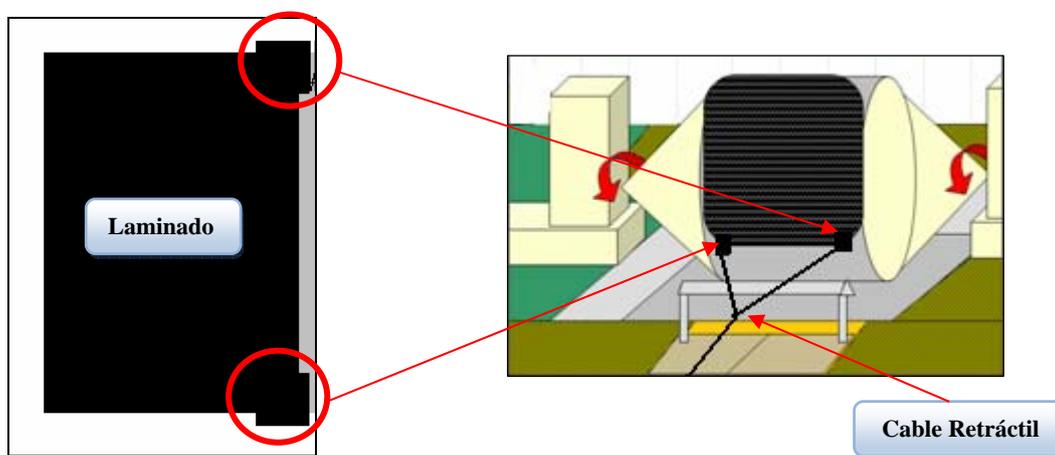


IMAGEN 325 y 326. PASO 2: Posicionadores de Laminado y Cable Retráctil

Paso 3:

En la parte delantera de la pasarela y sostenido por un par de soportes telescópicos, se situará un útil longitudinal de contacto, de forma de Cuña adaptada al útil y que contribuya al despegue. El material de fabricación debe no ser ni contaminante ni abrasivo.

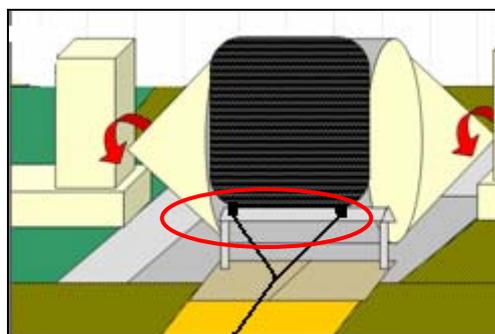
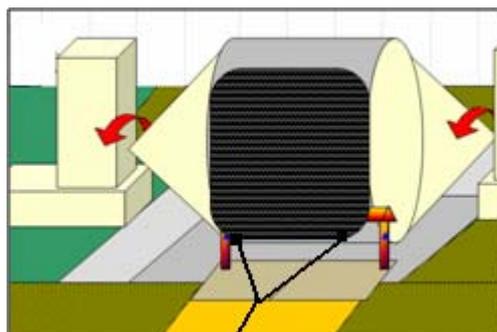


IMAGEN 327. PASO 2: Cuña

Paso 4:

Este útil longitudinal estará conectado a un equipo de bombeo de aire caliente, mediante una soplante, que controlará una temperatura de 30°C para no afectar al material de fibra. Con este aporte de calor, que se realizará mediante la salida de aire caliente por una serie de pequeños orificios dirigidos hacia el mandril, se consigue una mayor facilidad en el proceso de desmoldeo.



IMEGEN 328. PASO 4: Desmoldeo con calor

Paso 5:

El operario hará girar el mandril en dirección al útil longitudinal de tal forma que al entrar en contacto este con la Piel y con la ayuda del cable retráctil, esta vaya desmoldeándose y colocándose sobre una mesa de recogida, que evite el contacto con el suelo.

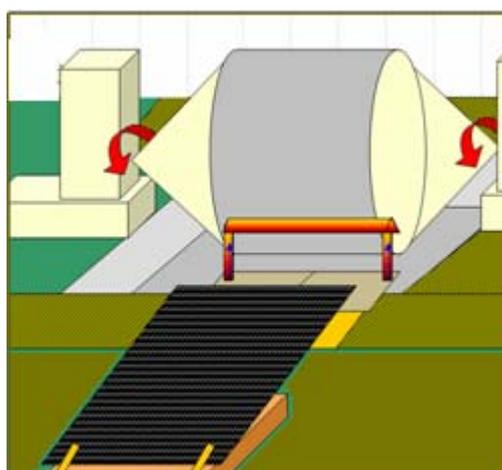


IMAGEN 329. PASO 4: Recoger Piel

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Con este sistema de desmoldeo se consigue la reducción del tiempo empleado en esta operación, lo que conlleva una reducción en los costes del proceso. El tiempo empleado de la forma inicial es de 50 minutos, mientras que de esta forma semiautomática se reduce a sólo 10 minutos.
- La operación podrá llevarla a cabo un solo operario y no cuatro como en el caso inicial.
- Además, la calidad de las pieles no se ve alterada negativamente, ya que el desmoldeo es mucho menos agresivo que en un principio, ya que se disminuye la manipulación manual por parte de los operarios, impidiendo que la piel se doble y resulte dañada.

8.8.9. Optimización del uso del Autoclave

SITUACIÓN INICIAL

En el Área de Materiales Compuestos se trabaja en varios programas que realizan piezas de material compuesto, tanto de fibra de carbono como de fibra de vidrio. Estos programas son los siguientes:

- A380 TRENT900, (revestimientos de motores) objeto de este Proyecto Fin de Carrera.
- A380 GP (revestimientos de motores).
- A340 (revestimientos de motores).
- A400M (carenas y cowlings).
- A330 MRTT (tubos de aire acondicionado y paneles de cabina).

Para la fabricación de todas estas piezas es necesario la utilización del autoclave, lo que desemboca en un problema a la hora de usarlo, ya que el empleo del mismo para los ciclos de curado de los Revestimientos está condicionado por la prioridad de los demás programas y viceversa.

Por otro lado, actualmente no se optimiza el uso del autoclave, ya que para el curado de las piezas pequeñas, como tubos y otros paneles, no se realiza una carga a pleno rendimiento, quedando espacio en el mismo para más piezas. Esto es debido a que la plataforma de soporte de las piezas sólo utiliza una parte del volumen total disponible en el interior del autoclave, lo que conlleva a realizar un mayor número de ciclos de curado.



IMAGEN 330. Plataforma de Carga Actual del Autoclave

Por este motivo, los revestimientos tienen que esperar más para entrar en el autoclave, así que se observa un desperdicio considerable debido a tiempos de espera, aumentando el Lead Time y retrasándose la fecha de entrega.

En la siguiente imagen se muestra el área transversal del autoclave, donde se puede apreciar el espacio ocupado por un soporte para material a curar y el espacio libre existente.

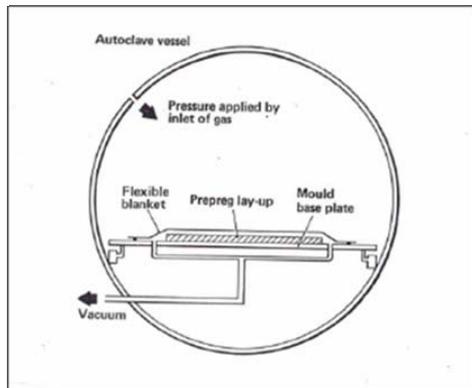


IMAGEN 331. Sección transversal de autoclave



IMAGEN 332. Vista del volumen sin uso del Autoclave

ACCIÓN DE MEJORA

Ante esta situación de partida se considera necesario el empleo de otro tipo de soporte alternativo en lugar del utilizado actualmente, para el proceso de curado de piezas de pequeño tamaño. Dicho soporte debe ser apto para uso en el autoclave y que permita colocar más cantidad de piezas a curar sin perjudicar el ciclo de curado, usando el espacio libre existente.

Con este sistema se reduciría el tiempo de espera para el curado tanto de Pieles como de Conjuntos de Revestimientos, así como de las piezas de otros programas, reduciéndose considerablemente el Lead Time total del elemento.

De esta forma, como ocurre actualmente, se necesitan, como consecuencia de la criticidad en la entrega, realizar con prioridad sobre los demás programas, dos ciclos de piezas pequeñas consecutivos una vez a la semana, debido al gran volumen de fabricación que tienen. El tiempo de espera para un nuevo ciclo de revestimientos sería la suma del tiempo de estos ciclos (7 horas/ciclo) más los tiempos de carga y descarga (2 horas/ciclo) daría un total de 18 horas (9 horas/ciclo). Este hecho afectaría a dos elementos de revestimientos (una carga de autoclave), aumentando su Lead Time y realizándose una acumulación a las cargas posteriores, con lo que se retrasaría todo el plan de entrega semanal.

Para verlo más fácilmente, supondremos que todos los días se realizan dos ciclos de autoclave, y que el lunes es el día de la semana en el que tienen que entrar los dos ciclos de piezas pequeñas. La semana completa quedaría de la siguiente manera:

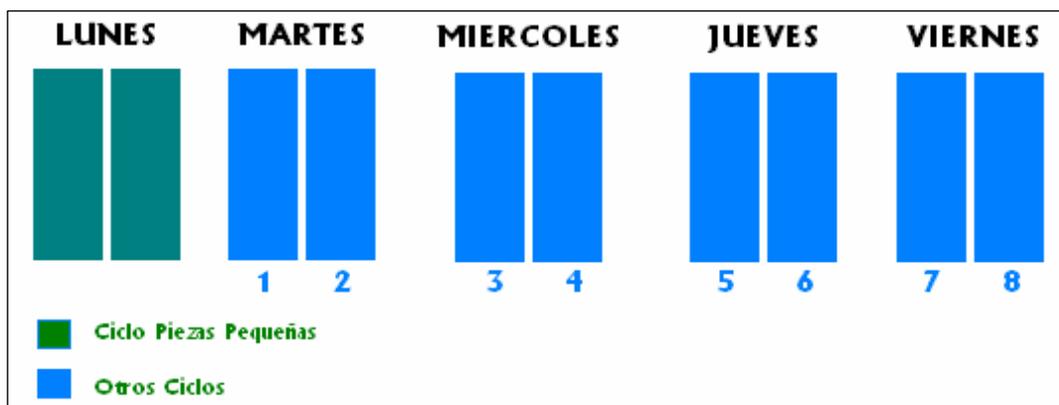


IMAGEN 333. Ciclos teóricos realizados actualmente por semana

Pero en cambio si se logra reducir los dos ciclos de piezas pequeñas a uno sólo, la semana se adelantaría un ciclo de autoclave, disminuyendo el Lead Time de la piezas en proceso durante la semana, en la cantidad de tiempo de 11 horas (8 horas ciclo + 3 horas carga/descarga) y pudiéndose realizar otro ciclo más, de la siguiente forma:

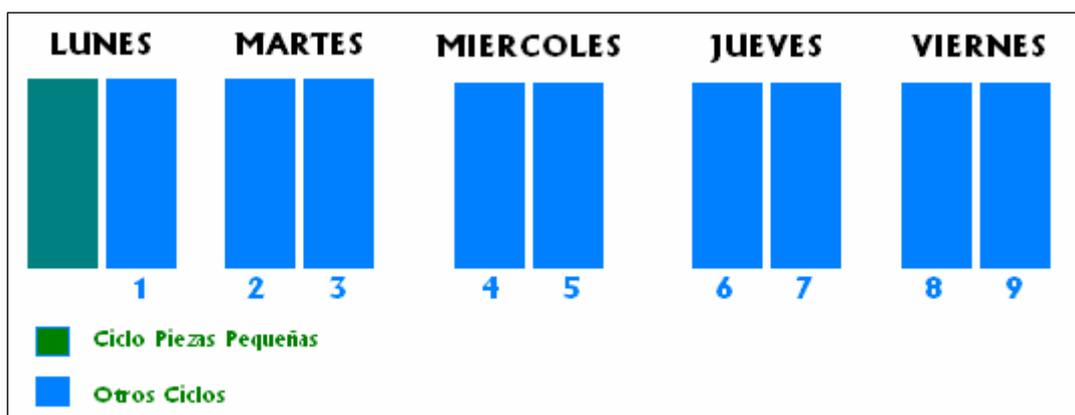


IMAGEN 334. Ciclos teóricos realizados en una situación futura, por semana

Esto supondría además un ahorro muy considerable de cara a cumplir con el plan previsto de entrega al cliente.

SITUACIÓN FINAL

Para llevar a cabo esta mejora, se han solicitado opciones y presupuesto a la empresa suministradora de la factoría, para el pedido del nuevo útil. Se optará por el uso de un útil de estanterías para piezas menores que presentan la siguiente forma, que se ha considerado que es la disposición más eficaz de conseguir una mayor carga de elementos:

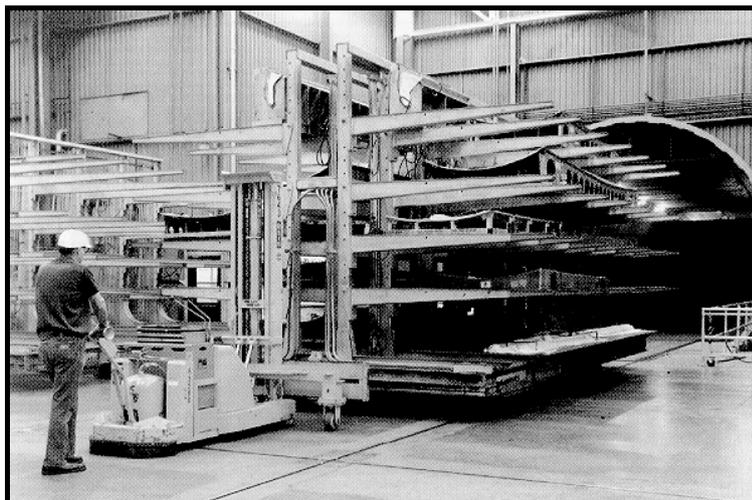


IMAGEN 335. Estanterías para autoclave

El uso de estas estanterías no perjudica los ciclos de curado de las piezas, ya que hay suficientes tomas de vacío en el autoclave para poder utilizarlo en todo su volumen.

OBJETIVOS ALCANZADOS

Con esta alternativa se optimiza el uso del autoclave, ya que en un mismo ciclo de curado se consigue aumentar la cantidad de piezas, con la consiguiente mejora de:

- Productividad (se puede realizar otro ciclo semanal).
- Ahorro energético.
- Eliminación de los tiempos de espera para la producción de los revestimientos de los motores del A380 y de las demás piezas de material compuesto.
- Reducción del espacio ocupado por las piezas en la zona de entrada a autoclave.

8.8.10. Sistema de alerta ante situaciones de fallos en máquinas (ANDON)

SITUACIÓN INICIAL

Inicialmente, en el Área de Materiales Compuestos, concretamente en las zonas de máquinas los operarios debían de trabajar de forma continua pendientes del funcionamiento de la máquina. Cuando ocurría un fallo no existía ningún tipo de alerta, ni visual ni acústica, que indicase al operario que se había producido un fallo. Si por algún motivo estos operarios debían abandonar su puesto para realizar alguna otra tarea y la máquina detectaba alguna incidencia, estos no lo sabrían hasta que volviesen al puesto de nuevo.

Este hecho provocaba que la máquina permaneciese más tiempo del necesario en modo de parada de máquina, en el caso de las máquinas Fiber Placement, o que se produjesen problemas de calidad en los elementos, en la máquina Autoclave (al producirse por ejemplo un problema de temperatura o presión).

ACCIÓN DE MEJORA Y SITUACIÓN FINAL

El primer paso es detectar la anomalía. En las mejoras vistas anteriormente, se instalaron sistemas de detección de este tipo de anomalías o fallos de funcionamiento. En este caso, se instalaron mecanismos dentro de las máquinas, los cuales detectan las anomalías (sensores de color, etc.) y automáticamente paran la máquina en el momento de ocurrir la incidencia.

Se utilizaron para ello los Indicadores Visuales “Andon”. Andon es el término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción. Utiliza señales de audio y visuales. En el despliegue de luces o señales que indican las condiciones de trabajo en la zona de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. También se incluyen bajo este término las señales acústicas. Ando significa ¡AYUDA!

Si ocurre un problema, el dispositivo de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Se usa una señal acústica o melodía junto con el dispositivo de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al operador a comprender que hay un problema en su área. Una vez el operador evalúa la situación, puede tomar pasos apropiados para corregir el problema.

1.- AUTOCLAVE

Se instaló lo que se conoce como Sistema “Andon” vía llamada a móvil, que se trata de una versión modificada del método usual.

El departamento de informática, con las instrucciones precisas de los operarios de Autoclave, programó un sistema que conectado con el sistema de monitorización, que se lleva a cabo en todo ciclo de autoclave SCADA, al detectar un problema con alguna variable del ciclo (temperatura, presión o vacío), generase una alarma y lo comunicara vía teléfono móvil al operario para que actuase y/o informase al mando de taller. La llamada recibida consiste en una serie de mensajes pregrabados, que son los siguientes:

- “Se ha producido un fallo en el sistema de temperatura”.
- “Se ha producido un fallo en el sistema de presión”.
- “Se ha producido un fallo en el sistema de vacío”.

La ventaja que se obtiene mediante este sistema ANDON y llamada a móvil, se informa en tiempo real alertando de riesgos y peligros.

En las siguientes imágenes se muestra la secuencia de aviso al operario encargado:

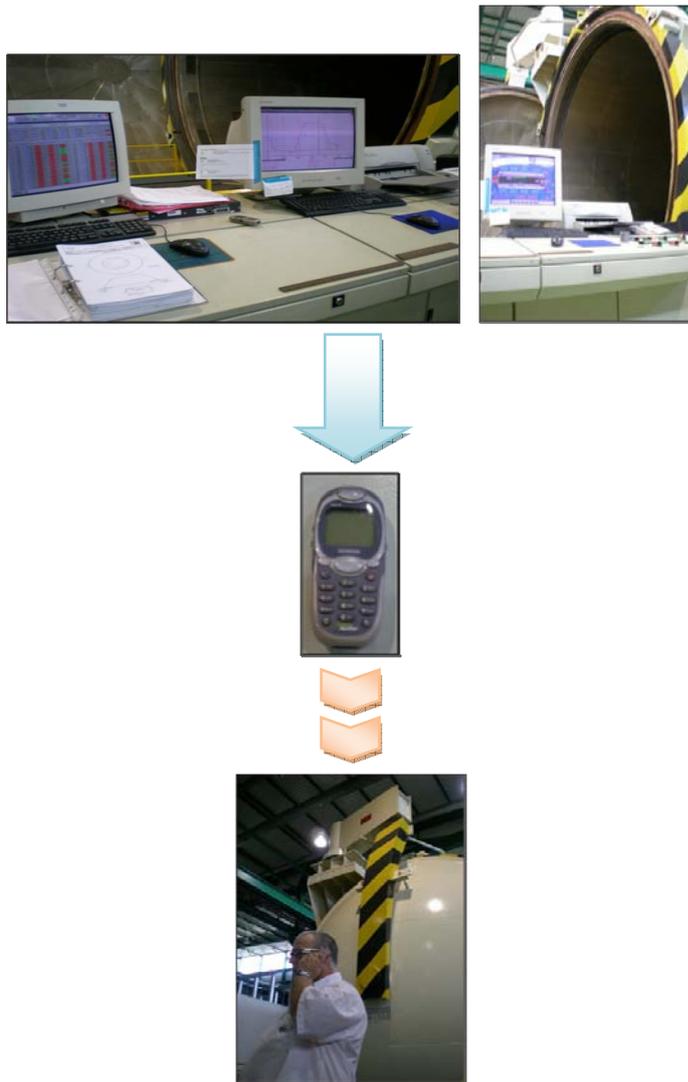


IMAGEN 336. Sistema de llamada ANDON

2.- FIBER PLACEMENT

Se instaló lo que se conoce como “Sistema de Baliza Satélite”, para cada una de las dos máquinas Fiber Placement. Se ubicaron en la parte delantera de las dos máquinas, de tal forma que fuesen perfectamente visibles desde todos los puntos de la Sala Limpia.

Esta baliza consiste en un cilindro de una altura de 2 metros en cuyo extremo superior encontramos dos sistemas de luces de colores, cada uno de los cuales se enciende cuando el sistema de control de la máquina se lo indica y que tienen distinto significado.

El código de colores usado es el siguiente:

- Blanco: Sistema operando normalmente.
- Verde: Detección de fallo.

En la siguiente imagen se muestra una baliza satélite colocada en la máquina Fiber Placement:

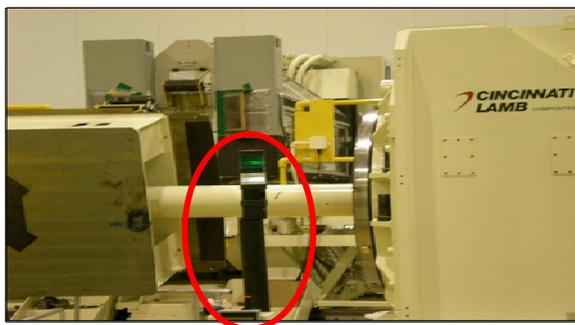


IMAGEN 337. Baliza Satélite

A este sistema de luces le acompaña una señal acústica de alarma, cuando se activa la señal verde de fallo.

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Evidenciar los problemas cuando ocurren por medio de luces y sonidos.
- Ayudar a los operarios a gastar menos tiempo y esfuerzo supervisando la situación y pudiendo así acometer otras tareas.
- Divulgar averías inmediatamente.

8.9. Seguridad

8.9.1. Implantación de un Sistema de Protección para personas en máquinas

SITUACIÓN INICIAL

En el Área de Materiales Compuestos existen diversas zonas peligrosas y puntos peligrosos cerca de los emplazamientos de las máquinas de Fiber Placement y de la máquina de Inspección por Ultrasonidos.

- **Zona de Fiber Placement**

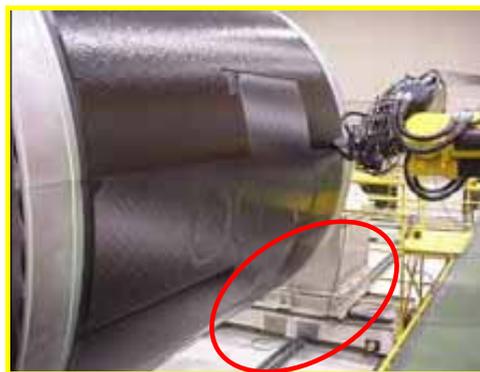
En cada máquina de Fiber Placement existen dos fosos, uno por cada estación. Parte del útil a laminar entra en el foso cuando gira unido a los contrapuntos de la estación, en el proceso de encintado.

La existencia de estos fosos conlleva un riesgo de caída y dado que el útil gira y parte está en el interior del foso, existe riesgo de atrapamiento del operario.

Estos riesgos pueden materializarse en accidentes, derivándose en las siguientes consecuencias:

- Materiales, por paradas en la producción.
- Físicas, por los daños sufridos por el operario, si la máquina está en funcionamiento.

En alguna ocasión esta circunstancia se ha producido, al encontrarse un operario realizando tareas de limpieza cercanas al foso o recogiendo material de fibra de carbono sobrante desechado por la máquina mediante un corte, cada vez que termina una capa de laminado.



IMÁGENES 338 y 339. Detalle de foso en zona de Fiber Placement

Por otro lado cuando se produce un fallo en la máquina, como puede tratarse de una pérdida de tensión de la fibra (la cual la máquina no detecta y para de forma automática) puede ocurrir que el operario no haya parado la máquina previamente y acuda a la zona de laminado

para verificar lo ocurrido. Ante esta actuación, si la máquina sigue funcionando, el cabezal de encintado se desplaza y golpea al operario.

Es muy usual este tipo de acción por parte de los operarios de este tipo de máquinas. Para ellos resulta muy engorroso el procedimiento de parada de máquina manual para solucionar pequeños problemas con las fibras.



IMAGEN 340. Detalle de zona de paso en laminado

- *Zona de Inspección por Ultrasonidos*

En la máquina de inspección automática por ultrasonidos existe también un riesgo de atrapamiento, debido a que la plataforma giratoria sobre el que gira el elemento para que el brazo de inspección realice el barrido de señal, se encuentra separado del foso para la recogida del agua que cae de la inspección.

Además existe un riesgo de caída, debido a la existencia de una serie de carriles metálicos que sobresalen de la plataforma, cuyo uso es el de desplazamiento para colocar útiles de sujeción para las diversas piezas a inspeccionar.

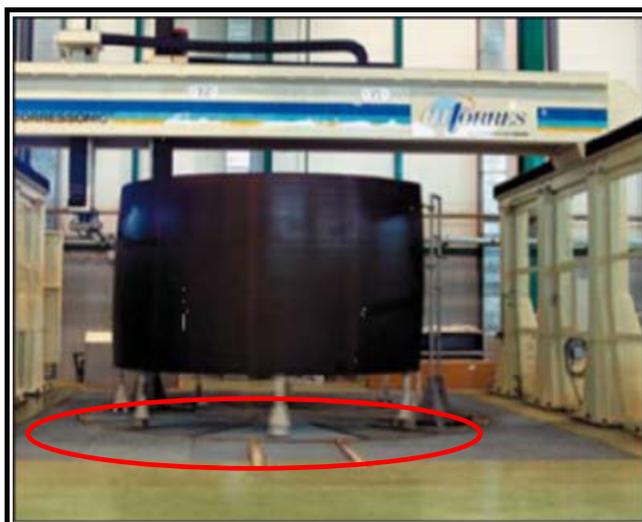


IMAGEN 341. Detalle de plataforma giratoria

Existe riesgo de golpes al realizarse el giro de la estructura completa durante el proceso de inspección. En este giro la velocidad varía en función de la zona a inspeccionar y que se encuentra programado en el plan maestro de inspección de cada pieza. Durante la inspección el barrido de señal invierte un tiempo distinto, según el nivel de detalle necesario, por la existencia de zonas críticas o no.



IMAGEN 342. Detalle de separación de plataforma giratoria



IMAGEN 343. Detalle de carriles para la colocación de útiles

ACCIÓN DE MEJORA

Ante las situaciones anteriormente descritas, se puso de manifiesto la necesidad de colocar una barrera física, ya que es necesario que cuando el operario acceda a las zonas peligrosas, la máquina deje de funcionar automáticamente. Por ello se considera imprescindible la instalación de un sistema que detecte la presencia de personas y en función de esto, actúe sobre la máquina.

Para ello se ha optado por el uso de dispositivos de protección optoelectrónicos en las zonas anteriormente mencionadas. Estos dispositivos son elementos de indicación óptica que

permiten identificar el fallo de cierre de puertas, presencia de personas y el análisis de modificación del recinto de seguridad, previamente fijado. Por ello se emplean para zonas peligrosas, puntos peligrosos y contra accesos no autorizados.

Existen diversos tipos de dispositivos de protección optoelectrónicos dependiendo de su función de protección, los cuales se recogen en la siguiente tabla:

	FUNCIÓN DE PROTECCIÓN	APLICACIÓN	PRODUCTO
	Parada de la máquina a través de detección de mano o dedo.	Seguridad en puntos peligrosos, protección de acceso.	Cortinas ópticas de seguridad.
	Parada de la máquina a través de detección de una persona en el acceso al área de peligro.	Seguridad de áreas de peligro, protección de acceso.	Barreras ópticas de seguridad multihaz y paros de seguridad para la supervisión de la puerta de protección.
	Denegación de rearme si hay presencia de personas.	Seguridad en el acceso.	Cortinas ópticas de seguridad.
	Parada de máquina y denegación de rearme a través de una detección combinada de acceso y presencia.	Protección de superficies.	Escáner láser de seguridad, cortinas ópticas de seguridad.

TABLA 22. Dispositivos de protección optoelectrónicos

Lo que se pretende es que la máquina se detenga cuando detecte la presencia de personas, y además que no se permita encenderla mientras continúen permaneciendo en la zona peligrosa. Pero además es conveniente que una vez el operario abandone la zona peligrosa, la máquina vuelva a reactivarse automáticamente, sin necesidad de ninguna intervención externa. Con lo cual se minimizan los movimientos del operario hasta el puesto de control de máquina.

Por ello, de la tabla anterior se deduce que los dispositivos más adecuados a instalar en las zonas de máquinas de Fiber Placement y de inspección por ultrasonidos son:

- **Escáner láser de seguridad**

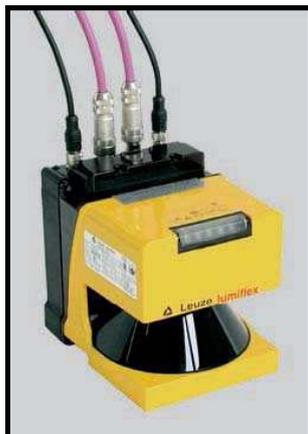


IMAGEN 344. Escáner láser de seguridad

- **Cortinas ópticas de seguridad.** Existen dispositivos de cortinas ópticas de uno dos tres y cuatro haces dependiendo de la altura que se pretenda asegurar. En la siguiente imagen se muestra a modo de ejemplo una cortina óptica de seguridad.

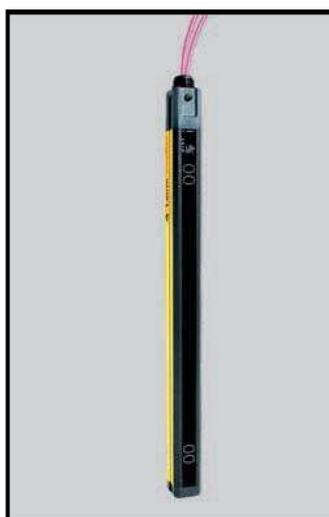


IMAGEN 345. Cortina óptica de seguridad

Cabe destacar que además de adaptarse universalmente a todas las instalaciones, estos equipos compactos y de bajo consumo ofrecen una alternativa económica para la seguridad.

SITUACIÓN FINAL

A continuación se indican los dispositivos que se instalaron en las zonas peligrosas de las máquinas del Área de Materiales Compuestos:

- **Zona de Fiber Placement**

- En la zona cercana al foso se colocaron cortinas ópticas de seguridad de un haz.
- En cada acceso a la zona de laminado, pasillo que comunica el puesto de control con el cabezal de la máquina, se colocaron escáneres láser de seguridad.

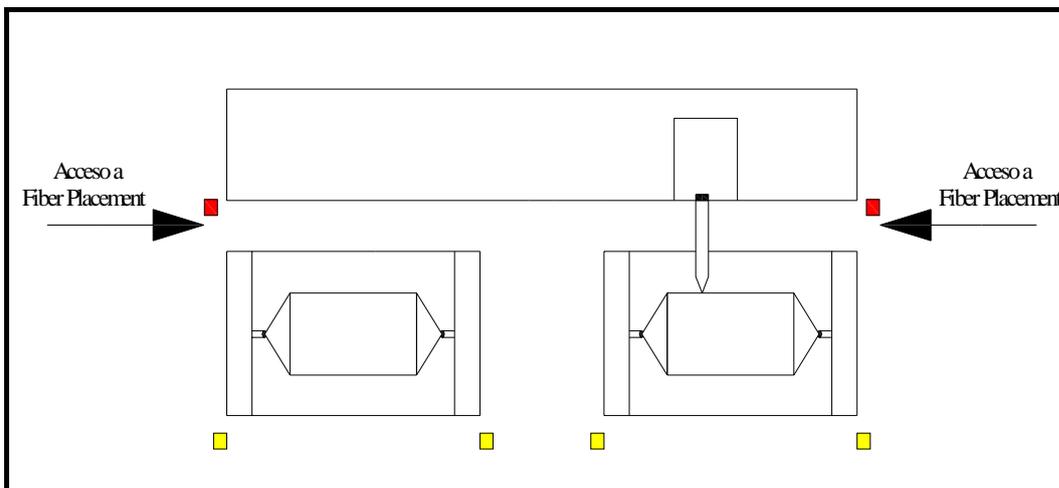


IMÁGENES 346 y 347. Detalle de Cortina Óptica instalada



IMAGEN 348. Detalle de Escáner laser de seguridad instalado

En el siguiente plano se muestra la distribución en planta de los distintos dispositivos de protección optoelectrónicos en la zona de Fiber Placement:



■ Escáner láser de seguridad

■ Cortina óptica de seguridad

IMAGEN 349. Colocación dispositivos de protección

- **Zona de Inspección por Ultrasonidos**

Para esta máquina se optó por colocar cortinas ópticas de tres haces, en las zonas libres con posibilidad de acceso a dicha máquina. Se requería tener una mayor altura de seguridad para evitar el golpeo por giro del elemento.

En el esquema se muestra la distribución en planta de los dispositivos de protección optoelectrónicos en la zona de inspección por ultrasonidos:

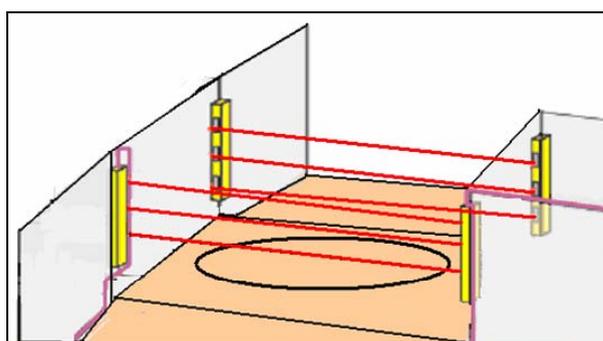


IMAGEN 350. Esquema de Colocación de Sistema Rotoscan

OBJETIVOS ALCANZADOS

- Seguridad de los operarios.

