

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS  
E INDICADORES DE LEAN MANUFACTURING  
EN UN PROCESO DE CONFORMADO SUPER-  
PLÁSTICO

Autor: Alberto DÍAZ HERRERA

Fecha: Septiembre 2007





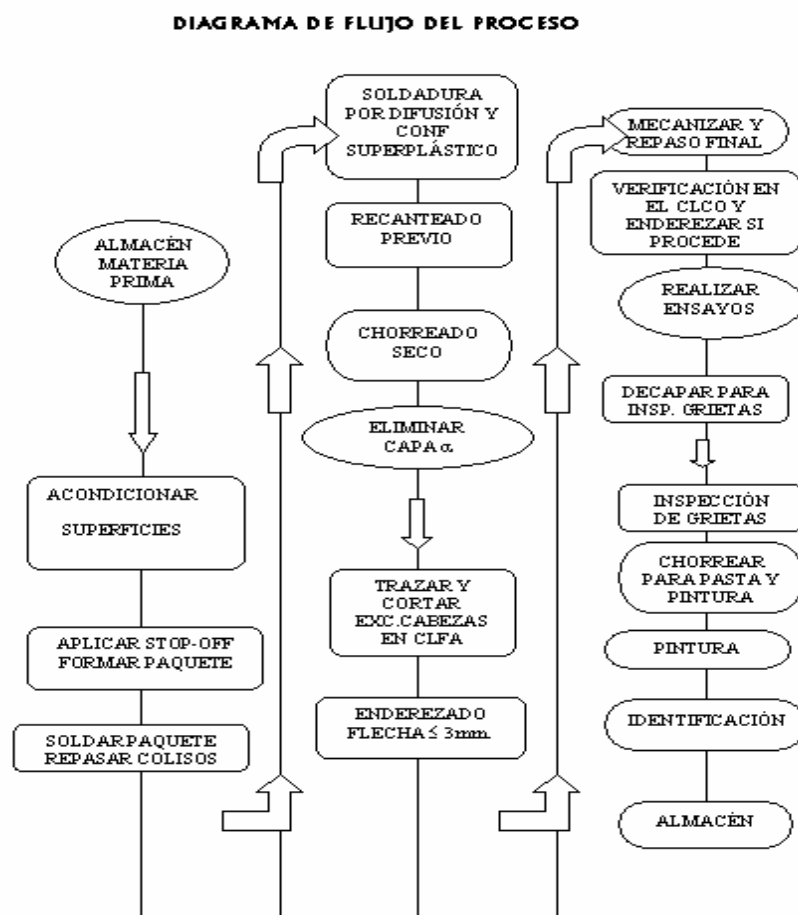


## JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y OBJETIVOS

El conformado superplástico se aplica en determinados materiales a los que no se puede dar forma en frío, porque se degradarían, pero que a altas temperaturas tienen una alta conformabilidad o moldeabilidad. Suele utilizarse con aleaciones de titanio y aluminio.

Para la aplicación de las mejoras en el proceso mediante la sistemática Lean Manufacturing era necesaria la comprensión del proceso de conformado superplástico al que se ve sometido un conjunto de chapas.

El esquema del proceso sería el siguiente:



Nuestros objetivos fueron la localización y minimización de los problemas que se daban en la planta, así como buscar la disminución del Lead time o ciclo de fabricación de las piezas, eliminando las acciones que se aplicaban sin valor añadido y buscando la estabilidad del ciclo a largo plazo y la satisfacción del cliente. También buscamos la reducción del tiempo de ciclo de fabricación en prensa (en horas/máquina) con el consiguiente aumento de la productividad.

El término “Lean Manufacturing” se puede traducir como Manufactura ágil. Se basa en la eliminación del desperdicio (para incrementar la eficiencia) y en la creación de valor en la empresa.

Los desperdicios que se pueden crear en una empresa son:

- Sobreproducción
- Tiempos de espera
- Transporte y almacenaje
- Tiempos de procesos innecesarios
- Inventarios
- Movimiento
- Defectos

### **Indicadores Lean utilizados**

#### 1. Cualitativos

Lean Assessment: Evaluación del estado Lean.

#### 2. Cuantitativos

Overall Equipment Effectiveness (OEE): Eficiencia global del equipo.

Dock To Dock (DTD) – Lead time.

Downtime (Paradas) – Incluidos en el OEE.

Cambios – Incluidos en el OEE.

### **Principios Lean**

*Valor:* Es aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar.

*Cadena de Valor:* Son los pasos que hay que seguir para crear Valor.

*Flujo:* Unir los pasos en flujo continuo, sin interrupciones.

*Pull:* Es producir contra la demanda real.

*Takt time:* Es el tiempo en el que necesitan los clientes un producto.

### **Herramientas Lean**

- *Análisis de una cadena de valor VSM:* Ayuda a visualizar los flujos del proceso y a definir la visión futura.
- *Trabajo estandarizado.*
- *5S's y Gestión Visual:* Aporta un valor elevado a la visibilidad en el proceso de producción.
- *TPM: Mantenimiento Total Productivo:* Ayuda a optimizar los equipos e instalaciones productivas.
- *OPF: One Piece Flow. Flujo pieza a pieza.*

- *Smed: Reducción de los tiempos de preparación:* Reduce el tiempo de cambio en una línea de producción permitiendo una reducción del tamaño de lote.

### **Desarrollo del sistema Lean Manufacturing en la planta de Conformado superplástico**

Se definieron cinco Project Charter para desglosar las diversas actuaciones de Lean Manufacturing sobre la planta de Superplástico:

Los objetivos principales de estos proyectos de Lean son los siguientes:

- Reducir el Lead Time.
- Aumentar la capacidad de las prensas.
- Mejorar la productividad en horas/máquina.

Los Project Charter fueron los siguientes:

#### **1) *Revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones***

*1ª Actuación: Generación y mantenimiento de la base de datos del OEE.*

*2ª Actuación: Análisis de las averías en prensas.*

*3ª Actuación: Actualización del Software de la prensa ACB.*

*4ª Actuación: Creación de planes de contingencia en la prensa INNSE.*

*5ª Actuación: Planificación de operaciones.*

*6ª Actuación: Acciones para la reducción del tiempo de cambio de útil en prensa.*

*7ª Actuación: Elaboración de un Decálogo de Fabricación.*

*8ª Actuación: Creación de hojas de Instrucciones de Verificación (IV) de enderezados de Slats y Bordes de Ataque.*

## **2) 5 S's y Gestión Visual**

Las 5S, método basado en “el mantenimiento del orden y la limpieza en el puesto de trabajo”, es un sistema dirigido a definir y estandarizar las condiciones óptimas de los lugares de trabajo de tal manera que se puedan detectar y evidenciar los desperdicios a nivel de línea de producción.

*1ª Actuación: Aplicación de la metodología 5S en dos zonas piloto.*

*2ª Actuación: Aplicación de la metodología de Gestión Visual en la planta.*

La Gestión Visual es un área que trata específicamente el orden y la limpieza en la planta.

*3ª Actuación: Últimas mejoras.*

Este apartado se refiere a unas mejoras y modificaciones de la actuación anterior.

## **3) Sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación (flujo continuo)**

El objetivo de este proyecto es regularizar todas las operaciones del taller (a nivel de máquina y operación), de forma que ya no sea el mando de taller el encargado de organizar o decidir la prioridad de las operaciones que se realizan en la planta, consiguiendo así una mayor sistematización y

optimización del proceso. Para ello, lo que intentamos conseguir es sincronizar las cadenas de producción.

*1ª Actuación: Toma de tiempos de fabricación.*

*2ª Actuación: Reparto de la carga de trabajo por turnos y operarios.*

*3ª Actuación: Creación de carteles de planificación por turnos.*

#### **4) Sistemática de mejora continua, control de producción y flujo de información**

Está basado en las actuaciones de procedimientos de comunicación de:

- Incidencias.
- Prioridades en la producción.
- Situación de la Fabricación / Entregas.
- Mejoras en la producción.
- Calidad de los productos.
- Situación de los proyectos Lean.

#### **5) Fiabilizar las entregas de materia prima (Cantidad/Calidad/Tiempo)**

Las acciones a implantar en este Project Charter serían:

- Identificar y clasificar problemas en el suministro:
  1. Calidad
  2. Cantidad
  3. Plazo



- Desarrollar planes de acción basados en el resultado del análisis anterior.
- Hacer un seguimiento de los planes de acciones.

*1ª Actuación posible: Eliminación del recargo de subcontratación de materia prima*

### **CONCLUSIONES:**

En cuanto a la Productividad, conseguimos reducir el tiempo de ciclo en horas/máquina de algunas piezas que se fabricaban. Por tanto el tiempo de las piezas en prensa fue menor y la productividad aumentó.

Por otro lado, conseguimos también reducir el Lead time, suponiendo la consecución de todos estos objetivos un considerable ahorro en la producción.

### **PRESUPUESTO**

A.- Costes: 43.983 euros.

B.- Ahorros en fabricación: 300.140 euros.

**Beneficios totales:** 256.157 euros.



ÍNDICE

<b>1.- JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y OBJETIVOS .....</b>	Pag.1
<b>1.1.- Justificación .....</b>	Pag.1
<b>1.2.- Objeto .....</b>	Pag.4
<b>1.3.- Objetivos .....</b>	Pag.9
<b>2.- ANTECEDENTES .....</b>	Pag.11
<b>2.1.- Generalidades de los materiales superplásticos y del proceso de Conformado superplástico (CSP) y Soldadura por difusión (SD) .....</b>	Pag.11
2.1.1.- Conceptos de superplasticidad y soldadura por difusión .....	Pag.11
2.1.2.- Metales y aleaciones superplásticos .....	Pag.11
2.1.3.- El proceso CSP/SD .....	Pag.13
2.1.4.- Instalaciones y equipos .....	Pag.14
2.1.5.- Utillaje .....	Pag.14
2.1.6.- Posibilidad de diseño e integración de estructuras .....	Pag.15
2.1.7.- Controles de calidad .....	Pag.16
<b>2.2.- Descripción del proceso de fabricación de un elemento aeronáutico en la planta de Superplástico .....</b>	Pag.19
<b>2.3.- Introducción al sistema Lean Manufacturing .....</b>	Pag.36
<b>3.-MEMORIA .....</b>	Pag.72
<b>3.1.- Desarrollo del sistema Lean Manufacturing en la planta de Conformado Superplástico .....</b>	Pag.72
Project Charter:	
<b>1) Revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones .....</b>	Pag.83
<i>1ª Actuación: Generación y mantenimiento de la base de datos del OEE .....</i>	Pag.83

---

<i>2ª Actuación: Análisis de las averías en prensas .....</i>	Pag.89
<i>3ª Actuación: Actualización del Software de la prensa ACB .....</i>	Pag.91
<i>4ª Actuación: Creación de planes de contingencia en la prensa INNSE .....</i>	Pag.95
<i>5ª Actuación: Planificación de operaciones .....</i>	Pag.101
<i>6ª Actuación: Acciones para la reducción del tiempo de cambio de útil en prensa .....</i>	Pag.105
<i>7ª Actuación: Elaboración de un Decálogo de Fabricación.....</i>	Pag.108
<i>8ª Actuación: Creación de hojas de Instrucciones de Verificación (IV) de enderezados de Slats y Bordes de Ataque .....</i>	Pag.115
<b>2) 5S's y Gestión Visual .....</b>	Pag.116
<i>1ª Actuación: Aplicación de la metodología 5S en dos zonas piloto</i>	Pag.120
<i>2ª Actuación: Aplicación de la metodología de Gestión Visual en la planta .....</i>	Pag.123
<i>3ª Actuación: Últimas mejoras .....</i>	Pag.142
<b>3) Sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación (flujo continuo) .....</b>	Pag.145
<i>1ª Actuación: Toma de tiempos de fabricación .....</i>	Pag.151
<i>2ª Actuación: Reparto de la carga de trabajo por turnos y operarios.....</i>	Pag.155
<i>3ª Actuación: Creación de carteles de planificación por turnos .....</i>	Pag.158
<b>4) Sistemática de mejora continua, control de producción y flujo de información .....</b>	Pag.162
<b>5) Fiabilizar las entregas de materia prima (Cantidad/Calidad/Tiempo) .....</b>	Pag.165
<b>CONCLUSIONES .....</b>	Pag.168

---

<b>4.-PRESUPUESTO .....</b>	<b>Pag.171</b>
A.- COSTES .....	Pag.171
B.-AHORROS EN FABRICACIÓN .....	Pag.173
<b>V.- ANEXOS .....</b>	<b>Pag.175</b>
V.1.- Especificaciones del proceso y de materiales .....	Pag.175
V.1.1.- Materiales utilizados .....	Pag.193
V.1.2.- Instalaciones y equipos .....	Pag.195
V.1.3.- Pruebas y ensayos en la instalación .....	Pag.199
V.1.4.- Equipos a utilizar .....	Pag.205
V.1.5.- Requerimientos de la instalación térmica (Inicial y periódica) .....	Pag.205
V.1.6.- No Conformidades .....	Pag.206
V.1.7.- Registros .....	Pag.206
V.1.8.- Intervalos de las calibraciones .....	Pag.206
V.1.9- Procesos .....	Pag.207
V.1.10.- Útiles .....	Pag.210
V.1.11.- Fabricación de chapas para piezas .....	Pag.214
V.1.12.- Operaciones CSP/SD .....	Pag.226
V.1.13.- Operaciones posteriores .....	Pag.226
V.1.14.- Garantía de Calidad .....	Pag.232
V.1.15.- Certificación del proceso .....	Pag.240
V.1.16.- Seguridad e Higiene .....	Pag.244
V.2.- Representación visual de útiles y piezas .....	Pag.244
V.3.- Modelo de impresos de hojas de carga en prensa .....	Pag.248
V.4.- Diagramas de Pareto en prensas .....	Pag.251

---

V.5.- Representación gráfica del Software de la prensa ACB .....	Pag.256
V.6.- Mantenimiento Preventivo de las máquinas .....	Pag.260
V.7.- Diseño de hojas de Instrucciones de Verificación .....	Pag.281
V.8.- Contenido de los paneles de información .....	Pag.283
V.8.1.- Calidad: Indicadores de Calidad .....	Pag.283
V.8.2.- Lean Manufacturing: Gráficas del OEE .....	Pag.289
V.8.3.- Producción .....	Pag.289
Organigrama de la planta de Superplástico .....	Pag.289
Planes de entrega (Slats, B/A y Angulares) .....	Pag.297
Requisitos en la fabricación de Slats .....	Pag.300
V.9.- Clases de carteles de implantación en planta y ejemplos de diseño .....	Pag.301
V.10.- Ejemplo de carteles de identificación y localización .....	Pag.304
V.11.- Glosario de términos .....	Pag.305
<b>6.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>Pag.310</b>



## **1.- JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y OBJETIVOS**

### **1.1.- Justificación**

Indicado sólo para piezas realizadas en materiales difícilmente moldeables, el Conformado superplástico y la Soldadura por difusión son tecnologías caras que se aplican en casos donde no llegan otras técnicas. La primera permite dar forma a materiales a altas temperaturas, mientras que la segunda consigue por calor y presión soldar varias láminas de metal sin dejar rastro de dónde se juntan.

Es tecnología punta y muy efectiva, pero poco competitiva, ya que requiere un alto coste. Por eso, el Conformado superplástico y la Soldadura por difusión, dos tecnologías diferentes aunque con frecuencia conjuntamente aplicadas, sólo se utilizan para aquellos casos donde no se pueden aplicar otras técnicas de moldeo o soldadura, bien por el material en que está realizada la pieza o bien porque ésta cuenta con una forma excesivamente compleja.

El Conformado superplástico se aplica en determinados materiales a los que no se puede dar forma en frío, porque se degradarían, pero que a altas temperaturas tienen una alta conformabilidad o moldeabilidad. Asimismo, se aplica para realizar piezas con un diseño muy especializado. Generalmente suele utilizarse con aleaciones de titanio, aluminio y vanadio.