9. CONCLUSIONES GENERALES

9.1. Lead Time

Inicialmente a la implantación de las mejoras vistas anteriormente la situación relativa a los Lead Time de los elementos “Revestimientos de Motores A380-TRENT900” tanto derechos como izquierdos, era el siguiente:

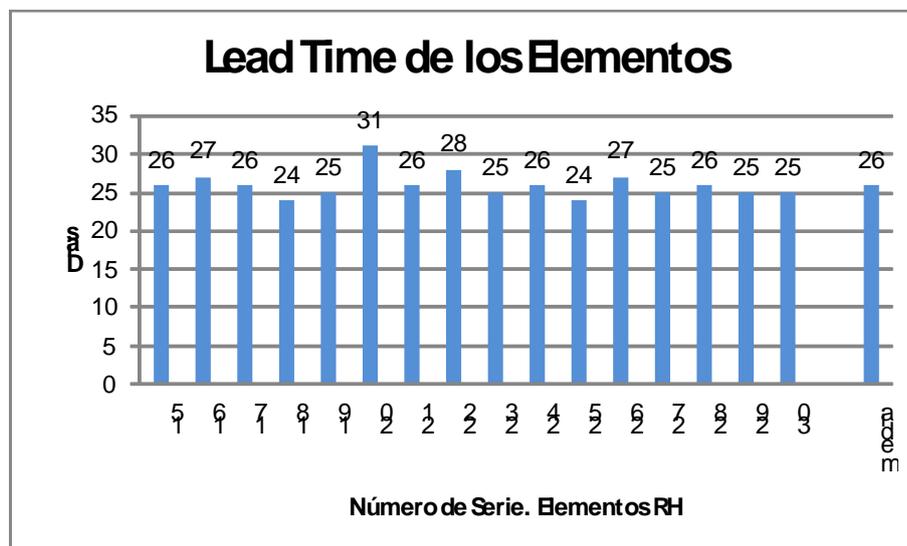


IMAGEN 351. Lead Time Elementos RH

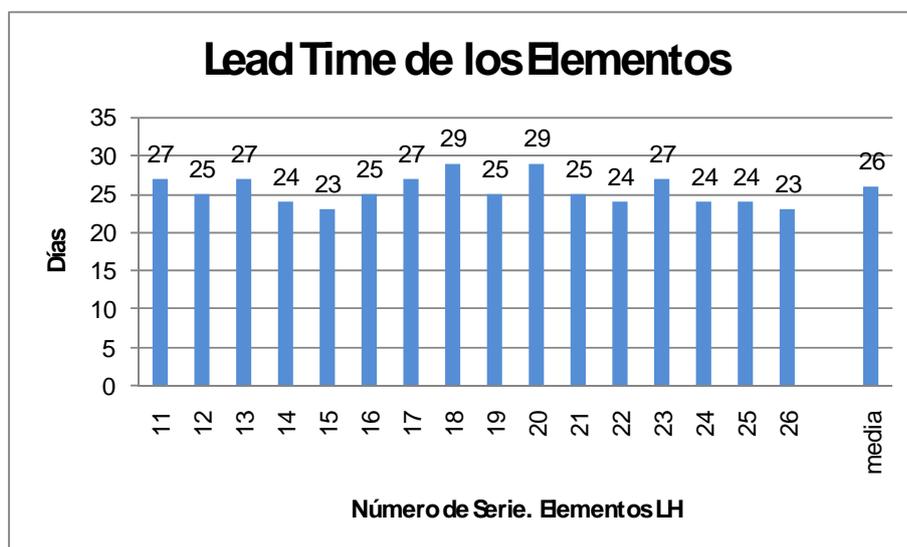


IMAGEN 352. Lead Time Elementos LH

En las gráficas anteriores podemos ver como varía el Lead Time de una selección de elementos, ordenados por número de serie. Para finalizar se realiza una media del número de días que se ha tardado en fabricar y que se usa como referencia para comparar con el valor que se obtendrá una vez realizadas las mejoras o durante el tiempo de implantación de las mismas.

Observamos una media de:

- Revestimientos Derechos: 26 días.
- Revestimientos Izquierdos: 26 días.

Una vez iniciado el proceso de implantación de las mejoras, se monitorizó a pie de taller el Lead Time que iba obteniéndose con los siguientes números de serie y se obtuvieron los siguientes datos:

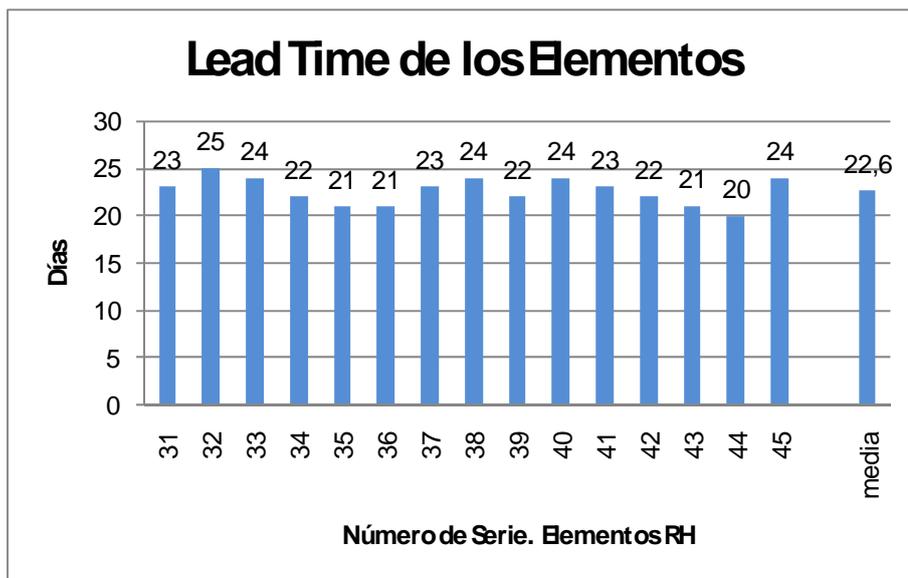


IMAGEN 353. Lead Time Elementos RH

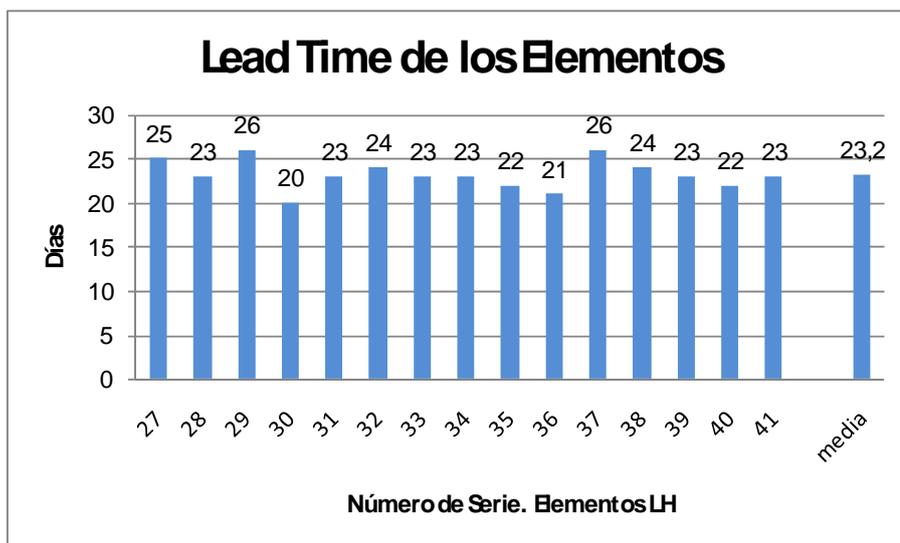


IMAGEN 354. Lead Time Elementos LH

Observamos una media de:

- Revestimientos Derechos: 22.6 días.
- Revestimientos Izquierdos: 23.2 días.

Se ha obtenido una reducción de tiempo considerable mediante la implantación de las mejoras, correspondientes a:

- Revestimientos Derechos: 3.4 días.
- Revestimientos Izquierdos: 2.8 días.

9.2. HNC's (Hojas de No Conformidad)

Se realizó un seguimiento en el Departamento de Calidad con el fin de contabilizar la apertura de Hojas de No Conformidad para los "Revestimientos del A380-TRENT900". Se obtuvieron los siguientes datos, anteriores a la implantación de las mejoras:

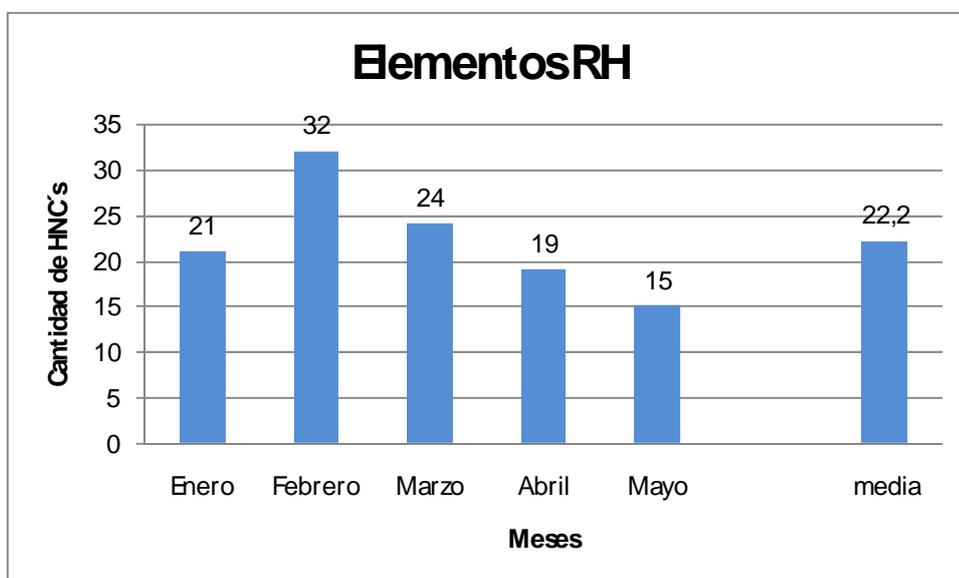


IMAGEN 355. HNC's Elementos RH

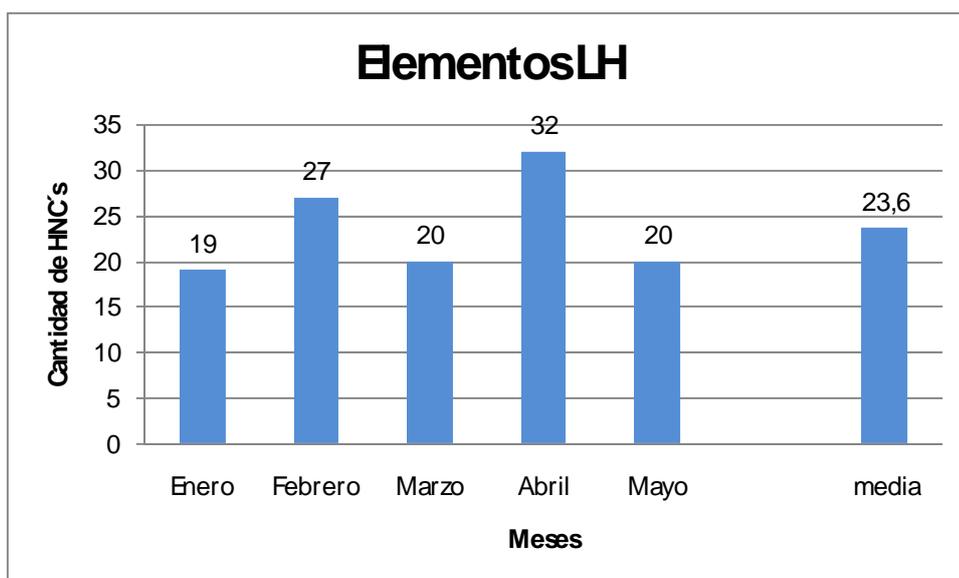


IMAGEN 356. HNC's Elementos LH

Observamos una media de:

- Revestimientos Derechos: 22.2 HNC's mensuales.
- Revestimientos Izquierdos: 23.6 HNC's mensuales.

Una vez las acciones de mejora se fueron llevando a cabo, se continuó con el seguimiento de HNC's, obteniéndose los siguientes datos:

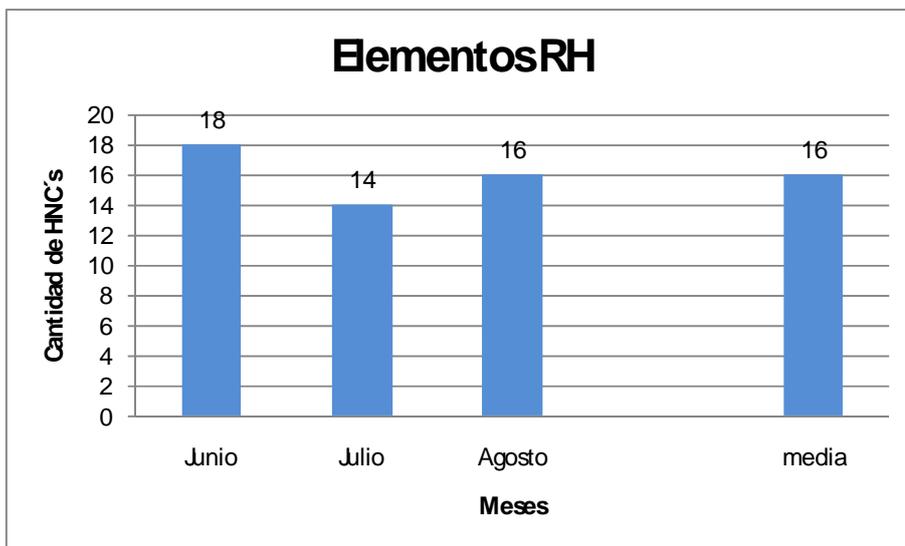


IMAGEN 357. HNC's Elementos RH

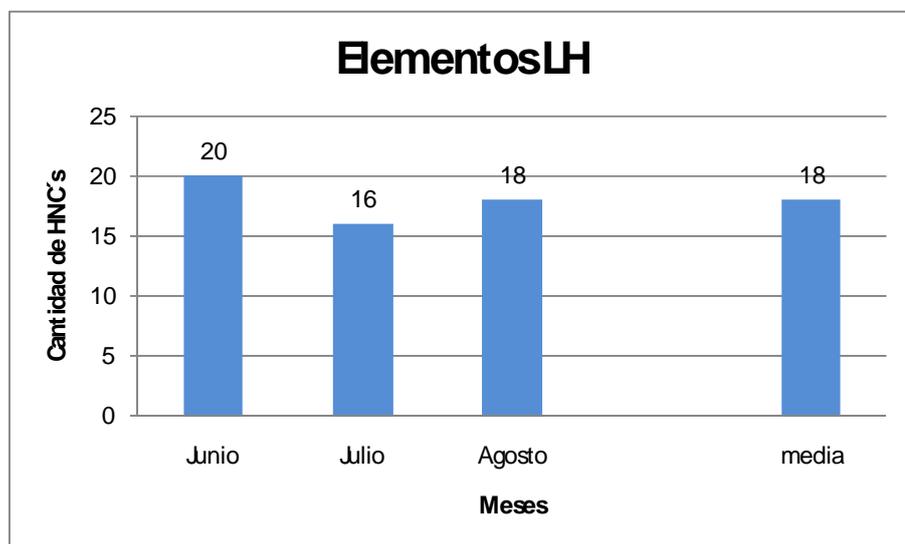


IMAGEN 358. HNC's Elementos LH

Observamos una media de:

- Revestimientos Derechos: 16 HNC's mensuales.
- Revestimientos Izquierdos: 18 HNC's mensuales.

Se ha obtenido una reducción de HNC's considerable mediante la implantación de las acciones de mejora, correspondientes a:

- Revestimientos Derechos: 6.2 HNC's mensuales.
- Revestimientos Izquierdos: 5.6 HNC's mensuales.

9.3. Tiempo de parada de máquinas

A continuación se muestra unas gráficas donde se puede observar la reducción de tiempo de paradas de máquinas, motivada por la realización de una serie de acciones sobre las mismas:

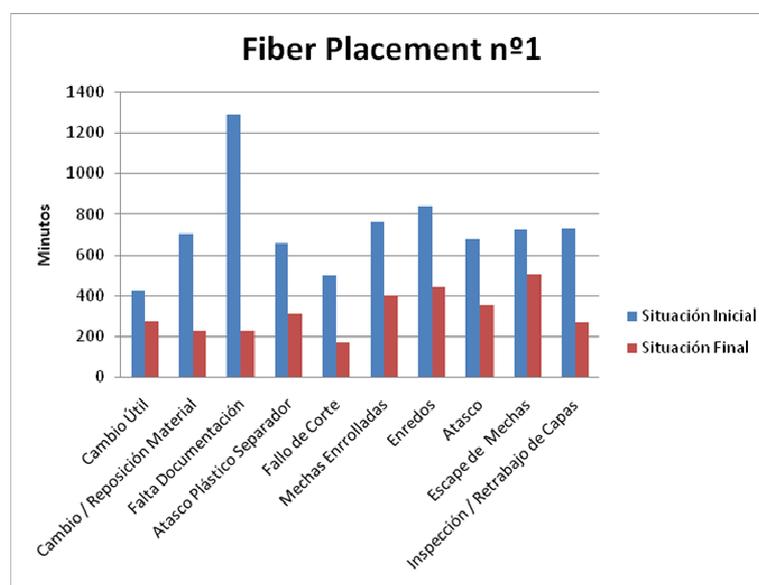


IMAGEN 359. Tiempo de Parada en Fiber Placement nº1

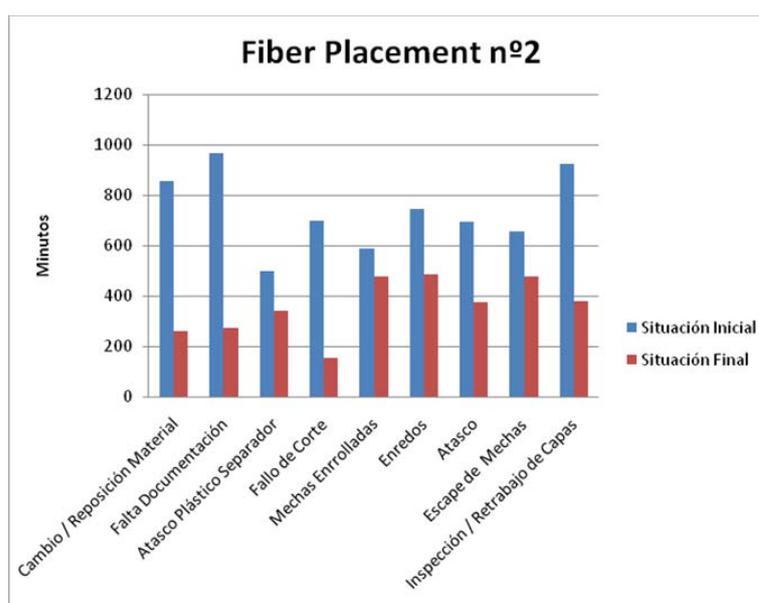


IMAGEN 360. Tiempo de Parada en Fiber Placement nº2

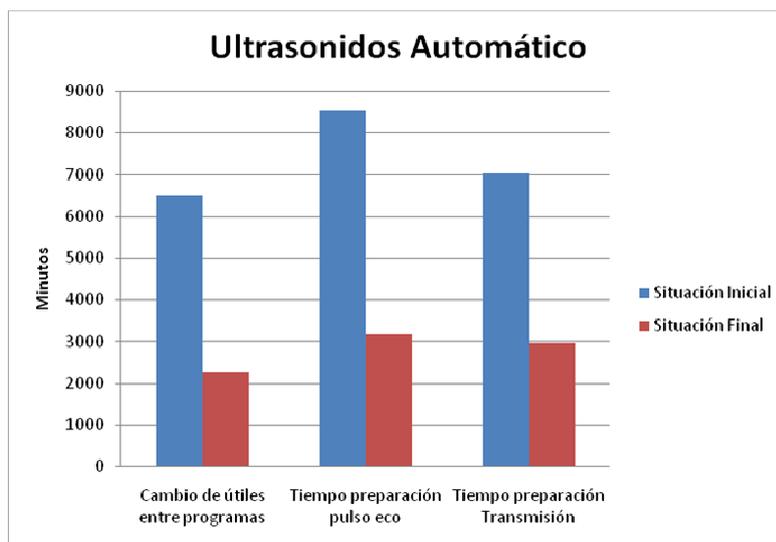


IMAGEN 361. Tiempo de Parada en Ultrasonidos Automático

Estas reducciones, tanto de:

- Lead Time.
- HNC's (Hojas de No Conformidad).
- Tiempo de Paradas.

Suponen además, un ahorro económico considerable para el proceso de Producción del Área de Materiales Compuestos.

10. PRESUPUESTO

10.1. Formación

10.1.1. Implantación de un Plan de Formación

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
<p>Acciones Formativas sobre Metodología Lean Manufacturing</p> <p>Acciones Formativas impartidas por empresa especializada en formación de Lean Manufacturing:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lean Thinking. - Introducción a Lean Manufacturing. - Medir para el éxito Lean. - Diagnóstico Lean. - Creando Valor al Flujo. - Kaizen. - Kankan. - Poka Yoke. - Manipulación Lean de Material. - Control de Inventarios. - Desarrollo de Producto. - SMED. - Mantenimiento Total Preventivo. - Análisis de la Cadena de Valor de la Empresa. - Orden, disciplina y limpieza (5's). - Autoinspección/Mantenimiento Autónomo. - Monitorización de Paradas de Máquinas (OEE). 	17	1.000	17.000
<p>Acciones Formativas sobre Producción</p> <p>Acciones Formativas impartidas por personal propio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesos de fabricación para fibra de carbono. - Reparación de materiales compuestos. - Interpretación de planos. - Manejo de puente-grúa. - Manejo de carretilla elevadora. 	5	600	3.000
<p>Acciones Formativas sobre Calidad</p> <p>Acciones Formativas impartidas por personal propio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificación aeronáutica. - Inspección por ultrasonidos. 	2	600	1.200
<p>Acciones Formativas sobre Medio Ambiente</p>	1	400	400

Acciones Formativas impartidas por personal propio: - Gestión de residuos en la planta de producción.			
Acciones Formativas sobre Prevención de Riesgos Laborales Acciones Formativas impartidas por el Departamento de Prevención de la empresa: - La Ley de Prevención de Riesgos Laborales. - Seguridad e Higiene. - Seguridad en máquinas. - Productos químicos usados en la fabricación.	4	400	1.600
Cursos de idiomas Curso impartido por empresa especializada en formación de idiomas: - Inglés Técnico.	1	1.000	1.000
TOTAL :			24.200 €

10.2. Metodología 5'S

10.2.1. Implantación de 5'S e implantación de la gestión visual mediante metodología 5'S

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Etiquetas identificativas Papel de etiquetas adhesivas de diferentes tamaños.	300	0,60	180
Separador para nevera Separador de polipropileno. Dimensiones: la. 100 x an. 50 mm.	30	10	300
Rack colgante de repuestos para reparaciones en Fiber Placement Rack colgante de polipropileno de 7 alturas con cajones abatibles transparentes de diversos tamaños.	2	300	600
Rack colgante de herramientas para programas de montaje Rack colgante de acero inoxidable con 2 puertas correderas de PVC. Dispone de panel interior	1	500	500

silueteado para la identificación de las herramientas. Dimensiones: la. 1,60 x al. 0,90 m.			
Bandeja portadocumentos para documentación de taller Bandejas portadocumentos de polipropileno apilables con guías de fijación.	24	5	140
Caja contenedora Caja contenedora de polipropileno. Dimensiones: an. 315 x la. 450 x al. 300 mm.	100	3	300
Carro portarrollos Carro portarrollos triangular de 3 niveles. Dimensiones: an. 1 x la. 2,5 x al. 1,5 m.	6	300	1.800
Portacintas Portacintas compuesto por 4 contenedores cilíndricos, provisto de un eje central giratorio. Altura portacintas: 1,80 m. Altura contenedor cintas: 0,90 m.	6	150	900
Panel porta-tacos Pieza compuesta por tabla inclinada con ganchos de sujeción insertados para el apoyo de los tacos. Dimensiones: an. 1 x la. 2,5 x al. 1,5 m. Impresión de panel incluida.	2	300	600
Esponja para colocación de herramientas en cajones	50	25	1.250
Paneles silueteados con ruedas para plantillas de taladrado Paneles silueteados en chapa de acero inoxidable.	2	200	600
Paneles silueteados para elementos de fijación para pieles en gradas Paneles silueteados metálicos en chapa de aluminio. Dimensiones: la. 1,5 x an. 0,80 m.	8	100	800
Paneles silueteados para herramientas en zona de recanteo/repaso Paneles silueteados metálicos en chapa de aluminio. Para la colocación de los elementos de fijación para pieles. Dimensiones: la. 1,5 x an. 0,80 m.	2	100	200
Estantería para rigidizadores Estantería de acero inoxidable. Dispone de 5 alturas. Soporta 100 kg por balda. Dimensiones: an. 2,5 x al. 2 m.	2	200	400
Estantería para útiles Estantería de acero inoxidable. Dispone de 3 alturas. Soporta 700 kg por balda. Dimensiones: an. 2,5 x al. 2 m.	5	1.050	5.250
Estantería para carcasas de	1	450	450

posicionamiento de vigas transversales Estantería de acero inoxidable. Dispone de 3 alturas. Soporta 200 kg por balda. Dimensiones: an. 2,5 x al. 2 m.			
Estantería para zona de desmoldeo y taladrado Estantería de acero inoxidable. Dispone de 4 alturas. Soporta 50 kg por balda. Dimensiones: an. 1 x al. 2 m.	1	100	100
Estantería para rigidizadores Estantería de acero inoxidable. Dispone de 5 alturas. Soporta 100 kg por balda. Dimensiones: an. 2,5 x al. 2 m.	3	200	600
Contenedores para residuos Contenedor rodante de 240 L de capacidad. Dispone de 2 ruedas con bandas de goma. Eje de ruedas en acero cincado. Dimensiones: an. 692 x la. 580 x al. 1.080 mm. Colores: amarillo y azul.	10	100	1.000
Contenedores para residuos plásticos de gran volumen Contenedor rodante. Dispone de 2 ruedas pivotantes con bloqueo direccional y freno, 2 ruedas pivotantes simples. Ruedas de diámetro 160 mm. Dimensiones: an. 775 x la. 1.370 x al. 1.174 mm..	2	375	750
Contenedores para residuos de material preimpregnado Contenedor rodante. Dispone de 2 ruedas pivotantes con bloqueo direccional y freno, 2 ruedas pivotantes simples. Ruedas de diámetro 120 mm. Dimensiones: an. 500 x la. 1.050 x al. 1.040 mm..	4	200	800
Cinta señalizadora Rollo de cinta de 6 cm de grosor para señalizar el suelo. Longitud 100 m. Colores: amarillo, azul y rojo.	75	1	50
Cinta señalizadora granulada Rollo de cinta granulada de 20 cm de grosor para señalizar el suelo. Longitud 50 m. Color: amarillo.	15	20	300
Perchero Perchero de pared con 5 ganchos para colgar monos de trabajo.	1	50	50
TOTAL:			17.920 €

10.2.2. Implantación de la gestión visual mediante Paneles de Seguimiento

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Panel implantación 5S Panel para el seguimiento de las acciones de 5S e impresión de los rótulos del mismo.	1	200	200
Panel KPI por línea Panel de KPI para la línea del A380 TRENT900 e impresión de los rótulos del mismo.	1	200	200
Panel KPI por equipo Panel de KPI para la línea del A380 TRENT900 e impresión de los rótulos del mismo.	8	200	1.600
TOTAL:			2.000 €

10.3. Mantenimiento**10.3.1. Implantación de un Sistema de Monitorización de Máquinas (OEE)**

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Consultoría Asesoramiento sobre la creación y el funcionamiento de la herramienta de monitorización de máquinas de Fiber Placement e Inspección Automática por Ultrasonidos.	10 h	100	1.000
TOTAL:			1.000 €

10.3.2. Implantación de un Sistema de Mantenimiento Planificado

TOTAL:	Formación contabilizada en la mejora IMPLANTACIÓN DE PLAN DE UN FORMACIÓN
---------------	--

10.3.3. Implantación de un Sistema de Mantenimiento Autónomo

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Puertas de aluminio de cristal de seguridad para Fiber Placement Puertas correderas con marco de aluminio de cristal transparente de seguridad de 4 mm de espesor. Dimensiones: an. 80 x la. 80 cm. Dispone de tirador individual.	12	350	4.200
Instalación Retirada de las puertas anteriores e instalación de las nuevas puertas.	1	1.000	1.000
Ventanas de cristal de seguridad para máquina de inspección automática por ultrasonidos Ventanas de cristal transparente de seguridad de 4 mm de espesor. Dimensiones: an. 1 x la. 1 m.	9	200	1.800
Instalación Comprende corte de chapa del panel opaco inicial de la máquina, la adecuación y la posterior colocación de las ventanas.	1	2.000	2.000
Formación	Contabilizada en la mejora IMPLANTACIÓN DE PLAN DE UN FORMACIÓN		
TOTAL:			9.000 €

10.3.4. Ampliación del Sistema Informático de Gestión de Mantenimiento

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Módulo de mantenimiento preventivo	1	1.000	1.000
Módulo de mantenimiento predictivo	1	1.000	1.000
Módulo de seguimiento	1	1.000	1.000
TOTAL:			3.000 €

10.3.5. Habilitar comunicación entre Operarios de máquinas y mantenimiento de la empresa o de la empresa externa

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Acceso a programa MAXIMO Clave de acceso a programa MAXIMO con validez de un año.	4	600	2.400
TOTAL:			2.400 €

10.4. Logística

10.4.1. Relación Proveedor-Empresa

Para la realización de esta mejora se emplearon los recursos internos de la empresa pertenecientes al Departamento de Gestión de Compras.	
TOTAL:	0 €

10.4.2. Comunicación con Proveedores

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Trabajo técnico informático para la programación de la EXTRANET	10 h	60	600
TOTAL:			600 €

10.5. Flexibilidad y Reactividad en Producción

10.5.1. SMED

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Sistema de apriete en “Click” para Fiber Placement Sistema de apriete para colocación de bobinas de fibras de material preimpregnado.	64	115	7.360
Perno para Inspección por Ultrasonidos Pernos para apriete rápido para colocación de útiles de inspección y brazos ultrasónicos de inspección.	50	10	500
TOTAL:			7.860 €

10.6. Estandarización

10.6.1. Estandarización de Operaciones

Para la realización de esta mejora se emplearon los recursos internos de la empresa pertenecientes al Departamento de Ingeniería. El cual se encargó de realizar los distintos estándares de operaciones.

TOTAL: 0 €

10.7. Gestión de Calidad

10.7.1. Poka-Yokes

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Máquina de corte de telas	1	15.000	15.000
Sensor de temperatura para Autoclave Sensor de temperatura apto para el interior del Autoclave.	1	1.200	1.200
Software de apertura de puerta para Autoclave Software para la apertura de puerta cuando el sensor de temperatura del interior del Autoclave detecta 60° C.	1	500	500

Portarrollos para máquina de corte	1	300	300
Cuchilla de Tungsteno tipo Pot	1	1.000	1.000
TOTAL:			18.000 €

10.8. Maquinaria

10.8.1. Sistema de Transferencia de Puentes Grúa

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Sistema de transferencia entre puentes-grúa Dispositivo de transferencia mecánica para la unión de puentes-grúa.	2	4.000	8.000
Instalación y puesta en funcionamiento	2	1.000	2.000
TOTAL:			10.000 €

10.8.2. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por información de la materia prima

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Escáner lector de códigos de barras Lector de código de barras de tipo CCD de 120 mm, de largo alcance, capaz de leer más de 25 tipos de código diferentes. Potente lectura hasta una distancia de 150 mm, a una velocidad de 200 lecturas por segundo. Carcasa con diseño ergonómico para un uso continuado y que soporta caídas de hasta 150 cm. El scanner ofrece auto discriminación de códigos, alta capacidad de decodificación y de lectura y un reducido consumo de energía. Interface: PS/2, RS232 o USB.	2	200	400
Software Software para reconocimiento de códigos de barras.	1	1.000	1.000

Modificación de software Modificación de software para permitir la introducción de los datos de material mientras la máquina Fiber Placement esté en funcionamiento. Realizado por parte del personal especializado del fabricante CINCINNATI.	1	1.000	1.000
TOTAL:			2.400 €

10.8.3. Independizar Estaciones de Trabajo de Fiber Placement n° 1 y n° 2

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Potenciómetro Potenciómetro para estación 2 de la máquina de Fiber Placement. Instalación y montaje incluidos.	2	2.000	4.000
Motor Motor para contrapunto de la máquina de Fiber Placement. Instalación y montaje incluidos.	4	3.000	12.000
Desbloqueo de protocolo de seguridad Desbloqueo de protocolo de seguridad de máquina Fiber Placement, por personal cualificado de la empresa proveedora de la máquina CINCINNATI.	2	1.000	2.000
TOTAL:			18.000 €

10.8.4. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por atasco de cabezal compactador

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Cabezal compactador Cilindro compactador adaptado a Fiber Placement con recubrimiento de plástico desmoldeante.	6	800	4.800
Modificación de software Modificación de software para colocar cabezal de tejido en posición de reposo y realizar tirada de material una vez se ha concluido el laminado de una capa.	1	1.000	1.000

Sensor de color para compactador Sensor de color BFS 26K. Controlado por microprocesador. Luz blanca pulsante. Carcasa de aluminio con tratamiento anódico. Dimensiones: 50 x 50 x 17 mm.	2	1.150	2.300
TOTAL:			8.100 €

10.8.5. Minimizar tiempo de parada de Fiber Placement por carga de material

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Sensores para posicionadores de bobinas y rodillos superiores	128	100	12.800
Modificación de software Modificación de software para la detección de equivalencia de vueltas entre posicionador de bobinas y rodillo superior. Introducción de alarma cuando alcance la equivalencia 2:1 y 1:1.	1	900	900
TOTAL:			13.700 €

10.8.6. Sincronización de PEAU para pieles en Fiber Placement

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Láminas de corcho Láminas de corcho con cara interior adhesiva. Dimensiones: - Espesor: 5 mm. An. 20 x la. 150 mm. - Espesor: 4 mm. An. 15 x la. 150 mm. - Espesor: 2 mm. An. 10 x la. 150 mm.	600	1,50	900
Cinta desmoldeante Rollo de cinta azul desmoldeante de 100 m de longitud y 25 mm de ancho.	400	5	2.000
TOTAL:			2.900 €

10.8.7. Reparación combinada de Revestimientos

Para llevar a cabo esta mejora no se realiza ningún tipo de inversión en material y/o útiles, ya que se emplean los medios existentes en el Área de Materiales Compuestos: sicotevas y autoclave.

TOTAL: **0 €**

10.8.8. Sistema mecánico para desmoldeo de pieles

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Pasarela telescópica Pasarela telescópica compuesta por placas de acero dotadas de sistema hidráulico para su movimiento.	1	5.000	5.000
Sistema de recogida de piel Mesa de acero inoxidable con superficie desmoldeante para la recogida de las pieles. Dimensiones: an. 2 m x la. 4,5 m x al. 0,8 m.	1	1.600	1.600
Soplante de aire caliente Soplante dotado de sistema de calentamiento por aire.	1	1.500	1.500
Útil longitudinal de contacto Cuña hueca de titanio de superficie desmoldeante con un extremo de 5 mm de grosor.	1	1.000	1.000
Cable retráctil Cable retráctil de acero con sistema de enrollado manual.	1	300	300
Mordazas Pinzas con cierre de tornillo para el agarre de las pieles.	2	100	200
TOTAL:			9.600 €

10.8.9. Optimización del uso del autoclave

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Útil de estanterías para autoclave Útil con dos módulos simétricos compuestos por 4 niveles de soportes por cada módulo. Dimensiones: an. 2,5 x la. 8 m.	1	30.000	30.000
TOTAL:			30.000 €

10.8.10. Sistema de alerta ante situaciones de fallos en máquinas

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Baliza satélite de señalización para Fiber Placement Baliza satélite de señalización con doble código de color. Altura: 2 m. Diámetro: 20 cm. Incorpora sistema sonoro.	2	800	1.600
Software de sistema de alerta por fallos	1	1.000	1.000
Móvil Móvil conectado con sistema de alerta de fallos para la comunicación de los mismos vía wifi.	6	250	1.500
Módem wifi	1	150	150
Software de llamada Software de conexión del sistema de monitorización de las variables del ciclo de Autoclave con el sistema de llamada vía wifi al móvil del operario cuando detecta una variación dentro de unos parámetros previamente fijados.	1	2.000	2.000
TOTAL:			6.250 €

10.9. Seguridad

10.9.1. Implantación de un Sistema de Protección para personas en máquinas

	Unidades	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
Cortina óptica Sensor de seguridad de tipo cortina óptica de un haz. La parametrización y el diagnóstico se realizan mediante una interfaz de infrarrojos. Configuración por software.	8	1.000	8.000
Cortina óptica Sensor de seguridad de tipo cortina óptica de 3 haces. La parametrización y el diagnóstico se realizan mediante una interfaz de infrarrojos. Configuración por software.	2	1.600	3.200
Escáner láser de seguridad Dispositivo electrosensible de protección con adaptador integrado. La parametrización y el diagnóstico se realizan mediante una interfaz de infrarrojos. Configuración por software.	4	1.000	4.000
TOTAL:			15.200 €

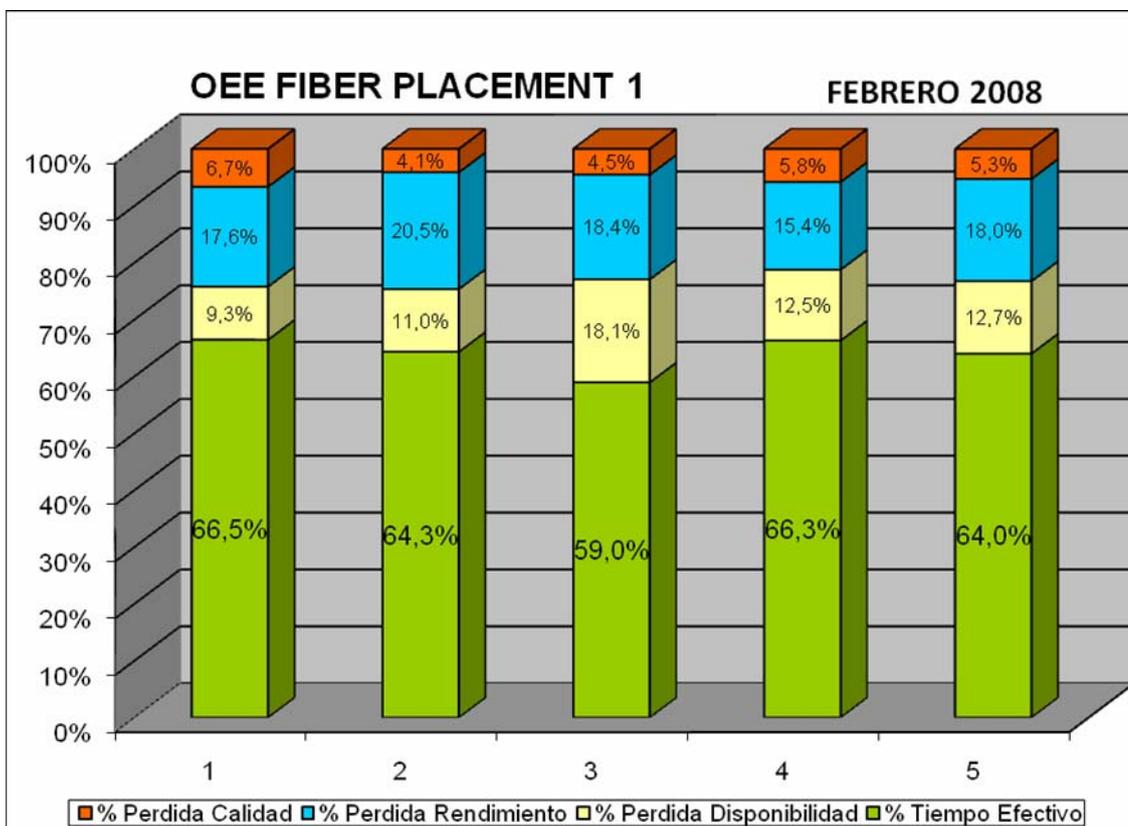
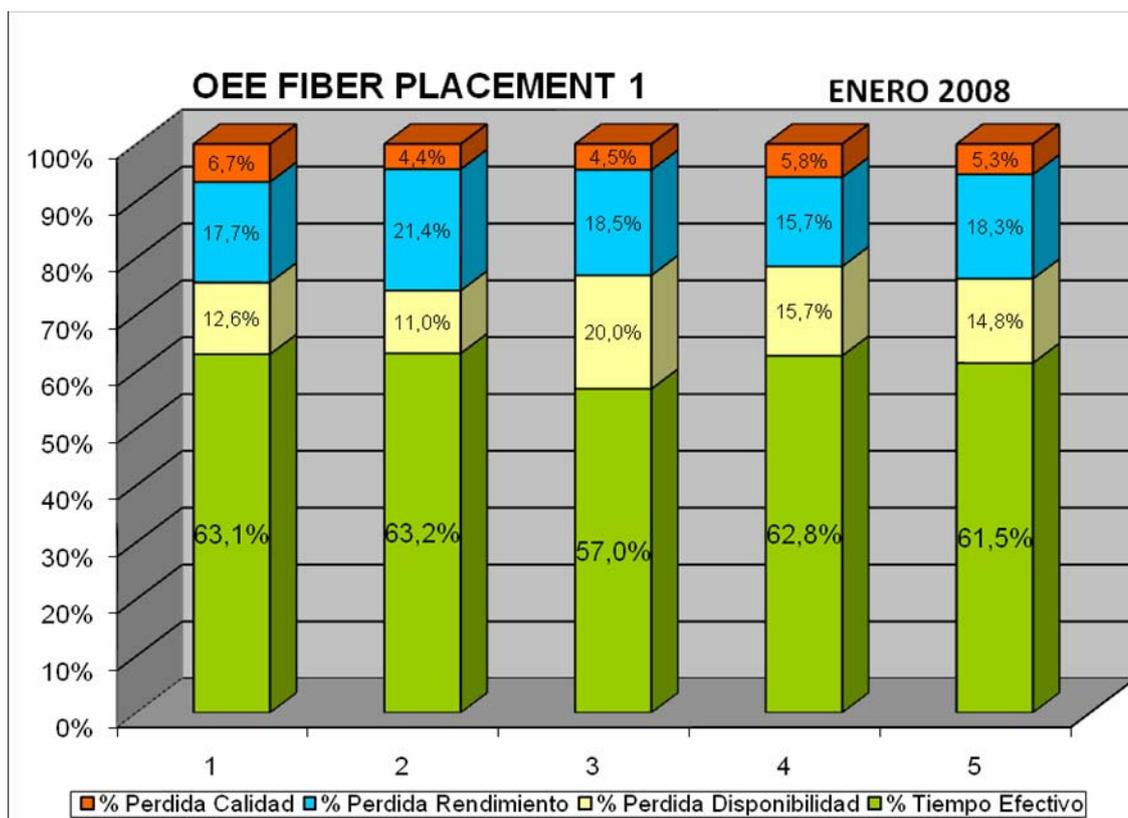
Total sin I.V.A.	202.130
I.V.A. (16%)	32.304,80
TOTAL	234.470,80

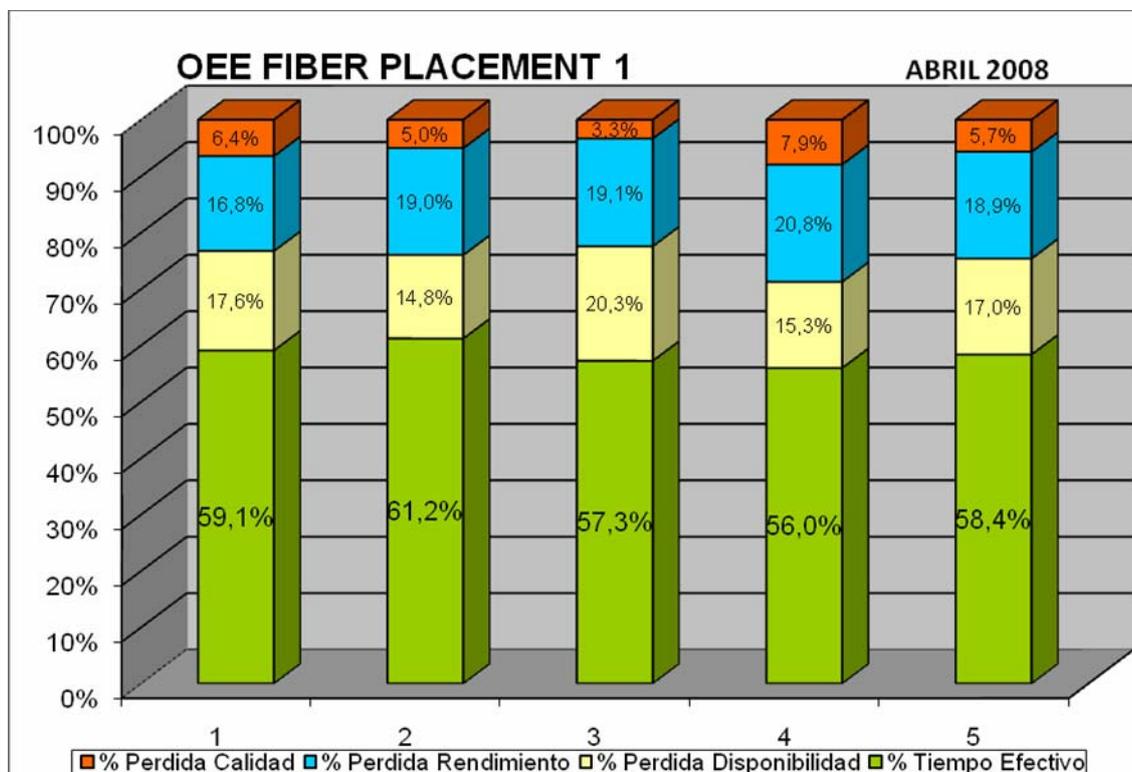
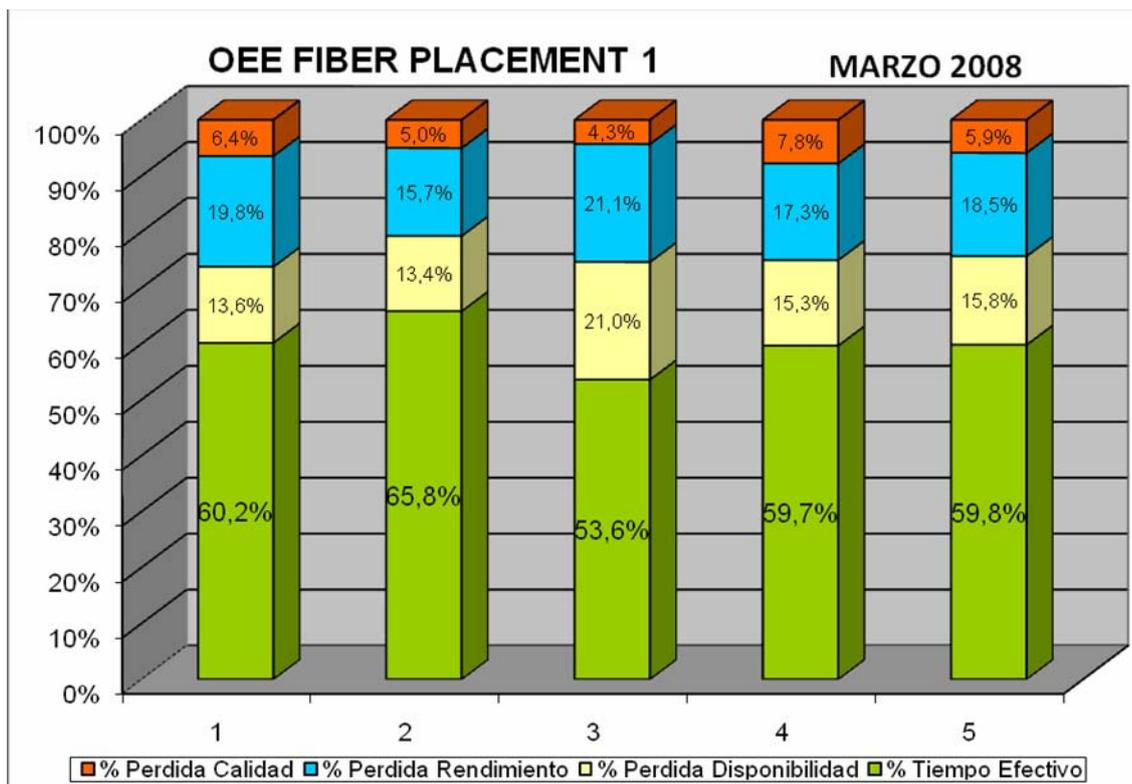
El presupuesto total del Proyecto asciende a la cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.

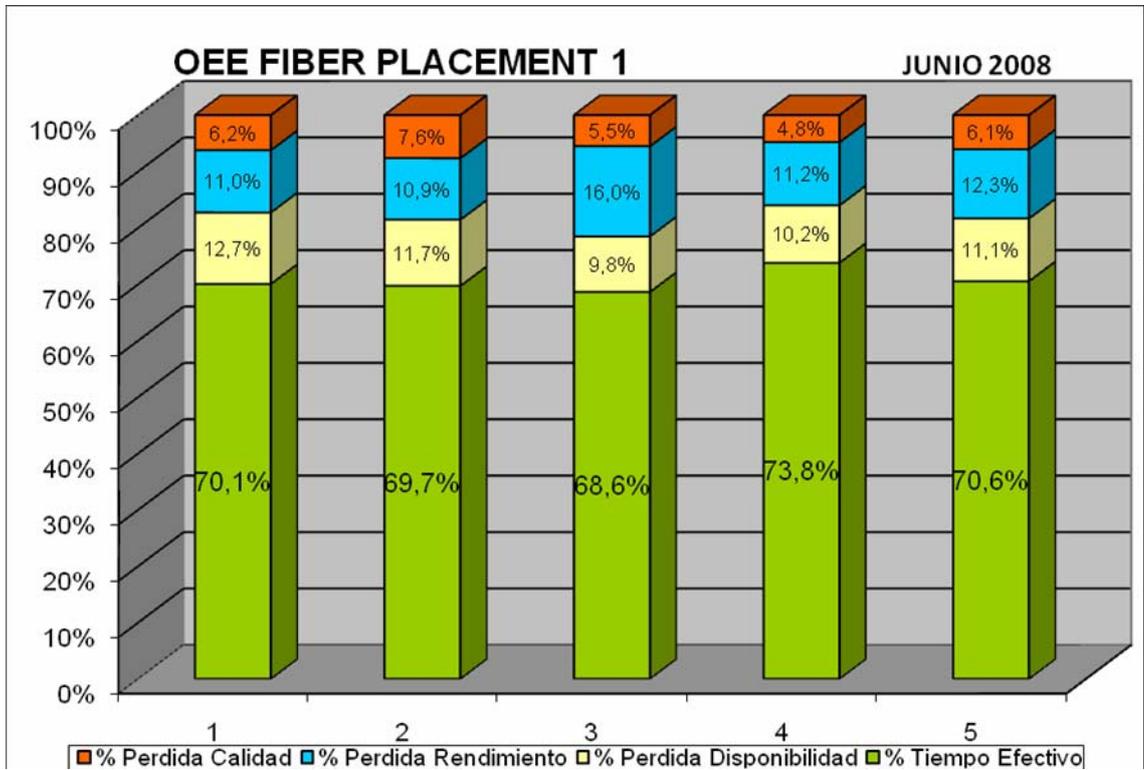
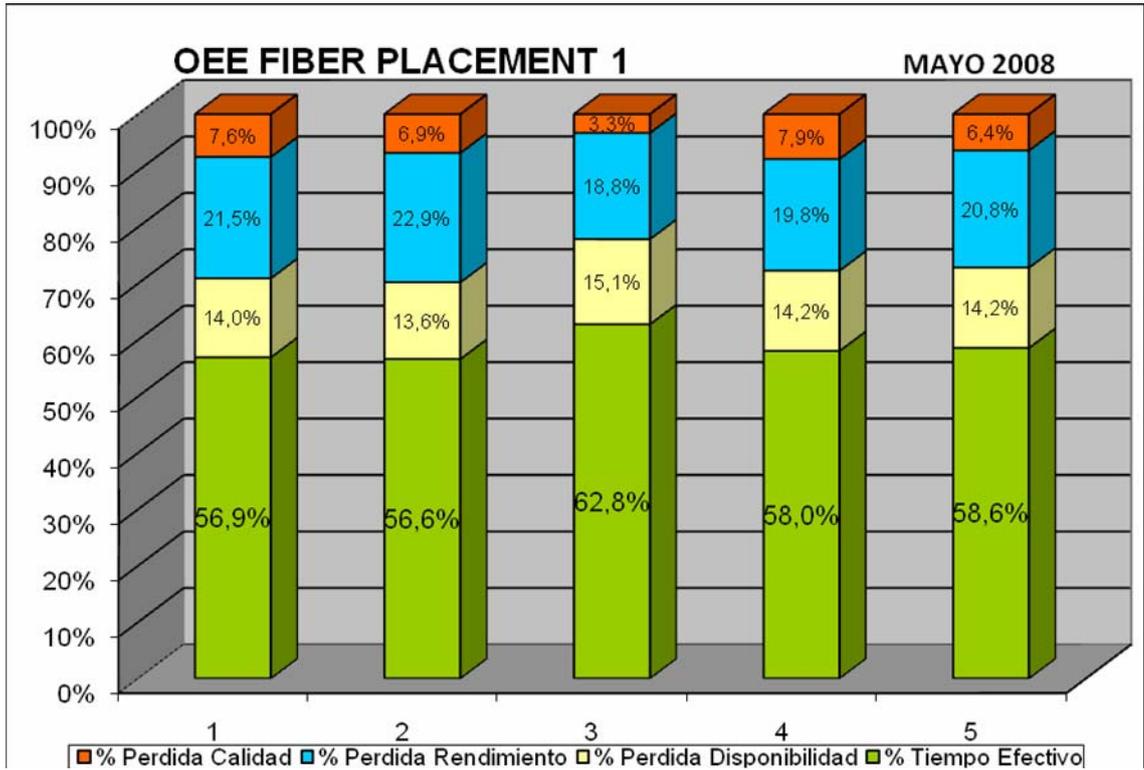
D. José Manuel Díaz Bocardo

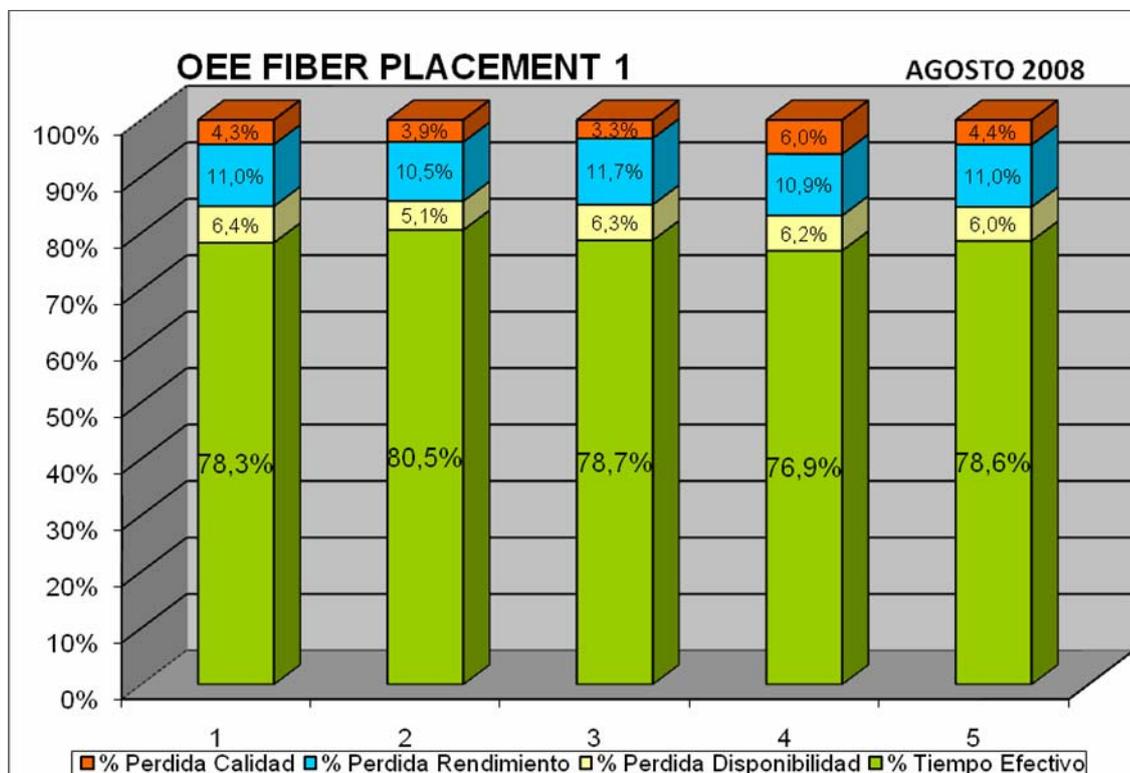
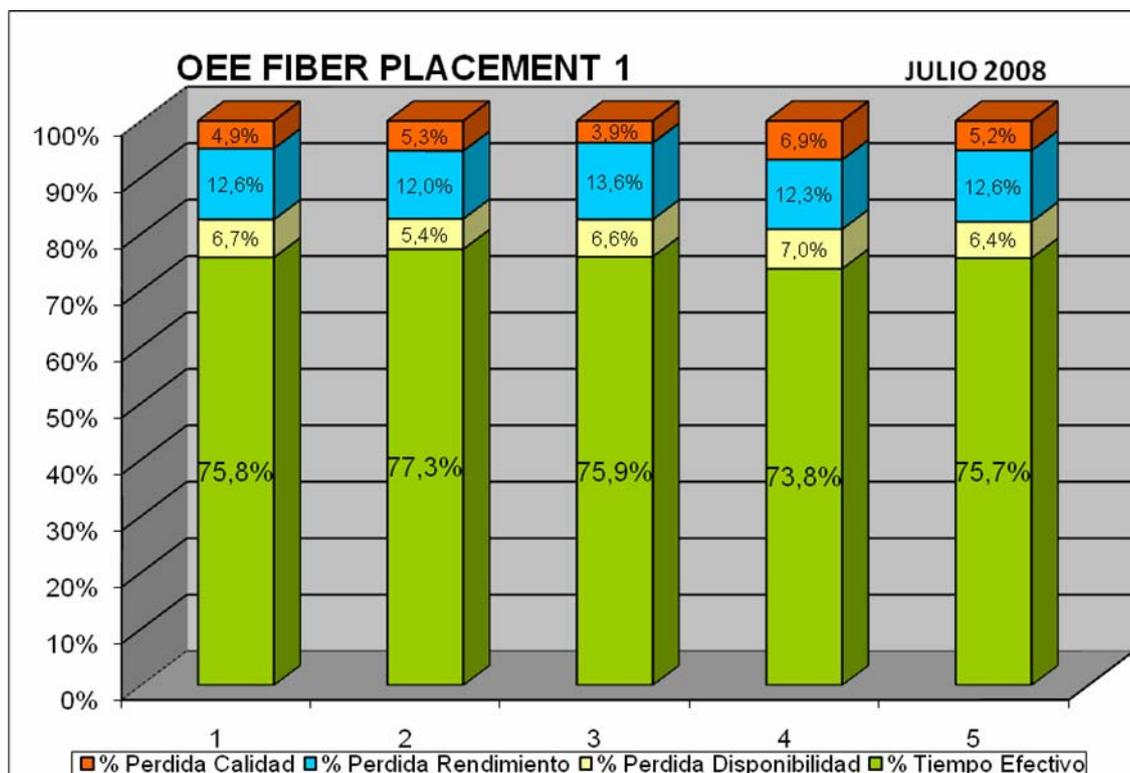
Cádiz a octubre de 2008

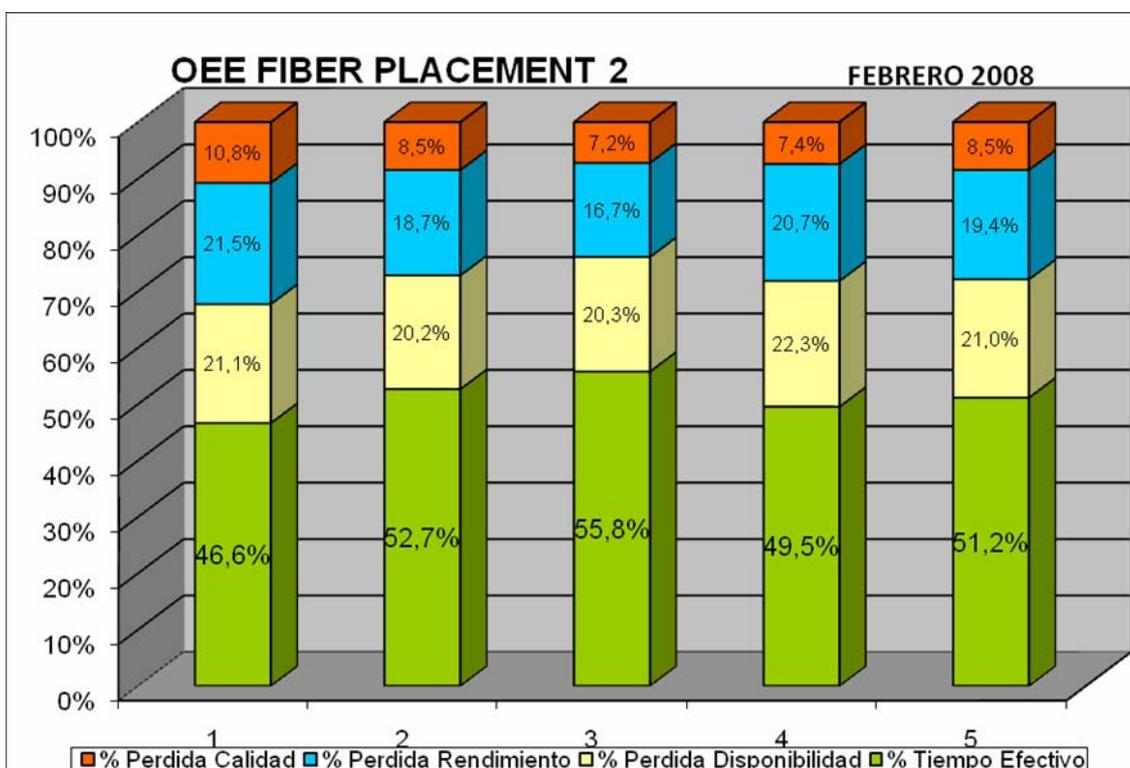
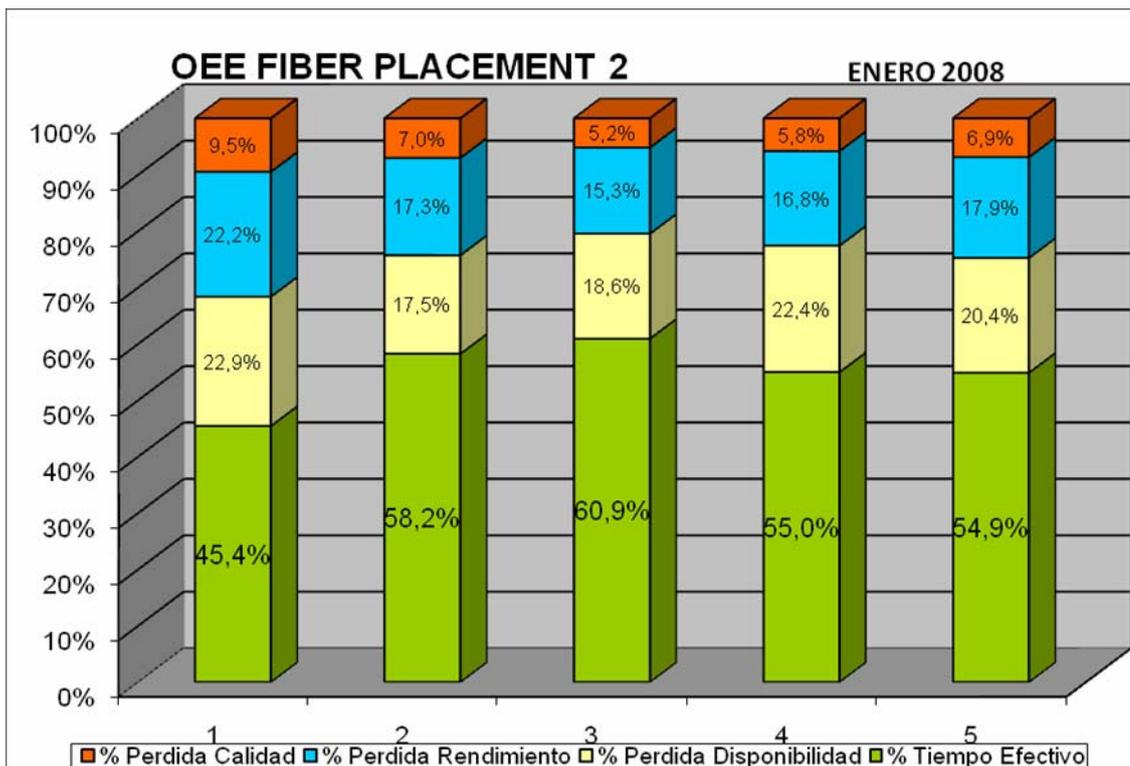
ANEXO 1: GRÁFICAS OEE

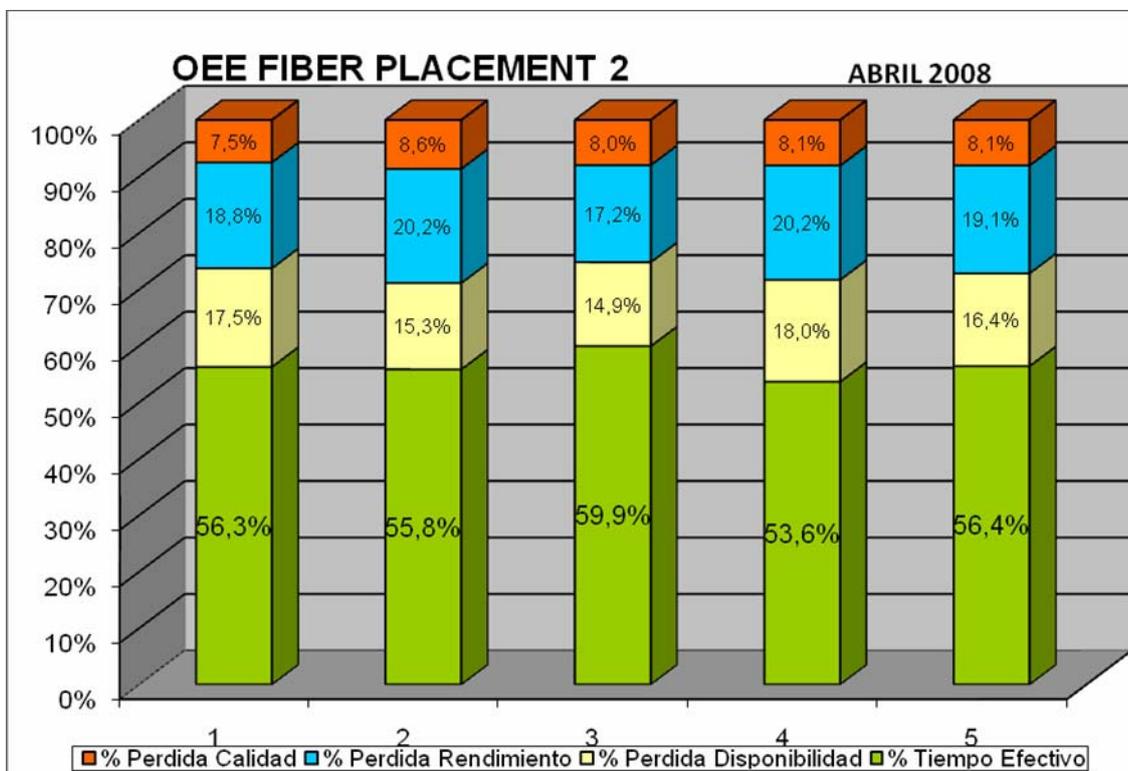
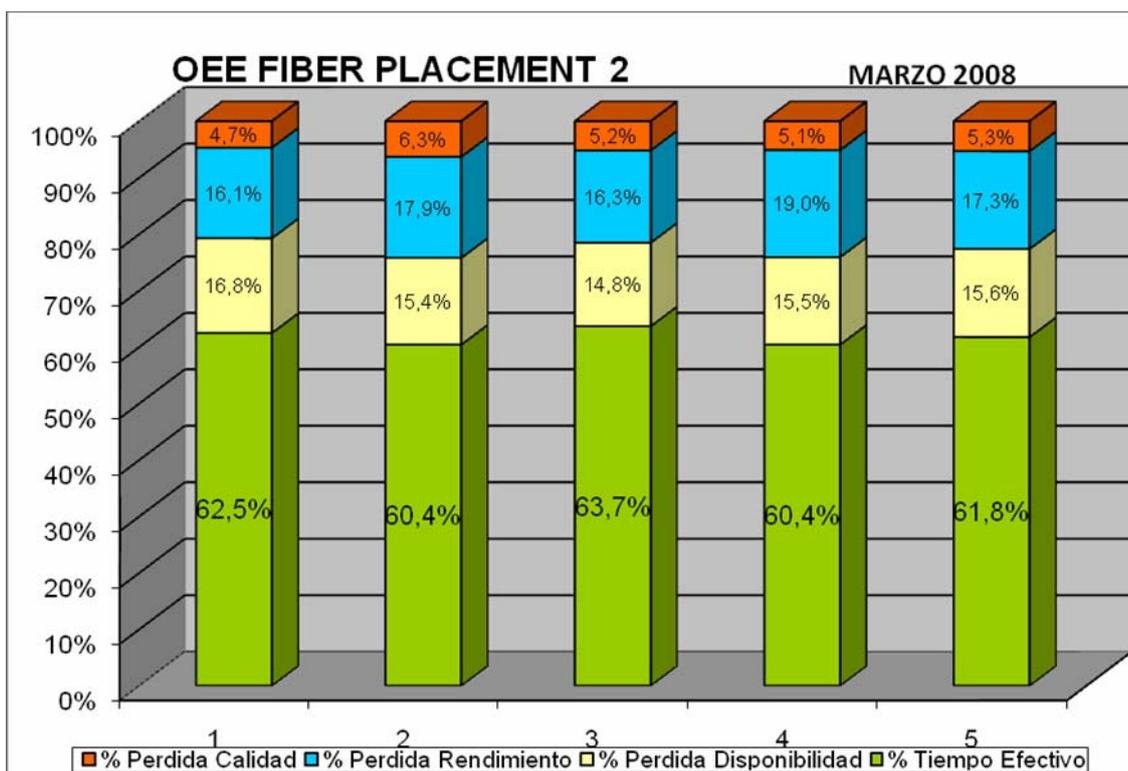