La aplicación de altas temperaturas y presiones sobre dichos materiales puede llegar a deformarlos hasta un 1000 por 100, que es el porcentaje que puede “alargarse” el material. El Conformado superplástico se realiza introduciendo en un horno a unos 925C un útil con un molde que dará forma a la pieza, sobre el que se coloca el material que se va a deformar o moldear. Estas altas temperaturas, unidas a la presión que se aplica al material dentro

del horno, hacen que se alargue y adopte la forma del útil o molde sin perder propiedades ni degradarse, tal y como ocurriría si se intentase dar forma al metal en frío.

La Soldadura por difusión consiste en que dos o más chapas se sueldan de forma colectiva, lo que se consigue aplicando una presión de gas a determinadas temperaturas, realizando la unión sin ningún material ni sustancia añadida.

La ventaja de estas dos tecnologías juntas es que permite unir chapas y partes de una pieza que en condiciones normales se unirían por remaches, pero que por su forma esta opción sería demasiado compleja.

No obstante, hay que tener en cuenta que la Soldadura por difusión lleva implícito el Conformado superplástico, pero no al revés, es decir, se puede aplicar el conformado a una pieza sin necesidad de que ésta vaya a ser soldada posteriormente por difusión.

El ejemplo más claro en el que se hace necesaria la aplicación de esta tecnología es en la fabricación del Slat o elementos de sustentación de ala del EF2000, que se realiza en esta planta de Conformado superplástico (CSP) y Soldadura por difusión (SD). Se trata de una pieza compuesta por 6 chapas cuya fabricación se hace muy compleja si no se aplica estos procesos.

La fabricación de esta pieza consta de varias fases. En la primera se hace un mecanizado de las seis chapas con la tecnología de corte por chorro de agua y fresado con control numérico para dar forma a las costillas y largueros de la pieza. A continuación, se somete a las chapas a una limpieza alcalina, decapado en baño fluorítrico y blanqueado.

Con este proceso se preparan las chapas para la siguiente fase, en la que se someten a una operación de serigrafía que determina las zonas donde

hay que aplicar un producto que es inhibidor de soldadura. Este inhibidor, llamado stop-off, permitirá que las chapas no se suelden completamente por algunas zonas.

Las chapas se unen entonces por una soldadura por puntos exterior que las hace quedar como un único paquete. Este paquete se coloca entre dos útiles, uno inferior y otro superior, cada uno con la forma de las dos partes del Slat, que se han calentado previamente a unos 925 C de temperatura en un horno de precalentamiento, para introducirlo posteriormente en una prensa con el bloque de chapas.

En la fabricación de esta pieza lo primero que se produce es la Soldadura por difusión. Las chapas se sueldan completamente, y sin dejar juntas entre ellas, por todos los lugares, a excepción de aquellos donde se ha aplicado el inhibidor de soldadura. Cuando las chapas se encuentran a 923 C aproximadamente, se introduce gas argón a las chapas por una serie de tuberías muy pequeñas. Dicho gas va a la zona no soldada y provoca el “levantamiento” o apertura de esas zonas, dando la forma final a la pieza.

Para poder desarrollar esta tecnología, esta planta dispone de tres prensas de Conformado superplástico y un sistema de intercambio de útiles en caliente.

Cuando la pieza “sale del horno” se somete a un tratamiento de decapado para eliminar la contaminación que pueda tener la capa superficial y se hace un recantado final de la misma. El Slat del EF2000 se somete a ensayos destructivos, en los que se corta una fracción muy pequeña para la fabricación de probetas (que son las que son sometidas a este tipo de ensayo), y no destructivos, en los que se comprueba si existen grietas por ultrasonido y otra serie de pruebas que determinan que la pieza cumple todos los requisitos técnicos y los niveles de calidad necesarios. Finalmente la pieza se somete a

un proceso de pintado, imprimación y acabado y ya está lista para el montaje en el avión.

La comprensión de toda esta tecnología que se desarrolla en la planta de Superplástico hará que podamos introducir mejoras en el proceso de producción mediante la aplicación de la sistemática de Lean Manufacturing.

## **1.2.- Objeto**

La palabra Lean la podemos traducir como ágil. En este contexto el término ágil implica la mitad de todo, del esfuerzo humano, del espacio requerido, de los equipos necesarios, del inventario existente, de la inversión necesaria, de las horas de ingeniería invertidas y del tiempo de desarrollo de productos para conseguir la producción deseada.

La filosofía Lean en una organización conlleva la aparición de un modelo de gestión que con la ayuda de diferentes herramientas y metodologías de mejora (5S, SMED, TPM, etc.), pretende mejorar el sistema productivo, incrementando la eficiencia de las actividades desarrolladas.

Para incrementar la eficacia debemos eliminar todas aquellas actividades que no aporten valor al producto o servicio desarrollado. En definitiva, conseguir aportar valor al cliente en todas y cada una de las actividades que intervienen en el proceso productivo, eliminando el desperdicio.

Debemos remontarnos a Taiichi Ohno, considerado el “padre” de la producción moderna, que durante los años 50 desarrolló para Toyota lo que hoy se conoce como el Sistema de Producción Toyota (TPS), para encontrar los orígenes de la producción Lean. Mediante la aplicación de este sistema de producción, Ohno consiguió que tras la crisis del petróleo de los años 70, la recuperación de Toyota fuese más rápida y menos dolorosa que para el resto de la industria del automóvil.

Durante los años 90, J.P. Womack y D.T. Jones, tras un importante trabajo de investigación analizando diferentes tipologías de empresas que habían apostado por el TPS desarrollado por Ohno, documentaron el citado sistema de producción, al que llamaron “Lean Manufacturing”.

Mediante la aplicación de este sistema, y con la aportación de numerosos ejemplos, los mismos autores afirman que aplicando una producción de flujo continuo en lugar de la clásica producción por lotes, se pueden conseguir resultados espectaculares, tales como:

- Incremento de la productividad del 100%.
- Reducción de existencias y de los tiempos de reducción en un 90%.
- Reducción de los errores para el cliente y de lo inútil para el proceso en un 50% etc.

Por otro lado, los estudios desarrollados en el mundo occidental, indican que únicamente un 5% de las empresas de producción han implantado este sistema, cifra resultante que parece realmente increíble si tenemos en cuenta que este método puede ser aplicado a cualquier tipo de empresa.

Entonces, si el Lean Manufacturing se ha mostrado tan superior al resto de sistemas de producción, ¿por qué no se aplica? La respuesta a esta pregunta la podemos encontrar en la necesidad de evitar deformaciones debidas a intermediarios que en muchos casos no han captado el verdadero alcance del sistema de producción Lean. Para ello, la organización debe entender que la aplicación de la metodología Lean conlleva un enfoque a la acción aplicando la mejora continua en busca de la perfección a través de la asignación de un nuevo rol al personal operativo, y esto, en la mayor parte de los casos, no resulta fácil. Así, nos encontramos ante el concepto clásico de

resistencia al cambio. Esta es la resistencia inicial que nos encontramos en la planta de Conformado superplástico con los operarios y los mandos de taller, que no entendían el concepto de trabajar “de otra manera” a como lo habían hecho siempre. Esta situación se “combatió” inicialmente con cursos de Lean Manufacturing en la planta, para que la plantilla conociera la metodología y los conceptos básicos del Lean Manufacturing, y posteriormente con cursos de concienciación de la conveniencia en la aplicabilidad del Lean. Esta resistencia se puede resumir en tres planteamientos derivados del análisis de la situación de partida de la organización tras la realización de un diagnóstico Lean:

- Los datos existentes indican las carencias del sistema actual.
- El no ser conscientes de las limitaciones existentes en el sistema, genera la participación de externos a la organización y no siempre se entiende como una ayuda.
- Se pretende revolucionar una organización que en la mayor parte de casos no entiende, no asume y no acepta el nuevo enfoque que pretende dar la metodología Lean.

En el sistema de Lean Manufacturing existen tres revoluciones principales, que son las siguientes:

- La primera revolución es generar un cambio en la organización, incorporando el Producto como nueva prioridad, evitando la visión tradicional, en la que no se considera el producto como eje central del sistema de producción en la organización. Así como en la Calidad Total, el eje fundamental de la gestión empresarial lo constituye el cliente, en la filosofía Lean el objetivo central de las actividades empresariales debe ser el producto.
- La segunda revolución consiste en la creación de un sistema de trabajo pulsante que esté en sintonía con el mercado. Para conseguir un sistema productivo pulsante, debemos conseguir



una organización altamente flexible y fiable, que funcione de acuerdo con lo que demanda el mercado y por consiguiente con lo que demanda el cliente. La producción debe evolucionar hacia un flujo de forma continua que se adapte a los requisitos de los clientes. Debe ser el cliente quien indique el inicio al sistema, siendo este el que indique la necesidad de producción, tirando del mismo (pull) y determinando el ritmo de producción.

- La tercera revolución a implantar es la mejora rápida, la obtención de resultados relevantes en un corto período de tiempo.

Los aspectos clave de este sistema se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Velocidad como prioridad absoluta del sistema, para conseguir la satisfacción del cliente (reducción del Lead time de las piezas). Para conseguir esa velocidad máxima, resulta necesaria la producción en stocks mínimos y con ello la eliminación de los clásicos stocks de seguridad que permite dar respuesta a los errores. La eliminación de los elementos de seguridad sólo tiene sentido si el sistema de producción es perfecto.
- Eliminación sistemática y constante del desperdicio provocado por averías, mermas, reprocesos, etc. Esto también supone un aumento en la velocidad de producción.
- Desarrollo de un sistema de producción pulsante, acorde con el mercado, que permita flexibilidad y adaptación a las demandas con un desperdicio mínimo. Debe ser el cliente el que tire mediante un sistema pull.
- Soportar el desarrollo del sistema de producción en tres pilares fundamentales como son las personas, los materiales y las máquinas. En este punto incorporamos el término “supermercado”, como elemento de fluidez del sistema, en el que

los elementos se van retirando y reponiendo en función de las necesidades pero sin la acumulación de stocks. La estandarización del trabajo debe permitir que el conjunto de estos tres factores fluya armónicamente, como si se tratase de una partitura en la que todos los intérpretes conocen como avanza el trabajo que deben realizar.

Lo más importante en la aplicación de un sistema Lean, radica en la eliminación del desperdicio existente, y para ello debemos convertirnos en verdaderos “científicos” en busca de ese desperdicio. Debemos ser capaces de ver lo que todo el mundo ve, pero pensando lo que nadie piensa.

El desarrollo de un proyecto Lean en la planta de Conformado superplástico parte de la realización de un diagnóstico de la situación de la organización en la que vamos a intervenir. A lo largo de este diagnóstico se identifican las áreas de actuación para los proyectos Lean, los objetivos que se pretenden alcanzar y los indicadores que se van a desplegar. Se deben incluir un número suficiente de indicadores que permita asegurar un control adecuado de la operación, pero sin plantear un número elevado que impida ver la realidad. Estos indicadores deben interpretarse como un cuadro de mando que permita de forma sencilla poder hacer el seguimiento del desarrollo del proyecto Lean. Tras la definición de estos indicadores, es necesaria la aplicación de herramientas específicas e innovadoras de Lean Manufacturing para desarrollar el proyecto e implantar las mejoras detectadas.

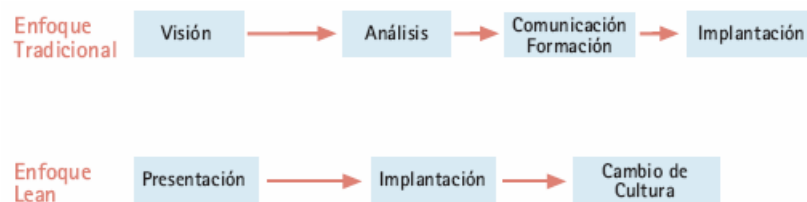


Figura 1.1 Enfoque tradicional Vs. Enfoque Lean

La aplicación de todos estos elementos debe llevar a conseguir un cambio en la filosofía de la organización. Este cambio en la mentalidad implica la priorización de la acción para encontrar y eliminar los desperdicios que se producen en el proceso y para ello se necesita una aplicación práctica de estos conocimientos en el puesto de trabajo, huyendo de la teorización que provoca una visión externa.

Una vez detectados los primeros desperdicios, debemos seguir trabajando para conseguir la perfección, descubriendo nuevos desperdicios y aportando nuevas soluciones, en una espiral continua de detección y mejora.

Como responsable del seguimiento e implantación de la aplicación del sistema Lean Manufacturing al ciclo de producción en la planta de conformado superplástico, en mi inicio de esta nueva etapa, me quedaba un largo camino por recorrer, que pasaba al principio por la comprensión del funcionamiento de este ciclo de producción, para posteriormente estudiar y aplicar las mejoras que eran factibles al sistema e intentar minimizar los problemas que surgían en el mismo.

### **1.3.- Objetivos**

El objetivo de este proyecto es, mediante la aplicación de un sistema llamado Lean Manufacturing, la búsqueda y aplicación de mejoras en el ciclo de fabricación de piezas en la planta de Conformado superplástico y Soldadura por difusión. El sistema Lean Manufacturing se centra en la velocidad como elemento principal, en la reducción del desperdicio (actividades que no aportan valor al proceso), la estandarización de las actividades y la “flexibilidad” de la producción.

Como hemos visto antes, la tecnología utilizada en la planta de Conformado superplástico es muy costosa pero además, al tratarse de una tecnología tremendamente avanzada, esto implica la aparición de problemas y

fallos en el ciclo de proceso. A mi llegada a la planta de Conformado superplástico, era frecuente la aparición de problemas tanto en las piezas (diferencia de espesores o fallos de deformación) como en las prensas (fallos en las líneas de gas o en el aporte de calor en los escudos de las prensas).

Nuestros objetivos en los diversos Project Charter de Lean Manufacturing que se definieron, fueron la localización y minimización de estos problemas así como buscar la disminución del Lead time o ciclo de fabricación de las piezas, eliminando las acciones que se aplicaban sin valor añadido y buscando la estabilidad del ciclo a largo plazo y la satisfacción del cliente. Otro de nuestros objetivos era la reducción del tiempo de ciclo de fabricación en prensa (en horas/máquina) con el consiguiente aumento de la productividad.

## **2.- ANTECEDENTES**

### **2.1.- Generalidades de los materiales superplásticos y del proceso de Conformado superplástico (CSP) y Soldadura por difusión (SD).**

#### 2.1.1.- Conceptos de superplasticidad y soldadura por difusión

La superplasticidad es la excepcional ductilidad que presentan determinados materiales (metales y aleaciones, cerámicos, compuestos intermedios...) cuando son deformados bajo condiciones adecuadas.

La superplasticidad permite grandes deformaciones sin estricciones ni roturas. Los alargamientos que permiten cuando los materiales son sometidos a ensayos de tracción están entre 200-1000%, incluso se ha llegado a alargamientos del 5000%.

Los materiales superplásticos son de 1 a 2 órdenes mayores que los observados en los procesos convencionales de conformado de metales.

En los Anexos podemos ver la estructura y condiciones de los materiales superplásticos, así como las características y condiciones de los mecanismos de deformación y de la Soldadura por difusión.

#### 2.1.2.- Metales y aleaciones superplásticos

Existe una cantidad apreciable de metales y aleaciones apreciables, sobre todo a nivel de laboratorio, aunque comercialmente se han desarrollado un número reducido de ellas.

Los requerimientos metalúrgicos que deben cumplir este tipo de aleaciones (tamaño y forma de grano, estabilidad a la temperatura del proceso) hacen que los procedimientos industriales para su obtención resulten costosos,

con la excepción de las aleaciones de Titanio, en las cuales con un procedimiento corriente se consiguen con facilidad los mencionados requisitos. En el caso de las aleaciones de Titanio, el factor que más aumenta costes es el espesor, a menor espesor de la chapa mayor es su coste.