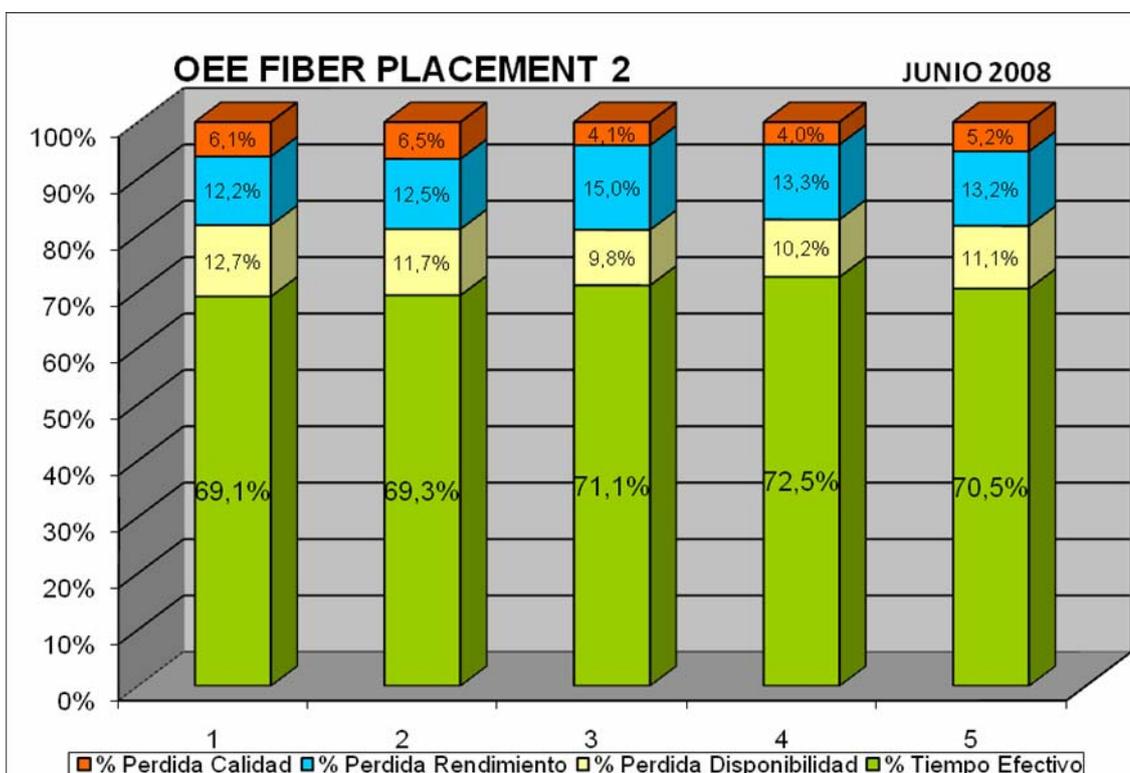
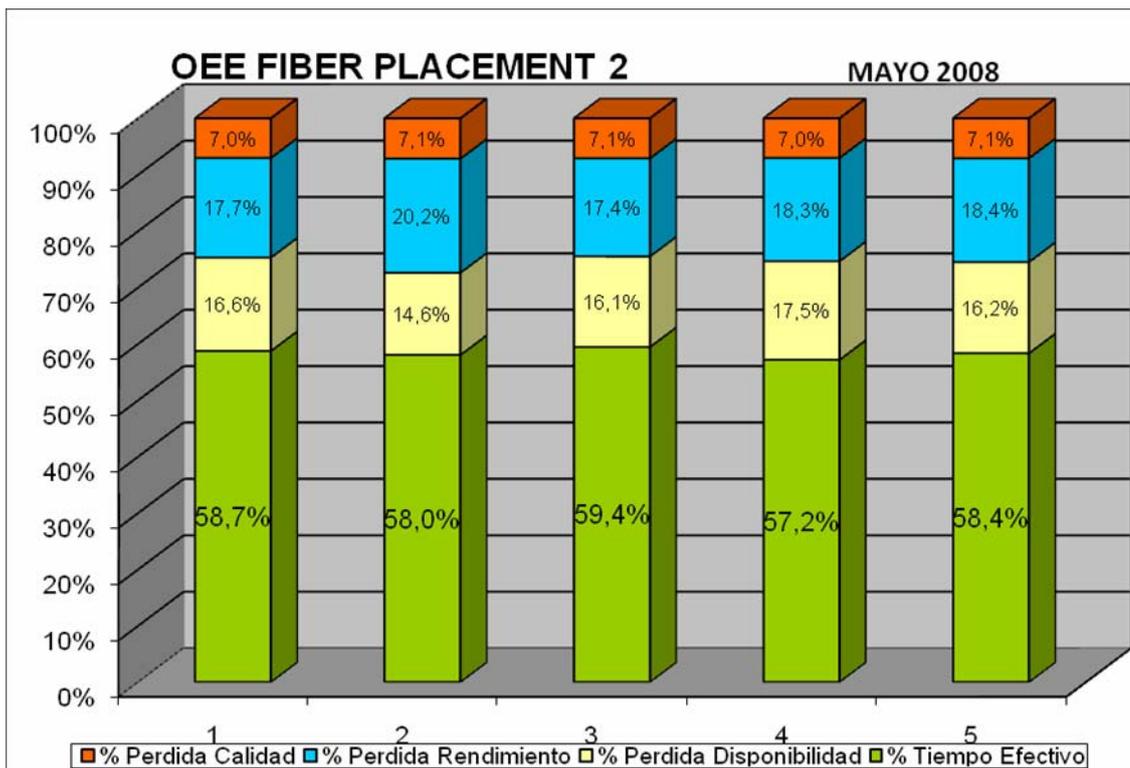


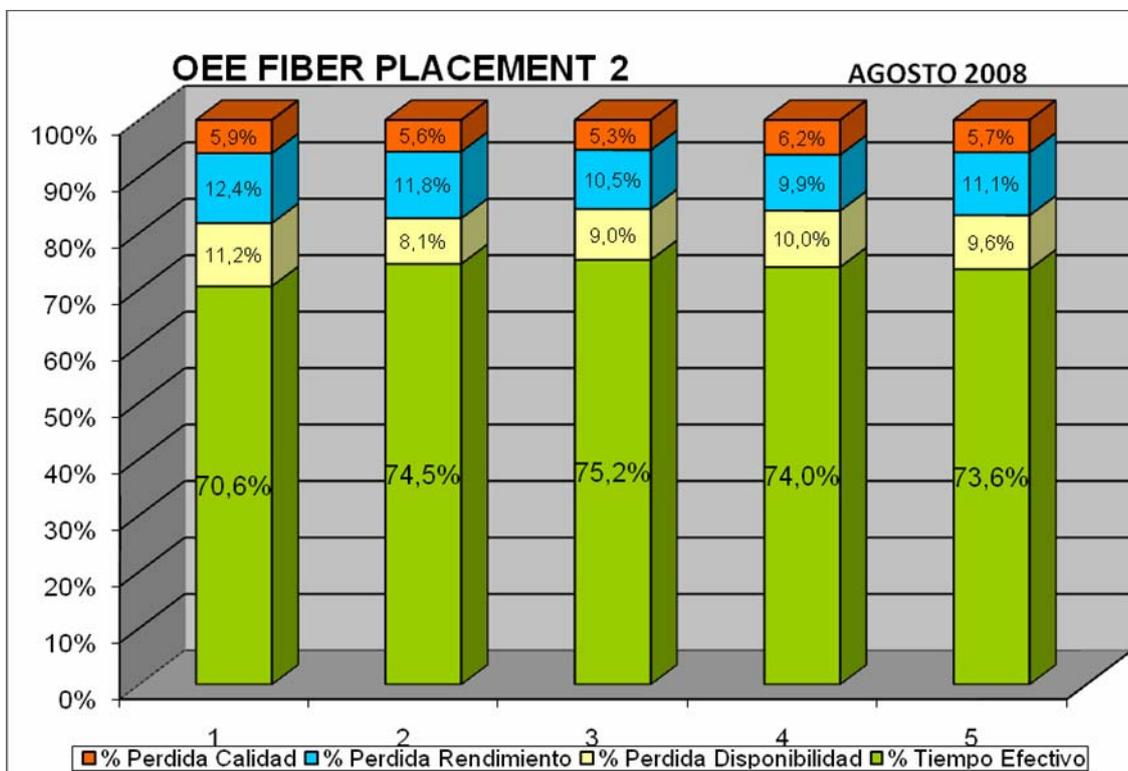
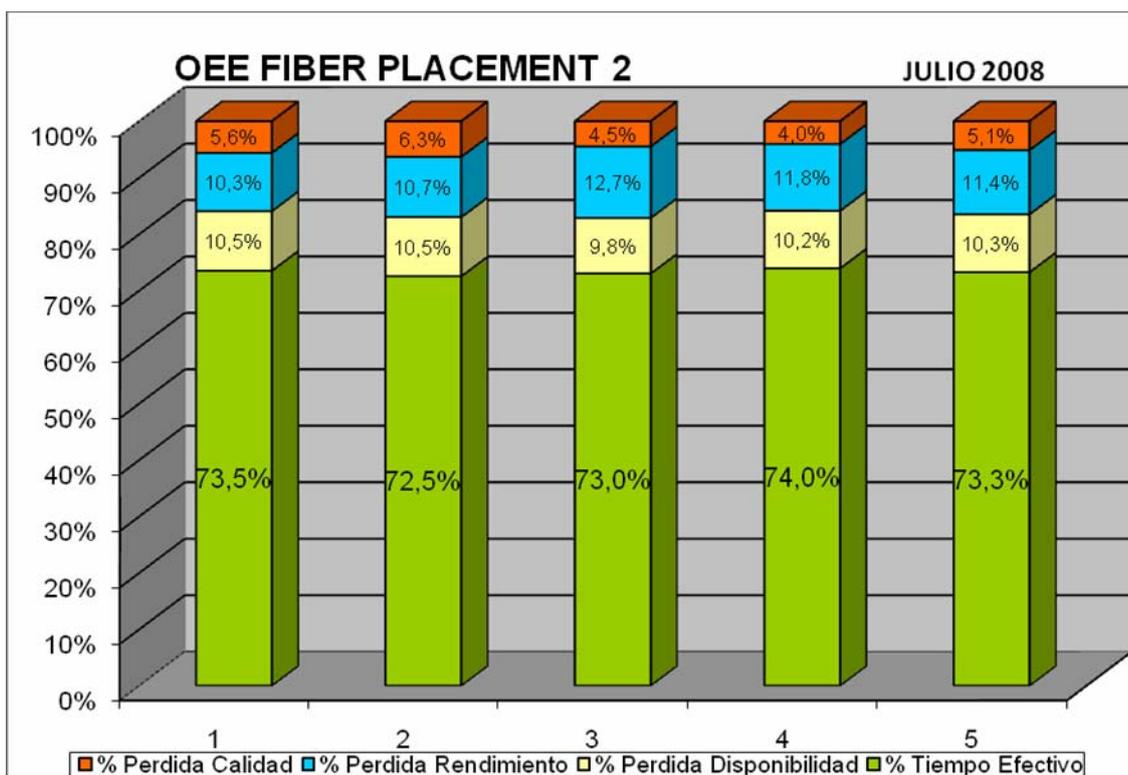


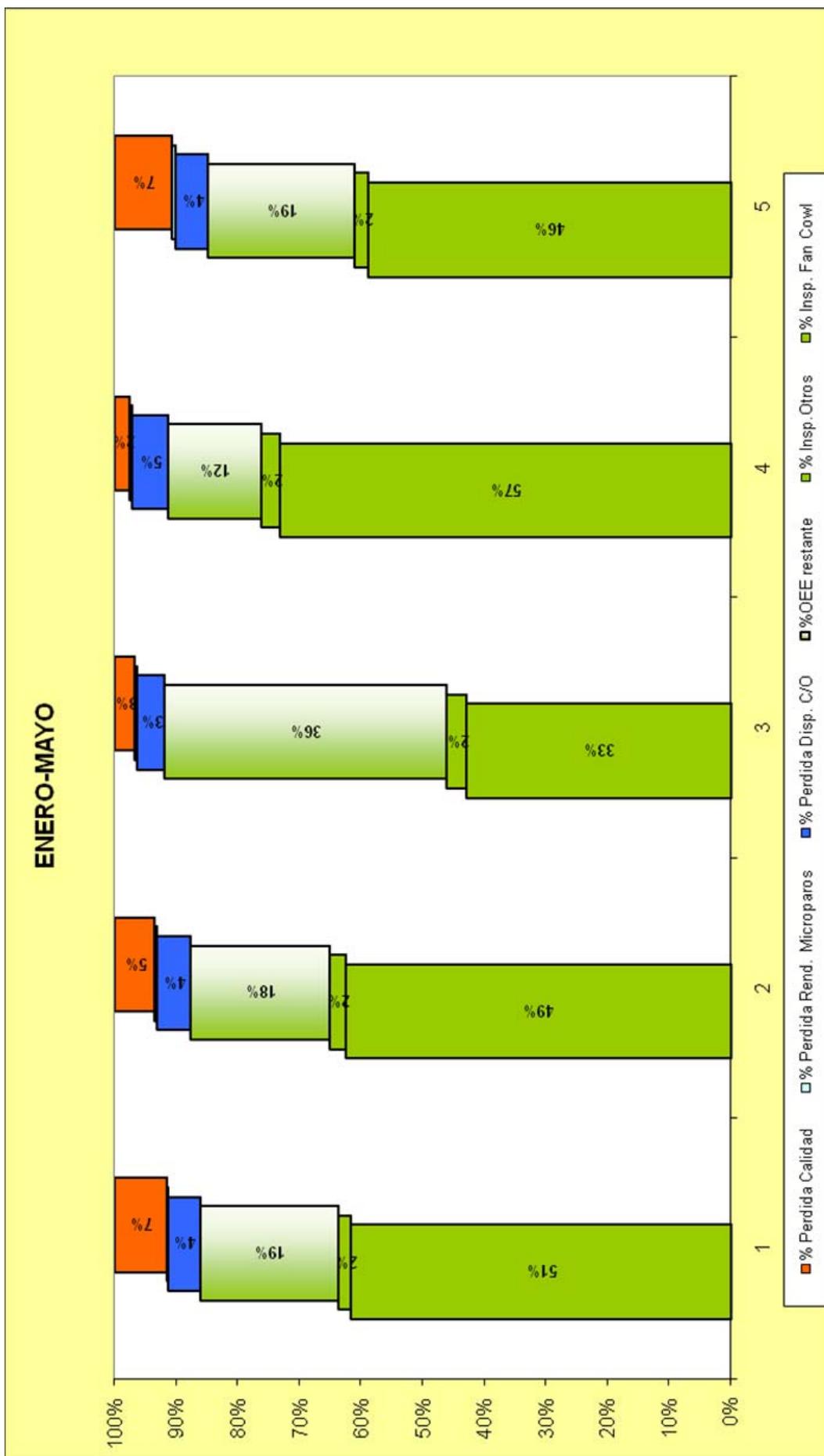


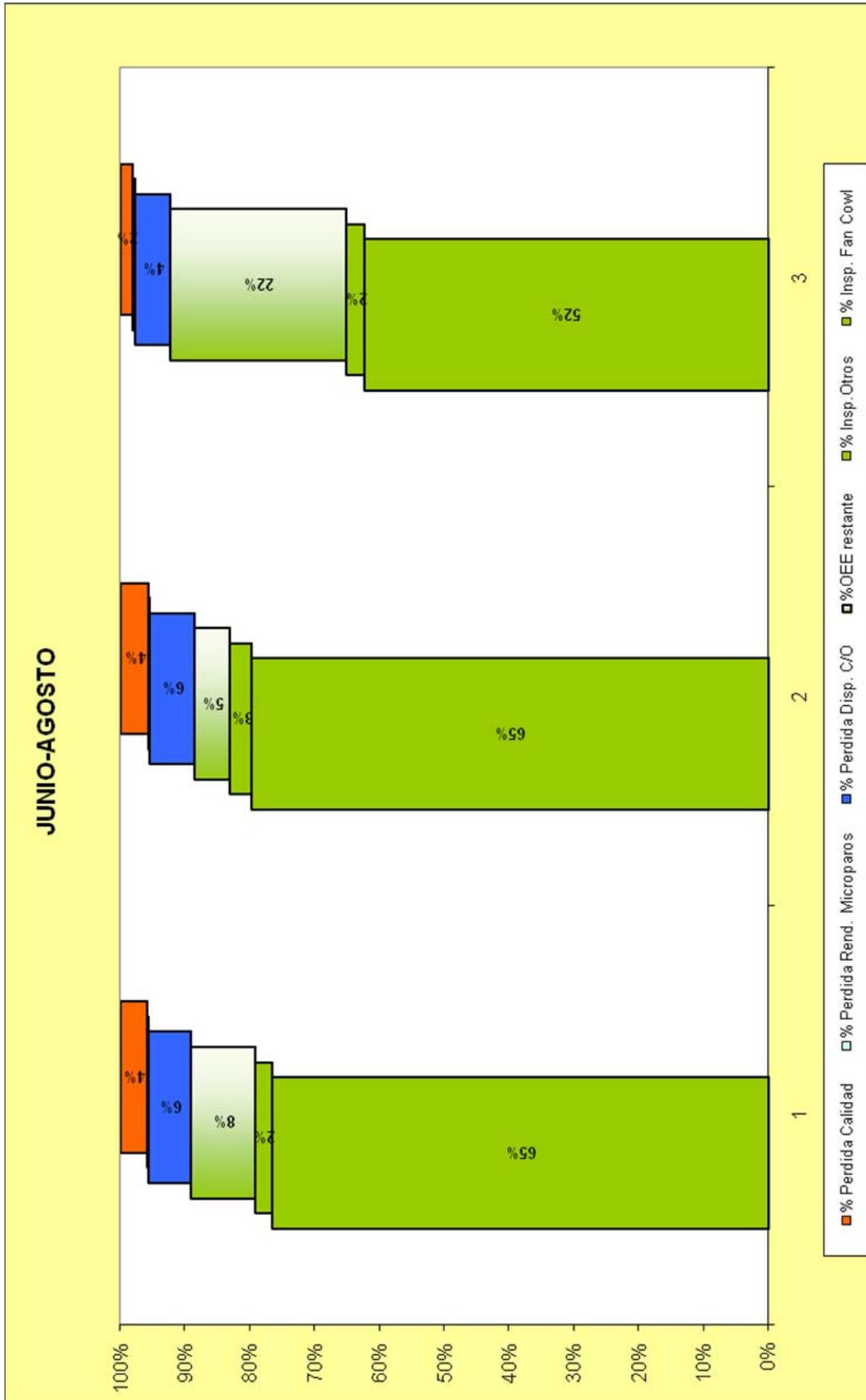












**ANEXO 2: HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING**

ÍNDICE DE ANEXO II

1. DAGRAMA DE PARETO	429
1.1. ANÁLISIS DE PARETO	429
1.2. TABLAS Y DIAGRAMAS DE PARETO	429
1.3. CONSTRUCCIÓN	430
1.4. INTERPRETACIÓN.....	433
1.5. UTILIZACIÓN	434
2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	435
2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	435
2.2. CONSTRUCCIÓN	435
2.3. INTERPRETACIÓN.....	437
2.4. UTILIZACIÓN	438
3. BRAIN STORMING (TORMENTA DE IDEAS)	439
3.1. INTRODUCCIÓN	439
3.2. UTILIZACIÓN	439
3.3. MODO DE USO.....	440
3.4. PREPARACIÓN DE LA REUNIÓN	441
3.5. DESARROLLO DE LA REUNIÓN	441
3.6. EL PAPEL DEL CONDUCTOR DE LA REUNIÓN	442
3.7. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN CONDUCTOR DE REUNIONES	442
3.8. CONCLUSIONES	443
4. METODOLOGÍA DE LAS 5'S	444
4.1. IMPLANTAR EL SEIRI.....	445
4.2. IMPLANTAR EL SEITON	448
4.3. IMPLANTAR EL SEISO	451
4.4. IMPLANTAR EL SEIKETSU.....	452
4.5. IMPLANTAR EL SHITSUKE	453
5. SMED.....	455
6. JUST IN TIME	458
6.1. OBJETIVOS	458
6.2. IMPLANTACIÓN	460

6.3.	METODOLOGÍA DE LOS SEIS CEROS	460
6.4.	VENTAJA COMPETITIVA.....	461
7.	KANBAN.....	463
7.1.	OBJETIVOS	463
7.2.	IMPLANTACIÓN.....	464
7.3.	TIPOS DE KANBAN	466
8.	TPM	468
8.1.	LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS.....	468
8.2.	PRINCIPIOS	469
8.3.	METAS	470
8.4.	MEDIOS DE IMPLANTACIÓN.....	470
8.5.	PASOS PARA SU APLICACIÓN	471
9.	POKA-YOKE.....	473
9.1.	TIPOS DE SISTEMAS	473
9.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS	474

1. DIAGRAMA DE PARETO

El Principio de Pareto afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

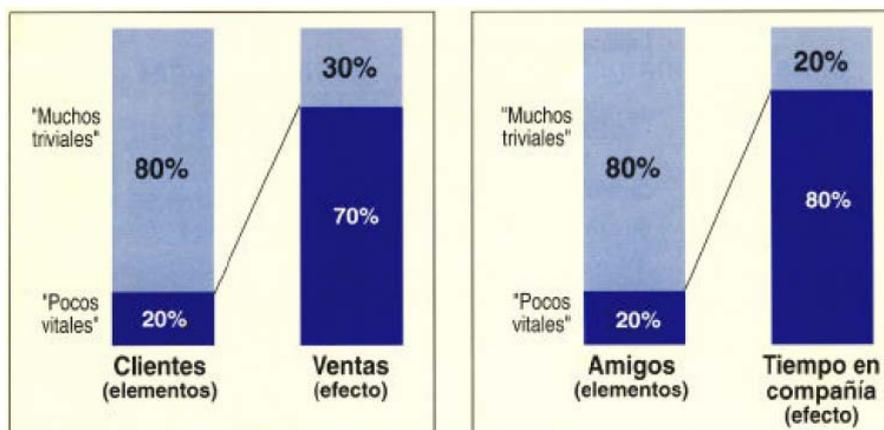


IMAGEN 362

1.1. Análisis de Pareto

El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: las "Pocas Vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "Muchos Triviales" (los elementos poco importantes en ella).

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

- **Priorización.** Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- **Unificación de Criterios.** Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
- **Carácter objetivo.** Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

1.2. Tablas y Diagramas de Pareto

Las Tablas y Diagramas de Pareto son herramientas de representación utilizadas para visualizar el análisis de Pareto. El Diagrama de Pareto es la representación gráfica de la Tabla de Pareto correspondiente.

A continuación se comentan una serie de características fundamentales de las Tablas y los Diagramas de Pareto.

- **Simplicidad.** Tanto la Tabla como el Diagrama de Pareto no requieren ni cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica.

- **Impacto visual.** El Diagrama de Pareto comunica de forma clara, evidente y de un "vistazo", el resultado del análisis de comparación y priorización.



IMAGEN 363. EJEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO

1.3. Construcción

En la siguiente imagen se muestra un esquema de los pasos para la construcción de un Diagrama de Pareto, los cuales se desarrollan posteriormente.

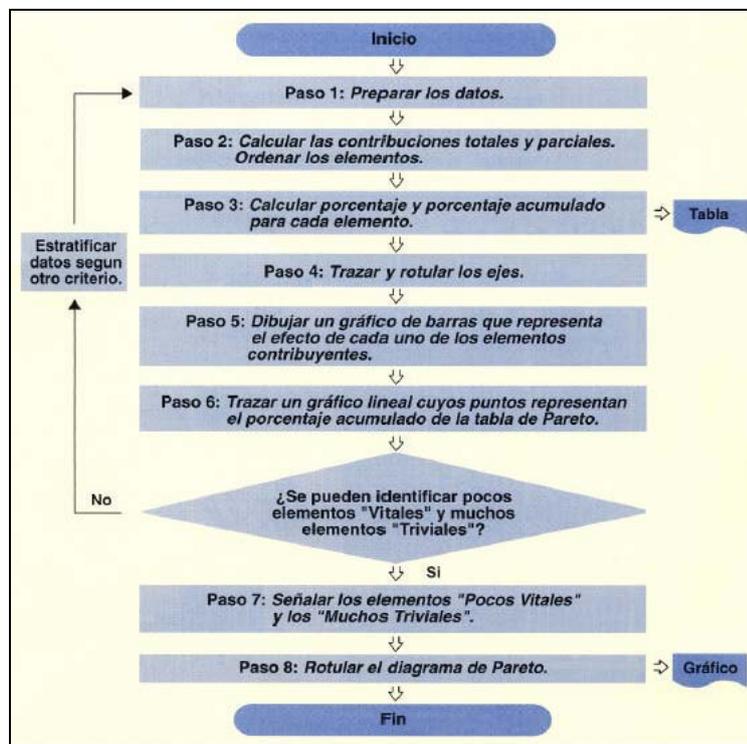


IMAGEN 364. Pasos de creación de Diagrama de Pareto

❖ ***Paso 1: Preparación de los datos***

Como en todas las herramientas de análisis de datos, el primer paso consiste en recoger los datos correctos o asegurarse de que los existentes lo son. Para la construcción de un Diagrama de Pareto son necesarios:

- a) Un efecto cuantificado y medible sobre el que se quiere priorizar (Costes, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc).
- b) Una lista completa de elementos o factores que contribuyen a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas, productos, servicios, etc).

Es importante identificar todos los posibles elementos de contribución al efecto antes de empezar la recogida de datos. Esta condición evitará que, al final del análisis, la categoría "Varios" resulte ser una de las incluidas en los "Pocos Vitales".

Las herramientas de calidad más útiles para obtener esta lista son: la Tormenta de Ideas, el Diagrama de Flujo, el Diagrama de Causa-Efecto y sus similares, o los propios datos.

- c) La magnitud de la contribución de cada elemento o factor al efecto total.

Estos datos, bien existan o bien haya que recogerlos, deberán ser:

- **Objetivos:** basados en hechos, no en opiniones.
- **Consistentes:** debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyentes y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el Análisis de Pareto es un análisis de comparación.
- **Representativos:** deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
- **Verosímiles:** evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que buscamos un soporte para la toma de decisiones, si no se cree en los datos, no apoyarán las decisiones.

❖ ***Paso 2: Cálculo de las contribuciones parciales y totales. Ordenación de los elementos o factores incluidos en el análisis***

- Para cada elemento contribuyente sobre el efecto, anotar su magnitud.
- Ordenar dichos elementos de mayor a menor, según la magnitud de su contribución.
- Calcular la magnitud total del efecto como suma de las magnitudes parciales de cada uno de los elementos contribuyentes.

❖ ***Paso 3: Calcular el porcentaje y porcentaje acumulado, para cada elemento de la lista ordenada***

El porcentaje de la contribución de cada elemento se calcula:

$$\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$$

El porcentaje acumulado para cada elemento de la lista ordenada se calcula:

- Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior.
- Por suma de porcentajes de contribución de cada uno de los elementos anteriores más el porcentaje del elemento en cuestión. En este caso habrá que tener en cuenta el que estos porcentajes, en general, han sido redondeados.
- Una vez completado este paso tenemos construida la Tabla de Pareto.

❖ **Paso 4: Trazar y rotular los ejes del Diagrama**

- El eje vertical izquierdo representa la magnitud del efecto estudiado.
- Debe empezar en 0 y ir hasta el valor del efecto total.
- Rotularlo con el efecto, la unidad de medida y la escala.
- La escala debe ser consistente, es decir variar según intervalos constantes.
- Las escalas de gráficos que se compararán entre sí, deben ser idénticas (Nota: Prestar especial cuidado a las escalas automáticas de los gráficos por ordenador).
- El *eje horizontal* contiene los distintos elementos o factores que contribuyen al efecto.
- Dividirlo en tantas partes como factores existan y rotular su identificación de izquierda a derecha según el orden establecido en la Tabla de Pareto.
- El *eje vertical derecho* representa la magnitud de los porcentajes acumulados del efecto estudiado.
- La escala de este eje va desde el 0 hasta el 100%. El cero coincidirá con el origen y el 100% estará alineado con el punto, del eje vertical izquierdo, que representa la magnitud total del efecto.

❖ **Paso 5: Dibujar un Gráfico de Barras que representa el efecto de cada uno de los elementos contribuyentes**

La altura de cada barra es igual a la contribución de cada elemento tanto medida en magnitud por medio del eje vertical izquierdo, como en porcentaje por medio del eje vertical derecho.

❖ **Paso 6: Trazar un Gráfico Lineal cuyos puntos representan el porcentaje acumulado de la Tabla de Pareto**

Marcar los puntos del gráfico en la intersección de la prolongación del límite derecho de cada barra con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente al elemento representado en dicha barra.

❖ **Paso 7: Señalar los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales"**

- Trazar una línea vertical que separa el Diagrama en dos partes y sirve para visualizar la frontera entre los "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales", basándonos en el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento.
- Rotular las dos secciones del Diagrama.
- Rotular el porcentaje acumulado del efecto correspondiente al último elemento incluido en la sección "Pocos Vitales".

❖ **Paso 8: Rotular el título del Diagrama de Pareto**

1.4. Interpretación

El objetivo del Análisis de Pareto es utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio (Magnitud del problema, costes, tiempo, etc) en el número mínimo de elementos que a él contribuyen.

Con este análisis buscamos enfocar nuestro esfuerzo en las contribuciones más importantes, con objeto de optimizar el beneficio obtenido del mismo.

En el Paso 7: Señalar los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales" se comenta que existe una frontera clara entre las dos categorías. En muchos casos no existe esta frontera claramente visible. En realidad se puede identificar generalmente una tercera categoría que J.M. Juran llamó "Zona Dudosa".

La estrategia de interpretación a seguir en estos casos será:

- a) Identificar los elementos que tienen una pendiente muy inclinada en su representación lineal y que en general representan aproximadamente el 60% del efecto total.
- b) Enfocar el trabajo a desarrollar en estos elementos como los "Pocos Vitales".
- c) Una vez terminada esta labor, volver a realizar el Análisis de Pareto en las nuevas condiciones y comprobar si los elementos incluidos en la anterior "Zona Dudosa" han pasado a ser "Pocos Vitales" y si su tratamiento es rentable.

En general, una vez tratados los elementos que claramente pertenecen a los "Pocos Vitales" tenemos un mejor conocimiento de lo que hay que hacer con los pertenecientes a la "Zona Dudosa".

❖ *Posibles problemas y deficiencias de interpretación*

a) Al dibujar el Diagrama de Pareto, vemos que este no permite realizar una clara distinción entre los diferentes elementos o categorías que contribuyen al efecto, por los siguientes motivos:

- Todas las barras del Diagrama son más o menos de la misma altura.
- Se requieren más de la mitad de las categorías para tener en cuenta más del 60% del efecto total.

En cualquier caso, parece que el Principio de Pareto no es aplicable al caso en estudio. Esta circunstancia es altamente improbable ya que dicho principio ha demostrado su validez en miles de casos. En general, estas circunstancias son debidas a una elección deficiente de los elementos o categorías utilizados para el análisis. Debe probarse una nueva estratificación de los datos y repetirse en base a esta última el análisis.

b) Obtención de priorizaciones erróneas debido a deficiencias en los datos iniciales (Los datos no eran objetivos, consistentes, representativos y/o verosímiles). Deberán conseguirse nuevos datos sujetos a dichas condiciones.

c) Uno de los elementos "Pocos Vitales" es la categoría "Varios". En este caso se debe replantear la clasificación de categorías realizada profundizando en el fenómeno o efecto estudiado y repetir el análisis efectuado.

1.5. Utilización

El Análisis de Pareto sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente.

Por otra parte permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso.

❖ *Utilización en las fases del proceso de solución de problemas:*

Este Análisis es aplicable en todos los casos en que se deban establecer prioridades para no dispersar el esfuerzo y optimizar el resultado de dicha inversión. En particular:

- Para asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos.
- Para identificar las causas claves de un problema.
- Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo una vez implantada la solución propuesta por el mismo.

A este fin se compara el Diagrama de Pareto de la situación inicial con el de la situación actual y se comprueba que la contribución de los elementos inicialmente más importantes haya disminuido notablemente.

2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El Diagrama Causa-Efecto es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado.

2.1. Características principales

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

- **Impacto visual.** Muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara, precisa y de un solo golpe de vista.
- **Capacidad de comunicación.** Muestra las posibles interrelaciones causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluso en situaciones muy complejas.

2.2. Construcción

En la siguiente imagen se muestra un esquema de los pasos para la construcción de un Diagrama de Pareto, los cuales se desarrollan posteriormente.



IMAGEN 365. Pasos de creación de Diagrama Causa-Efecto

❖ ***Paso 1: Definir, sencilla y brevemente, el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas***

El efecto debe ser:

- **Específico.** Para que no sea interpretado de diferente forma por los miembros del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el auténtico efecto a estudiar.
- **No sesgado.** Para no excluir posibles líneas de estudio sobre el efecto objeto del análisis.

Es conveniente definirlo por escrito especificando que es lo que incluye y lo que excluye.

❖ ***Paso 2: Colocar el efecto dentro de un rectángulo a la derecha de la superficie de escritura y dibujar una flecha, que corresponderá al eje central del diagrama, de izquierda a derecha, apuntando hacia el efecto.***

❖ ***Paso 3: Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio.***

Atendiendo a las características y particularidades del grupo de trabajo y a las del problema analizado, se decidirá cuál de los dos enfoques existentes para desarrollar este paso es el más adecuado:

- Tormenta de Ideas
- Proceso lógico paso a paso

En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas la lista resultado de la sesión será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama.

En el caso de utilizar un proceso lógico paso a paso, la fuente primaria serán los propios componentes del grupo, aportando sus ideas según se va construyendo el diagrama.

❖ ***Paso 4: Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama.***

- En primer lugar se identificarán las causas o clases de causas más generales en la contribución al efecto.

Esta clasificación será tal que cualquier idea de los miembros del grupo podrá ser asociada a alguna de dichas causas.

- En segundo lugar se escriben en un recuadro y se conectan con la línea central según la figura siguiente.

❖ ***Paso 5: Añadir causas para cada rama principal.***

En este paso se rellenan cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado, es decir con causas de las causas principales. Para incluir estas en el diagrama se escriben al final de unas líneas, paralelas a la de la flecha central, conectadas con la línea principal correspondiente.

❖ ***Paso 6: Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas.***

Cada una de estas causas se coloca al final de una línea que se traza para conectar con la línea asociada al elemento al que afecta y paralela a la línea principal o flecha central.

Este proceso continúa hasta que cada rama alcanza una causa raíz. Causa raíz es aquella que:

- Es causa del efecto que estamos analizando.
- Es controlable directamente.

❖ ***Paso 7: Comprobar la validez lógica de cada cadena causal***

Para cada causa raíz "leer" el diagrama en dirección al efecto analizado, asegurándose de que cada cadena causal tiene sentido lógico y operativo. Este análisis asegura que la ordenación es correcta y también puede ayudar a identificar factores causales intermedios u omitidos.

❖ ***Paso 8: Comprobar la integración del diagrama***

Finalmente debemos comprobar, en una visión de conjunto del Diagrama la existencia de ramas principales que:

- Tienen menos de 3 causas.
- Tienen, apreciablemente, más o menos causas que las demás.
- Tienen menos niveles de causas subsidiarias que las demás.

La existencia de alguna de estas circunstancias no significa un defecto en el diagrama pero sugiere una comprobación a fondo del proceso.

❖ ***Paso 9: Conclusión y resultado***

El resultado de la utilización de esta herramienta es un diagrama ordenado de posibles causas (teorías) que contribuyen a un efecto.

2.3. Interpretación

Un Diagrama Causa-Efecto proporciona un conocimiento común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle. Su utilización ayuda a organizar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno pero no las identifica y no proporciona respuestas a preguntas.

❖ ***Posibles problemas y deficiencias de interpretación***

- La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama Causa-Efecto, es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Este diagrama es útil para desarrollar teorías, representar y contrastar su consistencia lógica, pero no sustituye su comprobación empírica.

- Construcción del Diagrama sin un análisis previo de los síntomas del fenómeno objeto de estudio.

En tales casos el efecto descrito puede ser muy general y estar mal definido por lo que el diagrama resultante sería innecesariamente grande, complejo y difícil de utilizar.

- Deficiencias en el enunciado (sesgos) que limiten las teorías que se exponen y consideran, pudiendo pasar por alto las causas reales que contribuyen al efecto.
- Deficiencias en la identificación y clasificación de las causas principales. Esta clasificación está íntimamente ligada con la capacidad de la herramienta para la organización eficaz de la búsqueda de causas reales.

2.4. Utilización

Por sus características principales la construcción de un Diagrama de Causa-Efecto es muy útil cuando:

- Se quiere compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa y efecto.

Por ser una ordenación de relaciones lógicas, el Diagrama de Causa-Efecto es una herramienta frecuentemente utilizada para:

- Obtener teorías sobre relaciones de causa-efecto en un proceso lógico paso a paso.
- Obtener una estructuración lógica de muchas ideas "dispersas", como una lista de ideas resultado de una Tormenta de Ideas.

❖ *Utilización en las fases del proceso de solución de problemas:*

Durante un proceso de solución de problemas hay tres puntos en los que la construcción de un Diagrama Causa-Efecto puede ser muy útil:

- En la fase de diagnóstico durante la formulación de posibles causas del problema.
- En la fase de corrección para considerar soluciones alternativas.
- Para pensar de forma sistemática sobre las posibles resistencias en la organización a la solución propuesta.

3. BRAINSTORMING (TORMENTA DE IDEAS)

3.1. Introducción

Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex F. Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

La Tormenta de ideas es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado.

Se trata de poner en juego la imaginación y la memoria de forma que una idea lleve a otra. El método trata de fomentar las asociaciones de ideas por semejanzas o por oposición.

Es fundamental el entorno en el que se desarrolla la sesión y el crear un clima que facilite la exposición de ideas sin cortapisas. Se fomenta la participación de todos los miembros del equipo y en un principio las ideas de los demás no se critican por muy descabelladas que puedan parecer.

Comenzó en el ámbito empresarial aplicándose a asuntos tan diversos como la productividad, la necesidad de encontrar nuevas ideas, soluciones para los productos del mercado y hallar nuevos métodos que desarrollen el pensamiento creativo a todos los niveles.

Luego se extiende al ámbito académico para crear cursos específicos que desarrollen la creatividad y promuevan la introducción de los principios creativos preconizando una enseñanza más creativa en cualquier materia.

3.2. Utilización

Se deberá utilizar la lluvia de ideas se utiliza cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos
- Generar un número extensos de ideas
- Involucrar oportunidades para mejorar

Permite:

- Plantear y resolver los problemas existentes
- Plantear posibles causas
- Plantear soluciones alternativas
- Desarrollar la creatividad
- Discutir conceptos nuevos
- Superar el conformismo y la monotonía

¿Cómo se utiliza?

1. Se define el tema o el problema.
2. Se nombra a un conductor del ejercicio
3. Antes de comenzar la “tormenta de ideas”, explicará las reglas.
4. Se emiten ideas libremente sin extraer conclusiones en esta etapa.
5. Se listan las ideas
6. No se deben repetir

7. No se critican
8. El ejercicio termina cuando ya no existen nuevas ideas
9. Se analizan, evalúan y organizan las mismas, para valorar su utilidad en función del objetivo que pretendía lograr con el empleo de esta técnica.

3.3. Modo de uso

La técnica, “lluvia de ideas”, puede ser empleada a través de 3 diferentes maneras:

- ***No estructurado (flujo libre)***

1. Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas
2. Escribir en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
3. Escribir cada idea en el menor número de palabras posible.
4. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se este repitiendo la idea.
5. No interpretar o cambiar las ideas.
6. Establecer un tiempo limite (aproximadamente 25 minutos)
7. Fomentar la creatividad
8. Construir sobre las ideas de otros.
9. Los miembros del grupo de “lluvia de ideas” y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
10. Revisar la lista para verificar su comprensión.
11. Eliminar las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables.
12. Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o no importantes.

- ***Estructurado (en círculo)***

Tiene las mismas metas que la lluvia de ideas no estructurada. La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado (ej: de izquierda a derecha). No hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.

- ***Silenciosa (lluvia de ideas escritas)***

Es similar a la lluvia de ideas, los participantes piensan las ideas pero registran en papel sus ideas en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel. Cada participante puede entonces agregar otras ideas relacionadas o pensar en nuevas ideas. Este proceso continúa por cerca de 30 minutos y permite a los participantes construir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

3.4. Preparación de la reunión

Para que una reunión sea útil tiene que estar bien preparada, para ello hay que tener en cuenta los aspectos materiales como los funcionales. Se pueden dividir en 4 pasos:

1. Definición de los objetivos:

- Fijar los objetivos de la reunión.
- Tipos de objetivos.
- Los que se han de lograr.
- Los objetivos secundarios: los que serían interesantes.
- Si los objetivos prioritarios son muchos se hacen varias reuniones.

2. La elección de los participantes:

- La eficacia de una reunión depende mucho de los participantes. Se tendría que mirar si las personas son compatibles.

3. Planificar el desarrollo de la reunión:

Viene definido en el orden del día que es un desarrollo de las cuestiones que se abordarán.

4. Organización del material de la reunión. Tenemos que tener en cuenta:

- Los documentos
- Preparar la sala
- Los aspectos anexos: la botella de agua, papelería, bolígrafos...
- Hacer un recordatorio de la convocatoria
- Asegurarse que asistirán.

3.5. Desarrollo de la reunión

1. Presentación de los participantes. Es importante saber que es especializado, y de que es bueno que se conozcan.

2. Darles confianza. A través de la presentación se crea un clima de confianza. Para que se encuentren bien los participantes y el animador se tiene que encontrar a gusto. En un primer momento los participantes se sentirán ansiosos porque se sienten observados por los otros. Hemos de tener en cuenta el tiempo.

3. Presentación del tema de reunión.

- De que se habla
- Porque hablamos de este tema
- Porque les interesa hablar de este tema
- Cuáles son los problemas planteados.

4. Fijar los objetivos de la reunión.

Explicar el orden del día que tenemos, comentarlo. Establecer los objetivos prioritarios y clarificarlos dentro del periodo de tiempo de la reunión, si hay tiempo pasaremos a los objetivos secundarios y así sucesivamente.

3.6. El papel del conductor de la reunión

Tiene que desempeñar las siguientes funciones:

- **Función de clarificación:** Al comienzo de la reunión, para asegurar que el objetivo de la misma está claro para los participantes y que es conforme.
Durante el transcurso de la misma, para ayudar a los participantes a comprenderse bien. Formulando constantemente preguntas para asegurarse que se ha comprendido lo que se ha dicho, y si no es así intentarlo aclarar.
- **Función de control:** Con esta función el conductor de la reunión trata de ayudar al grupo a fijar sus procedimientos, es decir, a fijar una serie de normas (más o menos autoritarias) que permitan la comunicación.

También permite:

- Regular la reunión impidiendo que alguien monopolice.
- Traer de nuevo a los participantes a discutir sobre el tema de la reunión en cuestión.
- Estimular a los que no participan.
- Administrar bien el tiempo.
- **Funciones de relajamiento:** El conductor debe eliminar toda tensión que pueda darse en la reunión, provocada por desconocimiento de los participantes, oposición de caracteres, oposición de opiniones, etc...
El conductor debe crear un clima de confianza y relajamiento que permita la comunicación en grupo, no suprimiendo los posibles conflictos, sino que se consiga la armonía en los mismos. Debe optar por el papel de conciliador y optar por modular el desarrollo de la reunión.
- **Función de dinamización:** Consiste en instar al grupo para que sienta deseos de realizar “algo”, motivarlo, llenarlo de entusiasmo, etc...

3.7. Características de un buen conductor de reuniones

Mostrar seguridad delante del grupo: El miedo al grupo es muy habitual del actor. De entrada existe este miedo, pero después ya se pasa. Esta seguridad se nota. Si el conductor se pone nervioso y no sabe disimularlo, transmite esta sensación al grupo y este acaba poniéndose nervioso. El grupo lo que quiere pensar es que se encuentra en buenas manos.

Para evitar este miedo se puede hacer:

- Preparación física:
 - Como colocar el cuerpo.
 - Los gestos y posturas son tan importantes como las palabras.
 - Esforzarse en mirar los ojos de la auditoria.
 - Luchar contra posturas defensivas
 - Moverse para ocupar espacio

- Preparación psicológica:
 - Superar el miedo para juicios de grupo.
 - Pensar que no funcionará la reunión. Debemos superar esto.
 - Es importante encontrar un hilo conductor para cuando veamos que el tema se desvía.

3.8. Conclusiones

Aunque la idea de tormenta de ideas parte de que los comentarios de la gente estimulan las ideas de uno mismo, en una especie de reacción en cadena de ideas, en algunos aspectos el tormenta de ideas individual es más adecuado, especialmente para producir o generar ideas o planteamientos nuevos.

Cuando la idea o el problema ya existe una reunión en grupo puede ser mejor para ampliarla, desarrollarla o solucionar el problema abriendo nuevos caminos y el enfoque original propuesto por el autor.

Una vez finalizado la tormenta de ideas se revisan y evalúan las respuestas para, entre otras cosas, eliminar las respuestas parecidas o repetidas o definitivamente no-válidas, agrupar los conceptos y resumir las respuestas restantes para discutirlos como grupo.

4. METODOLOGÍA DE LAS 5'S

El concepto de las 5'S no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa, pero desafortunadamente sí lo es, o bien ha tratado de ser implementada en varias ocasiones y todas de esas fallidas, que el concepto se encuentra desvirtuado. La herramienta de 5'S es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en el Japón bajo la visión de Deming hace más de cuarenta años y que está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o kaizen. El concepto de 5's en esencia se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo, puesto que es una mejora realizada por la gente para la gente.

Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestras vidas cotidianas y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a nosotros. Toma su nombre de cinco palabras que comienzan con la letra "s" de simple y sencillo:

- **Seiri:** Separar
- **Seiton:** Ordenar e Identificar
- **Seiso:** Limpieza
- **Seiketsu:** Estandarizar
- **Shitsuke:** Sistematizar o disciplina

Es una técnica de simplificación, los norteamericanos la reducen al lema "K.I.S.S" (Keep it simple, sucker), que significa "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

La teoría occidental ha adaptado la terminología, llamando a dicho auge por siglas en inglés, como las 5 Ss:

- **Sort** (separar): separar todo lo innecesario y eliminarlo.
- **Straighten** (ordenar): poner en orden los elementos esenciales, de manera que se tenga fácil acceso a éstos.
- **Scrub** (limpiar): limpiar todo - herramientas y lugares de trabajo, removiendo manchas, mugre, desperdicios y erradicando fuentes de suciedad.
- **Systematize** (sistematizar): llevar a cabo una rutina de limpieza y verificación.
- **Standardize** (estandarizar): estandarizar los cuatro pasos anteriores para constituir un proceso sin fin y que pueda mejorarse.

O bien como la campaña de las 5 Cs:

- **Clear out** (limpiar): determinar qué es necesario e innecesario y deshacerse de esto último.
- **Configure** (configurar): suministrar un lugar conveniente, seguro y ordenado a cada cosa y mantener cada cosa allí.
- **Clean & check** (limpiar y verificar): monitorear y restaurar la condición de las áreas de trabajo durante la limpieza.
- **Conform** (ajustar): fijar el estándar, entrenar y mantener.
- **Custom & practice** (costumbre y práctica): desarrollar el hábito de mantenimiento de rutinas y esforzarse por un nuevo mejoramiento.

La poca aplicación de estos conceptos, principalmente en empresas manufactureras y de producción en general, en las que pocas veces se recibe al cliente final en sus instalaciones, es generalizada, lo cual no deja de ser preocupante, no solo en términos del desempeño empresarial sino

humanos. Este hecho hace pensar que bajo estos entornos será difícil alcanzar niveles de productividad y eficiencia elevados, lo que pone de presente la necesidad de aplicar consistentemente las 5S en nuestra rutina diaria, siempre será mejor desarrollar nuestras actividades en ambientes seguros y motivantes.

La estrategia de las 5S es un concepto sencillo que a menudo las personas no le dan la suficiente importancia, sin embargo, una fábrica limpia y segura nos permite orientar la empresa y los talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Buscar la reducción de pérdidas por la calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral por el trabajo.
- Facilitar crear las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria.
- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y apriete
- Hacer uso de elementos de control visual como tarjetas y tableros para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo
- Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5S.
- Poder implantar cualquier tipo de programa de mejora continua de producción Justo a Tiempo, Control Total de Calidad y Mantenimiento Productivo Total.
- Reducir las causas potenciales de accidentes y se aumenta la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

4.1. Implantar el Seiri

Identificar elementos innecesarios: El primer paso en la implantación del Seiri consiste en la identificación de los elementos innecesarios en el lugar seleccionado para implantar las 5S. En este paso se pueden emplear las siguientes ayudas:

Lista de elementos innecesarios: La lista de elementos innecesarios se debe diseñar y enseñar durante la fase de preparación. Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. Esta lista es cumplimentada por el operario, encargado o supervisor durante el tiempo en que se ha decidido realizar la campaña Seiri.

Tarjetas de color: Este tipo de tarjetas permiten marcar que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva. En algunas empresas utilizan colores verde para indicar que existe un problema de contaminación, azul si está relacionado el elemento con materiales de producción, roja si se trata de elementos que no pertenecen al trabajo como

envases de comida, desechos de materiales de seguridad como guantes rotos, papeles innecesarios, etc. En Japón se utiliza frecuentemente la tarjeta roja para mostrar o destacar el problema identificado.

Las preguntas habituales que se deben hacer para identificar si existe un elemento innecesario son las siguientes:

- ¿Es necesario este elemento?
- ¿Si es necesario, es necesario en esta cantidad?
- ¿Si es necesario, tiene que estar localizado aquí?

Una vez marcados los elementos se procede a registrar cada tarjeta utilizada en la lista de elementos innecesarios. Esta lista permite posteriormente realizar un seguimiento sobre todos los elementos identificados. Si es necesario, se puede realizar una reunión donde se decide qué hacer con los elementos identificados, ya que en el momento de la "campaña" no es posible definir qué hacer con todos los elementos innecesarios detectados.

En la reunión se toman las decisiones para cada elemento identificado. Algunas acciones son simples, como guardar en un sitio, eliminar si es de bajo coste y no es útil o moverlo a un almacén. Otras decisiones más complejas y en las que interviene la dirección deben consultarse y exigen una espera y por lo tanto, el material o equipo debe quedar en su sitio, mientras se toma la decisión final, por ejemplo, eliminar una máquina que no se utiliza actualmente.

❖ **Criterios para asignar Tarjetas de color:**

- El criterio más común es el del programa de producción del mes próximo. Los elementos necesarios se mantienen en el área especificada. Los elementos no necesarios se desechan o almacenan en lugar diferente.
- Utilidad del elemento para realizar el trabajo previsto. Si el elemento no es necesario debe descartarse.
- Frecuencia con la que se necesita el elemento. Si es necesario con poca frecuencia puede almacenarse fuera del área de trabajo.
- Cantidad del elemento necesario para realizar el trabajo. Si es necesario en cantidad limitada el exceso puede desecharse o almacenarse fuera del área de trabajo.

❖ **Características de las tarjetas:**

Las tarjetas utilizadas pueden ser de diferentes tipos:

Una ficha con un número consecutivo. Esta ficha puede tener un hilo que facilite su ubicación sobre el elemento innecesario. Estas fichas son reutilizables, ya que simplemente indican la presencia de un problema y en un formato se puede saber para el número correspondiente, la novedad o el problema.

Tarjetas de colores intensos. Estas tarjetas se fabrican en papel de color fosforescente para facilitar su identificación a distancia. El color intenso sirve ayuda como mecanismos de control visual para informar que sigue presente el problema "denunciado". Estas tarjetas contienen la siguiente información:

- Nombre del elemento innecesario
- Cantidad.
- Porqué creemos que es innecesario
- Área de procedencia del elemento innecesario
- Posibles causas de su permanencia en el sitio
- Plan de acción sugerido para su eliminación.

Tarjeta Roja		
NOMBRE DEL ARTICULO		FOLIO N° 0001
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumental de Medición 4. Materia Prima. 5. Refacción 6. Inventario en Proceso 7. Producto Terminado 8. Equipo de Oficina 9. Librería y papelería 10. Limpieza o pesticidas	
FECHA	LOCALIZACIÓN	TIPO DE COORDENADA
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR \$
RAZÓN	1. No se necesitan 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido 6. Contaminante 7. Otro	
Consideraciones especiales de almacenaje		
<input type="checkbox"/> Ventilación especial <input type="checkbox"/> Frágil <input type="checkbox"/> Explosivo		
<input type="checkbox"/> En camas de _____ cajas <input type="checkbox"/> Máxima altura _____ <input type="checkbox"/> Ambiente a _____ °C		
ELABORADA POR	Departamento o sección	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar 2. Vender 3. Otros 4. Mover áreas de tarjetas rojas 5. Mover otro almacén 6. Regresar proveedor int o ext	Desecho completo
FECHA DE DESECHO	Firma de autorización	Firma autorizada(s)
Vender o tirar		
Nombre:	Fecha:	FOLIO N° 0001 Tarjeta R MINI-PLANTA

IMAGEN 366. Tarjeta para implantar el Seiri

❖ Plan de acción para retirar los elementos innecesarios:

El plan debe contener los siguientes puntos:

- Mantener el elemento en igual sitio.
- Mover el elemento a una nueva ubicación dentro de la planta.
- Almacenar el elemento fuera del área de trabajo.
- Eliminar el elemento.

El plan debe indicar los métodos para eliminar los elementos: desecharlo, venderlo, devolverlo al proveedor, destruirlo o utilizarlo, etc.

Control e informe final: Es necesario preparar un informe donde se registre y se informe el avance de las acciones planificadas, como las que se han implantado y los beneficios aportados. El jefe del área debe preparar este documento y publicarlo en el tablón informativo sobre el avance del proceso 5S.

BENEFICIOS DEL SEIRI

La aplicación de las acciones Seiri preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto del Seiri está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, se 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.

La práctica del Seiri además de los beneficios en seguridad permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos 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 empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las 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.

4.2. Implantar el Seiton

La implantación del Seiton requiere la aplicación de métodos simples y desarrollados por los trabajadores. Los métodos más utilizados son:

Controles visuales: Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de motores.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo.

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y puede decirse de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Mapa 5S: Es un gráfico que muestra la ubicación de los elementos que pretendemos ordenar en un área de la planta. El Mapa 5S permite mostrar donde ubicar el almacén de herramientas, elementos de seguridad, extintores de fuego, duchas para los ojos, pasillos de emergencia y vías rápidas de escape, armarios con documentos o elementos de la máquina, etc.

Los criterios o principios para encontrar las mejores localizaciones de herramientas y útiles son:

- Localizar los elementos en el sitio de trabajo de acuerdo con su frecuencia de uso.
- Los elementos usados con más frecuencia se colocan cerca del lugar de uso.
- Los elementos de uso no frecuente se almacenan fuera del lugar de uso.
- Si los elementos se utilizan juntos se almacenan juntos, y en la secuencia con que se usan.
- Las herramientas se almacenan suspendidas de un resorte en posición al alcance de la mano, cuando se suelta recupera su posición inicial.
- Los lugares de almacenamiento deben ser más grandes que las herramientas, para retirarlos y colocarlos con facilidad.
- Eliminar la variedad de plantillas, herramientas y útiles que sirvan en múltiples funciones.
- Almacenar las herramientas de acuerdo con su función o producto.
- El almacenaje basado en la función consiste en almacenar juntas las herramientas que sirven funciones similares.
- El almacenaje basado en productos consiste en almacenar juntas las herramientas que se usan en el mismo producto. Esto funciona mejor en la producción repetitiva.

Marcación de la ubicación: Una vez que se ha decidido las mejores localizaciones, es necesario un modo para identificar estas localizaciones de forma que cada uno sepa donde están las cosas, y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio. Para esto se pueden emplear:

- Indicadores de ubicación.
- Indicadores de cantidad.
- Letreros y tarjetas.
- Nombre de las áreas de trabajo.
- Localización de stocks.
- Lugar de almacenaje de equipos.
- Procedimientos estándares.
- Disposición de las máquinas.
- Puntos de lubricación, limpieza y seguridad.

Marcación con colores: Es un método para identificar la localización de puntos de trabajo, ubicación de elementos, materiales y productos, nivel de un fluido en un depósito, sentido de giro de una máquina, etc. La marcación con colores se utiliza para crear líneas que señalen la división entre áreas de trabajo y movimiento, seguridad y ubicación de materiales. Las aplicaciones más frecuentes de las líneas de colores son:

- Localización de almacenaje de carros con materiales en proceso.
- Dirección de pasillo
- Localización de elementos de seguridad: grifos, válvulas de agua, camillas, etc.
- Colocación de marcas para situar mesas de trabajo
- Líneas cebras para indicar áreas en las que no se debe localizar elementos ya que se trata de áreas con riesgo.

Codificación de Colores: Se usa para señalar claramente las piezas, herramientas, conexiones, tipos de lubricantes y sitio donde se aplican. Por ejemplo, la grasera de color azul puede servir para aplicar un tipo especial de aceite en un punto del equipo marcado con color azul.

Identificar los contornos: Se usan dibujos o plantillas de contornos para indicar la colocación de herramientas, partes de una máquina, elementos de aseo y limpieza, bolígrafos, grapadora, calculadora y otros elementos de oficina. En cajones de armarios se puede construir plantillas en espuma con la forma de los elementos que se guardan. Al observar y encontrar en la plantilla un lugar vacío, se podrá rápidamente saber cuál es el elemento que hace falta.

BENEFICIOS DEL SEITON

- 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, comunica 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 sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.
- 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.

4.3. Implantar el Seiso

El Seiso debe implantarse siguiendo una serie de pasos que ayuden a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. El proceso de implantación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

❖ ***Paso 1: Campaña o jornada de limpieza***

Es muy frecuente que una empresa realice una campaña de orden y limpieza como un primer paso para implantar las 5S. En esta jornada se eliminan los elementos innecesarios y se limpia el equipo, pasillos, armarios, almacenes, etc.

Esta clase de limpieza no se puede considerar un Seiso totalmente desarrollado, ya que se trata de un buen inicio y preparación para la práctica de la limpieza permanente. Esta jornada de limpieza ayuda a obtener un estándar de la forma como deben estar los equipos permanentemente. Las acciones Seiso deben ayudarnos a mantener el estándar alcanzado el día de la jornada inicial. Como evento motivacional ayuda a comprometer a la dirección y operarios en el proceso de implantación seguro de las 5S.

Esta jornada o campaña crea la motivación y sensibilización para iniciar el trabajo de mantenimiento de la limpieza y progresar a etapas superiores Seiso.

❖ ***Paso 2: Planificar el mantenimiento de la limpieza***

El encargado del área debe asignar un contenido de trabajo de limpieza en la planta.

❖ ***Paso 3: Crear una instrucción de limpieza***

Es muy útil la elaboración de una instrucción de limpieza. Las actividades de limpieza deben incluir la Inspección antes del comienzo de turnos, las actividades de limpieza que tienen lugar durante el trabajo, y las que se hacen al final del turno.

La instrucción de limpieza debe incluir:

- Propósitos de la limpieza.
- Fotografía del equipo donde se indique la asignación de zonas o partes del taller.
- Elementos de limpieza necesarios y de seguridad.

Estándares para procedimientos de limpieza. Conocer el procedimiento de limpieza para emplear eficientemente el tiempo. El estándar puede contener fotografías que sirvan de referencia sobre el estado en que debe quedar el equipo.

❖ ***Paso 4: Implantación de la limpieza***

Seiso implica retirar y limpiar profundamente la suciedad, desechos, polvo, óxido, y otras materias extrañas de todas las superficies.

Durante la limpieza es necesario tomar información sobre las áreas de acceso difícil, ya que en un futuro será necesario realizar acciones kaizen o de mejora continua para su eliminación, facilitando las futuras limpiezas de rutina.

BENEFICIOS DEL SEISO

- 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.
- Se reducen los despilfarros 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.

4.4. Implantar el Seiketsu

Seiketsu es la etapa de conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta S está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

Para implantar Seiketsu se requieren los siguientes pasos:

❖ Paso 1: Asignar trabajos y responsabilidades

Para mantener las condiciones de las tres primeras `s, cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo. Si no se asignan a las personas tareas claras relacionadas con sus lugares de trabajo, Seiri, Seiton y Seiso tendrán poco significado.

Deben darse instrucciones sobre las tres `s a cada persona sobre sus responsabilidades y acciones a cumplir en relación con los trabajos de limpieza y mantenimiento autónomo. Los estándares pueden ser preparados por los operarios, pero esto requiere una formación y práctica kaizen para que progresivamente se vayan mejorando los tiempos de limpieza y métodos.

❖ Paso 2: integrar las acciones seiri, seiton y seiso en los trabajos de rutina

El estándar de limpieza de mantenimiento autónomo facilita el seguimiento de las acciones de limpieza, lubricación y control de los elementos de ajuste y fijación. Estos estándares

ofrecen toda la información necesaria para realizar el trabajo. El mantenimiento de las condiciones debe ser una parte natural de los trabajos regulares de cada día.

BENEFICIOS DEL SEIKETSU

- 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 aprender a conocer en profundidad 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.

4.5. Implantar el Shitsuke

La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de la clasificación, Orden, limpieza y estandarización. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina.

Visión compartida: La teoría del aprendizaje en las organizaciones sugiere que para el desarrollo de una organización es fundamental que exista una convergencia entre la visión de una organización y la de sus empleados. Por lo tanto, es necesario que la dirección de la empresa considere la necesidad de liderar esta convergencia hacia el logro de metas comunes de prosperidad de las personas, clientes y organización. Sin esta identidad en objetivos será imposible de lograr crear el espacio de entrega y respeto a los estándares y buenas prácticas de trabajo.

Formación: Es necesario educar e introducir mediante el entrenamiento de "aprender haciendo" cada una de las S's.

Tiempo para aplicar las 5S: El trabajador requiere de tiempo para practicar las 5S. Es frecuente que no se le asigne el tiempo por las presiones de producción y se dejen de realizar las acciones. Este tipo de comportamientos hacen perder credibilidad y los trabajadores creen que no es un programa serio y que falta el compromiso de la dirección. Es necesario tener el apoyo de la dirección para sus esfuerzos en lo que se refiere a recursos, tiempo, apoyo y reconocimiento de logros.

BENEFICIOS DEL SHITSUKE

- 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.

Hay una serie de preceptos que acompañan la no aplicación de las 5's en las empresas, dentro de ellos se tienen:

- La maquinaria no puede parar. La presión por cumplir con cronogramas y tiempos de entrega hace que no se tomen *Manufactura Esbelta principales herramientas* las precauciones necesarias en el mantenimiento de la maquinaria.
- La limpieza es una pérdida de tiempo y recursos. Algunos Patrones creen que el hecho de que los propios empleados mantengan aseada y segura su área de trabajo representa una pérdida de tiempo y por lo tanto de recursos "yo les pago para que trabajen no para que limpien" o de parte de los empleados "me contrataron para trabajar no para limpiar".
- La costumbre. Cuando las personas y la empresa se acostumbran a adelantar sus tareas en medio de ambientes no sólo sucios y desordenados sino inseguros, creen que no hay necesidad de aplicar las 5'S "¿para qué si llevamos más de cinco años trabajando así y mírenos no nos ha pasado nada".

La implementación de la herramienta de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros además permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando a los empleados y por ende a la empresa.

Acerca a la compañía a la implantación de modelos de calidad total y aseguramiento de la calidad y lo más importante, es un pilar de suma importancia para cualquier campaña de seguridad.

5. SMED (Single Minute Exchange of Die: Cambios rápidos)

Actualmente se exige una producción que pueda adaptarse rápidamente a la demanda, por lo que las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente. Para conseguir esto, es preciso tener un plazo de fabricación muy corto. El tiempo de fabricación se puede descomponer en varios tiempo sucesivos:

- Tiempo de Elaboración.
- Tiempo de espera entre procesos sucesivos.
- Tiempo de Transporte.

Reducir cualquiera de estos tiempos supondrá reducir el tiempo de fabricación. Y aquí es donde la metodología de cambios rápidos nos puede ayudar:

- Para reducir el tiempo de elaboración se puede: Eliminar la producción por lotes. Buscar la producción por unidades. Esto exige normalmente modificar el Lay-Out y tener trabajadores polivalentes que puedan realizar varias funciones cada uno. Reducir el tiempo de preparación o cambio de útiles (SMED).
- Para reducir el tiempo de espera es necesario eliminar las causas que originan dicha espera: Desequilibrio en el tiempo de producción entre procesos, que en el último caso puede ser debido a la distinta aptitud de los operarios o las diferentes capacidades de las máquinas. Habrá que estandarizar operaciones
- Finalmente para reducir el tiempo de transporte se puede optar por cosas como pasar de una distribución en planta por procesos a una distribución por producto, utilizar nuevos medios de transporte (cintas transportadoras, vehículos guiados) o la reducción del tiempo de preparación (SMED).

SMED es un proceso dirigido paso a paso para mejorar la eficiencia y exactitud del trabajo de cambios. Incluye procedimientos técnicos bien documentados.

El propósito que busca esta herramienta es muy simple: Incrementar flexibilidad y estar disponible para reaccionar rápidamente a las necesidades de nuestros clientes y reducir los inventarios.

Las ventajas del SMED son las siguientes:

- Una reducción de los tiempos de cambio de herramientas ofrece una serie de ventajas:
- Aumenta la capacidad de producción de las máquinas.
- Aumenta la productividad del personal.
- Permite eliminar la producción por lotes.
- Resulta una bajada de los plazos y de los stocks.
- Posibilidad de utilizar las máquinas para producir piezas en el momento en que se tiene necesidad de ellas y con la calidad necesaria.
- Mejora de la eficacia y flexibilidad de la fábrica.

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT, una de las bases del sistema Toyota. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de set up se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

Este acercamiento estaba en contraste completo con los procedimientos industriales tradicionales, cuando Shingo (1970) señaló “Generalmente y erróneamente se cree que las políticas más eficaces para tratar con los cambios de tipo se dirigen al problema en términos de la habilidad”. Aunque muchas compañías han preparado y diseñado políticas para levantar el nivel de habilidad de los trabajadores en los cambios, pocos han llevado a cabo estrategias que bajen el nivel de habilidad requeridas para el propio cambio.

Tiempo de Cambio es: El tiempo desde la última parte buena de la primera orden hasta la primera parte buena de la nueva orden. Aquel proceso que es medible es mejorable, en términos objetivos, pero todo aquello que se mide erróneamente, las mejoras también serán erróneas.

Para identificar todas las actividades que se llevan a cabo es necesario utilizar un método estandarizado y repetible.

Debe observarse el cambio tal y como es en realidad. Una vez que se ha observado la máquina, se dibuja el área involucrada en una hoja de papel y se comienza a describir con textos los pasos involucrados en el cambio de tipo. Se anotan los tiempos tomados para cada paso y se miden las distancias que recorre el/los operador(es). Al final se hace una copia del diagrama, se calcula el tiempo total y la distancia recorrida.

Cada paso en el proceso de cambio debe ser descrito completamente y no tener solamente el diagrama sino también documentación escrita (para esto podemos utilizar un estudio de tiempos y movimientos). Cada paso principal puede ser compuesto de pequeños pasos y para obtener la mejor optimización se deben de considerar y describir los pasos más pequeños. La documentación escrita debe tener una explicación escrita describiendo el paso involucrado y una buena estimación de tiempo tomado y distancias cubiertas.

Lo ideal es filmar en video la totalidad de la operación para poder analizarla posteriormente con detalle y mostrar al personal que resulta fácil mejorar la situación.

Antes de empezar la optimización de las actividades, se debe de hacer una pequeña clasificación, en internas y externas, para así poder tomar más fácilmente decisiones sobre hacer con cada una de las actividades.

- Actividades Internas: Pasos de cambio que pueden hacerse solamente cuando la máquina esta parada. Ejemplos: Sujetar una nueva herramienta o conectar el sistema hidráulico.
- Actividades Externas: Pasos de cambio que pueden hacerse sin parar la máquina. En otras palabras pasos que pueden hacerse como preparación para el cambio o después que reinicie la máquina. Ejemplos: Preparación de herramientas y equipos.

Teniendo una descripción completa del proceso de cambios se debe procurar convertir el mayor número de pasos posibles que puedan hacerse cuando la máquina está trabajando e intentar optimizar los que se dejan para reducir al mínimo tiempo de paro de la maquina /equipo.

Una vez que se ha reducido el tiempo de paro, es necesario concentrarse en la reducción de pasos externos para liberar a los operadores tan rápido como sea posible para las tareas productivas.

Se debe incluir a los operadores en el proceso de mejor. De esta forma se mejoran las condiciones para estandarizar el nuevo proceso. Se debe crear un estándar que describa la operación completa. Este estándar debe incluir quién es el responsable, quién hace qué, cómo, cuándo y con que herramientas, y en qué tiempo un cambio debe desarrollarse. Muestre en documento cerca de la máquina. Se debe llevar a cabo entrenamiento de todos los operarios involucrados, el cual se debe

desarrollar de forma intensiva. Al final de todo el proceso se debe auditar y llevar un control de los resultados, para poder tomar medidas en caso negativo.