Interesan aleaciones superplásticas que requieran temperaturas de proceso CSP/SD bajas y velocidades de deformación altas (menor coste de energía y mayor rapidez en el proceso CSP/SD).

Nuestra planta tiene experiencia en el conformado CSP de las aleaciones: 8090 CSP (Al-Li), el cual ya no se utiliza en la actualidad en planta por problemas de corrosión; 7475 (Al-Zn) y en el conformado (CSP) + soldadura por difusión (SD) en la aleación Ti-6Al-4V.

La mejora de propiedades de la aleación Ti-6Al-4V por tratamiento térmico no compensa el coste de su realización, por lo que normalmente no se aplica.

Las aleaciones superplásticas de aluminio, de forma general, mejoran sus propiedades con un tratamiento térmico de solubilización + temple + maduración artificial, con las siguientes particularidades:

- La aleación 8090 (Al-Li) es poco sensible al medio de apagado utilizado en el temple. Normalmente es suficiente un enfriamiento con aire forzado.
- Las demás aleaciones de aluminio (Supral 100, 150, 220, 7475 etc.) son bastantes sensibles al medio de apagado, y normalmente precisan un medio de apagado energético (Agua, glicol...) con el consiguiente problema de distorsiones en las piezas conformadas. Esto es una ventaja de la aleación Al-Li 8090 CSP, además de su menor densidad.



En los Anexos podemos ver algunas aleaciones superplásticas así como las características superplásticas de aleaciones importantes.

### 2.1.3.- El proceso CSP/SD

Inyectando un gas inerte, en este caso Argón, en un útil estanco se provoca la deformación progresiva y lenta de la chapa hasta que se adapta a la geometría del útil. Para que la chapa esté en estado superplástico la temperatura debe ser la adecuada y la velocidad de deformación mantenerse dentro del margen apropiado (el Argón que se inyecta generalmente de una manera lenta, está directamente relacionado con la velocidad de deformación).

El útil CSP/SD lleva labrado un labio de sellado en su periferia, una vez que se ha situado la chapa y ha entrado en juego el tonelaje de la prensa CSP/SD (los dos semiútiles son presionados uno contra otro mediante una fuerza que genera la prensa) se forman dos cavidades estancas dentro del útil (superior e inferior) separadas por la chapa que se va a conformar.

Para evitar el fenómeno de las cavitaciones en las aleaciones de aluminio (que son poros que se forman en el material) la chapa se conforma en un ambiente de presión hidrostática (el conformado se consigue aplicando una presión diferencial en una de las dos cavidades del útil).

#### 2.1.4.- Instalaciones y equipos



Figura 2.1.4.1 Instalaciones, maquinaria y equipos

#### 2.1.5.- Uillaje

Tenemos un útil superior + útil inferior fijados mediante barras en “T” a los platos de la prensa CSP/SD. Éste útil necesita ser equipado con tuberías (entrada y salida de gas) para la circulación del Argón. También necesita sistemas de sellado para hacer las cavidades superior e inferior estancas. Posee alojamientos para termopares, elementos de referencia, centrajés, etc. para posicionar el paquete chapa en el útil o bien el útil en la prensa. También posee puntos de izado para su manejo, conexiones para tubos de gas y para termopares.

En los Anexos podemos ver los tipos de útiles existentes y su fabricación.

### 2.1.6.- Posibilidades de diseño e integración de estructuras

Combinando el conformado superplástico más la soldadura por difusión es posible diseñar estructuras complejas.

#### Ventajas de utilizar el proceso CSP/SD

- Obtenemos el conformado de estructuras complejas en una sola operación.
- Se consigue la eliminación de cartelas, refuerzos, perfiles, remaches etc. Por lo que se reducen las concentraciones de esfuerzos en los componentes.
- Nos quedan mínimos esfuerzos residuales en las piezas.
- Obtenemos una excelente repetibilidad del proceso y una exactitud dimensional en los componentes.
- Se consigue una integración de estructuras, las piezas se obtienen con los elementos rigidizadores ya incorporados.
- Tenemos la posibilidad de soldar por difusión grandes superficies.
- El tiempo por ciclo CSP/SD no depende del tamaño del componente.
- Se consigue importantes reducciones de pesos ( $\approx 20\%$ ) y costes de fabricación recurrentes ( $\approx 40\%$ ).

Desventajas del proceso CSP/SD:

- Existe una limitación en el número de aleaciones superplásticas existentes en el mercado (sólo existen dos proveedores mundiales, uno en Estados Unidos y otro en Rusia).
- El coste de los materiales superplásticos es elevado.
- Existen pocos fabricantes de materiales superplásticos (Alcoa, Alcan, Alusuisse), si exceptuamos el caso de las aleaciones de Titanio.
- Existe una considerable dificultad para realizar reparaciones en componentes CSP/SD.
- La verificación de la soldadura por difusión requiere personal autorizado, equipos sofisticados y un control de los parámetros del proceso muy exhaustivo.
- La validación de las estructuras CSP/SD se basa en ensayos (estáticos, de fatiga...).

2.1.7.- Controles de calidad

Control de la materia prima:

- Tamaño de grano.
- Granulación equiaxial.

- Relación de fases.
- Composición química.
- Rugosidad superficial.
- Comprobación de propiedades mecánicas.

Medición de espesores de las piezas CSP/SD:

- Por ultrasonidos (Pulso-Eco).
- Algunas veces se hace con micrómetro.
- Control en áreas de mayor adelgazamiento.
- Medidas antes y después de los ataques químicos: decapado previo, eliminación de la capa alfa (hay que tomar medidas antes y después en los mismos puntos).

Inspecciones ultrasónicas para garantizar la calidad de la soldadura por difusión:

- Hay que chequear las diferentes zonas (2,3,4,... chapas soldadas).
- Placa reflectante.
- Pulso-eco.

- En áreas consideradas críticas.

Ensayos metalográficos en probetas obtenidas a partir de trozos sacados de las piezas CSP/SD:

- Tamaño de grano.
- Relación  $\alpha/\beta$ .
- Capa  $\alpha$ .
- Defectos de soldadura (con el microscopio).

Control de absorción de hidrógeno en piezas CSP de Ti-6Al-4V:

- < 180 p.p.m. (típico).

Inspección de grietas:

- Por líquidos penetrantes.

Control de cavitaciones en piezas de aleaciones de aluminio:

- Con metalografías (valor de referencia < 0.50% en superficie).
- En probetas de áreas que más hayan adelgazado.

Control de uniformidad de la condición final de las piezas CSP/SD:

- Para comprobar que los T/T,s han sido realizados correctamente.

- Mapas de la conductividad eléctrica en las piezas CSP/SD.
- Mapas de dureza (en zonas exteriores al contorno final de la pieza, cuando esto sea posible, o en la propia pieza cuando el proceso se está poniendo a punto).

## **2.2.- Descripción del proceso de fabricación de un elemento aeronáutico en la planta de Superplástico**

Para describir el proceso de fabricación de un elemento aeronáutico vamos a ver las instrucciones específicas de una hoja de ruta del proceso de formación de un Slat. Escogemos esta pieza debido a que es la pieza más importante (y más costosa) que se fabrica en esta planta. Los demás elementos que se fabrican (bordes de ataque, angulares...) siguen un proceso similar al proceso de fabricación del Slat. El diagrama general del proceso sería el siguiente:

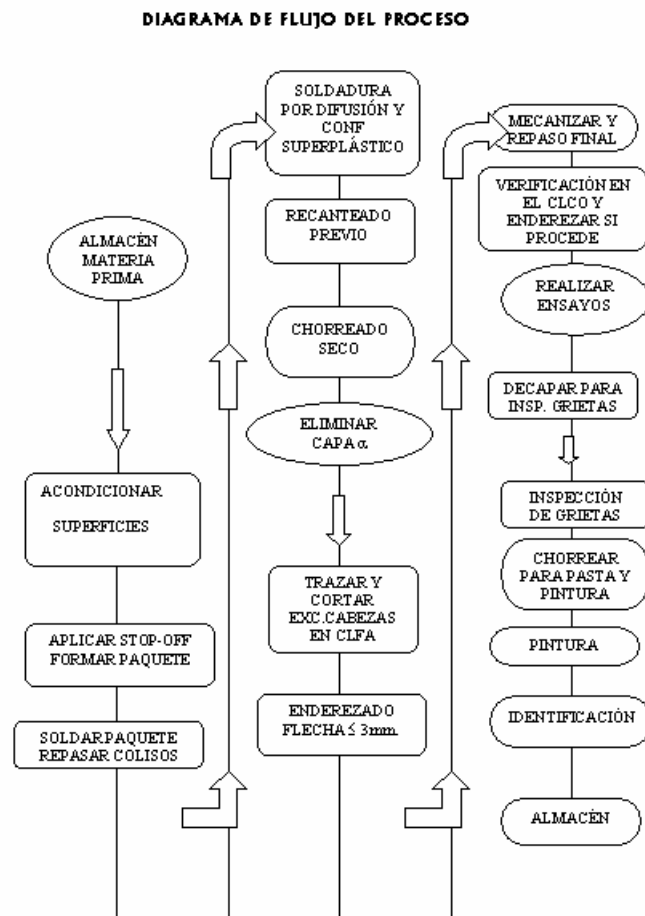


Figura 2.2.1 Esquema del proceso

Ahora vamos a desarrollar el proceso describiendo los distintos pasos que sigue la pieza en la hoja de ruta desde que entra como chapa hasta que sale como el elemento aeronáutico.

### Descripción del proceso

1. A la chapa se le realiza un mecanizado previo en otra planta y entonces se devuelve a la planta de Superplástico. Se realiza la preparación de los útiles CSP/SD.



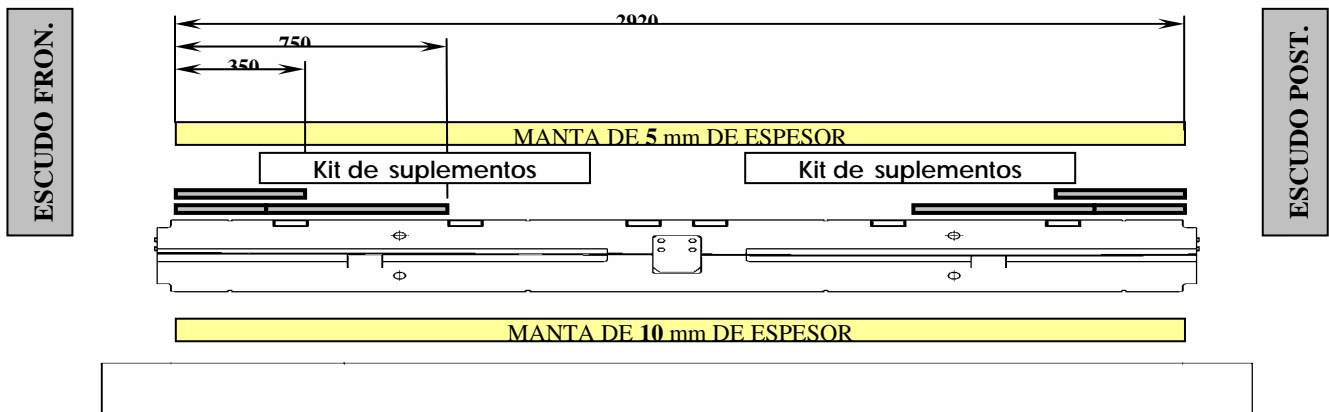


Figura 2.2.2 Útil prensa

2. Ya en nuestra planta, una vez hecha la recepción, inspección y clasificación de la chapa, la misma se introduce en baños para limpiarla y se almacena según diferentes espesores. Ya están preparadas para iniciar todo el proceso.
3. Se realiza un aprovisionamiento de todas las piezas que se van a utilizar (tubos de inyección de gas: 3 unidades; arandela de sellado: 1 unidad)
4. Se redondean las aristas (con abanico lijador)
5. Se limpian las piezas a mano. Se eliminan así manualmente las manchas de tinta y otras sustancias con metiletil-cetona y papel blanco. Se deben utilizar guantes y mascarilla buco-nasal para protegerse de los vapores orgánicos.
6. Se procede al acondicionamiento de la superficie.
7. Se preparan los elementos que se han aprovisionado para formar la pieza.
8. Se aplica el inhibidor stop-off a la chapa y después se seca, mandándolo inmediatamente después a la zona de Serigrafía para proceder al serigrafiado de la chapa. Después de cada aplicación, se seca individualmente chapa por chapa en la estufa de secado un tiempo mínimo de 30 minutos. Después se comprueba la serigrafía y se informa a verificación del estado del serigrafiado. Se debe limpiar a fondo la estufa de secado de stop-off, para que no caiga polvo sobre las chapas serigrafiadas que haya que secar. Se debe proteger convenientemente la placa soporte de la mesa de Serigrafía y el carro para

transporte y soldadura por puntos con papel neutro, cambiándolo periódicamente cuando se observe que los restos de stop-off depositados sobre el mismo puedan manchar a las siguientes chapas.

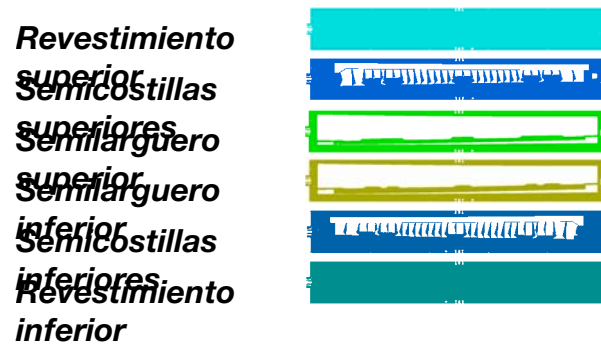


Figura 2.2.3 Detalle de chapas serigrafiadas

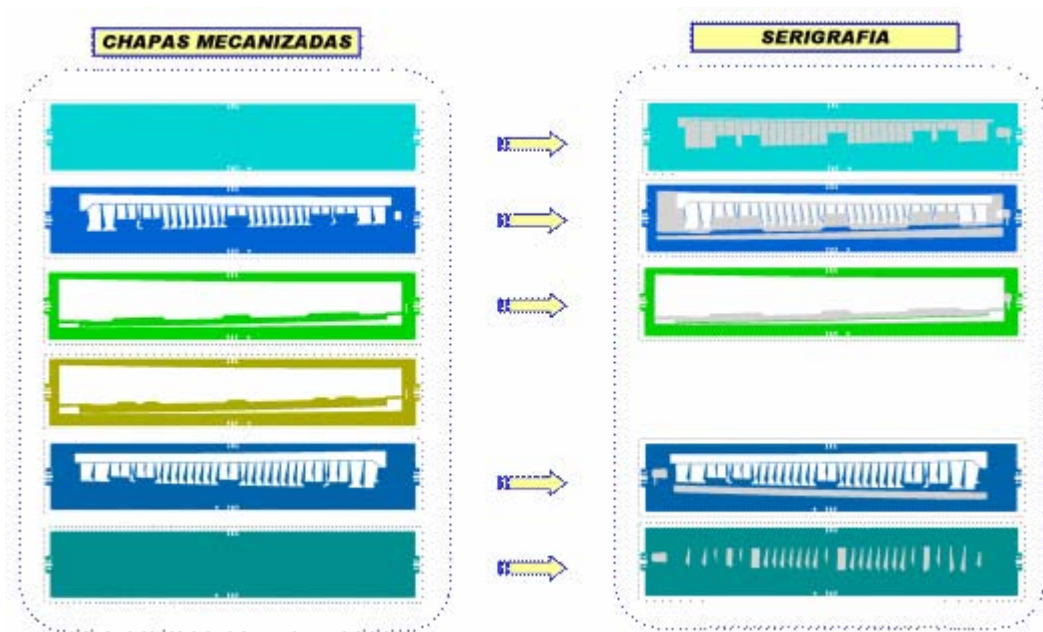


Figura 2.2.4

9. Se procede a la soldadura por puntos para la formación del paquete de chapas, asegurando la presión y el estado correcto de los electrodos de la

máquina de soldar por puntos. Se debe pinzar todo el contorno del semipaquete inferior y dar los cuatro puntos de soldadura por puntos en las zonas desnudas dejadas en las tiras del larguero. Después se repasa con stop-off (no muy denso) utilizando un pincel las cuatro zonas de soldadura por puntos, se verifica stop-off en los radios, en las tiras de las semicostillas y se retoca con pincel en la chapa si se observasen áreas desnudas. Después se secan los retoques de stop-off en la estufa.