La aplicación del SMED está basada en cuatro etapas:

- 1) **Conocer las condiciones reales de la preparación a mejorar.** Se procede a analizar e identificar con la utilización de cronómetro los tiempos de preparación.
- 2) **Separar preparación interna de preparación externa.** Se trata de separar las tareas según su naturaleza en internas o externas, y realizar las externas mientras la máquina está trabajando. De esta forma se pueden obtener reducciones de entre un 30 a un 50 por ciento del tiempo empleado en la preparación interna.
- 3) **Convertir la preparación interna en externa.** Esta etapa se divide en dos fases: en la primera fase se trata de reevaluar los procedimientos declarados como internos y, sin realizar modificaciones en los procesos, ver si existe la posibilidad de realizar alguno con la máquina en funcionamiento, es decir, convertirlo en externo. En la segunda fase, que se realiza conjuntamente con la primera, trabajando con los procesos que son intrínsecamente internos se busca la forma de convertirlos en externos realizando las modificaciones que sean necesarias.
- 4) **Perfeccionamiento de todos los aspectos de la preparación.** Si bien con las tres etapas anteriores es posible haber llegado a menos de diez minutos, no por ello hemos de detenernos y conformarnos con lo conseguido sino que se seguirá reduciendo el tiempo de la preparación, tanto interna como externa.

Basta con algunas ideas muy simples: cambio de todos los sistemas de fijación por sistemas de bloqueo instantáneo, disminución del número de tornillos y pernos. Concebir estas modificaciones es fácil, puede efectuarse por el mismo personal de producción, asistido puntualmente por los especialistas del servicio de métodos.

Un programa de reducción generalizada de los tiempos de cambio de herramientas es un imperativo de competitividad para todas las sociedades industriales.

6. JUST IN TIME

El Just in Time es una filosofía empresarial que se concentra en eliminar el despilfarro en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Esta definición establece la idea clave del just in time –eliminación del despilfarro–, lo cual exige eliminar todos los insumos de recursos que no añaden valor al producto o servicio.

El objetivo es proporcionar satisfacción al cliente al tiempo que se minimiza el coste total. Ésta es la esencia del proceso just in time, que integra el compromiso total de calidad.

La filosofía just in time se ha de filtrar desde la cúspide hacia abajo porque suele exigir un cambio completo en la cultura de la empresa. Para poner en práctica con éxito un sistema just in time, la compañía necesita un medio en que los empleados estén íntima y continuamente comprometidos a poner en ejecución la estrategia del juego y los detalles del plan de juego. Para señalar el camino, la alta administración debe comprender los fundamentos del proceso just in time, del control total de calidad y del involucramiento total de las personas.

El aspecto más decisivo del involucramiento total de las personas es permitir que todos los empleados trabajen a su pleno potencial. Dando incentivos para soluciones innovadoras, la administración puede ayudarles a los empleados a encontrar maneras creativas de hacer su trabajo. Las personas realmente importantes en este proceso son los empleados de primera línea.

La educación JIT / CTC (just in time / control total de calidad) desarrolla las habilidades de estas personas y fomenta su creatividad. Además de capacitar y educar a los empleados, la alta gerencia debe reformar la cultura de la empresa. La meta es derribar los obstáculos que estorban la comunicación y les impiden a los trabajadores cooperar y confiar entre sí y confiar en sus clientes y proveedores.

Basta con ver la diferencia existente entre las empresas que han adoptado el Sistema de Producción Just-in-Time y aquellas otras que aún creen poder seguir existiendo mediante métodos de trabajo totalmente fuera de contexto. Empresas americanas de primer nivel lo han adoptado, logrando con ello no sólo salvar su existencia, sino además pasar a disputar en algunos casos palmo a palmo la supremacía en sus correspondientes segmentos de mercado.

El sistema Just-in-Time conforma un sistema que persiguiendo la mejora continua permite reducir de manera sistemática y sostenible los niveles tanto de costos como de fallas, incrementando al mismo tiempo los niveles de productividad y satisfacción al cliente.

6.1. Objetivos

El Just in Time tiene cuatro objetivos fundamentales:

- Atacar los problemas fundamentales.
 - Eliminar despilfarros.
 - Buscar la simplicidad.
 - Diseñar sistemas para identificar problemas.
-
- El primer objetivo se puede describir como un fundamento de la buena gestión ya que, en vez de enmascarar los problemas, el JIT ataca las causas fundamentales. Por ejemplo, donde hay

un cuello de botella en la capacidad no tiene sentido intentar obtener una mejor programación para superar el problema. En vez de ello, el JIT indicaría que sólo hay una forma de resolver un cuello de botella y es aumentar la capacidad, ya sea utilizando maquinaria o personal adicional o bien subcontratando el trabajo a otra empresa.

- El segundo objetivo, la eliminación de la actividad ineficiente, no requiere nada más que la aplicación del sentido común. En este contexto significa eliminar todo aquello que no añada valor al producto. En el enfoque Just-in-Time se orienta a eliminar la necesidad de una fase de inspección independiente, poniendo el énfasis en dos imperativos:
 - Haciéndolo bien a la primera. Dado que conseguir productos de alta calidad normalmente no resulta más caro que fabricar productos de baja calidad, ¿por qué no fabricarlos de alta calidad? Todo lo que se necesita es un esfuerzo concentrado para depurar las tendencias que propician la aparición de defectos.
 - Conseguir que el operario asuma la responsabilidad de controlar el proceso y llevar a cabo las medidas correctoras que sean necesarias, proporcionándole unas pautas que debe intentar alcanzar.

El JIT traspasa la responsabilidad de detectar y corregir las desviaciones a los operarios que llevan a cabo los procesos. Se espera de ellos que lo hagan bien a la primera y que impidan que los productos se desvíen demasiado de lo nominal.

Eliminar despilfarros implica mucho más que un solo esfuerzo de una vez por todas. Requiere una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización y exige la colaboración de una gran parte de la plantilla de la empresa. Si se quiere eliminar las pérdidas con eficacia, el programa debe implicar una participación total de la mayor parte de los empleados. Ello significa que hay que cambiar el enfoque tradicional de decirle a cada empleado exactamente lo que debe hacer, y pasar a la filosofía JIT en la cual se pone un especial énfasis en la necesidad de respetar a los trabajadores e incluir sus aportaciones cuando se formulan planes y se hagan funcionar las instalaciones. Sólo de esta forma podremos utilizar plenamente las experiencias y pericias de los empleados.

- El tercer objetivo pone énfasis en la necesidad de simplificar el funcionamiento del sistema de producción, por ejemplo reorganizando los complejos flujos de piezas y productos de una fábrica en simples flujos unidireccionales.
- Pero antes de resolver los problemas fundamentales, hay que poder identificarlos, y ese es el fin del cuarto objetivo del JIT: diseñar sistemas para identificar problemas. Una buena aplicación del JIT se caracteriza por los mecanismos que identifican problemas fundamentales, que luego se comunican a la dirección.

Estos cuatro objetivos principales se pueden alcanzar sin incurrir en grandes costes. Dado que el JIT subraya la simplicidad, normalmente se requiere una inversión pequeña de capital, aunque es posible que en ocasiones haya que instalar un equipo adicional y que la reducción de tiempo implique un gasto adicional.

6.2. Implantación

Se compone de cinco fases:

1. Poner en marcha el sistema, implica la creación de una base sobre la que se pueda construir la implantación. Como la implantación del JIT implica cambiar las actitudes dentro de una empresa, la primera fase establece el tono global de la aplicación.
2. Educación. Un programa de educación global es esencial para el éxito de una implantación JIT. El JIT implica un importante cambio en la filosofía de la empresa que sólo se puede materializar a través de un proceso de educación.
3. Conseguir mejoras del proceso. Hay que mejorar los propios procesos de fabricación para producir lotes pequeños en plazos de tiempo cortos.
4. Conseguir mejoras del control. El diseño simplificado de la fábrica, típico de las aplicaciones JIT, requiere un control de la fábrica simple pero visible para que alcance plena eficacia. El mecanismo más habitual es el uso de sistemas de arrastre/Kanban que son sistemas de control simples que arrastran el trabajo. Este es visible para el personal de la fábrica y limita automáticamente la cantidad de productos en curso y, en consecuencia, los tiempos ciclo de fábrica.
5. Ampliar la relación proveedor/cliente. Esta fase final proporciona la ampliación necesaria para que el JIT abarque todo el sistema. Mejorar los vínculos proveedor/cliente significa un cambio gradual hacia un solo proveedor de gran volumen para cada producto.

6.3. Metodología de los seis ceros

El Just-in-Time permite una asignación óptima de los recursos mediante una metodología de trabajo que hace factible los Seis Ceros:

- **El cero avería**, es preferible no tener averías a disponer de excelentes reparadores. La avería bloquea el proceso de producción, interrumpe su continuidad, suscita la formación de atascos, exagera los almacenamientos intermedios, incrementa los trabajos en proceso. De ahí, por ejemplo, la idea de la reparación anticipada; se concibe captadores susceptibles de detectar el instante en el que un aparato va a salirse de su campo de tolerancia para entrar en otro en el que la avería es posible; se lleva a cabo una reparación preventiva escogiendo el momento de la interrupción del servicio en vez de tener que sufrirla.
- **El cero demora**. Trátese tanto del tiempo necesario para el cambio de una herramienta, de una máquina, como de una demora de aprovisionamiento o de pago, del retraso en el correo o en la aplicación de las decisiones, todas esas demoras, al igual que las averías, son generadoras de “trabajos en curso” de todo tipo. El análisis crítico de dichas demoras puede permitir mejorar la eficiencia de la empresa.
- **Cero defectos**. Se fundamenta ello en una sencilla idea: más vale montar una organización que permita fabricar directamente productos de calidad a disponer de una organización que prevea como, eslabón final del proceso de fabricación, un control riguroso de la calidad, cuya misión consistirá en comprobar la existencia de la no calidad. En la organización que permite fabricar directamente productos de calidad, cada actor está adiestrado en el autocontrol de la calidad

de lo que hace; de entrada, se reduce sobremanera el número de defectos y la cuantía de los desperdicios y desechos; y se tiene la posibilidad de corregir el defecto en cuanto se presenta el mismo en el proceso de fabricación.

- **Cero existencias.** Poniendo en práctica los tres ceros precedentes, se pueden reducir considerablemente las existencias, pero resulta factible disminuirlas aún más recurriendo a la utilización del Kanban.
- **Cero papel.** Disminuir la papelería no sólo implica reducir el uso de escritos, sino disminuir significativamente la burocracia innecesaria, disminuir plazos de tomas de decisiones, reducir notablemente las actividades y procesos administrativos, y contar con información más rápida y precisa.
- **Cero accidentes.** La disminución de accidentes reduce también notablemente la necesidad de los “trabajos en curso” o los stocks de amortiguación. Los accidentes no sólo generan daños a máquinas y equipos, sino también al personal e inclusive a terceros, con lo que ello implica tanto en la caída de la productividad, como en la pérdida tanto financieras, como de imagen de la empresa. Una reducción notable en los accidentes, como en la probabilidad de que ellas tengan lugar reducirá notablemente el coste de las primas de seguros para la empresa.

Acertado es pues recordar que el Just-in-Time es una filosofía empresarial que se concentra en eliminar el despilfarro en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Esta definición establece la idea clave de sistema justo a tiempo, la cual exige eliminar todos los insumos de recursos que no añaden valor al producto o servicio.

La meta es proporcionarle satisfacción al cliente a la vez que se minimiza el costo total. Esta es la esencia del proceso “justo a tiempo”. Así mediante un programa de mejoramiento continuo la empresa Just-in-Time proporciona “productos de calidad perfecta, en las cantidades exactas necesarias, en el momento preciso en que se necesitan, al costo total de entrega más bajo”.

6.4. Ventaja competitiva

La práctica del Just-in-Time no constituye ya una ventaja competitiva, sino una necesidad imperiosa para poder participar en el juego del mercado. En un mundo donde cada día hay menos espacio para el error, el just-in-time tiene la capacidad de mostrarnos los mismos, como así también capacitarnos y dotándonos de las herramientas e instrumentos necesarios para prevenirlos y superarlos.

La elaboración de una estrategia competitiva a nivel de negocio supone definir aquella o aquellas variables en que se quiere ser superior a la competencia y que hacen que los clientes compren nuestros productos y no los de aquélla. Podemos enumerar cinco variables que servirán de base para conseguir esa ventaja competitiva: coste, calidad, servicio, flexibilidad e innovación.

- **Coste:** consiguiendo colocar en el mercado productos de bajo coste unitario fabricándolos, por ejemplo, con sistemas de producción y distribución altamente productivos, invirtiendo en equipos especializados que permitan la producción en masa.
- **Calidad:** mediante el diseño de productos fiables y fabricando artículos sin defectos. Llegando a conseguir el binomio marca-calidad. (Toyota en automóviles, Minolta en máquinas fotográficas, Seiko e relojes).

- *Servicio*: asegurando los compromisos de entrega de los productos tanto en cantidad como en fecha y precio. Dando unos niveles de asistencia post-venta adecuados.
- *Flexibilidad*: siendo capaces de adaptarse a las variaciones de la demanda, a los cambios en el mercado, en la tecnología, modificando los productos o los volúmenes de producción.
- *Innovación*: desarrollando nuevos productos, nuevas tecnologías de producción, nuevos sistemas de gestión.

Cada empresa debe decidir con que variable quiere competir en el mercado, en que quiere ser superior a la competencia. En base a esta decisión se deberán articular las demás decisiones que se tomen en el área de producción, y que constituirán la estrategia de producción de la empresa.

Se debe tener en cuenta además, que las variables elegidas para conseguir la ventaja competitiva van ligadas al ciclo de vida del producto, es decir, la forma de competir dependerá de cuál sea la fase en que se encuentre el producto en su evolución. Así, mientras que en la fase de crecimiento son claves para adquirir ventaja competitiva la calidad y el servicio, en la fase de declive es clave el precio del producto.

Una vez establecidas las variables con las que una empresa puede competir en el mercado para conseguir que sus productos sean los preferidos por los consumidores, todas las decisiones que se tomen en producción tal como ya hemos dicho, deberán estar de acuerdo con ellas. Este conjunto de decisiones constituye lo que se denomina estrategia de producción.

7. KANBAN

El Kanban es un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y en el tiempo, asimismo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas. El Kanban se considera como un subsistema del sistema Just-in-Time.

Un Kanban es una herramienta para conseguir la producción “Just-in-Time”. Se trata, usualmente de una tarjeta en una funda rectangular de plástico. Se utilizan principalmente dos tipos: el *Kanban de transporte* y el *Kanban de producción*. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior denominándose por tal razón *Kanban de proceso*.

7.1. Objetivos

La función principal e inmediata de un KANBAN es ser una ORDEN DE TRABAJO, no sólo es una guía para cada proceso, sino una orden la cual DEBE CUMPLIRSE.

Otra función de Kanban es la de Movimiento de material, la tarjeta Kanban se debe mover junto con el material.

El Kanban es una de aquellas herramientas que si se utiliza de forma incorrecta puede causar una enorme diversidad de problemas. Para utilizar el Kanban de forma adecuada y eficiente, intentamos establecer claramente un objetivo y función para determinar luego las normas para su uso.

El Kanban es un medio para conseguir el Just-in-Time. Su objetivo es el Just-in-Time (justo a tiempo). El Kanban es esencialmente el nervio autónomo de la línea de producción. Basándonos en esto, los trabajadores de producción empiezan a trabajar por sí solos, y toman sus propias decisiones por lo que respecta a las horas extraordinarias. El sistema del Kanban también clarifica lo que deben hacer los directores y supervisores. Esto facilita incuestionablemente la mejora en el trabajo y el equipo.

El objetivo de eliminar los costes improductivos también está implícito en el Kanban. Su uso pone de manifiesto de forma inmediata cual es la improductividad, permitiendo su análisis creativo y las propuestas de mejora. En la planta de producción, el Kanban es un gran medio para reducir la mano de obra y el stock, eliminar los productos defectuosos y prevenir la recurrencia de interrupciones. *El proceso de mejorar es siempre eterno e infinito, por lo que aquellos que trabajan con el Kanban deberán verse obligados a intentar mejorarlo con creatividad e iniciativa sin permitir que se estanque.*

7.2. Implantación

La Técnica KANBAN se implementa en 4 fases:

❖ ***Fase 1: Entrenamiento de personal***

Es necesario entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usarlo. Las características de este Sistema de Producción requieren de trabajadores polivalentes con capacidades para trabajar en equipo.

En la selección de trabajadores cobra principal importancia la capacidad de estos para integrarse en la dinámica más que la formación, que en muchos casos es proporcionada por la propia empresa.

❖ ***Fase 2: Identificación e implementación en componentes problemas***

Lo más adecuado en la Implementación de KANBAN es empezar por aquellas zonas con más problemas, para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la Línea de Producción.

❖ ***Fase 3: Implementar KANBAN en los demás componentes***

Se considera que las diferencias en la gestión de recursos humanos entre plantas japonesas dentro y fuera de Japón dependen fundamentalmente de dos factores: el tamaño de la compañía y el tipo de trabajador. Las empresas pequeñas suelen adaptarse a los modelos laborales locales mientras que las grandes introducen prácticas de bajo coste, tales como trabajo en equipos, empleados polivalentes o formación interna, mientras que reservan aquellas de alto coste, como la seguridad laboral o el empleo para toda la vida, para sus plantas en Japón y sus empleados japoneses destinados en el exterior.

Una de las principales barreras encontradas no es precisamente la actitud de los trabajadores de planta, sino la mentalidad, formación y costumbres de los directivos contratados localmente.

No solo basta con una transformación organizativa, sino que también es necesario un cambio cultural importante. Se debe permitir que se tomen en cuenta todas las opiniones de todos los operadores; ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va a estar trabajando en su área.

❖ ***Fase 4: Revisión del sistema KANBAN***

Es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de KANBAN:

- Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- Si se encuentra algún problema, notificar al supervisor inmediatamente.

Para conseguir el propósito de la producción Kanban deben cumplirse las siguientes normas:

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

Por tal motivo, deberá prohibirse cualquier retirada de piezas o elementos sin la correspondiente utilización del Kanban. Estará también prohibido cualquier retirada de piezas o elementos en cantidades mayores que las especificadas en los kanban. Por último, un Kanban siempre deberá estar adherido a un producto físico.

Debe tenerse en cuenta que, como requisitos previos del sistema, habrán de incorporarse las condiciones siguientes: nivelado de la producción, organización de los procesos y estandarización de tareas.

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

Por tal motivo se prohíbe una producción mayor que el número de fichas Kanban. Por otra parte, cuando en un proceso anterior hayan de producirse varios tipos de piezas, su producción deberá seguir la secuencia con que se han entregado los diversos tipos de Kanban. Puesto que el proceso siguiente requerirá unidades únicas o lotes de tamaño reducido a fin de conseguir el nivelado de la producción, el proceso anterior deberá llevar a cabo frecuentes preparaciones de máquina según los requerimientos asimismo frecuentes del proceso posterior, preparaciones que habrán de realizarse con la mayor rapidez mediante la implementación del SMED.

Regla 3 – Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.

El incumplimiento de esta regla comprometería la existencia misma del sistema Kanban. Si llegaran a identificarse en el proceso siguiente algunos elementos defectuosos, tendría lugar una parada de la línea, al no tener unidades extras en existencia y devolvería los elementos defectuosos al anterior proceso. La parada de la línea del proceso siguiente resulta obvia y visible para todos. El sistema se basa pues en la idea de autocontrol siendo su propósito el evitar la recepción de defectos.

El sentido del término defectuoso comprende asimismo las operaciones defectuosas, que pueden ser definidas como tareas que no responden por completo a la estandarización y que suponen ineficiencia en las operaciones manuales, en las rutas o en los tiempos de trabajo. Tales ineficiencias son con frecuencia causa de que se produzcan elementos a su vez defectuosos. Así pues, las operaciones defectuosas deben eliminarse, a fin de asegurar un ritmo continuo en los pedidos a retirar del proceso anterior. La estandarización de tareas es uno de los requisitos previos del sistema Kanban.

Regla 4 – El número de Kanban debe minimizarse.

Puesto que el número de Kanban expresa la cantidad máxima de existencias de un determinado insumo o elemento, habrá que mantenerse tan pequeño como sea posible. La autoridad final para modificar el número de Kanbans se delega en el supervisor de cada proceso. Si un proceso se perfecciona gracias a la disminución de tamaño del lote y al acortamiento del plazo de fabricación

será posible disminuir a su vez el número de Kanban necesarios. La delegación de autoridad para determinar el número de Kanban es el primer paso para promover el perfeccionamiento de las capacidades directivas.

Regla 5 – El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda.

Con ello hacemos mención al rasgo más notable del sistema Kanban consistente en adaptarse a los cambios repentinos en los niveles de demanda o de las exigencias de la producción.

7.3. Tipos de Kanban

- ***Kanban urgente.*** Se emite en caso de escasez de una pieza o elemento. Aunque tanto el Kanban de movimiento como el Kanban de producción se orientan a resolver este tipo de problemas, en situaciones extraordinarias se emite el Kanban urgente, que debe recogerse inmediatamente después de su uso.
- ***Kanban de emergencia.*** Se emitirá de modo temporal un Kanban de emergencia cuando se requieran materiales o elementos para hacer frente a unidades defectuosas, averías de la maquinaria, trabajos extraordinarios o esfuerzos especiales en operaciones de fin de semana.
- ***Kanban orden de trabajo.*** En tanto que los Kanban hasta ahora mencionados resultan de aplicación a una línea de fabricación repetitiva de productos, un Kanban orden de trabajo se dispone para una línea de fabricación específica y se emite con ocasión de cada orden de trabajo.
- ***Kanban único.*** Cuando dos o más procesos están tan estrechamente vinculados con cada uno de los demás, que pueden verse como un proceso único, no se requiere intercambiar Kanban entre tales procesos adyacentes, sino que se utiliza una ficha Kanban común para los varios procesos. Dicho Kanban se denomina Kanban único y es semejante al “billete único” válido para dos ferrocarriles adyacentes.
- ***Kanban común.*** Un Kanban de movimiento (transporte) puede utilizarse también como Kanban de producción cuando la distancia entre dos procesos es muy corta y ambos tienen el mismo supervisor.
- ***Carretilla utilizada como Kanban.*** El Kanban resulta frecuentemente muy efectivo si se utiliza en combinación con una carretilla, contenedor, o camión. La carretilla suele desempeñar el papel de Kanban. De tal manera el personal encargado de colocar componentes o insumos en las carretillas llevará el carro vacío hasta el proceso anterior, es decir, al proceso de montaje o generación de los mismos y recogerá allí tales insumos o elementos, cambiándolo por el vacío, otro carro lleno con los insumos o elementos necesarios. Aunque, siguiendo la regla general, las piezas deberían llevar adherido un Kanban, en este caso el número de carretillas tiene el mismo significado que el número de Kanban.
- ***Etiqueta.*** Para transportar las piezas a la línea de montaje se utiliza con frecuencia una cadena de transporte que lleva las piezas colgadas en suspensores. A cada uno de éstos, a intervalos regulares, se adhiere una etiqueta que especifica qué piezas, en qué cantidad y dónde deben suspenderse de la cadena. En este caso, la etiqueta se utiliza como un tipo de Kanban.

Es una tarjeta o cartón que contiene toda la información requerida para ser fabricado un producto en cada etapa de su proceso productivo. Esta tarjeta generalmente se presenta bajo la forma de un rectángulo de cartón plastificado de pequeño tamaño y que va adherido a un contenedor de los productos de los cuales ofrece información.

Una tarjeta Kanban contiene información que varía según las empresas, pero existen unas que son indispensables en todos los Kanbans, a saber:

- Nombre y/o código del Puesto o Máquina que procesará el material requerido
- Iniciales o código del Encargado de Procesar
- Nombre y/o código del Material procesado o por procesar, requerido
- Cantidad requerida de ese material (resaltada o en letra más grande)
- Destino del material requerido
- Capacidad del contenedor de los materiales requeridos
- Momento en el que fue procesado el material
- Momento en el que debe ser entregado al proceso subsiguiente
- Número de turno
- Número del lugar de almacén principal
- Estado del material procesado

Puede añadirse o restarse alguna información, lo importante es que ésta debe satisfacer las necesidades de cada proceso productivo. El Departamento de Manufactura puede generar los KANBAN.

8. TPM

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón como un sistema destinado a lograr la eliminación de *las seis grandes pérdidas de los equipos*, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación de desperdicios.

El “Mantenimiento Productivo Total es un enfoque del mantenimiento que optimiza la eficiencia del equipo, elimina las paradas de las máquinas, reduce las pequeñas averías y promueve el mantenimiento autónomo del operador, involucrando a toda la plantilla.

Se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción, por una implicación concreta y diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo.

Esta técnica es altamente eficaz en aquellas empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales (empresas intensivas en el uso de maquinaria), ya que combina un conjunto de actividades y técnicas específicas para lograr un impresionante avance en la capacidad de producción de la planta, sin requerir inversiones significativas y logrando por tanto un mejor aprovechamiento de las instalaciones existentes.

La empresa industrial tradicional suele estar dotada de sistemas de gestión basados en la producción de series largas con poca variedad de productos y tiempos de preparación largos, con tiempos de entrega asimismo largos, trabajadores con una formación muy especificada y control de calidad en base a la inspección del producto. Cuando dicha empresa ha precisado emigrar desde este sistema a otros más ágiles y menos costosos, ha necesitado mejorar los tiempos de entrega, los costes y la calidad simultáneamente, es decir, la competitividad, lo que le ha supuesto entrar en la dinámica de gestión contraria a cuánto se ha mencionado: series cortas, de múltiples productos, en tiempos de operaciones cortos, con trabajadores polivalentes y calidad basada en procesos que llegan a sus resultados en “la primera”.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

8.1. Las seis grandes pérdidas

Las seis grandes pérdidas son las siguientes:

- **Averías de la maquinaria:** tanto averías pequeñas que pueden resolverse en una hora, y que ocurren varias a la semana, como averías más serias que pueden interrumpir la producción más de un día. También se incluye el tiempo que se deben parar los equipos para limpieza y mantenimiento preventivo.
- **Preparaciones:** arranques y cambios de lote. Porcentaje de tiempo perdido por el arranque de las máquinas y por los cambios y ajustes de la maquinaria en cada cambio de molde.
- **Microparadas.** Se trata de pequeñas interrupciones, como son complicaciones en la limpieza de un mecanismo, que se corrigen de inmediato, pero que sumadas dan un porcentaje significativo.

- **Velocidad de proceso menor.** Esta pérdida de eficiencia se debe a funcionar a una velocidad menor que la que permite la máquina. La respuesta más habitual en las empresas es bajar la velocidad, lo que lleva a una pérdida clara de productividad.
- **Calidad.** Este es el caso de todo el tiempo empleado en fabricar productos defectuosos y por tanto es una de las principales cuestiones a eliminar.
- **Puestas a punto**

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

8.2. Principios

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

8.3. Metas

Las metas que se pretenden alcanzar son las siguientes:

- Maximizar la eficacia de los equipos.
- Involucrar en el mismo a todos las personas y equipos que diseñan, usan o mantienen los equipos.
- Obtener un sistema de Mantenimiento Productivo para toda la vida del equipo: Involucrar a todos los empleados, desde los trabajadores a los directivos.
- Promover el PTM mediante motivación de grupos activos en la empresa.

Medidores de la Gestión del Mantenimiento: los medidores fundamentales de la gestión de Mantenimiento son:

- Disponibilidad la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio.
- Eficacia: la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

Objetivos del Mantenimiento Productivo Total:

- Cero averías en los equipos.
- Cero defectos en la producción.
- Cero accidentes laborales.
- Mejorar la producción.
- Minimizar los costes.

8.4. Medios de implantación

- **Mantenimiento Autónomo:**

Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos. Tiene especial trascendencia la aplicación práctica de las Cinco "S". Una característica básica del TPM es que son los propios operarios de producción quienes llevan a término el mantenimiento autónomo, también denominado mantenimiento de primer nivel. Algunas de las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.

Aumento de la efectividad del equipo mediante la eliminación de averías y fallos. Se realiza mediante medidas de prevención vía rediseño-mejora o establecimiento de pautas para que no ocurran.

- **Mantenimiento Planificado:**

Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminación. Este conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.

- **Mantenimiento Preventivo:**

Mediante los desarrollo de la ingeniería de los equipos, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, facilitar y reducir los costos de mantenimientos. Se trata pues de optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos desde la concepción y diseño de los mismos, tratando de detectar los errores y problemas de funcionamiento que puedan producirse como consecuencia de fallos de concepción, diseño, desarrollo y construcción del equipo, instalación y pruebas del mismo hasta que se consiga el establecimiento de su operación normal con producción regular.

El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del período entre la fase de diseño y la operación estable del equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.

- **Mantenimiento Predictivo:**

Consistente en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan. De tal forma pueden programarse los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que tienen una evolución.

Este Mantenimiento Predictivo se basa en detectar estos defectos con antelación para corregirlos y evitar paros no programados, averías importantes y accidentes.

Entre los beneficios de su aplicación se encuentran:

- a) Reducción de paros.
- b) Ahorro en los costos de mantenimiento.
- c) Alargamiento de vida de los equipos.
- d) Reducción de daños provocados por averías.
- e) Reducción en el número de accidentes.
- f) Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta.
- g) Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos.

Entre las tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo se encuentran:

- a) Análisis de vibraciones.
- b) Análisis de muestras de lubricantes.
- c) Termografía.
- d) Análisis de las respuestas acústicas.

8.5. Pasos para su aplicación

El primer paso a dar en la aplicación del TPM es la medición lo más exacta posible de la eficiencia global de los equipos (OEE). Este valor es el producto de tres elementos, disponibilidad, rendimiento y tasa de calidad; el análisis de cada uno de ellos por separado nos permite ver donde estamos siendo menos eficientes y evaluar el potencial de mejora.

La medición inicial no solo va dirigida a determinar el OEE, sino también a cuantificar con precisión cada una de las seis grandes causas de pérdida de productividad.

Este criterio es tan riguroso, que lo más común es encontrarse con empresas que obtienen un ratio situado entre el 60% y el 70%, según sector y tipo de actividad. Es muy difícil que una empresa supere en ratio del 70% si no está aplicando técnicas de TPM.

Una vez que se empieza la implantación de esta técnica, los siguientes pasos a dar son:

- Poner en marcha un sistema de medición estricto y en tiempo real de la productividad en planta. De esta forma, cualquier desviación en los objetivos de productividad a lograr se detecta rápidamente y se corrige con mayor facilidad.
- Crear equipos en áreas piloto previamente seleccionadas, que trabajen en la eliminación o disminución de las causas de pérdida de productividad. Estos equipos dirigen su esfuerzo a los apartados de pérdida de productividad determinados en la medición inicial, buscando en la primera etapa una optimización de la relación esfuerzo/beneficio.
- Establecer un sistema de gestión del mantenimiento lo más eficaz posible, y siempre desde el punto de vista de la productividad.
- Aplicar las diferentes técnicas de mejora de la productividad que van asociadas a esta metodología, como son las 5 S, el SMED, la fabricación visual, los Poka Yoke, etc. Siempre con un análisis previo del potencial de mejora ligado a cada técnica.
- Una vez que se van obteniendo resultados en las áreas piloto, asegurar que los problemas eliminados no se vuelvan a repetir. Aquí es donde la medición permanente de la productividad permite lograr un rendimiento sostenido, y no retroceder en los avances logrados. El TPM no persigue demostrar que puntualmente se puede conseguir un determinado ratio de productividad, su objetivo es lograr productividades medias sostenidas, y esto es lo verdaderamente complejo y por lo que se necesita un apoyo experto en su aplicación.
- Posteriormente se van extendiendo las mejoras logradas en las áreas piloto al resto de las áreas, con las particularidades que cada una de ellas presente.
- El resto del trabajo consiste en dejar en la empresa un sistema de gestión de la producción en planta que sea eficaz y que facilite una mejora continua en el tiempo.

9. POKA-YOKE

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Poka-yoke es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Shigeo Shingo era un especialista en procesos de control estadísticos en los años 1950's, pero se desilusionó cuando se dio cuenta de que así nunca podría reducir hasta cero los defectos en su proceso. El muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados, con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

El sistema Poka-yoke, o libre de errores, son los métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

El concepto es simple: si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Los sistemas Poka-yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema Poka-yoke se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción.

9.1. Tipos de sistemas

Los sistemas Poka-Yoke van estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

Funciones reguladoras Poka-Yoke

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- Sistemas de control.
- Sistemas de advertencia.

- **Sistemas de Control**

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

- **Sistemas de Advertencia**

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos donde una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo solo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc.

Por otro lado el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

9.2. **Clasificación de los métodos**

- **Métodos de contacto.** Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
- **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 predeterminado de veces.

- **Método del paso-movimiento.** Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

ANEXO 3: CURSOS LEAN MANUFACTURING

ÍNDICE DE ANEXO III

INTRODUCCIÓN A LEAN MANUFACTURING.....	481
MEDIR PARA EL ÉXITO LEAN	483
DIAGNÓSTICO LEAN.....	484
CREANDO VALOR AL FLUJO	486
KAIZEN	487
KANBAN	489
POKA-YOKE	490
MANIPULACIÓN LEAN DE MATERIAL.....	491
DESARROLLO DE PRODUCTO	492
SMED	493
MANTENIMIENTO TOTAL PREVENTIVO Y MONITORIZACIÓN DE MÁQUINAS (OEE)	494
ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA	496
ORDEN, DISCIPLINA Y LIMPIEZA (5'S).....	498

ACCIÓN FORMATIVA:**INTRODUCCIÓN A LEAN MANUFACTURING****CONTENIDOS DEL TALLER**

La introducción a Lean permite a los participantes aprender los conceptos y principios básicos en los que se fundamenta la producción ajustada. Estos conceptos y principios se explicarán con ejemplos propios de la empresa para que el trabajador los relacione y aplique de manera práctica.

Lean no es ni más ni menos que crear más valor para los clientes eliminando las actividades que no aporten valor al producto o servicio. Cualquier actividad que emplee tiempo o recursos y que no añada valor deberá ser tajantemente eliminada. Existen técnicas para identificar estas actividades y cómo tratarlas. Entender estas técnicas y conceptos permite eliminar el gasto y es crítico para implementar el Lean.

En este taller Lean los participantes se someterán a sesiones de tormenta de ideas destinadas a sacar a la luz las actividades que no añaden valor en su línea de trabajo y a cómo eliminarlas. La identificación de las actividades que no aportan valor es relativamente sencillo; más interesante es buscar soluciones para eliminarlas. Este taller está precisamente encaminado a este detalle, a examinar las causas raíces del Gasto y a cómo eliminarlo.

Un ejercicio de simulación en grupo mostrará cómo el flujo de una-sola-pieza es mucho más eficiente que trabajar por lotes. Los resultados se medirán y se examinarán los beneficios tangibles antes y después de emplear las técnicas lean.