Finalmente se forma el paquete de chapas definitivamente. Para la formación del paquete es necesario usar el carro con placa base junto con los centrajés. Para la formación del paquete superior, se sigue un procedimiento similar al que se hace con el semipaquete inferior con la salvedad que en el paquete superior hay que verificar el avellanado de la zona de los tubitos (ver Fig. 2.2.8 en Anexos). Una vez se han formado los dos semipaquetes y se ha secado los repasos con stop-off del semipaquete inferior en la estufa, se procede a la formación del semipaquete completo. Se deben colocar los tres tubos (fig. 2.2.8 en Anexos) en el alojamiento del semipaquete inferior y marcarlos con tinta indeleble para definir sus longitudes exactas y sus posiciones relativas, cortarlos y ubicarlos en las mismas posiciones en que se marcaron. Los tubos, una vez puestos, deben llegar hasta el final del alojamiento, no debiendo existir “juego” entre tubos y alojamiento. Hay que prestar especial atención a la hora de dar la vuelta al semipaquete superior, puesto que pueden producirse desplazamientos entre chapas y desprenderse el stop-off.

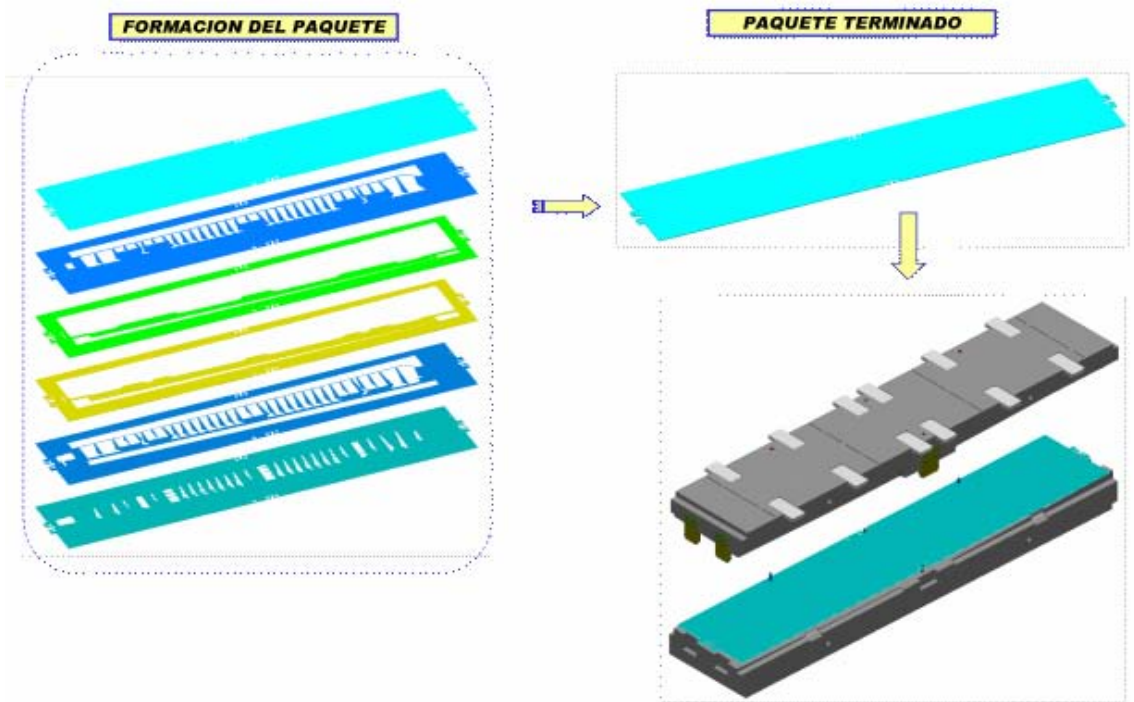


Figura 2.2.5 Formación del paquete

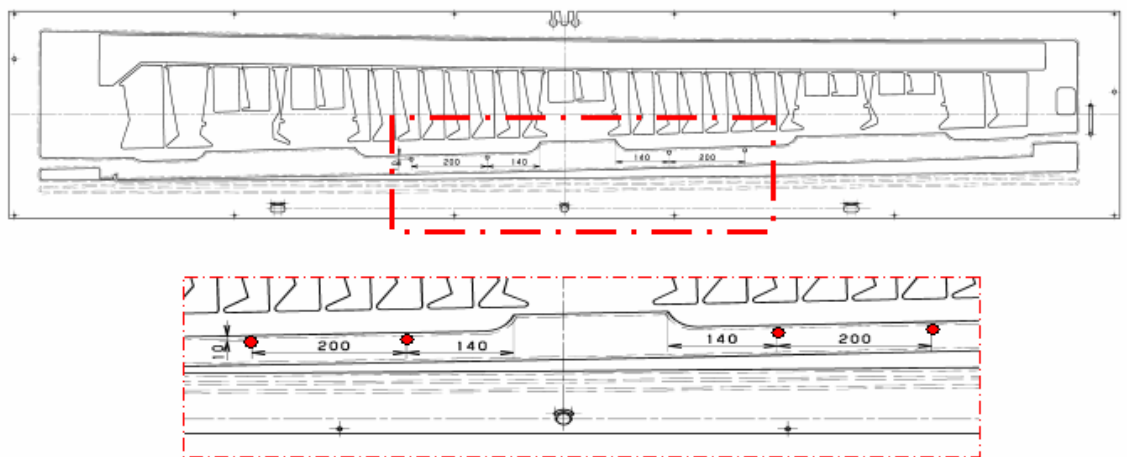


Figura 2.2.6 Puntos de soldadura

10. Se realiza la soldadura de contorno (TIG): Tungsten Inert Gas. Se hace las mediciones de los colisos de centraje del paquete con un útil específico y se repasa cuidadosamente con la fresa de repaso, en caso de que sea necesario.

11. Se realiza la aplicación del lubricante/desmoldeante (Nitruro de boro) para que la pieza no se pegue al útil en el proceso CSP/SD en la prensa.

- Desmoldeante:

ENDU 4479 A de Achenson

Disolvente 60FA de Achenson.

- Mezcla:

Preparar la mezcla añadiendo 25 cl.de disolvente 60FA por cada kg de ENDU 4479A

Para la aplicación del Nitruro de boro es necesario utilizar mascarilla con filtro de polvo. Hay que aplicar sólo una capa, no darlo cruzado, y después de aplicado se debe apreciar el color "gris" de la chapa. Después se deja secar durante 60 minutos y después manualmente y con un papel trapicel, hay que suavizar e igualar el desmoldeante en todas las superficies de la pieza sobre las que se ha aplicado.

12. Se realiza el proceso de Soldadura por difusión / Conformado superior en la prensa ACB, anotando la hora y fecha de la carga, imprimiendo el gráfico de temperatura en los termopares del útil y comprobando visualmente el conformado completo de la pieza fría. Las operaciones de prensa serían la carga, soldadura, punch-through y el conformado. La rampa de calentamiento/enfriamiento del útil debe estar entre 60<sup>o</sup>-75C/hora, según requerimiento del fabricante del mismo.

El ciclo de soldadura se divide en tres fases:

**1ª Fase: VACÍO:** Inmediatamente a continuación de la expansión térmica se inicia el ciclo de vacío por la línea correspondiente (línea 2) con una fuerza de sellado de 40 Toneladas. Para evitar la aparición de capa alfa en el interior de la pieza y sobre todo en la línea de soldadura es necesario hacer el vacío lo más rápido posible entre las dos chapas. El valor de vacío a obtener en un tiempo máximo de 5 minutos será de 0,1 bares (presión absoluta).

**2ª Fase: PRESOLDADURA:** Una vez se ha conseguido el vacío en el interior del paquete, se inicia la subida de presión por otra línea (línea 1) por ambas caras externas de la pieza hasta los 23 bares de presión absoluta, en espera de conseguir que las temperaturas de los termopares del útil lleguen a los 917-937C (temperatura de soldadura) y con una fuerza de sellado escalonada de 40 a 70 Toneladas.

**3ª Fase: SOLDADURA:** Una vez alcanzada la temperatura de soldadura en todos los termopares del útil (917-937C) se contabilizará un tiempo de soldadura mínimo de 180 minutos.

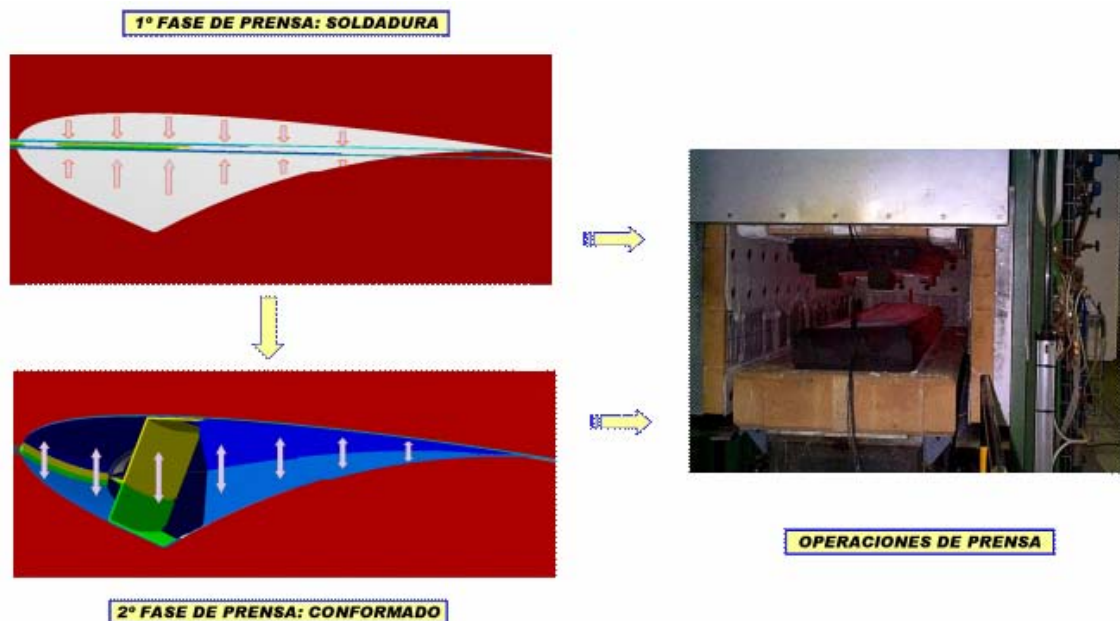


Figura 2.2.10 Detalle operaciones en prensa

Hay que verificar que el punch-through se ha realizado. En la prensa ACB se realiza de forma automática y tira el programa de conformado si no se consigue un Punch satisfactorio en tres intentos. El objeto del punch through es porque durante la fase de soldadura los tubos por donde se introduce el gas (para la siguiente fase de conformado) pueden ser obstruidos por titanio al soldar las chapas. Para ello se introduce poco volumen de gas pero a una presión muy elevada (punch through). Así en la fase de Conformado superplástico se puede introducir gas argón por los tubos de una manera controlada y constante, evitando posibles problemas con los espesores de la pieza.

Durante el ciclo de conformado se inicia la bajada de temperatura (a 3 bares de presión absoluta) desde 920C hasta que todos los termopares del útil estén por debajo de 760C. Por último hay que imprimir gráficos y comprobar.

Si vemos los diferentes ciclos por los que se ve sometido una pieza en el interior de la prensa:

**GRAFICO PRESIÓN\ TEMPERATURA\ TIEMPO DE LA FABRICACION DE UN SLAT EN PRENSA, CON EL PROCESO ACTUAL.**

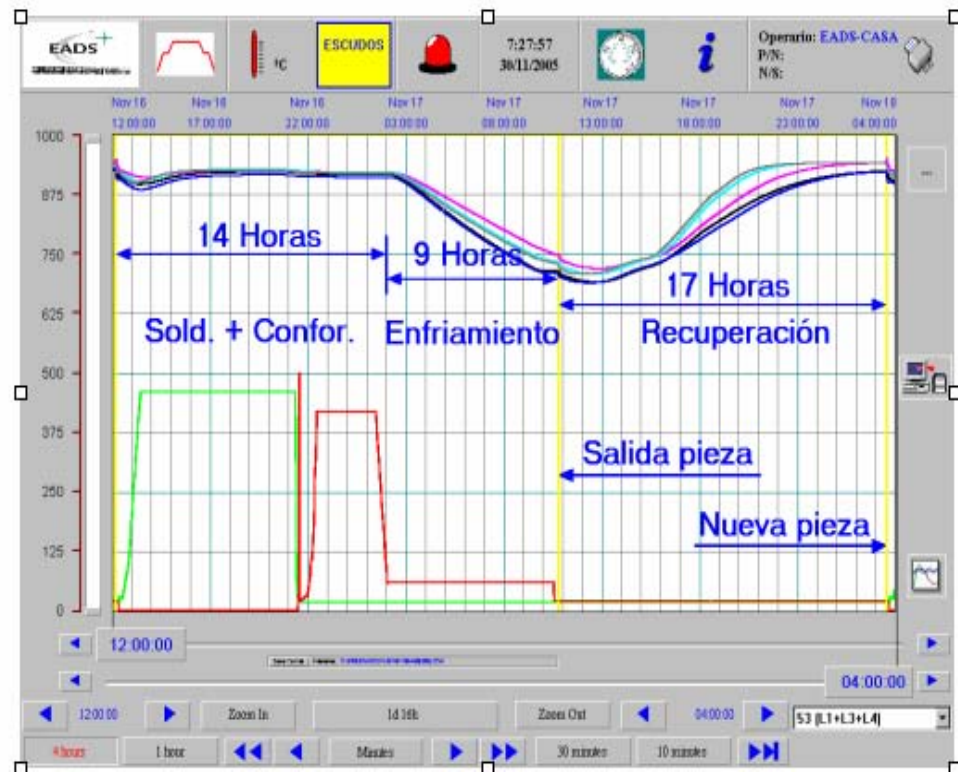


Figura 2.2.11 Gráfico Presión/Temperatura

13. Se procede al enfriamiento y descarga de la pieza e introducción en la caja de enfriamiento. Los útiles se deben enfriar hasta que todos los termopares del mismo estén a una temperatura de 760C, ya que la pieza no se puede sacar de la prensa a una temperatura demasiado elevada, debido que al salir habría una diferencia de temperatura muy grande entre la parte superior de la pieza y el plato cerámico que está muy caliente, con lo cual la pieza sufriría un cloqueo, es decir, una deformación debido a que se vería sometido a esfuerzos de tracción por arriba y de compresión por abajo. Para evitar la aparición de estos esfuerzos, se reduce la temperatura de la prensa antes de sacar la pieza hasta 760C, así estos esfuerzos serán mucho menores.

Para poner a enfriar el útil y para agilizar el proceso, hay que pasar a la pantalla de temperatura de los platos. Hay que dejar la temperatura en manual,



puesto que si cambiásemos en funcionamiento en automático la prensa se pondría a calentar.

Cuando todos los termopares de útil estén por debajo de los 760C bajamos a la presión atmosférica y la máquina sacará la presión del interior del slat. Cuando la pieza se enfría, el útil se contrae y por rozamiento con los platos cerámicos desgasta los mismos. Lo que se hace para minimizar esto es que la presión de la línea de gas 2 del punch y del conformado disminuye hasta una diferencia de presión con la línea de gas 1 de soldadura de unos 3 bares (en el interior de la pieza) para que las tensiones sean menores, de tal forma que la presión o la fuerza que ejerce el útil sobre el plato cerámico sea menor y por tanto el desgaste también sea menor. No se le da una diferencia de presión menor porque la pieza se arrugaría y se desinflaría.

Una vez se haya descargado la presión de la pieza se finaliza el ciclo. Antes de abrir los útiles, hay que cerciorarse que se ha descargado toda la presión del interior del slat, puesto que podría ocasionar la apertura de la prensa. Esto se hace abriendo la válvula de purga (se hace el pinchazo del slat). Después abrimos la puerta de la prensa, subimos la matriz superior entre 80 y 100 mm y pinchamos la caja de entrada de gas. Seguidamente se extrae la pieza con un útil estándar. Después se introduce el útil en la caja de enfriamiento hasta que alcanza la temperatura ambiente y una vez que se alcanza se limpian y se soplan los útiles. Después de descargar la pieza es necesario volver a cargar el ciclo, empezar el calentamiento y conectar la purga, hasta que se consiga la temperatura del ciclo listo deseada.

Cuando se extrae el paquete de chapas ya conformado, se cortan los excesos (rebabas) del paquete de chapas, una vez se ha sacado de la prensa, en la sierra de cinta por el labio de sellado excepto en la zona de taladro y el coliso de coordinación (coliso de centraje), necesario para la comprobación de flechas. Se dan dos taladros en ambos extremos de 6,1 mm de diámetro según se indica en el croquis de la imagen para su recogida en baños.



Figura 2.2.12 Corte de excesos

14. Se aplica un chorro seco al paquete, que se fija en la máquina de chorreado por los mismos taladros que se hacen para la recogida en baños del punto anterior, sellando previamente la entrada de gas (donde se hace el punch through) y la zona de pinchazo. Se chorrea con polvo de alúmina (grano de 120 o más fino)

15. Eliminación de la capa alfa en baños. Se deja un espesor de 180 micras por ambas caras.

16. Comprobación de la flecha en el paquete, siendo la flecha la diferencia máxima en la deformación del material entre el estado de reposo y con aplicación de una carga. Si al dejar de aplicar la carga el material vuelve a su posición original se dice que está en estado elástico. Si no lo hace, se dice que está en estado plástico. Nuestras piezas siempre presentarán un mayor grado de plasticidad que de elasticidad. De esta manera, comprobamos la flecha en el CLFA (útil del calibre de fabricación) y se anota el resulta en la IV (instrucción de verificación).

-Si la flecha de la pieza es  $\leq 3\text{mm}$ , enviamos la pieza a mecanizado final.

-Si la flecha de la pieza es  $> 3\text{mm}$ , la enderezamos hasta dejarla  $\leq 3\text{mm}$ , y la enviamos a mecanizado final.

Después se trazan los excesos de las cabezas con el CLFA y se cortan los excesos en la sierra de cinta, dejando las orejetas con el taladro del punto fijo y la ranura de la zona central para el posicionado de la pieza en el útil de recantado.

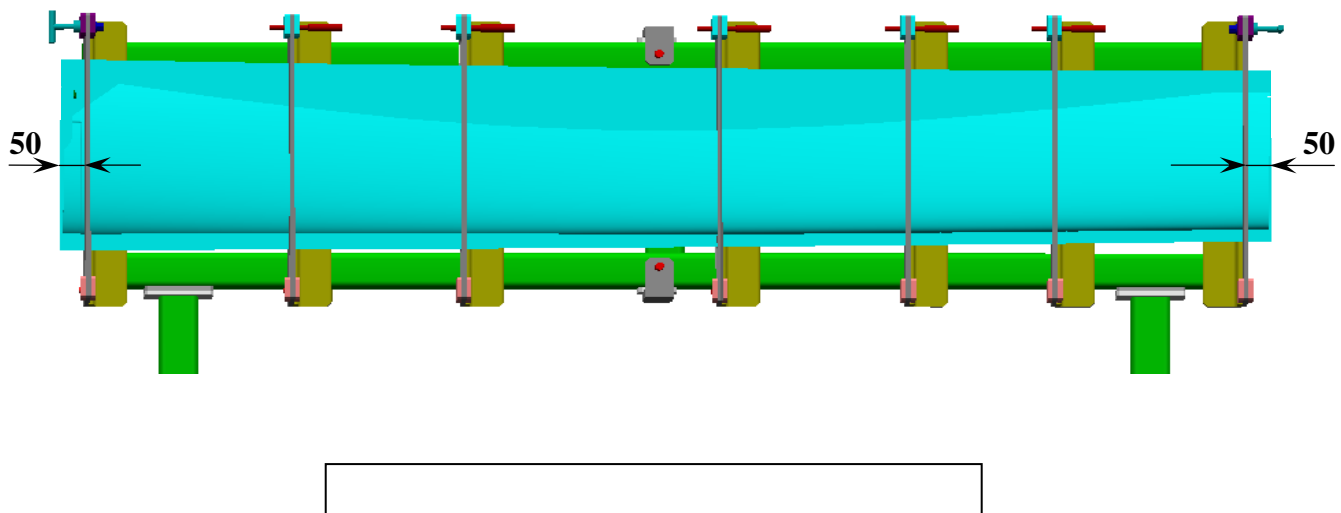


Figura 2.2.13 Corte de excesos en las cabezas

17. Se hace una fabricación idéntica de una probeta y se elabora una IT (Instrucción Técnica) de corte de excesos y obtenemos las probetas antes del control numérico (CN) que es un mecanizado.

18. Enderezado en caliente (horno Brochot) y una vez que la pieza está fría le medimos la flecha sin anotar en la instrucción de verificación ni utilizar el calibre de fabricación. Se conformará en el horno a  $525\text{C}$  durante una hora. Cumplimentamos el número de conjunto y chapas, anotando las medidas reales y devolviendo a verificación para el posterior envío a Calidad. En el caso

de que fuera necesario enderezar, se coloca la pieza en el útil y se aplica la flecha inversa, es decir, en sentido contrario.

Ejemplo: si tenemos una flecha de + 2mm, le aplicaremos una flecha contraria de - 2mm.

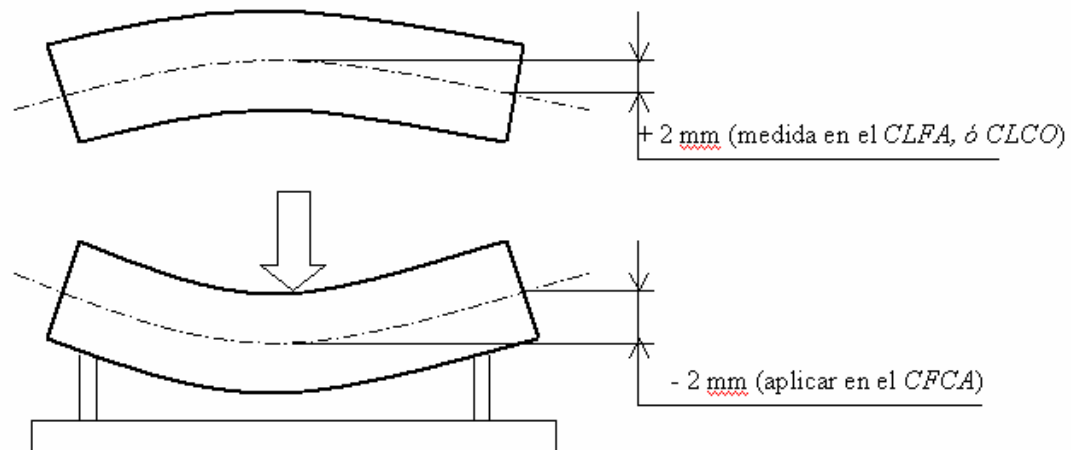


Figura 2.2.14 Enderezado en caliente

Hay que evitar deformaciones mayores de 4 mm de una sólo vez durante el proceso de quitar flecha, puesto que podríamos ocasionar deformaciones en los paneles. En el caso de que tengamos más flecha, debemos quitársela en varias pasadas.

19. Se procede a la Verificación e Inspección, mediante los distintos procesos utilizados a tal efecto. Se comprueba la forma aerodinámica de la pieza (sin utilizar el útil del calibre de fabricación ni la IV) y se hace una Inspección metalográfica, utilizando los siguientes métodos: Calidad de soldadura por difusión (para ver la posible contaminación y los microdefectos), tamaño de grano, relación de fases y comprobación de la capa alfa.

20. Se realiza un Mecanizado final en centro de Control Numérico (CN), situando el Slat sobre el útil soporte y eliminando la posible flecha del elemento. Recanteamos a neto el Slat excepto los picos (con excesos para un

posterior repaso manual sin utilizar la hoja de Instrucción Técnica. Desmontamos el Slat y el útil soporte y limpiamos ambas partes en baños. Identificamos los retales y el número de serie de la pieza a la que pertenece (con las probetas ya mecanizadas o a obtener más tarde).



Figura 2.2.15 Acabado de pieza

21. Terminación de la pieza y Rebarbado (cuando mecanizas la pieza o le haces algún corte), mediante el repaso y la eliminación de las rebabas. Se repasan y rebaban las probetas e identificamos en la IT. Terminamos el “piquito” del borde de ataque.
22. Verificación de la pieza, comprobando las características de Calidad y con la comprobación visual de las piezas (aspecto visual de la pieza). Comprobamos y cumplimentamos la documentación correspondiente.
23. Se hace la recepción de la pieza y la mantenemos en protección.

24. Limpiamos la pieza, mediante la eliminación del stop-off interior (con chorro seco o agua a presión), el desengrase alcalino turco 4215 (durante 30 minutos) y el enjuague final.
25. Se realizan nuevas Verificaciones y Ensayos, mediante la captura de piezas identificables en transacción SAP (que es un programa de gestión), la verificación dimensional según cálculo e inspección visual, verificación de espesores según plano IV y PLVE (plantilla de verificación) y el trazado de posición de costillas y larguero con PLVE.
26. Se realiza una inspección por ultrasonidos en las zonas de soldadura.
27. Se desarrollan ensayos de tracción y ensayos de contenido de hidrógeno (para ver las posibles grietas) en la pieza.
28. En la zona de baños se realiza un desengrase turco durante 30 minutos un decapado final. Posteriormente se envuelve en papel neutro.
29. Se realiza otra verificación mediante la inspección visual interior con endoscopio (especie de lupa) de la Integridad/planitud/soldadura de semicostillas y semilargueros y del estado superficial exterior. Se hace una cumplimentación de la documentación.
30. Se procede a la inspección de grietas por líquidos penetrantes.
31. Se limpia y se protege la pieza (en baños).
32. Se vuelve a realizar otro chorreado seco de la pieza con polvo de alúmina.
33. Se prepara y se aplica la pintura a la pieza.
34. Se realiza una última verificación.
35. Por último se protege la pieza envolviéndola en un plástico superficial y se almacena.

Estos serían los pasos a seguir para la fabricación de un elemento aeronáutico como el Slat. Pero debemos conocer cada uno de estos pasos por los que pasa la pieza de titanio para comprender todo el proceso en su conjunto. Así podemos ver en los Anexos el proceso de Conformado superplástico y Soldadura por difusión en la chapa de aleación de titanio Ti-6Al-4V que es el que utilizamos para la fabricación de piezas en la planta de

Superplástico. De esta forma entenderemos los distintos pasos por los que tiene que pasar la chapa de la aleación de titanio según las diferentes normas y especificaciones técnicas elaboradas por la propia empresa, desde que entra la chapa de aleación de titanio hasta que sale como pieza aeronáutica.

En los Anexos podremos ver los requisitos, materiales y equipos necesarios para la fabricación de piezas en chapas de aleación de titanio Ti-6Al-4V, utilizando los procesos siguientes:

- Conformado superplástico (CSP)
- Soldadura por difusión y Conformado superplástico (SD/CSP)

El número de chapas y las dimensiones máximas utilizadas están en función de la instalación disponible. La temperatura del proceso para el material Ti-6Al-4V no será superior a 937C, debido a que a una temperatura mayor el material deja de comportarse como superplástico.

El Conformado superplástico como ya sabemos está basado en la propiedad que tienen algunos materiales de deformarse sin llegar a la rotura superando el estado plástico, lo cual permite realizar alargamientos de hasta el 1000%. Para que sea posible tal comportamiento, deben conjugarse en el material unas condiciones óptimas de microestructura (tamaño de grano y proporción de fases constituyentes), temperatura y velocidad de deformación; estos factores, junto con los parámetros del proceso, tales como presión, tiempo, atmósferas de trabajo, etc., posibilitan el conformado de materiales mediante esta tecnología.

El grado de superplasticidad de un material se caracteriza por su índice de sensibilidad a la velocidad de deformación, denominado  $m$ , cuyo valor óptimo es igual o superior a 0.5, siendo mucho menor en los materiales no superplásticos.

El proceso de soldadura por difusión se rige por los mismos factores que el conformado superplástico: temperatura, tiempo, presión y atmósfera de trabajo; lo que permite su realización conjunta. El resultado industrial es el proceso de conformado superplástico/soldadura por difusión, por el cual pueden obtenerse piezas de diversos diseños, usando el número de chapas y soldaduras múltiples que se precisen.

### **2.3.- Introducción al sistema Lean Manufacturing**

Una vez entendido el proceso que se realiza en la planta de Superplástico, vamos a introducir la explicación de las herramientas de Lean Manufacturing (para su posterior aplicación en la planta) y a establecer unas pautas para el desarrollo de las mismas. Estas herramientas se basan en un ajuste a la demanda, libre de defectivo y fabricación de pieza a pieza al mínimo coste.

El sistema de Lean Manufacturing está basado en una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente, justo a tiempo que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida, en la secuencia requerida y sin defectos. Aplicar las prácticas Lean es una forma de reducir costes, mejorar los resultados y crear valor para la empresa.

#### **1. Se basa en las necesidades de los clientes**

- Clientes internos y externos.
- Se limita al objetivo de la búsqueda del valor para el cliente.



2. Busca la eliminación de los desperdicios

- Mediante la identificación de los desperdicios y sus causas.

3. Busca hacer más con menos

- Mediante el incremento del Valor.
- Mediante el consumo de menos recursos.

Así pues, si queremos resumir brevemente qué es Lean Manufacturing en una frase corta, tenemos que decir que Lean es la eliminación del desperdicio y la creación de Valor.

Podemos ver cómo surgió el Lean Manufacturing en la empresa como un intento de mejorar la producción reduciendo los costes y aumentando la calidad de los productos.

1885	1913	1955-1990	1993-...
<b>Producción artesanal</b>	<b>Producción en masa</b>	<b>Toyota Production System - TPS</b>	<b>Lean Enterprise</b>
Bajo nivel de automatización Alta personalización de los productos	Componentes modulares Líneas de producción con ritmo Ingeniería de producción "A los operarios no les gusta pensar"	El operario resuelve los problemas Operario como dueño del proceso por medio de: -- Formación -- Calidad en proceso -- Mínimo inventario -- Just-in-time Eliminar desperdicio Respuesta a cambios	"Lean" aplicado a todas las funciones de la empresa Optimización del valor para todos los agentes implicados
Alto nivel de cualificación operarios Producción unitaria Alto coste por producto	Bajo nivel de cualificación operarios Producción de muchas unidades por producto Bajo coste (Escala) Problemas de calidad persistentes Modelos inflexibles	Bajo coste Cultura de la mejora continua Alta calidad de los productos Modelos flexibles	Bajo coste Cultura de la mejora continua Alta calidad de los productos Modelos flexibles Mas valor para todos los agentes implicados

Figura 2.3.1 Evolución Lean Manufacturing

Si vemos el esquema siguiente podemos señalar que el objetivo principal de Lean es la satisfacción de los clientes y las ventas y beneficios, que se consigue mediante la estabilidad de la producción a largo plazo aplicando herramientas de Calidad, reducción de costes y servicio.