La siguiente sesión de 'Introducción' de un solo día será vital para que los participantes conozcan y entiendan la filosofía Lean y la importancia que tiene para la empresa.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Introducción al concepto de Lean.
- La importancia de nominar responsables para la organización Lean.
- Crear entusiasmo en el equipo.

PROGRAMACIÓN

Curso de un día de duración (8 HORAS):

- Definiendo lean
- Mejora de la cadena de valor
- Flujo- Simulación práctica
- Liderazgo y Cambio cultural Lean – Más allá de la planta
- Conclusión

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Recursos humanos.
- Personal de Calidad.
- Mandos intermedios.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Personal de mantenimiento.
- Personal de ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**MEDIR PARA EL ÉXITO LEAN****CONTENIDOS DEL TALLER**

El tema principal de este taller es enseñar a los participantes el proceso de razonamiento para evaluar qué indicadores son apropiados para conformar un Sistema Lean en la empresa, cómo utilizarlos para evitar conclusiones falsas y comportamientos contrarios.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Revisar los principios Lean.
- Por qué medir es importante y qué medidas inapropiadas se pueden crear.
- Por qué necesitamos contabilizar la cadena de valor.
- Qué indicadores son y cómo relacionan el valor para el cliente.
- Cómo establecer indicadores efectivos del proceso con la cadena de valor.
- Por qué la variación es un problema, y cómo "ver" la variación especial de causa.
- Cómo calcular la habilidad.

PROGRAMACIÓN

Curso de un día de duración (8 HORAS):

El método de aprendizaje para este taller será una combinación de presentación, discusión abierta, y estudio de caso en equipos. Los equipos del taller serán animados para compartir sus resultados del trabajo de estudio de caso con los otros participantes.

- Lean y medir
- Por qué es importante medir
- Indicadores de resultado y Valor para el Cliente
- Indicadores y Variación de Proceso
- Habilidad
- Implementar nuevas medidas
- Conclusión

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

Este taller es esencial para aquellas personas con la responsabilidad del cambio cultural en la empresa:

- Jefes de Producción.
- Jefe de Mantenimiento.
- Jefes de Ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**DIAGNÓSTICO LEAN****CONTENIDOS DEL TALLER**

En este curso se darán las directrices necesarias para realizar un plan efectivo para implementar la Filosofía Lean Manufacturing, empezando por resolver las preguntas: "¿dónde y cómo empezamos?" y ¿cuál es el camino correcto?.

Para ello primero se debe valorar el estado actual de la empresa, incluyendo la dirección, la plantilla y las operaciones. Con la información recogida se trazará un Plan Futuro de cómo implementar eficazmente el Lean.

El Plan Futuro resaltarán que quién ha de estar involucrado, qué secuencia o acciones han de ocurrir y en qué tiempo, y los resultados esperados.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Comprender el compromiso del liderazgo.
- "Ver" el Estado Actual de las Cadenas de Valor.
- Obtener una sensación de las condiciones culturales.
- Establecer el "correcto" Plan Futuro para la Implementación.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 8 HORAS**

- Introducción:
 - Visión general de la empresa.
 - Discutir puntos críticos, como los cambios que pueden afectar a la empresa.
 - Visión general de Lean Advisors: método y estilo, experiencia, y ejemplos de resultados anteriores.
 - Revisar los objetivos de la jornada, la agenda y las metas para el fin del día.
- Visita con un pequeño grupo de la gerencia:
 - Seguir la Cadena de Valor completa – "ver" el flujo de trabajo.
 - Discutir las actividades con los responsables adecuados de cada área.
 - Conversaciones con encargados, líderes y trabajadores donde sea posible.

Día 2: 8 HORAS

- Evaluación del Estado Actual con los responsables de gerencia:
 - Discutir el valor y el desperdicio actual.
 - Qué han "visto" técnica y culturalmente.
 - Qué hemos "visto" técnica y culturalmente.
 - Resumir la situación actual.

- Plan de Implementación Lean – con los responsables de gerencia:
 - Qué herramientas son necesarias.
 - Cuál es la secuencia de aplicación de las herramientas.
 - Qué herramientas necesitan ser aplicadas.
 - Quién ha de estar involucrado y cuándo.
 - Programación provisional para desarrollar el Plan.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

Este taller es esencial para aquellas personas con la responsabilidad del cambio cultural en la empresa:

- Jefes de Producción.
- Jefe de Mantenimiento.
- Jefes de Ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**CREANDO VALOR AL FLUJO****CONTENIDOS DEL TALLER**

Los participantes de estas sesiones adquirirán práctica de primera mano valorando los flujos de valor de su propia empresa.

El Flujo es la manera más efectiva de entregar un producto o servicio. La clave es atacar implacablemente los procesos que no añaden valor. Un buen flujo reduce tiempos de entrega, costes operativos y mejora la calidad. Los clientes verán un servicio mejor y fiable, y los operarios trabajarán más cómodos y en un entorno más seguro y ergonómico.

Los participantes de estas sesiones recibirán formación práctica en la que aplicarán las técnicas lean para crear flujo. Entre estas técnicas se observan: equilibrado de producción, organización y estandarización.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Introducir métodos para reducir gasto aplicando flujo.
- Desarrollo de la habilidad de ver flujo verdadero en el lugar de trabajo.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 6 HORAS**

- Preparación – formador y responsable de la cadena de valor.

Día 2: 6 HORAS

- Práctica real: análisis del estado actual: identificación de los pasos y tiempos.

Día 3: 6 HORAS

- Máquinas, materiales y diagrama de flujo.
- Distribución del trabajo.
- Ejercicio práctico: diseño del flujo futuro.

Día 4: 6 HORAS

- Conectando con el cliente y regulando el flujo.
- Implementación, mantenimiento y mejora.
- Ejercicio práctico: iniciando el plan de implementación.
- Conclusión.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Jefes de Producción.
- Jefe de Mantenimiento.
- Jefes de Ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**KAIZEN****CONTENIDOS DEL TALLER**

Kaizen es una herramienta básica para la mejora continua de la empresa. Al emplearla, la empresa mejora sus procesos teniendo en cuenta los conceptos de Flujo, Pull y flexibilidad para mejorar el tiempo de entrega y respuesta al cliente.

Las sesiones de Kaizen se concentran en realizar pequeñas pero constantes mejoras del proceso en la empresa. Gran parte del tiempo se dedica a "hacer que las cosas se realicen". En estas sesiones Kaizen los participantes tienen facultades no solo para determinar o sugerir la mejora; sino, lo que es más importante; para efectuarla.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Kaizen como herramienta Lean para la mejora.
- Entender la relación entre Kaizen, la Cadena de Valor y el Plan Futuro.
- Kaizen para reforzar la integración del equipo.
- Introducción a la cultura del cambio.

PROGRAMACIÓN

Los talleres Kaizen comprenden clases teóricas y prácticas en las que los participantes lo aplican al proceso de su propia área. Al finalizar el taller Kaizen, los participantes comprenden la función de Kaizen como una herramienta lean y su función dentro del análisis de la cadena de valor.

Día 1: 6 HORAS

- Introducción.
- Definición de Kaizen.
- Identificación de un problema específico en la cadena de valor.
- Definición del problema.

Día 2: 6 HORAS

- Análisis del problema.
- Áreas o procesos afectados.
- Datos importantes o críticos.
- Ejercicios en grupo para valorar soluciones.

Día 3: 6 HORAS

- Elección de la mejor solución.
- Plan de implementación.

Día 4: 6 HORAS

- Completar el plan de implementación.
- Implementar.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Recursos humanos.
- Personal de Calidad.
- Mandos intermedios.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Personal de mantenimiento.
- Personal de ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**KANBAN****CONTENIDOS DEL TALLER**

El taller de Kanban está diseñado para que los gestores de la cadena de valor puedan implementar un sistema "Pull". Kanbans son señales visuales que utilizamos para indicarnos que hacen falta más piezas o materiales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Dónde introducir Kanban en la cadena de valor.
- Cómo diseñar un Kanban (para producción y retirada).
- Las siete reglas del Kanban.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 6 HORAS**

- Celdas de una-sola-pieza.
- Dónde ubicar las celdas.
- Localización de Kanbans y tamaño de lotes en la cadena de valor.
- Tipos de Kanbans – Kanbans visuales, Kanbans para retirada de contenedores, Kanban en producción, Kanban para proveedores.
- Cómo hacer un sistema Kankan.
- Haciendo Kanbans en la cadena de valor.

Día 2: 6 HORAS

- Las 7 reglas del Kanban.
- Aplicación de las reglas del Kanban a la cadena de valor.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Operarios.
- Jefes de Producción.

ACCIÓN FORMATIVA:**POKA-YOKE****CONTENIDOS DEL TALLER**

Poka-Yoke es una herramienta Lean que permite producir o dar servicios a prueba de errores.

El taller de Poka-Yoke se basa en las investigaciones llevadas a cabo por Shigeo Shingo, uno de los grandes percursores de Lean en Toyota. Este taller tiene un enfoque teórico y otro práctico en el que se realizarán ejemplos con procesos en la propia planta de producción. Este taller adiestrará a los participantes en la teórica y técnicas para:

- Prevenir errores.
- Detectar errores en cuanto ocurran.
- Parar el proceso de inmediato en cuanto se produzca un error para evitar más.
- Corregir la causa raíz antes de reanudar la producción.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Proceso a prueba de fallos y como aplicarlos.
- Diferencia entre inspección juiciosa (aclarar y ordenar), Inspección de información (SPC o estadísticas internas), e Inspección de Fuente (ZDQ).
- Diferencia entre errores, defectos y causas.
- Cómo prevenir errores.
- Gestión de productos al límite de calidad.
- Aplicación de los principios Poka-Yoke.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 6 HORAS**

- ¿Por qué es importante Poka-Yoke?
- Qué es Poka-Yoke.
- Ejemplos prácticos.
- Poka-Yoke en diez pasos.

Día 2: 6 HORAS

- Implementación de cambios en casos reales.
- Medición de mejoras de calidad.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Personal de Calidad.
- Mandos intermedios.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Encargados de almacén.

ACCIÓN FORMATIVA:**MANIPULACIÓN LEAN DE MATERIAL****CONTENIDOS DEL TALLER**

El taller de Manipulación Lean de Material enseñará a los participantes cómo entregar los materiales a la planta de trabajo con mayor frecuencia y productividad, reduciendo así el inventario en planta de materias primas.

Se utiliza una simulación para demostrar el caos y la ineficacia de los métodos de manipulación tradicional de material. Los manipuladores de material serán capaces de relacionar el modo caótico en que el material se entrega, mientras los supervisores y los operarios serán capaces de enumerar las entregas tardías o incorrectas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Revisar los conceptos básicos del Lean.
- Revisar los sistemas de Manipulación Lean de Material.
- Simular un sistema de Manipulación Lean de Material.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 6 HORAS**

- Introducción a la Manipulación Lean de Material.
- Sistemas de Manipulación Lean de Material.

Día 2: 6 HORAS

- Introducción a los Sistemas de Manipulación Lean de Material.
- Revisión de los puntos de Manipulación de Material.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Operarios.
- Encargados de almacén.

ACCIÓN FORMATIVA:**DESARROLLO DE PRODUCTO****CONTENIDOS DEL TALLER**

Durante el curso exploraremos los siguientes componentes importantes del desarrollo Lean de productos:

- Crear valor y eliminar desperdicio.
- Alineamiento por Cadena de Valor.
- La información y el conocimiento fluyen en pequeños lotes.
- El sistema "pull".
- Decisiones en las especificaciones finales.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Aprender la diferencia entre el desarrollo de producto normal y el Lean.
- Aprender a identificar el desperdicio.
- Comprender los medidores de desperdicios.
- Realizar el primer paso en la planificación de su Estado Futuro.

PROGRAMACIÓN**Día 1: 6 HORAS**

- Introducción.
- Definir Valor en el desarrollo de productos.
- Analizar el Estado Actual.
- Identificar el desperdicio.

Día 2: 6 HORAS

- Cuestiones clave en el diseño del Estado Futuro.
- Planificar su Estado Futuro.
- Implementación.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Jefes de Producción.
- Jefe de Mantenimiento.
- Jefes de Ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:

SMED

CONTENIDOS DEL TALLER

SMED (cambio de útil en un minuto) es un método para cambiar los útiles o herramientas de una máquina en el menor tiempo posible para minimizar el tiempo que la máquina está parada. SMED o Cambio Rápido, como también se le conoce, trata de minimizar las operaciones que no agreguen valor y reducir el tiempo de parada a la mínima expresión.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Aplicar Cambio Rápido en los procesos para reducir inventario y reducir los Lead times para satisfacer las entregas del cliente.

PROGRAMACIÓN

Curso de dos días de duración (16 HORAS).

El taller de cambio rápido incluye una presentación del concepto y una simulación activa en el que se aplican los 16 pasos a un proceso para el cambio rápido.

- Introducción y manos a la obra.
- Los 16 pasos para el cambio rápido o SMED.
- Simulación SMED (ejemplo cambio de neumático).
- Análisis del proceso de cambio rápido en su planta.
- Filmación del cambio rápido actual.
- Aplicación de los 16 pasos SMED.
- Lista de comprobación de los pasos.
- Indicadores de tiempo SMED.
- Medida del impacto del cambio rápido en su cadena de valor y flujo.
- Cuantificación de los cambios para el proceso.
- Kaizens específicos para el cambio rápido.
- Formalización y presentación de la mejora a la dirección.
- Conclusiones finales del taller SMED.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Operarios.
- Personal de Calidad.

ACCIÓN FORMATIVA:**MANTENIMIENTO TOTAL PREVENTIVO Y
MONITORIZACIÓN DE MÁQUINAS (OEE)****CONTENIDOS DEL TALLER**

Con este curso se adquieren conocimientos para cambiar una tarea de reparación por una de aumento de fiabilidad de las máquinas.

Mantenimiento Total Preventivo (TPM) es la clave ya que concentra todos los esfuerzos en mantener la alta productividad de las máquinas. TPM está muy ligado al concepto OEE (Overall Equipment Effectiveness, Tasa de rendimiento operativo de la máquina, que es en cierto modo una relación entre las piezas buenas reales producidas por la máquina y las que podía haber producido. Como la OEE tiene muy en cuenta el tiempo en el que la máquina está operativa es vital que ésta se halle operativa el mayor tiempo posible, y para ello es crucial llevar un buen mantenimiento preventivo que elimine los tiempos muertos por avería.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Con la sesión de Mantenimiento Total Preventivo (TPM) los participantes podrán:

- Entender y enumerar las 6 principales causas de pérdidas en el rendimiento de las máquinas.
- Clasificar el mantenimiento según los 5 pilares del Mantenimiento Total Preventivo (TPM).
- Medir la OEE de cada máquina de una línea.
- Mejorar las tasas de rendimiento de las máquinas (OEE) aplicando los 5 pilares del Mantenimiento Total Preventivo (TPM).
- Conocer las diferencias entre mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
- Aprender las nuevas tendencias en fabricación de acuerdo al principio dueño-máquina, en el que el operario es dueño de su propia máquina y busca mejoras en su mantenimiento junto con la ayuda de los ingenieros de planta

PROGRAMACIÓN**Día 1: 8 HORAS**

- Introducción al Mantenimiento Total Preventivo (TPM).
- Pérdidas en fabricación.
- Los 5 pilares del Mantenimiento Total Preventivo (TPM).
- Mantenimiento Total Preventivo: caso práctico.
- Selección de indicadores y medidas.

Día 2: 8 HORAS

- Aplicación de Mantenimiento Total Preventivo para mejorar la cadena de valor.
- El nuevo enfoque de Mantenimiento Total Preventivo (TPM).
- Mantenimiento en busca de la fiabilidad.
- El segundo pilar del Mantenimiento Total Preventivo Total (TPM)-mantenimiento autónomo.
- Kainzen aplicado al Mantenimiento Total Preventivo (TPM).

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

Al curso de Mantenimiento Total Preventivo (TPM) sería recomendable que asistiesen:

- Jefes de Producción.
- Operarios de máquinas.
- Personal de Mantenimiento.
- Personal de Calidad.

ACCIÓN FORMATIVA:**ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA****CONTENIDOS DEL TALLER**

Esta acción formativa da una visión de toda la cadena de valor desde que el cliente hace un pedido (mirando los flujos de toda la información, comunicación y documentación) hasta la entrega del producto. Esta herramienta proporciona una visión global de Empresa y permite diseñar e implementar un estado futuro mucho mejor, mejorando el entendimiento de los flujos de información y cómo están conectados con la planificación de la planta y sus procesos.

Elimina la complejidad de la organización y la transforma en un documento sencillo y visual. Este documento se utiliza para desarrollar el plan de implementación más “adecuado” para alcanzar el estado futuro. Ya no tendrá que optimizar “puntualmente” o concentrarse en determinadas áreas. Tendrá un conocimiento exacto del "todo" y podrá predecir los cambios que sufrirá el "sistema".

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Análisis de la Cadena de Valor de la Empresa – Introducción (práctica).
- Desarrollo de la habilidad de Ver el Flujo y crear Flujos en el Estado Futuro.

PROGRAMACIÓN

El taller consta de dos componentes. Una sesión de 3 días de introducción del Análisis de la Cadena de Valor con énfasis en la empresa. Al finalizar este taller, los participantes habrán creado un Mapa de la Cadena de Valor actual y desarrollarán su propio Mapa del Estado Futuro.

Día 1: 6 HORAS

- Introducción y manos a la obra.
- Selección de la familia de productos para los ejercicios de trazo del mapa de la cadena de valor.
- El mapa actual.
- Ejercicio en clase 1: Cómo trazar un mapa de la cadena de valor.

Día 2: 6 HORAS

- Repaso.
- ¿Qué es una cadena de valor Lean?

Día 3: 6 HORAS

- Repaso - ¿Qué es un flujo Lean?
- El mapa futuro.
- Ejercicio en clase 2: Casos prácticos en diseño de cadenas de valor futuras.
- Ejemplo práctico 2: hoja de ruta; los equipos trazan mapas de cadena de valor futuras.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

Los talleres de Análisis de a Cadena de Valor de la Empresa están dirigidos a aquellas personas que tengan la responsabilidad de crear entornos de trabajo Lean:

- Jefes de Producción.
- Jefe de Mantenimiento.
- Jefes de Ingeniería.

ACCIÓN FORMATIVA:**ORDEN, DISCIPLINA Y LIMPIEZA (5'S)****CONTENIDOS DEL TALLER**

La Metodología “5 S”, se basa en una técnica de orden y limpieza cuyas cinco reglas básicas se inician en japonés con la palabra S: Separar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Sistematizar. Se trata de aplicar esta metodología a la empresa.

El objetivo central de las “5S” es lograr el funcionamiento más eficaz, eficiente y uniforme de las personas en su puesto de trabajo. La implantación de las “5 S” se basa en el trabajo en equipo. Requiere el compromiso de los trabajadores, permitiendo involucrarlos en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo.

Algunos de los beneficios obtenidos de la Metodología 5'S son:

- Mayor motivación de las personas.
- Mayores niveles de seguridad.
- Reducción de pérdidas y mermas redundando en una mayor calidad.
- Reducción del tiempo de respuesta y de las incidencias de servicio.
- Ayuda a las personas a adquirir autodisciplina.
- Permite evidenciar problemas relacionados con la falta de material, líneas de producción desequilibradas, averías en las máquinas y demoras en las entregas. · Aumenta la superficie de trabajo disponible. A veces cuesta convencernos de las verdades más simples, y pocos comprenden los beneficios de la Metodología 5S, que guarda los secretos de la Productividad.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Concepto e importancia de las 5'S.
- Compromiso de los trabajadores.
- Importancia del trabajo en equipo.

PROGRAMACIÓN

Curso de un día de duración (8 HORAS).

- La Metodología 5S, base del TPM.
- Metodología 5S paso a paso:
 - 1 S – Separar.
 - 2 S – Ordenar.
 - 3 S – Limpiar.
 - 4 S – Estandarizar.
 - 5 S – Sistematizar.
- Experiencias prácticas de implantación.

A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

- Recursos humanos.
- Personal de Calidad.
- Mandos intermedios.
- Jefes de producción.
- Operarios.
- Personal de mantenimiento.
- Personal de ingeniería.

ANEXO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE ANEXO IV

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	505
1.1. GENERALIDADES	505
1.2. CALIDAD	505
1.2.1. Requerimientos Generales	505
1.2.2. Requerimientos de Diseño	505
1.2.3. Requerimientos de Fabricación.....	505
1.3. DOCUMENTACIÓN DE ENTREGA	506
1.4. INSPECCIÓN DE PROCESO	507
1.5. INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN FINAL.....	507
1.5.1. Intercambiabilidad	507
1.6. SEGURIDAD E HIGIENE.....	507
1.6.1. Espacios de Trabajo	508
1.6.2. Suelos, aberturas, desniveles y barandillas	508
1.6.3. Vías de circulación.....	508
1.6.4. Rampas, plataformas, escaleras fijas y de servicio	508
1.6.5. Vías y salidas de evacuación.....	509
1.6.6. Condiciones de protección contra incendios.....	509
1.6.7. Instalación eléctrica.....	509
1.6.8. Iluminación	509
1.6.9. Manipulación de cargas.....	509
1.6.10. Cumplimiento con la Normativa de Seguridad “CE”	510
2. CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO DEL SUMINISTRO	511
2.1. OBJETIVOS DEL CONTRATO. CONDICIONES GENERALES	511
2.2. FUERZA MAYOR	511
2.3. IDIOMAS.....	511
2.4. LEGISLACIÓN APLICABLE	511
2.5. DISPUTAS	511
2.6. VIGENCIA	512
2.7. COPIAS DEL CONTRATO.....	512
2.8. SUPERVISIÓN DEL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	512
2.9. GARANTÍA.....	512
2.10. MANTENIBILIDAD	512
2.10.1. Documentación	513
2.11. INSTALACIÓN.....	513
2.12. REQUISITOS Y ENTREGA.....	514
2.12.1. Documentación de Entrega	514

2.12.2. Condiciones de pago	514
2.13. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	515
2.14. MEDIOAMBIENTE.....	515
2.14.1. Ámbito de aplicación.....	515
2.14.2. Requisitos aplicables	515

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.1. Generalidades

Todos los materiales necesarios para la fabricación de los útiles necesarios para la implantación de este Proyecto, cumplirán los requisitos exigidos en normas armonizadas europeas, o aquellas otras que comprometan una calidad igual o mayor.

Todos los materiales serán de la mayor calidad y apropiados para su aplicación. El Subcontratista deberá garantizar materiales de acuerdo con los requerimientos de las condiciones técnicas de suministro. Los materiales serán nuevos y estarán exentos de cualquier defecto de fabricación. No se aceptará ningún material defectuoso.

1.2. Calidad

1.2.1. *Requerimientos Generales*

El Suministrador debe cumplir los requerimientos y certificaciones de calidad indicados en las cláusulas de calidad de diseño y fabricación del contrato, así como en la normativa y procedimientos de calidad aplicables AP2131, AP132, AP3041, ISO9001.

1.2.2. *Requerimientos de Diseño*

Todas las referencias necesarias tanto para la fabricación como para la inspección deben estar incluidas en el diseño del útil. Los modelos 3D deben incluir la definición completa del útil. Los modelos 2D deben incluir los planos de conjunto y detalles requeridos para la fabricación del útil.

El diseño del útil deberá ser revisado y aceptado funcionalmente antes de su lanzamiento a producción. El departamento de Garantía de Calidad no aceptará ningún útil cuyos planos no hayan sido aceptados previamente por parte de la Empresa.

1.2.3. *Requerimientos de Fabricación*

El útil debe ser fabricado y verificado de acuerdo al diseño.

Las placas de identificación y Revisión Periódica, según norma interna, deben ser rellenadas, selladas e instaladas en el útil en las situaciones indicadas en el plano. Las piezas desmontables deben ser identificadas con el número del útil, y número de la posición indicada en plano. El útil debe ser totalmente equipado de acuerdo al plano.

La calibración de los equipos de inspección y medición, utilizados para la realización de los correspondientes trabajos en los elementos o útiles, deberá estar realizada por laboratorios metrológicos que estén acreditados por ENAC.

El útil y los componentes metálicos deben ser protegidos contra la corrosión en las zonas no pintadas.

El Subcontratista será el responsable de realizar la Puesta a Punto del útil (PAP) bajo la supervisión de la Empresa en el primer elemento fabricado, o durante la Inspección del Primer Artículo (IPA).

Mientras el Departamento de Calidad de la Empresa no considere cerradas las acciones correctoras derivadas de las desviaciones detectadas en el área de utillaje durante el IPA, no se considerará cerrada la PAP del útil.

Cuando se detecte alguna discrepancia relacionada con el diseño o la función del útil antes de su uso, será responsabilidad del Subcontratista la corrección de ella (aunque el útil haya sido aceptado previamente por la Empresa).

1.3. Documentación de Entrega

- Certificado de Conformidad.
- Albarán de entrega.
- Planos de útil.
- Órdenes de producción selladas.
- Ficha historial del útil de acuerdo a la norma AP3041, con todos los datos necesarios incluidos:
 - P/N del útil, índice y número del programa.
 - Listados de comprobación de superficies mecanizadas por control numérico.
 - Inspecciones dimensionales.
 - Tratamientos térmicos.
 - Gráficos de alivios de tensiones.
 - Certificados de calidad de los materiales.
 - Control de rugosidad.
 - Prueba de carga (si fuera aplicable).
 - Relación de los puntos medidos.
 - Error respecto al valor teórico.
 - Tolerancias.
 - Diferencia fuera de tolerancia (DFT).

En caso de existir valores fuera de las tolerancias indicadas en planos, será necesaria la aceptación de estos por parte de Ingeniería de Utillaje o Calidad de la Empresa antes de poner en uso el útil o enviarlo a las instalaciones de la Empresa.
- Certificado CE.
- Instrucción de Verificación de Utillaje (IVU) en formato digital para la Revisión Periódica de acuerdo a las normas AP3041 y AP3600 y listado de mediciones indicando como mínimo:
 - P/N del útil, índice y número del programa.
 - Fotografía / dibujo CATIA del útil.
 - Valores Teóricos de los puntos a medir.
 - Valores obtenidos.

- Tolerancias.
- Diferencias respecto al valor teórico.
- Valores fuera de tolerancia (DFT).
- Sello del inspector.

1.4. Inspección de Proceso

La Empresa realizará las inspecciones en origen que considere necesarias según se indica en las normas técnicas internas.

La Empresa podrá auditar el Sistema de Calidad del Subcontratista de acuerdo a la norma interna, incluyendo los medios, equipos, trabajos, productos, personal certificado y registros utilizados o entregados por el Subcontratista par realizar las tareas objeto del contrato. Con este objeto el Subcontratista permitirá la entrada a sus instalaciones donde realice dichas actividades.

1.5. Inspección de Aceptación Final

La aceptación final del útil antes de su envío será realizada por personal de calidad de la Empresa en las instalaciones del suministrador. No se enviará a las instalaciones de la Empresa ningún útil terminado o en fase de fabricación que no haya sido aceptado previamente por Calidad, en caso de realizarse el montaje final del útil en las instalaciones de la Empresa, la aceptación final de Calidad será en dichas instalaciones.

En caso de necesidad de envío por parte del suministrador a las instalaciones de la Empresa será necesaria una autorización escrita de Calidad autorizando el envío.

1.5.1. Intercambiabilidad

El útil deberá garantizar la intercambiabilidad de las partes o zonas que así se definan en el diseño del avión (planos, lista de elementos intercambiables).

1.6. Seguridad e Higiene

A continuación se relacionan las recomendaciones del Departamento de Seguridad e Higiene para su consideración en el diseño de útiles y montaje de elementos.

1.6.1. Espacios de Trabajo

Las dimensiones de los lugares de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas son:

- 2 m de altura libre.
- 2 m² de superficie libre por trabajador.

- 10 m³ no ocupados por trabajador.

La separación de los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

Deberán tomarse en cuenta las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores en los lugares donde existan riesgo de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos. Asimismo, deberá disponer, en la medida de lo posible, de un sistema que impida el acceso de trabajadores no autorizados. Todo ello debidamente mecanizado.

1.6.2. Suelos, aberturas, desniveles y barandillas

Los suelos en los lugares de trabajo deberán ser fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas.

Las aberturas o desniveles que supongan un riesgo de caída de personas se protegerán mediante barandillas u otros sistemas de seguridad equivalente, que tendrán partes móviles cuando sea necesario disponer de acceso a la abertura. Deberán protegerse, en particular:

- Las aberturas en los suelos.
- Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 cm de altura. Los lados cerrados tendrán un pasamanos a una altura mínima de 90 cm si la anchura de la escalera es mayor a 1,2 m en el caso que sea menor al menos uno de los lados deberá tener pasamanos.
- Las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 90 cm y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

1.6.3. Vías de circulación

Las vías de circulación de los lugares de trabajo, incluidas las escaleras, pasillos y rampas deberán poder utilizarse, conforme a su uso previsto, de forma fácil y con toda seguridad. La anchura de los pasillos será de al menos un metro. Siempre que sea necesario para garantizar la seguridad de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente señalizado.

1.6.4. Rampas, plataformas, escaleras fijas y de servicio

Los pavimentos de la rampa, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes. En las escaleras o plataformas con pavimentos perforados la abertura máxima será de 8 mm. Las rampas tendrán una pendiente máxima del 12 % cuando su longitud sea menor que 3 m.

1.6.5. Vías y salidas de evacuación

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente en el exterior o en una zona de seguridad. Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto de manera que puedan utilizarse sin problemas en cualquier momento.

1.6.6. Condiciones de protección contra incendios

Los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto a la normativa que resulte de la aplicación sobre condiciones de protección contra incendios.

1.6.7. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica se deberá ajustar a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendios o explosión. Los trabajadores deberán estar debidamente protegidos contra los riesgos de accidente causados por contactos directos o indirectos. La tensión máxima de exposición al montador será de 24 V. Las instalaciones eléctricas y los dispositivos de protección deberán tener en cuenta la tensión, los factores externos condicionantes y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

1.6.8. Iluminación

La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella. Además, se deberá tener en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas. Los niveles mínimos de iluminación serán de 500 lux, estableciéndose un valor óptimo de 750 lux. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir además los siguientes condicionantes:

- La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- Se procurará mantener unos niveles y contrastes de iluminación adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancias dentro de la zona de operación y entre esta y sus alrededores.
- Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por las fuentes de luz artificiales de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.

1.6.9. Manipulación de cargas

El personal que manipule los medios mecánicos para la manipulación y transporte de carga deberá estar acreditado para ello, para lo cual realizará la formación necesaria. Se deberá evitar transportar las cargas por encima del personal trabajando. En los trabajos que se realicen

sobre cargas suspendidas o en su proximidad, se deberán extremar las medidas de seguridad, asegurando la caída de las mismas por medio de caballetes. Es necesario eslingar perfectamente las cargas, ayudándose de útiles de izado si es necesario. Todos los elementos de izado deberán revisarse periódicamente.

Siempre deberá existir un responsable en la manipulación de las cargas. Las medidas respecto a la manipulación se deberán extremar, puesto que en montaje, el riesgo de manipulación de cargas es lo más importante.

1.6.10. Cumplimiento con la Normativa de Seguridad CE

El fabricante del utillaje auxiliar necesario para este Proyecto deberá cumplir con las normas y reglamentos aplicables en materia de Seguridad en Máquinas, según Real Decreto 1435/0992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE relativa a la aproximación de los estados miembros sobre máquinas. Modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.

Real Decreto 1215, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo de acuerdo con la normativa vigente en la Comunidad Europea.

Asimismo, el suministro, estará provisto del marcado “CE” y declaración de conformidad, de acuerdo con la Directiva sobre Máquinas 89/392/CEE (R.D. 1435/95) del cual se entregará copia.

En caso de discrepancias con respecto al punto anterior en el momento de la recepción, el fabricante estará obligado a realizar cuantas modificaciones sean necesarias para la total certificación de acuerdo con el informe realizado por un Organismo de Control Autorizado (OCA) para la aplicación de Reglamentos de Seguridad Industrial seleccionado por la Empresa Aeronáutica y con cargo al suministrador.

Por último, el responsable de Seguridad e Higiene de la Empresa, deberá estar presente, si fuese necesario, en el desarrollo del proyecto, avance del diseño y en el momento de la aceptación final.

2. CARACTERÍSTICAS DEL CONTRATO DEL SUMINISTRO

2.1. Objetivos del contrato. Condiciones Generales

Con este contrato, la Empresa aeronáutica confía al Subcontratista el diseño, suministro y montaje de los útiles, la prestación de servicios y la supervisión del montaje. El contrato formula el ámbito de los suministros, los servicios, la supervisión del montaje, la puesta en marcha y la realización del proyecto así como, en general, los derechos y deberes de las partes contratantes. Las partes contratantes acordarán por escrito las modificaciones al contrato de suministro, el ámbito de suministros y servicios así como los cambios en los precios.

2.2. Fuerza mayor

Se considerarán fuerza mayor todas las circunstancias imprevistas y repentinas que estén fuera del control de las partes a este contrato, como los desastres naturales, el fuego, la guerra y los conflictos industriales, que perturben o impidan de forma indebida el cumplimiento de alguna obligación contractual importante.

En el caso que se produjeran circunstancias de fuerza mayor, los límites de vigencia del contrato se ampliarán por un período que se corresponda con la duración de los imprevistos. Si dicho período de tiempo excediera los seis meses, las partes del contrato llegarán a un acuerdo razonable.

2.3. Idiomas

El idioma contractual será el español. Todos los servicios se prestarán en español.

2.4. Legislación aplicable

Este Contrato se regirá por la legislación del Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE) L 207, Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de Legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

2.5. Disputas

Si se produjeran disputas referentes a la ejecución del Contrato, las partes intentarán alcanzar un acuerdo amistoso. Si las partes no llegaran a dicho acuerdo en un tiempo razonable, las disputas se solucionarán según las Normas de Conciliación y Arbitraje de la Cámara Internacional de Comercio por uno o más árbitros de acuerdo con dichas normas.

2.6. Vigencia

El contrato entrará en vigor a la fecha de envío del pedido de intenciones por parte de la Empresa.

2.7. Copias del Contrato

El Contrato se redacta en dos copias, una para la Empresa y otra para el Subcontratista.

2.8. Supervisión del montaje y puesta en marcha

El Subcontratista garantizará la supervisión del montaje y de la puesta en marcha de su equipo. Con este objetivo el Subcontratista se desplazará por el tiempo necesario que dure el montaje y la puesta en marcha.

2.9. Garantía

Para todos y cada uno de los elementos de los útiles, la garantía deberá abarcar el período de dos años a partir de la recepción definitiva.

Este tiempo será considerado como tiempo de funcionamiento efectivo del conjunto de la instalación. En el caso de falta de funcionamiento efectivo se sumará este tiempo a los dos años nominales de garantía. La garantía incluirá el coste completo de la reparación. Así cubrirá el material, la mano de obra y los viajes, dietas y estancias de los técnicos de la reparación. Durante el período de la garantía, deberán mantenerse un aval bancario por el importe correspondiente al 5% del valor total del proyecto.