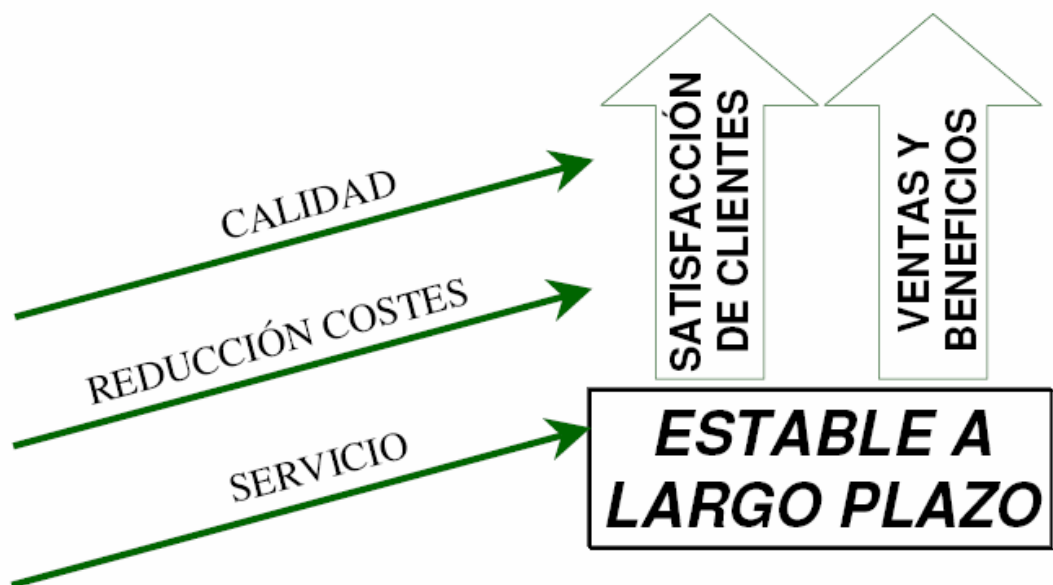


Figura 2.3.2 Objetivo Lean

El sistema de Lean Manufacturing no es más que un sistema de producción que implantó la empresa Toyota y que sirvió como modelo posterior para que se implantara en otras empresas, entre ellas la que es objeto de desarrollo del proyecto.

Entre las distintas herramientas que nos podemos encontrar en Lean Manufacturing, como la Total Quality Management (TQM) en productos o la

Total Production Maintenance (TPM) en los equipos, vemos que todas ellas se desarrollan mediante la implicación de las personas en la mejora continua mediante la gestión de las herramientas Lean, definiendo objetivos y desplegando acciones pertinentes.

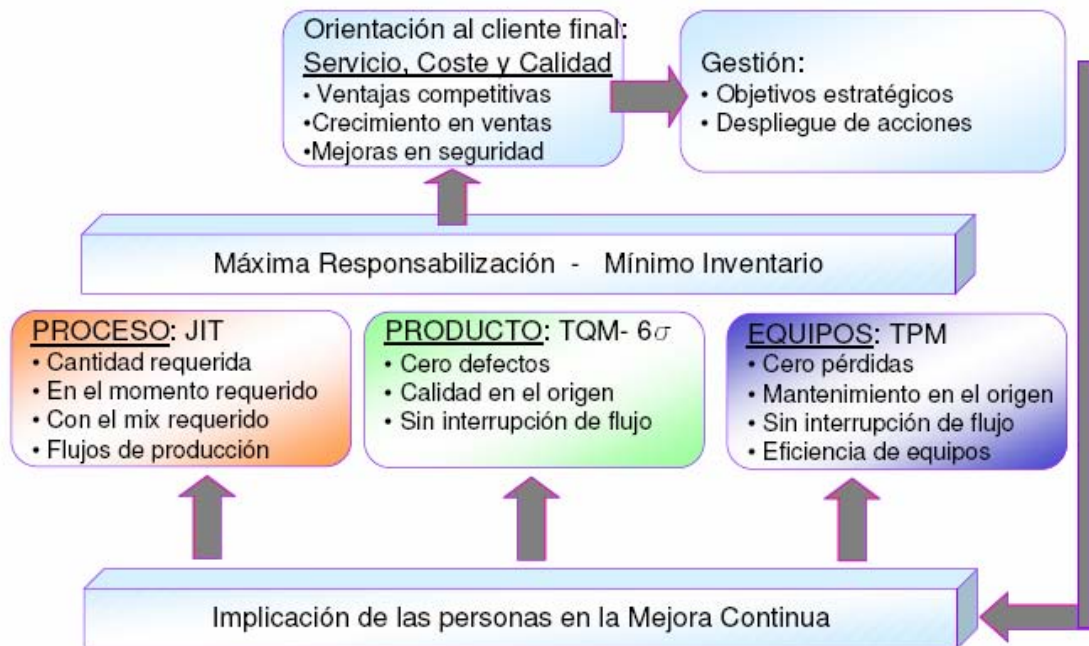


Figura 2.3.3 Esquema Herramientas Lean

Anteriormente hemos dicho que uno de los objetivos de Lean Manufacturing es la eliminación de desperdicios. Pues bien, ahora identificaremos todos los desperdicios que se pueden crear en una empresa.

### 1. Sobreproducción

Se define la sobreproducción como la producción de productos antes de que sean requeridos. Esto penaliza el flujo de materiales y genera inventarios. La sobreproducción en la empresa se puede producir por diferentes motivos:

- Tareas finalizadas antes de que sean requeridas en el siguiente proceso (en nuestro caso una pieza a la que se le haya hecho la soldadura por puntos y formación del paquete antes de que sea requerida su introducción en la prensa).
- Fabricación anticipada para cubrir posibles ineficiencias (ej: averías). Aquí en la planta estamos fabricando más piezas de las que son requeridas por el cliente para cubrir el 15% que suponemos de averías de máquina. El objetivo de Lean sería actuar contra esas averías y reducir su porcentaje significativamente, para no tener que recurrir a la sobreproducción.
- Fabricación en lotes para optimizar cambios.
- Falta de fiabilidad en programas de fabricación y aprovisionamiento (sobre esta causa se está actuando mediante la actualización del software en las prensas y sobre la mejora en el flujo de producción).

Un ejemplo claro de sobreproducción sería que la máquina no puede fabricar la pieza que se necesita en ese momento porque está terminando un lote de piezas que aún no son necesarias.

Las leyes de la sobreproducción serían las siguientes:

- Producir todo lo que se pueda sin mirar a la capacidad del siguiente proceso (esto produce un incremento en los tiempos de espera).

- Asignar a los puestos material de sobra para que no paren (esto genera inventarios).
- Fijar objetivos globales de productividad.
- Fijar un % de producción para cubrirse del posible scrap (pieza inútil).
- Invertir en máquinas de velocidades muy superiores a lo necesario (esto genera la inversión de un dinero que después no se va a utilizar).

Otro ejemplo de la sobreproducción sería la falsa eficiencia:

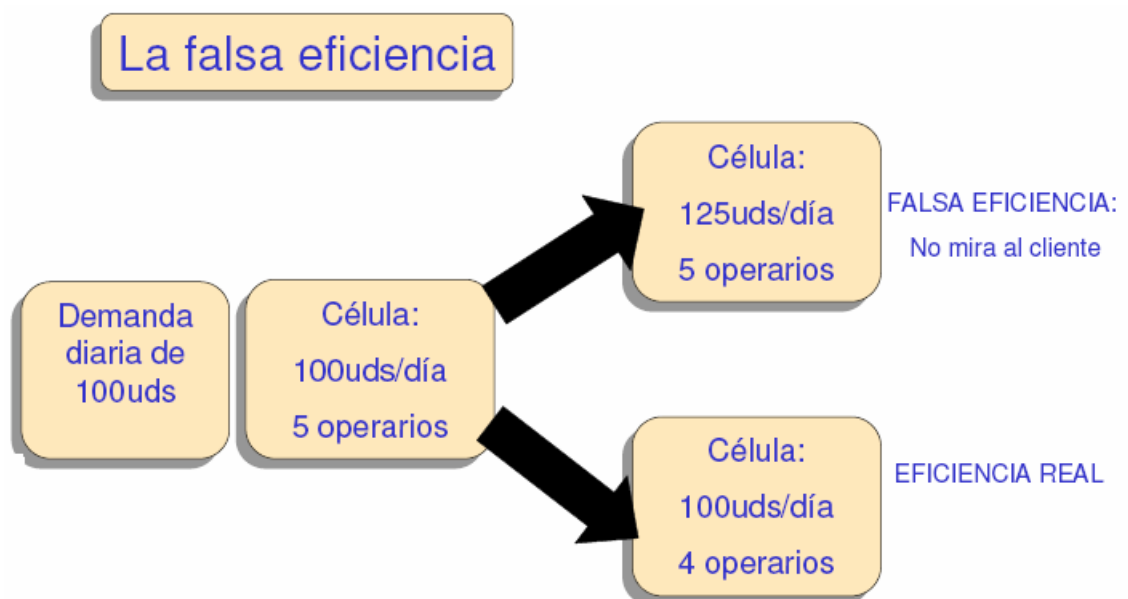


Figura 2.3.4 Ejemplo falsa eficiencia

## 2. Tiempos de espera

Los tiempos de espera los producen los recursos sin utilizar esperando a poder realizar una actividad. Repercute en una menor productividad y en un

mayor Lead time (el Lead time es el tiempo que transcurre desde que entra la materia prima hasta que sale como pieza fabricada). Los tiempos de espera se pueden producirse por las siguientes causas:

- Espera por averías de equipos o preparaciones.
- Espera por falta de materiales.
- Espera por procesos desequilibrados.
- Espera a ciclos automáticos.
- Espera a información (ej: espera a concesiones).
- Espera a medios de manipulación (ej: espera al puente grúa).

### 3. *Transporte y almacenaje*

Es el tiempo invertido en transportar y almacenar materiales. Repercute en un mayor coste y un mayor Lead time. Este desperdicio para la empresa puede producirse según diferentes causas:

- Transporte de materiales entre zonas aisladas (ej: revestimientos que viajan de una nave a otra).
- Operaciones de almacenaje, picking, ubicación...
- Movimiento de información en papel.

En concreto, en la planta de Superplástico había el problema de que se necesitaba hacer el recantado final de los Slats en una planta en Toledo. Para

ello se requería del transporte de las piezas que tardaban unas tres semanas en devolverlas a planta, con lo que aumentaba mucho su Lead time. Al final ese problema se solucionó buscando una subcontrata que las recanteara y que se encontraba en la misma provincia, lo que acortó su Lead time y se abarataron costes.

Un ejemplo claro que podemos ver en este punto es el de las “islas aisladas”:

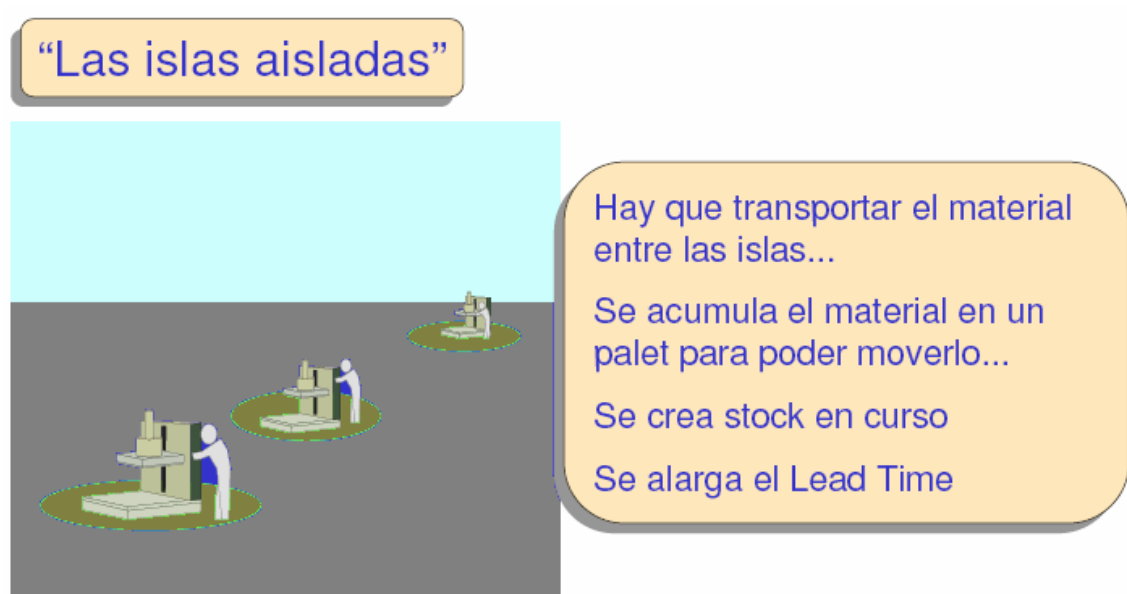


Figura 2.3.5 Ejemplo islas aisladas

#### 4. *Tiempo de procesos innecesarios*

Son el resultado de procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido. Esto repercute en una menor productividad. Los tiempos de procesos innecesarios se pueden producir por:

- Generar más información de la necesaria (que no se utiliza).
- Ajustes de procesos por encima de lo requerido.

- Tareas duplicadas (inspecciones).
- Embalajes que luego se desembalan en procesos posteriores.
- Utilización de herramientas inadecuadas.
- Secuencia inadecuada en operaciones de montaje.
- Útiles inadecuados.

### 5. *Inventarios*

Se entiende por inventario como la acumulación de la materia prima, producto en curso o producto terminado. Repercute en un mayor coste, defectivo y un mal servicio al cliente. El inventario puede producirse por:

- Más cantidad de stock que el mínimo requerido (concepto de stock estándar).
- Acumulación de información.

Las distintas tareas que se pueden producir por tener inventario son:

- Necesidad de espacio
- Defectivo
- Transporte
- Recepción
- Contar
- Contabilizar
- Pérdida



- Clasificación
- Trazabilidad
- Impuestos
- Seguros
- Inspeccionar
- Almacenar
- Asignar costes
- Obsolescencia
- Búsqueda

Por tanto, el inventario es un factor muy importante el cual tenemos que evitar en todo momento, ya que muchas veces nos proporciona disponer de muchas piezas más de las que necesito aportar al cliente en un determinado momento. A veces es necesario, pero tenemos que deshacernos de él porque nos engaña ocultando problemas, como los siguientes:

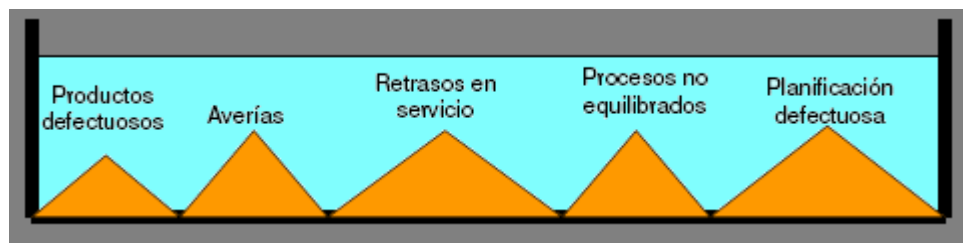


Figura 2.3.6 Problemas que oculta el inventario

En el anterior dibujo podemos ver que el tener inventario oculta todos los problemas anteriores. Si vamos disminuyendo el inventario van apareciendo, y entonces podemos corregirlo, ya que sólo podemos controlar lo que podemos medir.

La sobreproducción y el inventario en muchas ocasiones son valorados (incluso contablemente) como activos o beneficios para la empresa. Al fin y al cabo, suponen un valor ya producido. Sin embargo son los dos desperdicios

más peligrosos ya que responden a la incapacidad de adaptarse al mercado o a la necesidad de construir un “colchón” que tape nuestras deficiencias como organización.

## 6. *Movimiento*

Se refiere a cualquier movimiento (método) que no es necesario para completar una operación de valor añadido. Esto repercute en una menor productividad. Estos movimientos se refieren a:

- Desplazamiento y búsqueda de herramientas.
- Movimientos de alcanzar, agacharse, inclinarse, desplazarse, girarse...
- Ergonomía.
- Doble manipulación de piezas o componentes (ej: alguien pone piezas en un carro y otro coge las piezas y las clasifica).
- Desplazamientos a PC, impresora,...

## 7. *Defectos*

Se refiere a utilizar, generar o suministrar productos que no cumplan las especificaciones. Esto repercute en un mayor coste, retrasos, mala calidad y un mayor lead time. Estos defectos pueden producirse por diferentes causas:

- Inspeccionar.
- Reprocesar.

- Enviar productos defectuosos al siguiente proceso.
- Información errónea.

Para corregir este defecto, el Lean Manufacturing busca la Autonomatización de los equipos o Jidoka: Equipos automáticos dotados de la capacidad de detección de defectos, parada y aviso.

Por tanto, podemos decir como conclusión que el objetivo primordial del Lean Manufacturing es reducir el ciclo de fabricación o Lead time.

Los desperdicios también se pueden clasificar según distintos niveles. Así nos podemos encontrar desperdicios:

A nivel de planta:

- Stock en curso.
- Lay-out ineficiente.
- Zonas de inspección.
- Zonas de reprocesos.
- Tamaño de lote de producción.
- Tamaño de lote de transferencia (contenedores).
- Flujo intermitente.

A nivel de proceso:

- Tiempos de preparación altos.
- Desequilibrios entre operaciones.
- Falta de mantenimiento.
- Organización, orden y limpieza.

- Buffers.
- Defectos, chatarras en el proceso.

A nivel de método:

- Agacharse e inclinarse.
- Dobles manipulaciones.
- Desplazamientos.
- Búsqueda de materiales.
- Exceso de papeles.

Ahora vamos a ver algunos indicadores Lean que se utilizan para medir distintos parámetros dentro del proceso, con el lema de que “sólo se puede controlar (o mejorar) aquello que se mide”.

### 2.3.1.- Indicadores Lean

#### 1. Cualitativos

Lean Assessment: Evaluación del estado Lean.

#### 2. Cuantitativos

First Time Through (FTT): Bien a la primera.

Overall Equipment Effectiveness (OEE): Eficiencia global del equipo.

Dock To Dock (DTD) – Lead time.

Build To Schedule (BTS): Fabricación según horario.

On Time Delivery: Cumplimiento de entregas.

Distancia recorrida.

Downtime (Paradas) – Incluidos en el OEE.

Cambios – Incluidos en el OEE.

### 2.3.2.1.- *First Time Through (FTT)* – Bien a la primera

Se define como el porcentaje de piezas que se realizan bien a la primera

$$FTT = \frac{\text{Uds introducidas en el proceso} - (\text{Rerun} + \text{Scrap} + \text{Retests} + \text{Unid Repar fuera linea})}{\text{Unidades introducidas en el proceso}}$$

Nota:

Rerun: Reproceso; Scrap: Inutilidad; Retest: Reevaluación

Para calcular el FTT de un proceso se hacen los siguientes pasos:

- 1) Se elige una pieza de control que siga todo el proceso
- 2) Se calcula el FTT de cada subprocesso
- 3) Se calcula el FTT total de todo el proceso (multiplicando los porcentajes que salen en cada subprocesso).

### 2.3.2.2.- Overall Equipment Effectiveness (OEE): Eficiencia Global del equipo

La Eficiencia Global de las Instalaciones es el indicador clave en los proyectos de implantación del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

El OEE se podría definir como el Ratio entre la producción realizada en un periodo de tiempo y la producción máxima realizable en el mismo periodo de tiempo con la máquina funcionando a velocidad teórica máxima durante todos los minutos del periodo. En definitiva, el OEE indica cuántas piezas han salido como producto correcto funcionando la máquina a velocidad nominal y sin averiarse. En este concepto están incluidas todas las fuentes de ineficiencia, estén o no programadas, ya que la única manera de mejorar es identificar todo para trabajar después sobre lo que es susceptible de mejora.

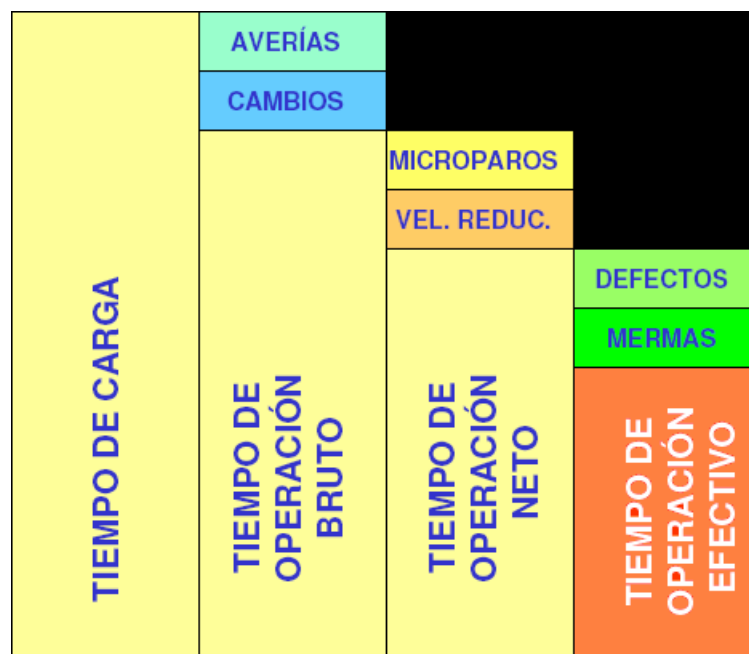


Figura 2.3.2.2.1 Esquema OEE

$$\text{OEE} = (\text{Disponibilidad}) \times (\text{Rendimiento}) \times (\text{Tasa de Calidad})$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operación bruto}}{\text{Tiempo de carga}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{Tiempo ciclo ideal}) \times (\text{Piezas procesadas})}{\text{Tiempo de operación bruto}}$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{(\text{Tiempo ciclo ideal}) \times (\text{Piezas buenas})}{(\text{Tiempo ciclo ideal}) \times (\text{Piezas procesadas})}$$

Para obtener OEE's iguales al 85% (valor objetivo mínimo en nuestra planta) cada multiplicando de la fórmula del OEE tiene que ser superior al 95% o, lo que es lo mismo, el nivel de exigencia en cuanto a la gestión de paradas y averías, en cuanto a las pérdidas de velocidad y capacidad y en cuanto a los defectos debe ser elevadísimo.

Para el primer gran bloque de pérdidas (rendimiento de disponibilidad por averías y paradas), el sistema Lean nos ofrece herramientas estadísticas simples y clásicas para la resolución de problemas tales como la hoja de recogida de datos, así como otras más sofisticadas como el histograma o los gráficos de control, con el objetivo de identificar los problemas que generan las averías y paradas para trabajar sobre sus causas y eliminarlas sistemáticamente. Se entiende por avería cualquier pérdida significativa de las prestaciones de la máquina, es decir, no solo se debe considerar como avería la parada de máquina sino también cualquier pérdida de su función.

Para el segundo gran bloque de pérdidas (rendimiento de operación por pérdidas de velocidad), el sistema Lean nos ofrece herramientas específicas como el SMED. Las pérdidas de velocidad suelen ser difíciles de medir ya que

son las causadas por reducción del funcionamiento de la velocidad de máquina debido a todo tipo de causas.

Para el tercer bloque de pérdidas (rendimiento de calidad por defectos y mermas) podemos volver a emplear las herramientas del primer bloque. Un producto defectuoso supone en la mayor parte de los casos una pérdida de materia prima, pero, además de esto, supone un tiempo de máquina que se ha desperdiciado en procesar un producto inútil. Además de la pérdida anterior, el reproceso del producto (para evitar la pérdida de materia prima) se debe hacer en la misma máquina pero en condiciones más penosas, además del consiguiente aumento del Lead time de la pieza.

Las ventajas de utilizar el OEE son:

- Favorece la obtención de resultados a corto plazo, 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 obteniendo.
- Nos permite involucrar 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.
- Afloran fuentes de ineficiencia que, con otro sistema de medida, hubieran quedado ocultas y sin resolver.

#### 2.3.2.3.- *Dock-To-Dock (DTD)*

Es el tiempo transcurrido desde la descarga de la materia prima hasta la expedición (Lead time de la planta).



$$DTD = (\text{Inventario Mat Prima} + \text{Inventario en Proceso} + \text{Inventario Prod Term})$$

Inventario =  $n^{\circ}$  de Piezas / Demanda diaria del Cliente

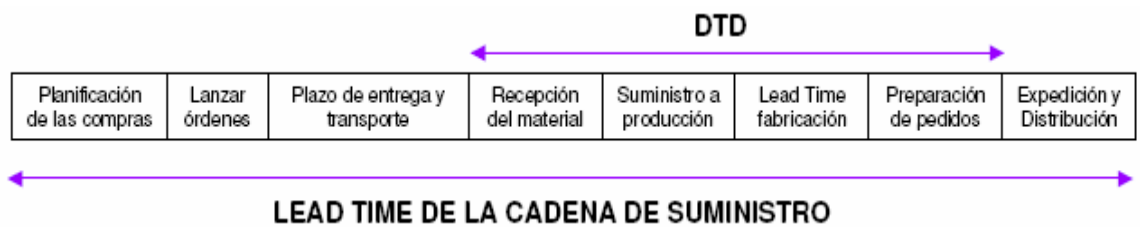


Figura 2.3.2.3.1 Periodo Dock to Dock

Ahora podemos ver en la siguiente figura un esquema representativo de lo que realmente significa el Lead Time:

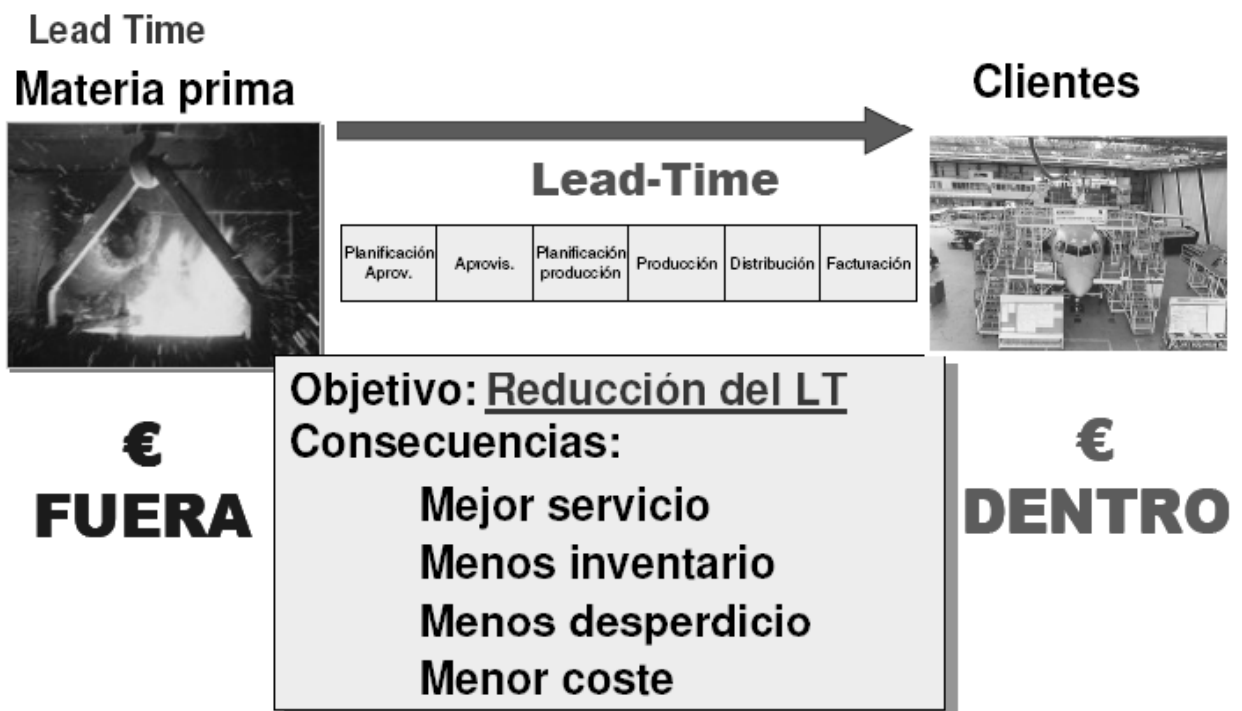


Figura 2.3.2.3.2 Lead time

## 2. **On time delivery.** Cumplimiento de entregas

La fórmula para calcular este factor sería la siguiente:

$$\text{On time delivery} = \frac{\text{Pedidos entregados en fecha en un periodo}}{\text{Pedidos con entrega planificada en un periodo}} \times 100$$

Lo ideal sería mantener controlados estos indicadores cuantitativos dentro de unos márgenes razonables de variabilidad, buscando un alto porcentaje de los mismos, de forma que siempre tengamos un Lead time pequeño y unos valores elevados de producción.

### 2.3.2.- Principios Lean

*Valor:* Es aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar.

*Cadena de Valor:* Son los pasos que hay que seguir para crear Valor.

*Flujo:* Unir los pasos en flujo continuo, sin interrupciones.

*Pull:* Es producir contra la demanda real.

*Nivelado:* Procesar todos los días una cantidad de todos los productos.

## Valor

Hay que entender lo que es Valor para el cliente, pero lo primero que hay que conocer es qué aporta Valor a un determinado producto o servicio. Lo que es Valor lo establece el cliente final y lo crea el fabricante o suministrador.

Podemos dar dos definiciones de Valor. La primera sería “Todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado”. La segunda definición de Valor sería “Toda actividad por la que el cliente final está dispuesto a pagar”.

## Cadena de Valor

Para crear una Cadena de Valor hay que analizar todas las actividades de producción. Para ello se suele utilizar la herramienta VSM (Value Stream Mapping), que es una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados (procesos). El Mapa del Flujo de Valor (VSM) nos permite identificar la secuencia de actividades ligadas a la transformación del producto así como identificar el despilfarro que se oculta en el proceso.