2.10. Mantenibilidad

Durante el proceso de diseño se deberá tener en cuenta la mantenibilidad del conjunto de útiles, por lo que se deberá estar en contacto con el Departamento de Mantenimiento de la Empresa. A tal efecto, y con vigencia preferente en caso de duda, el Subcontratista se ceñirá a la Especificación Técnica propia de Mantenimiento, CM01MACH-2007.

El conjunto de los elementos instalados deberán ser fácilmente intercambiables entre sí y de sustitución rápida. Preferiblemente se instalarán los mismos equipos ya existentes en otros útiles y gradas, de manera que se reduzca el stock de repuestos en la planta.

2.10.1. Documentación

Al Departamento de Mantenimiento se le deberá preparar la siguiente documentación:

- Plano de la instalación con todos los componentes mecánicos en sus posiciones y su identificación mediante número de pieza.
- Esquemas neumáticos, eléctricos y electrónicos.
- Listado con las herramientas especiales (si las hubiese), así como información sobre su manejo.
- Manual de mantenimiento. Este manual debe contener al menos los siguientes capítulos:
 - Descripción/operación.
 - Prácticas normales de mantenimiento.
 - Aislamiento de fallos.
 - Servicio.
 - Desmontaje/instalación.
 - Test de ajuste.
 - Chequeo de inspección.
 - Limpieza y pintura.

Igualmente, dentro de dicho Manual deberá haber un apartado con el Mantenimiento Preventivo donde se especifiquen:

- Averías más frecuentes.
- Sistemas críticos susceptibles de averías.
- Programas de mantenimiento preventivo.
- Definición de las gamas de mantenimiento preventivo.
- Relación de repuestos recomendados.
- Repuestos de elevado plazo de entrega.
- Servicio posventa (responsables y teléfonos del fabricante de la máquina y o equipos componentes de la misma).
- Se deberá preparar una oferta donde se incluyan los repuestos mínimos para tener operativa la grada hasta disponer de los servicios de postventa.

2.11. Instalación

El Suministrador deberá de informar con antelación de las conexiones necesarias para integrar la instalación en la planta (control del proyecto). En la instalación estarán incluidos los siguientes conceptos:

- Embalaje.
- Transporte, descarga y traslado hasta el lugar de instalación.
- Retirada de embalajes y otros elementos inservibles utilizados en el montaje.
- Montaje total de la instalación.
- Puesta a punto.

Todo esto se realizará con medios propios del proveedor. La instalación del sistema se realizará por el fabricante en la Planta, bajo su responsabilidad y con supervisión de la Empresa.

2.12. Requisitos y Entrega

Para la aceptación de la entrega del útil el Suministrador deberá de cumplir las condiciones siguientes:

El proveedor deberá presentar (papel, 3 copias, y CD-ROM, 2 copias), y en castellano, la documentación que se indica a continuación:

- Certificado de conformidad.
- Albarán de entrega.
- Órdenes de producción selladas.
- Ficha del historial del útil.
- Instrucción de Verificación de Utilaje (I.V.U.).
- Plano de la instalación con todos los componentes mecánicos en sus posiciones y su identificación mediante número de pieza.
- Esquemas neumáticos, eléctricos y electrónicos.
- Necesidades de energía y consumos estimados.
- Manual del usuario.
- Manual de mantenimiento.
- Listado con las herramientas especiales, así como información sobre su manejo.
- Cualquier otro estudio o cálculo solicitado por la Empresa.
- Documentación que certifique que el equipo ha sido construido, inspeccionado y probado de acuerdo con la normativa aplicable, y que cumple en el momento de su entrega con la Legislación Española y las directrices de la Unión Europea en materia de Prevención de Riesgos Laborales.
- Aval bancario de la garantía.

2.12.1. Condiciones de pago

La facturación del precio total, se realizará como sigue:

- El 15 % a la firma del Contrato.
- El 75 % a la entrega de los equipos.
- El 10 % a la aceptación provisional o a más tardar ocho meses después de la entrada en vigor del Contrato si no han ocurrido retrasos producidos por el Subcontratista, contra el ofrecimiento de una fianza de garantía, por parte del Subcontratista, por la misma cantidad.

2.13. Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas de aceptación serán las que la Empresa estime oportunas para la comprobación del funcionamiento y operatividad del conjunto del sistema de acuerdo con lo especificado, debiendo el fabricante solicitar un Protocolo de Pruebas con suficiente antelación a la fecha de recepción, con objeto de su preparación conjunta.

2.14. Medioambiente

Implicaciones Medioambientales a contemplar para la fabricación de útiles de montaje en empresas colaboradoras.

2.14.1. *Ámbito de aplicación*

Gradas y útiles de montaje para estructuras aeronáuticas, fabricadas para la Empresa en el exterior de sus instalaciones, por empresas colaboradoras.

2.14.2. *Requisitos aplicables*

La empresa colaboradora deberá documentar mediante certificado firmado por un representante de la empresa al máximo nivel de dirección, los siguientes aspectos relacionados con su Gestión Medioambiental Interna:

- Que dispone de Libro de Registro de Residuos Peligrosos emitido por el Organismo Medioambiental competente en la Comunidad Autónoma correspondiente, indicando su número de control identificativo.
- Que dispone por cada punto de emisión existente en sus instalaciones, de los Libros de Registros de Mediciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera, emitidos por el Organismo Medioambiental competente en la Comunidad Autónoma correspondiente, indicando sus números de control identificativos.
- Que dispone de un contrato o acuerdo comercial con un Gestor Autorizado de Residuos para la evacuación de todos los Residuos Industriales Peligrosos y no Peligrosos, generados en la fabricación de las piezas y elementos encargados por la Empresa, con identificación inequívoca de dicho Gestor Autorizado de Residuos.
- Que dispone de las pertinentes Autorizaciones de Vertidos Industriales necesarias para el desarrollo de su actividad, indicando el número de puntos de vertido y la codificación identificativa de cada uno de ellos.
- Que tiene cumplimentada y presentada en plazo y forma, ante el Organismo Medioambiental competente en su Comunidad Autónoma, la última Declaración Anual de Productor de Residuos Peligrosos.

ANEXO 5: INSTRUCCIONES TÉCNICAS

ÍNDICE DE ANEXO V

1. INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE FABRICACIÓN (LIBRO DE LAY-UP).....	521
2. INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE MONTAJE.....	537

--

PROGRAMA

LIBRO DE LAY-UP

DESIGNACIÓN

--

--

--

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS



ELEMENTOS

INGENIERÍA DIVISIÓN MAT.COMPUESTOS			
REALIZADO		FECHA:	REV: 0
REVISADO		FECHA: ;	IND. B

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

INDICE

-PORTADA.	1
-INDICE	2
-CONTROL DE MODIFICACIONES.	3
-ÚTILES.	4
-LISTADO DE MATERIALES.	5
-NORMAS DE MOLDEO.	6,7,8
-ESQUEMA BOLSA DE COMPACTACIÓN.	9
-SECUENCIA DE TELAS.	10,11,12,13,14
-ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO	15
-OBSERVACIONES	16

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

CONTROL DE MODIFICACIONES

REV.	0
-------------	----------

ÍNDICE	B				
FECHA					
RESPONSABLE					

HOJA	ÍNDICE	OBSERVACIONES
1	B	
2	B	
3	B	
4	B	
5	B	
6	B	
7	B	
8	B	
9	B	
10	B	
11	B	
12	B	
13	B	
14	B	
15	B	
16	B	
17		

HOJA	ÍNDICE	OBSERVACIONES
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

ÚTIL



	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

LISTADO DE MATERIALES

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CÓDIGO

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

NORMAS DE MOLDEO (LAY-UP)

PUNTO	DESCRIPCIÓN
1	En todas las operaciones de lay-up, se usarán guantes de hilo de algodón blancos.
2	No se permite cortar directamente los prepegs sin interponer un separador (flexible y que no produzca partículas) entre ellos y el útil, evitándose así el deterioro de éste.
3	No se permite la formación de arrugas en el tendido de las capas de tejidos o películas de adhesivos.
4	Para evitar oclusiones de aire en el útil y entre las capas de prepreg, así como arrugas, se peinarán con espátulas de nylon destinadas a este fin. (Siempre en dirección paralela a la fibra)

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

NORMAS DE MOLDEO (LAY-UP)

PUNTO	DESCRIPCIÓN
5	Para facilitar la colocación o adaptación de las capas se puede usar aire caliente por medio de un soplador manual que tenga incorporado el distanciador, sin rebasar los 65 °C.
6	Si se detecta cualquier defecto en los materiales preimpregnados (cruce de fibras, zonas con falta de resina, materias extrañas, etc..) se sustituirán por otros en buen estado.
7	El vacío de compactación será de 560-600 mmHg de lectura de vacuómetro, durante un tiempo de 10 minutos.
8	Los empalmes en uniones de tejido, irán solapadas 12 mm. como mínimo, estas uniones irán decaladas 25 mm. Mínimo.

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

NORMAS DE MOLDEO (LAY-UP)

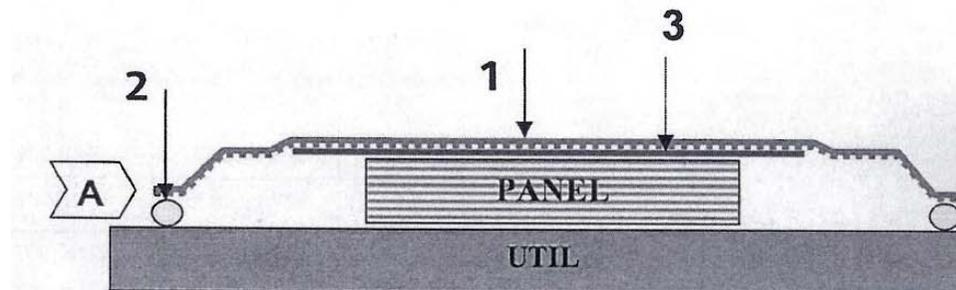
PUNTO	DESCRIPCIÓN
9	Comprobar, desconectando las mangueras de vacío, la bolsa final de vacío con 560-600 mmHg. En caso de pérdida de más de 45 mmHg en 5 minutos volver a realizarla de nuevo.
10	Comprobar que las tomas de vacío no se encuentran obstruidas, que no tengan pérdidas de presión, y que no estén defectuosas.

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

ESQUEMA DE BOLSA DE COMPACTACIÓN

BOLSA DE COMPACTACIÓN (



1	Z-24209	Película de bolsa corrugada
2	Z-24211	Pasta de sellado de vacío.
3	Z-24.231	Película separadora
A	Recortar sobrante de bolsa de vacío dejando como máximo 15 mm de creces aprox.	
N1	Realizar pliegues o pinzas en todas las diferencias de altura que tengan la pieza y/o el útil.	
N2	Realizar un vacío de entre 450-675 mmHg de lectura en vacuómetro con una duración de 10 minutos.	

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	POSICIÓN
			}

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

SECUENCIA DE TELAS

PASO	PATRÓN	MATERIAL	ORIENTACIÓN	TIPO
1	100A y 100B	Z-19.607	0 °	EDP +20
COMPACTACIÓN (560-650 mmHg, 10 min como mínimo)				
2	200A y 200B	Z-19.607	0 °	EDP +20
3	300A y 300B	Z-19.607	0 °	EDP +20
4	400A y 400B	Z-19.607	0 °	EDP +20
5	500A y 500B	Z-19.607	0 °	EDP +20
COMPACTACIÓN (560-600 mmHg, 10 min como mínimo)				
6	600A y 600B	Z-19.607	0 °	EDP +20
7	700A y 700B	Z-19.607	0 °	EDP +20
8	800A y 800B	Z-19.607	0 °	EDP +20
COMPACTACIÓN (560-600 mmHg, 10 min como mínimo)				

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	POSICIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

- Laminar en **2 patrones** según marca la línea de puntos

IMAGEN

HOJA:11/16

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	POSICIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

- Las figuras nos muestran la secuencia a seguir para colocar el patrón A:

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	POSICIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

- Las figuras nos muestran la secuencia a seguir para colocar el patrón B:

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	POSICIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

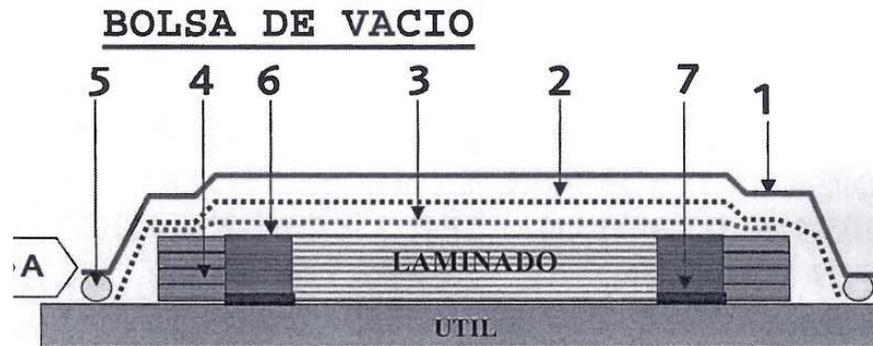
- El solape quedará de la siguiente forma:



	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

ESQUEMA DE BOLSA DE VACÍO (!)



1	Z-24206	Película de bolsa.
2	Z-24261	Tejido aireador (1 capa).
3	Z-24231	Película separadora.
4	Z-24264	Aireador de contorno F.V. (4 capas).
5	Z-24211	Pasta d sellado de vacio.
6	Z-24295	Retenedores de corcho.
7	Z-24272	Cinta adhesiva de sujeción.
A	Recortar sobrante de bolsa de vacio dejando como máximo 15 mm de creces aprox.	
N1	Realizar pliegues o pinzas en todas las diferencias de altura que tengan la pieza y/o el útil.	
N2	Realizar un vacio de entre 450-675 mmHg de lectura en vacuómetro. Comprobar que la bolsa no pierde más de 45 mmHg en 5 minutos, una vez desconectadas las mangueras.	

HOJA:15/16

	PROGRAMA	LIBRO DE LAY-UP	DESIGNACIÓN

DIVISIÓN MATERIALES COMPUESTOS

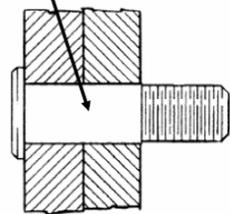
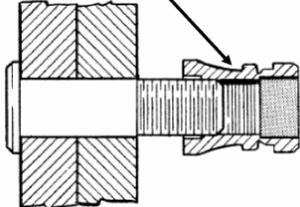
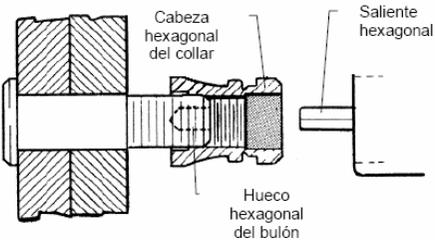
OBSERVACIONES

- TODAS LAS MODIFICACIONES O CAMBIOS QUE SE PUDIERAN PRODUCIR EN EL MÉTODO DE MONTAJE DEL TEJIDO, DEBERÁN SER COMUNICADOS PARA SU ACTUALIZACIÓN AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA (MATERIALES COMPUESTOS).

INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE MONTAJE

Localización: El Puerto de Santa María | HOJA 1 de 2
 Área: Materiales Compuestos | Zona: Desmoldeo
Operación: Remachado de vigas rigidizadoras
Elemento Part Number:

Fecha: | Realizado/Revisado: | N° Ficha:

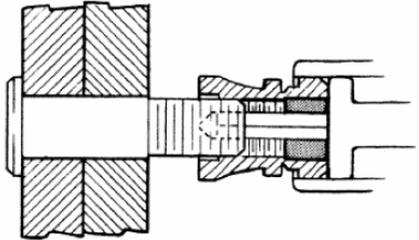
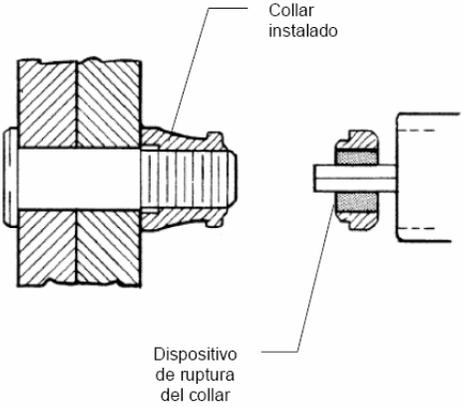
No	Operación Principal	No	Descripción de la Operación	Observaciones	Descripción / Ejemplos / Diagramas
10	Colocación de Remaches para la Ensamblado de las vigas rigidizadoras de un conjunto A380	10	Insertar el Burlón en el orificio ya preparado y sin ningún tipo de interferencias		
		20	Enroscar manualmente el collar en la rosca del burlón		
		30	Insertar el saliente hexagonal de la herramienta de instalación sobre la cabeza hexagonal del collar	Esto previene que el burlón gire mientras se instala el remache	

E.P.I Calzado de Seguridad, Ropa de Trabajo, Guantes, Gafas de Protección, Protección Auditiva	Medio Ambiente	Gradas / útiles	Comprobaciones Requeridas	Normativa Aplicable
--	-----------------------	------------------------	----------------------------------	----------------------------

INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR DE MONTAJE

Localización: El Puerto de Santa María HOJA 2 de 2
 Área: Materiales Compuestos Zona: Desmoldeo
Operación: Remachado de vigas rigidizadoras
Elemento Part Number:

Fecha: Realizado/Revisado: N° Ficha:

No	Operación Principal	No	Descripción de la Operación	Observaciones	Descripción / Ejemplos / Diagramas
10	Colocación de Remaches para la Ensamblado de las vigas rigidizadoras de un conjunto A380	40	Presionar firmemente la herramienta de instalación contra el collar mientras se realiza la instalación del remache		
		50	La instalación del remache termina cuando se rompe el collar por la entalla de ruptura		

E.P.I Calzado de Seguridad, Ropa de Trabajo, Guantes, Gafas de Protección, Protección Auditiva	Medio Ambiente	Gradas / útiles	Comprobaciones Requeridas	Normativa Aplicable
--	-----------------------	------------------------	----------------------------------	----------------------------

12. GLOSARIO

5'S: El método de las 5 « S », así denominado por la primera letra (en japonés) de cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples.

A340: avión civil de pasajeros de largo alcance y fuselaje ancho de Airbus, similar al A330 pero con 4 motores en lugar de 2.

A380: avión civil de gran tamaño en el cual aproximadamente el 25% de la estructura se fabrica en Materiales Compuestos de Carbono y novedosos Materiales Metálicos Híbridos.

AIRWEAVER: tejido respirador de superficie usado para la fabricación de bolsas de vacío y curado de elementos para autoclave.

ANDON: herramienta para el aviso de fallos en máquinas.

AUTOCLAVE: equipo utilizado para llevar a cabo el curado/polimerización de materiales preimpregnados a alta temperatura y presión.

BRAINSTORMING: palabra inglesa que hace referencia a la herramienta “tormenta de ideas”.

COMPOSITES: término inglés usado frecuentemente para referirse a los “materiales compuestos”.

CONJUNTO: agrupación de elementos fabricados en materiales compuestos, que juntos formarán el revestimiento o Fan-Cowl de un Motor de Avión.

DEPARTAMENTO: cada una de las partes en que se divide la organización.

DESPERDICIO: toda mala utilización de los recursos y/o posibilidades de una empresa que desemboca en actividades que no agregan valor económico al producto.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO: también llamado Diagrama de Ishikawa. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

DIAGRAMA DE PARETO: es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en un orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades. El diagrama permite llevar a cabo el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales a la izquierda" y los "muchos triviales" a la derecha.

ESLINGA: maroma provista de ganchos para elevar grandes pesos.

ESTANDARIZACIÓN: conjunto de reglas, instrucciones y procedimientos, establecidos para todas las operaciones importantes, que sirven como pautas para que los operarios desempeñen sus tareas de forma que se aseguren buenos resultados.

FREKOTE: producto químico utilizado como agente desmoldeante para facilitar la extracción de las piezas curadas de sus útiles.

HNC: siglas de Hoja de No Conformidad. Parte emitido por el departamento de Calidad cuando un producto no cumple los requisitos establecidos.

HOJA DE CONTROL DE VIDA: documento que se asocia con los materiales preimpregnados y que permiten controlar el tiempo de vida restante del material en el caso de que se extraiga de la cámara refrigerada.

HOUSE-KEEPING: expresión inglesa utilizada para designar una de las herramientas de la metodología Lean Manufacturing, también denominada 5's.

JUST IN TIME (JIT): es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. Se reduce el coste de la gestión, de pérdidas en almacenes de stocks muertos innecesarios.

LAY-OUT: distribución de los elementos en la planta.

LAY-UP: operación que consiste en la colocación de las distintas telas que forman los kit's, unas sobre otras y sobre un útil.

LEAD-TIME: duración del ciclo de un proceso productivo.

LEAN MANUFACTURING: es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los 7 tipos de "desperdicios" (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos) en productos manufacturados. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora, y el tiempo de producción y el costo se reducen. Las herramientas "lean" (en inglés, "sin grasa") incluyen procesos continuos de análisis (kaizen), producción "pull" (en el sentido de kanban), y elementos y procesos "a prueba de fallos" (poka yoke).

MANDO: personal de la organización que realiza un trabajo de índole intelectual y cuya principal característica es la toma de decisiones.

MANDRIL: útil utilizado por las máquinas Fiber Placement, en forma de tambor, donde se laminan las pieles de los revestimientos.

MEK: producto químico Metiletilcetona, utilizado en la limpieza de útiles previamente a aplicar el agente desmoldeante.

NESTTING: agrupación de telas utilizado para optimizar el material preimpregnado y evitar desechar más de lo necesario.

OEE: (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) es un ratio porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. La ventaja del OEE frente a otros ratios es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

OPERARIO: son las personas, hombres o mujeres que realizan una tarea determinada, generalmente de carácter técnico y que es recompensada mediante el pago de un salario.

ORDEN DE PRODUCCIÓN: documento esencial para la fabricación, donde se indican las operaciones a realizar para fabricar una determinada pieza, y que debe ir sellándose por los operarios a medida que se realizan las mismas.

PART NUMBER: termino de identificación de una pieza con una serie de características. Está compuesta por una serie de letras y cifras.

PIEL: Elemento de material compuesto, que formará la cara exterior del revestimiento de un motor.

POKA-YOKE: es un dispositivo destinado a evitar errores. Estos dispositivos fueron introducidos en Toyota en la década de los 60, por el ingeniero Shigeo Shingo dentro de lo que se conoce como Sistema de Producción Toyota. Aunque con anterioridad ya existían poka yokes, no fue hasta su introducción en Toyota cuando se convirtieron en una técnica, hoy común, de calidad.

PREIMPREGNADO: material compuesto, parcialmente curado que se usa en la fabricación de elementos aeronáuticos.

RECANTEO: operación de recorte de piezas que han sido desmoldeadas.

REMACHE: es un cierre mecánico consistente en un tubo cilíndrico (el vástago) que en su fin dispone de una cabeza. Las cabezas tienen un diámetro mayor que el resto del remache, para que así al introducir éste en un agujero pueda ser encajado, y que después de pasada por los taladros de las piezas que ha de asegurar, se conforma hasta formar otra cabeza en el extremo opuesto.

REVESTIMIENTO: su función es la de dar y mantener la forma aerodinámica del elemento, pudiendo contribuir también en su resistencia estructural.

SCADA: Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta industrial (aunque no es absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito), para que, con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso.

SEIRI: Organización. Separar innecesarios. Es la primera fase, consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.

SEISO: Limpieza. Suprimir suciedad. Una vez el espacio de trabajo está despejado (seiri) y ordenado (seiton), es mucho más fácil limpiarlo (seiso). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo.

SEITON: Orden. Situar necesarios. Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero a menudo, el más simple leitmotiv de Seiton es: Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar.

SEIKETSU: Mantener la limpieza, estandarización o señalar anomalías. Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

SHITSUKE: Disciplina o seguir mejorando. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

SMED: es el acrónimo de Single Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en (pocos) minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute (expresar los minutos en un solo dígito). Se entiende por cambio de utillaje el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

STOCK: inventario, existencia de cualquier producto.

TAKT-TIME: tiempo en el que necesitan los clientes el producto.

TALADRAR: operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil o con una máquina taladradora.

TAREA EXTERNA: son aquellas tareas que tienen que realizarse con la máquina parada.

TAREA INTERNA: son todas aquellas que pueden realizarse durante el funcionamiento de la máquina.

TIEMPO DE CAMBIO: tiempo que transcurre entre la finalización del procesado de un producto y el comienzo del procesado del producto siguiente.

TIEMPO DE ENTREGA: periodo de tiempo entre el comienzo de cualquier proceso productivo y la finalización del mismo.

TPM: Mantenimiento Productivo Total (del inglés de Total Productive Maintenance, TPM) es un sistema desarrollado en Japón para eliminar pérdidas, reducir paradas, garantizar la calidad y disminuir costes en las empresas con procesos continuos. La sigla TPM fue registrada por el JIPM ("Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta"). La T, de Total significa, la implicación de todos los empleados. El objetivo del TPM es lograr cero accidentes, defectos y averías.

ÚTIL: Pieza metálica, con una serie de propiedades físicas, sobre la cual se colocan los elementos fabricados en materiales compuestos para darles forma o para proceder a su montaje, curado, etc.

VALOR: es aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar.

VSM: siglas de Value Stream Map. Descripción gráfica de la cadena de valor. Mapa del Flujo de Valor.

13. **NORMATIVA**

13.1. **Normativa Aeronáutica**

I+D-P-233. *Fabricación de estructuras con materiales compuestos de fibra de carbono (Laminados y “Sandwich”).*

I+D-E-275. *Inspección no destructiva de elementos fabricados en materiales compuestos de fibra de carbono.*

I+D-E-280. *Inspección ultrasónica por pulso-eco de elementos fabricados en materiales compuestos de fibra de carbono.*

I+D-E-282. *Inspección ultrasónica por transmisión de elementos fabricados en materiales compuestos de fibra de carbono.*

I+D-E-383. *Evaluación de instalaciones y equipos de inspección ultrasónica.*

AEN 10302. *Requisitos específicos del proceso (R.e.p.).*

I+D-N-12. *Pinturas y diluyentes.*

I+D-N-14. *Materiales plásticos.*

I+D-N-15. *Adhesivos.*

I+D-N-17. *Núcleos, tejidos de refuerzo y cargas.*

I+D-N-18. *Resinas.*

I+D-N-19. *Materiales preimpregnados.*

I+D-N-23. *Productos químicos.*

I+D-N-24. *Materiales auxiliares.*

I+D-P-070. *Encolados estructurales (Especificación General).*

I+D-P-147. *Limpieza manual con disolventes.*

I+D-P-176. *Calificación y recepción de núcleos no metálicos.*

I+D-P-348. *Aplicación de agentes desmoldeantes líquidos.*

I+D-P-412. *Reparación de estructuras fabricadas con materiales compuestos laminados y sándwich.*

CASA 1085. *Procedimiento general sobre entrenamiento y formación del personal especializado en ensayos no destructivos.*

P.S. 21211.4. *Ultrasonic Inspection of composite laminates, structures and honeycomb assemblies.*

BAC 5980. *Non destructive inspection of composite parts and structures.*

BAC 5439. *Ultrasonic inspection.*

AING 508. *Ciclos de Curado en Autoclaves y Estufas.*

AP 2253-E. *Calificación Industrial y validación de procesos de fabricación.*

AP 3222-E. *Certificación del proceso de fabricación de estructuras con materiales compuestos.*

AP 3270-E. *Encintado, corte y recantado mediante programas de control numérico en procesos de fabricación de materiales compuestos.*

I+D-E-31. *Ensayo de cortadura interlaminar sobre estratificados de fibra de vidrio.*

I+D-E-243. *Ensayos físicos sobre laminados de fibra de carbono.*

I+D-E-245. *Ensayos de flexión sobre estratificados de fibra de carbono/núcleo de honeycomb (“sandwich”).*

I+D-E-246. *Ensayos de tracción en sentido plano sobre estratificados de fibra de carbono/núcleo de “honeycomb”.*

AP 2006-E. *Gestión de la documentación de no-conformidades.*

13.2. Legislación en Seguridad e Higiene Laboral

R.D. 286/2006 de 10 de marzo. *“Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido”.*

R.D. 1751/1998 de 31 de julio. *“Reglamento de Instalaciones térmicas de Edificios (RITE) y sus instrucciones térmicas complementarias (ITE)”.*

R.D. 1627/1997 de 24 de octubre. *“Garantiza el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores”.*

R.D. 614/2001 de 8 de junio. *“Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”.*

R.D. 374/2001 de 6 de abril. *“Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo”.*

R.D. 780/1998 de 30 de abril. *“Modificación del R.D. 39/1997 de 17 de Enero sobre el “Reglamento de los servicios de prevención””.*

R.D. 485/1997. *“Disposiciones mínimas en materias de señalización de seguridad y salud en el trabajo”.*

R.D. 487/1997. *“Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores”.*

R.D. 773/1997 de 30 de mayo. *“Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de quipos de trabajos”.*

Ley 31/1995. *“Prevención de riesgos laborales”.*

O.M. de 16 de julio de 1.981 (Ministerios de la Presidencia). *“Instrucciones técnicas complementarias del Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. IT. IC. 02: exigencias ambientales y de confortabilidad”.*

O.M. de 9 de marzo de 1.971 (Ministerio de Trabajo). *“Orden general de seguridad e higiene en el trabajo. Artículo 30: ventilación, temperatura y humedad”.*

R.D. 1215/1997 de 18 de julio. *“Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de quipos de trabajo por los trabajadores”.*

R.D. 39/1997 de 17 de enero. *“Reglamento de los servicios de prevención”.*

Directiva 89-7656 de 30 de noviembre (Comunidad Europea). *“Disposiciones mínimas de seguridad para la utilización de equipos de protección individual en el trabajo”.*

13.3. Legislación en Seguridad contra incendios

R.D. 786/2001 de 14 de abril. *“Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales”.*

R.D. 485/1997 de 14 de abril. *“Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo”.*

R.D. 486/1997 de 14 de abril. *“Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo”.*

R.D. 2177/1996 de 4 de octubre. *“Norma Básica de la Edificación «NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios de los edificios»”.*

R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre. *“Reglamento de instalaciones de protección contra incendios”.*

R.D. 1403/1986 de 9 de mayo. *“Señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo”.*

O.M. de 29 de noviembre de 1.984 (Ministerio del Interior). *“Manual de autoprotección para el desarrollo del plan de emergencia contra incendios y de evacuación en los locales y edificios”.*

O.M. de 31 de mayo de 1.982, ITC-MIE-AP.5 (Ministerio de Industria y Energía). *“Instrucción técnica complementaria sobre extintores de incendio”.*

O.M. de 9 de marzo de 1.971 (Ministerio de Trabajo). *“Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Capítulo VII: Prevención y extinción de incendios”.*

13.4. Legislación Medioambiental

Ley 16/2002 de 1 de julio. *“Prevención y control integrados de la contaminación”.*

Directiva 2001/42 de 27 de junio (Comunidad Europea). *“Evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente”.*

Ley 6/2001 de 8 de mayo. *“Modificación del R.D. 1302/1986 de 28 de Junio sobre la Evaluación de impacto ambiental”.*

R.D. 9/2000 de 6 de octubre. *“Modificación del R.D. legislativo 1302/1986 de 28 de Junio de Evaluación de Impacto Ambiental”.*

Ley 10/1998 de 21 de abril. *“Desechos y residuos sólidos urbanos”.*

R.D. 153/1996 de 30 de abril. *“Reglamento de informe ambiental”.*

R.D. 74/1996 de 20 de febrero. *“Reglamento de calidad del aire”.*

R.D. 297/1995 de 19 de diciembre. *“Reglamento de calificación ambiental”.*

R.D. 39/1990 de 27 de marzo. *“Asignación de competencias en materia de evaluación de impacto ambiental”.*

R.D. 1131/1988 de 30 de septiembre. *“Reglamento para la ejecución del R.D. 1302/1986 de Evaluación de impacto ambiental”.*

R.D. 1302/1986 de 28 de junio. *“Evaluación de impacto ambiental”.*

Ley 28/1985 de 2 de agosto. *“Aguas”.*

Decreto 833/1975 de 6 de febrero (Ministerio de Planificación del Desarrollo). *“Ley de protección del ambiente atmosférico”.*

14. BIBLIOGRAFÍA

William D. Callister, Jr. (2000). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. Volumen 1 y 2.

William F. Smith (2000). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Madrid: Editorial Mc-Graw Hill.

Cuatrecasas, L. (2000). *Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.

Cuatrecasas, L. (2005). *Lean management: volver a empezar: un relato en lenguaje sencillo y comprensible para aprender cómo adoptar el enfoque más actual y competitivo, en la gestión de una empresa o negocio*. Barcelona: Gestión 2000.

Cuatrecasas, L. (2006). *Claves de lean management: un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado*. Barcelona: Gestión 2000.

Monden, Y. and Toyota Motors. (1987). *El sistema de producción Toyota*. Barcelona: IESE

Ohno, T. (1991). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. Barcelona: Gestión 2000.

Womack, J.P. and Jones, D.T. (2004). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.

Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1995). *La máquina que cambió el mundo*. Madrid: McGraw-Hill.

Shigeo Shingo. (1990). *El sistema de producción de Toyota desde el punto de vista de la ingeniería*. Madrid: Productivity Press.

Shigeo Shingo. (1993). *Una Revolución en la Producción: El Sistema SMED*. 3ª Edición: TGP.

O'Grady, P.J. (1992). *Just-in-Time. Una estrategia para los jefes de producción*. Barcelona: McGraw-Hill. Serie McGraw-Hill de Management.

Seiichi Nakajima. *Introducción al TPM*. Madrid: Productivity Press.

Kunio Shirose. (1994). *TPM para mandos intermedios de fábrica*. Madrid: Productivity Press.

Hiroyuki Hirano. *El JIT, la revolución de las fábricas.* Madrid: Tecnologías de gerencia y producción, S.A.

Hervé Chalaye. *Los Materiales Compuetos. Dinamismo e Innovación.* Le 4 Pages des statistiques industrielles. 2002. N° 158.

Fibra de Carbono, mayor resistencia con menor peso. Aeronáutica Andaluza. n°1. Octubre-Diciembre (2006). Fundación Hélice.

Fiber Placement, fibra de carbono de alta tecnología. n°4. Julio-Septiembre. (2007). Fundación Hélice.

❖ DIRECCIONES DE INTERNET

<u>www.boe.com</u>	Boletín Oficial del Estado.
<u>www.mma.es</u>	Ministerio de Medio Ambiente.
<u>www.institutolean.org</u>	Instituto Lean Management.
<u>www.ibertec-sistemas.com</u>	Sistemas de corte automático.
<u>www.eads.com</u>	Portal de la Empresa EADS-CASA.
<u>www.sisteplant.com</u>	Portal de la Empresa Sisteplant, dedicada a la consultoría en implantación de la metodología Lean Manufacturing.