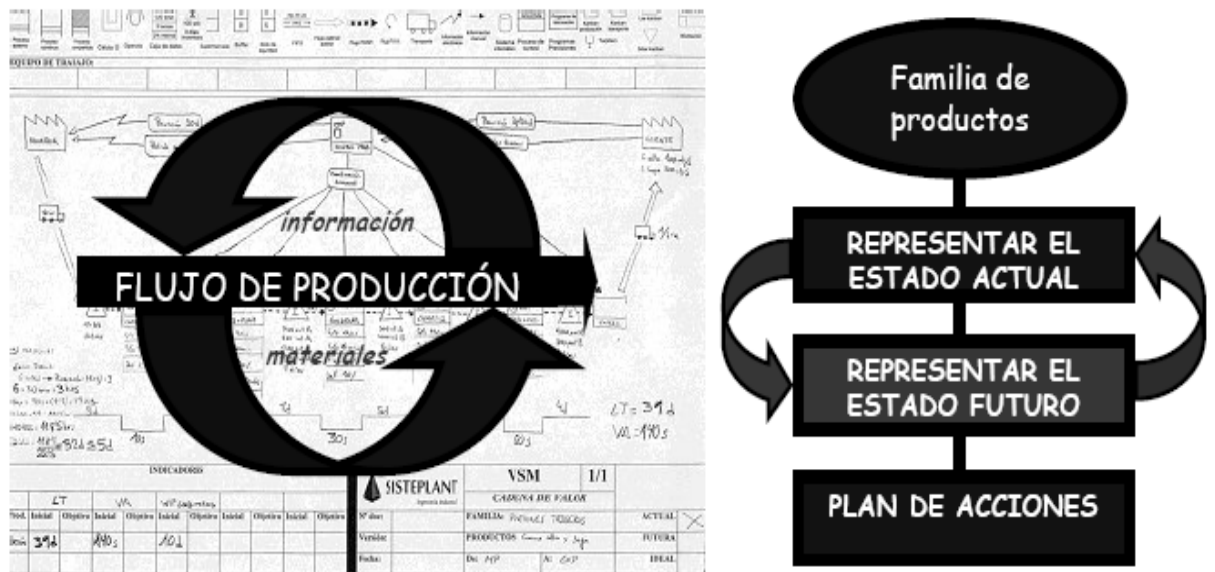


Figura 2.3.2.1 Creación de Cadena de Valor

La herramienta VSM:

- Es la base para establecer un plan de acciones de mejora continua: Identificación de desperdicios.
- Sirve para tener una visión global del proceso: Entender el proceso global en su conjunto y priorizar los objetivos globales sobre los de cada actividad.
- Permite establecer las métricas para la mejora.
- Promueve el trabajo en equipo: Visión de distintas personas implicadas en el mismo proceso (Cadena de Valor).
- Permite entender las causas de los problemas principales.

- Muestra la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información.
- Utiliza símbolos estandarizados para establecer un lenguaje común en el análisis de procesos.
- Sirve para establecer cambios en los flujos, representar las alternativas y tomar decisiones.

### Crear flujo

Consiste en la habilidad para procesar pieza a pieza. Lo ideal es crear un flujo continuo con las actividades que forman la Cadena de Valor.

- Siempre que se pueda es conveniente establecer flujos pieza a pieza (OPF) entre procesos de manera que no ocurran interrupciones del flujo.
- Es necesario trabajar al ritmo de la demanda: TAKT TIME.

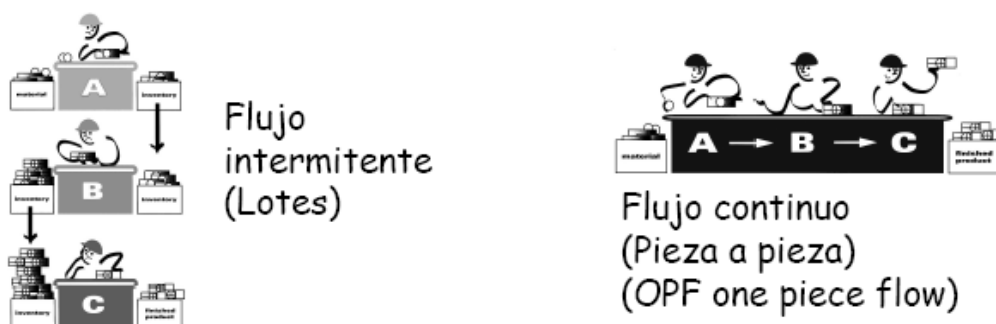


Figura 2.3.2.2 Creación de flujo continuo

El flujo pieza a pieza:

- Elimina tiempos sin Valor añadido.
- Reduce la necesidad de espacio.
- Limita el stock en curso.

El control del stock en curso reduce la dispersión al sistema de producción y controla el Lead time.

Takt time: Es el tiempo en el que necesitan los clientes un producto.

$$\text{Takt-time} = \frac{\text{Tiempo disponible por turno}}{\text{Demanda media de los clientes por turno}}$$

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que tarda en fabricarse un producto. Será siempre menor o igual al Takt time (será menor para poder absorber tiempos de cambio, sobredemandas, averías,...). Cuanto más cercano esté el tiempo de ciclo al Takt time, mayor será el tiempo de valor añadido en la célula de trabajo.

### Pull

La técnica pull consiste en procesar la que se ha vendido.

Existen distintas maneras de planificar la producción:

- Contra pedido.

- Contra previsiones.
- Contra demanda.

Hablando de estas maneras de planificar la producción nos vamos a encontrar con los sistemas Push y Pull.

#### Fabricación contra pedido:

Es un tipo de fabricación en la que el producto no se fabrica o se monta hasta que los clientes han realizado un pedido. Entonces la producción se planifica después de recibir las órdenes. Para que esto sea posible, es imprescindible que:

- El Lead time del proceso sea inferior al Plazo de Entrega comprometido con los clientes.
- La capacidad productiva se adecue a la carga de pedidos en un periodo determinado.

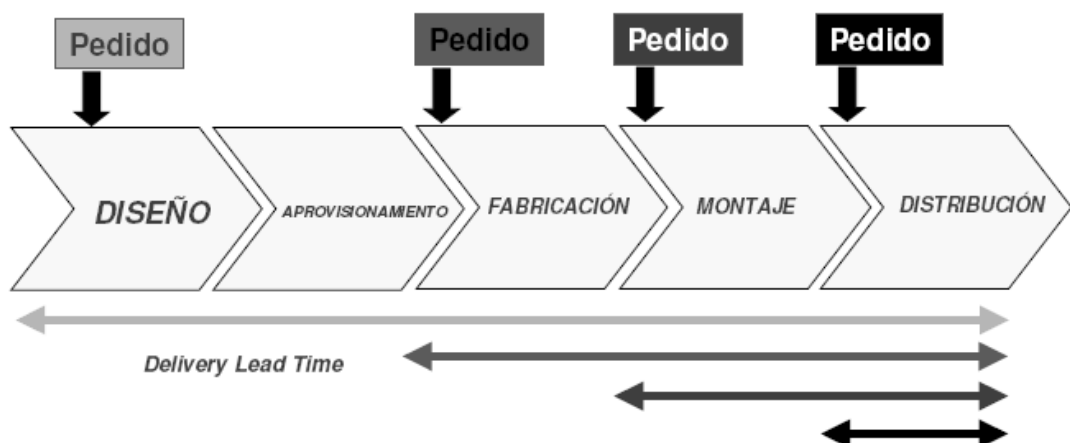


Figura 2.3.2.3 Fabricación contra pedido

Fabricación contra previsión de la demanda: El origen de la sobreproducción. Sistemas PUSH

- Los productos se fabrican contra un plan maestro.
- El plan maestro se establece en base a las previsiones de venta.
- Las previsiones se realizan en base a históricos de ventas o “intuiciones” de marketing.

Fabricación contra la demanda real: Sistemas PULL

- Los productos se fabrican para reemplazar los productos vendidos.
- La producción se planifica por medio de señales generadas por consumo de productos.

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo ilustrado que muestra la diferencia entre los sistemas PULL y PUSH:



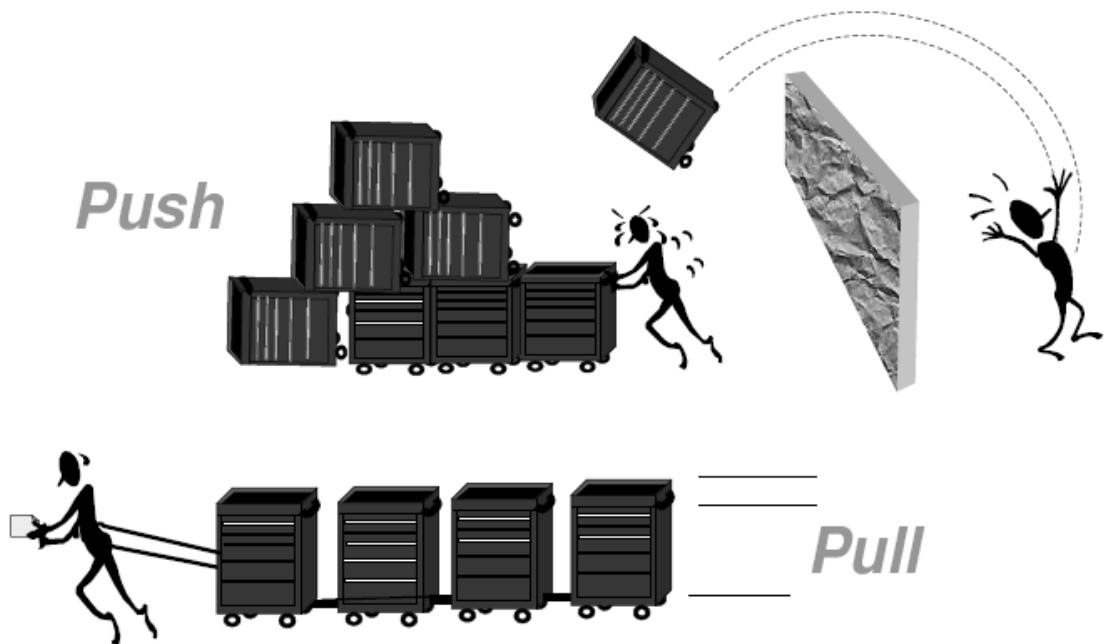


Figura 2.3.2.4 Sistemas Push y Pull

En el sistema Pull la carga de trabajo se realiza en base a lo que se necesita en cada momento y se fabrica por lotes. En el sistema Push no se fabrica por lotes y no mira hacia la demanda real, es decir, se fabrica sin tener en cuenta lo que pide el cliente. El sistema Lean busca basar su producción en un sistema Pull, es decir, trabajar contra la demanda real.

### Nivelar

Esta herramienta busca “procesar” cada producto cada día. Para nivelar en la producción es necesario establecer una serie de pasos o secuencias, tales como:

Paso 1: Producción en lotes mensuales

Paso 2: Reducción del tamaño de los lotes. Buscar más de una fabricación mensual.

Paso 3: Producción diaria.

Paso 4: Producción diaria en cantidad fija de trabajo (PITCH).

Paso 5: Producción secuenciada. Producción de mix de productos.

Si vemos el ejemplo de la línea de montaje del Boeing 777:

- Se realiza un nivelado de la cantidad de trabajo.
- Las operaciones de montaje a realizar se clasifican en “grupos” de 2 horas de trabajo (concepto PITCH).
- Se monitoriza el trabajo realizado: Cada dos horas se completa un “grupo” de operaciones. Si no se ha completado se busca una respuesta rápida a los problemas.
- Los “grupos” sirven para generar señales “pull” de aprovisionamiento. Cuando se inicia un “grupo” se genera una señal de aprovisionamiento para los materiales necesarios dentro de dos horas. Es “pull” porque se suministra contra necesidad real.

En resumen, muestra las incidencias (para mejorar) y sincroniza el flujo de materiales.

### 2.3.3.- Herramientas Lean

Ahora dedicaremos un apartado a analizar las distintas herramientas Lean que se utilizan para mejorar la producción, tales como:

- *Análisis de una cadena de valor: VSM.*
- *Trabajo estandarizado.*
- *5S's y Gestión Visual.*
- *TPM: Mantenimiento Total Productivo.*
- *OPF: One Piece Flow. Flujo pieza a pieza.*
- *Smed: Reducción de los tiempos de preparación.*

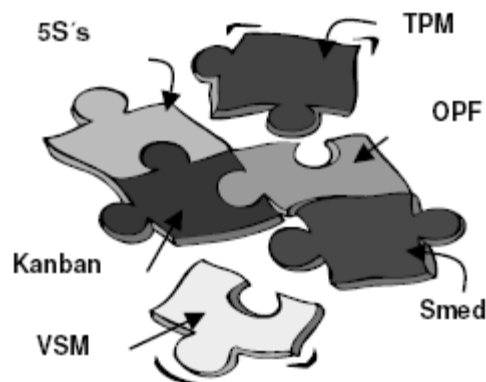


Figura 2.3.3.1 Herramientas Lean

Lo que se pretende conseguir es el trabajo estandarizado, cuyo objetivo es establecer la base para la mejora continua de los grupos de trabajo. El método estándar es el método actual más seguro para cumplir con los

requerimientos de calidad y de volumen del cliente y con la más alta productividad posible.

Los cimientos de la metodología Lean son la aplicación de estas herramientas:

- VSM (Value Stream Mapping): Ayuda a visualizar los flujos del proceso y a definir la visión futura.
- 5S y Gestión Visual (orden y limpieza): Aporta un valor elevado a la visibilidad en el proceso de producción.
- TPM (Total Productive Maintenance): Ayuda a optimizar los equipos e instalaciones productivas.
- KANBAN: Constituye una forma eficiente de suministro de materiales a las líneas de producción.
- SMED (Single Minute Exchange Die): Reduce el tiempo de cambio en una línea de producción permitiendo una reducción del tamaño de lote.

### Gestión Visual

Su objetivo es que lo que se realice en el puesto de trabajo esté originado por una “orden visual”. A simple vista, alguien que no conoce el puesto es capaz de distinguir entre situaciones normales y anormales.

La gestión visual busca la eliminación de actividades sin valor añadido por medio de la simplificación máxima del trabajo.

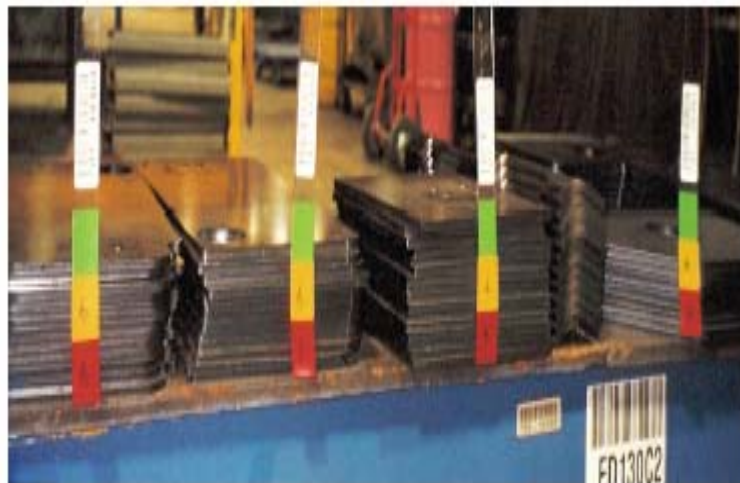


Figura 2.3.3.2 Ejemplo de Gestión Visual

**5S's** → Es un proceso para mantener y mejorar el orden visual en el puesto de trabajo.



Figura 2.3.3.3 Ejemplo de 5S

### Trabajo y desplazamiento

Trabajo: En el trabajo se producen movimientos que añaden Valor.

Desplazamiento: En los desplazamientos se producen movimientos que no añaden Valor, tales como:

- Desplazamientos para retirar mermas.
- Desplazamientos para buscar herramientas, útiles,...
- Desplazamientos para coger y mover materiales.

- Desplazamientos para solicitar información etc.

Se dice que el tiempo es la sombra del desplazamiento:



### SMED (Single Minute Exchange Die)

Se refiere al cambio de útiles en minutos de un solo dígito. La técnica SMED persigue la mejora de los métodos de preparación y ajuste de máquinas para conseguir la reducción del tiempo de máquina parada.

### Ciclo Kaizen

Ahora vamos a analizar un sistema de mejora continua utilizado en Lean Manufacturing, pero para ello daremos una serie de definiciones necesarias para conocer el ciclo.

Despliegue estratégico: Es alinear la mejora continua con los objetivos estratégicos de la empresa.

Workshop: Análisis de un tema concreto de mejora. Priorizar un plan estratégico de acciones.

Blitz: Actuar en planta. Acelerar la mejora.

Cadena de blitzes: Consolidar acciones pendientes entre los blitzes.  
Si comparamos un sistema tradicional de mejora continua con un ciclo Kaizen de mejora continua vemos lo siguiente:

Sistema tradicional de mejora continua:



Figura 2.3.3.4 Sistema tradicional de mejora continua

Vemos que las mejoras no están orientadas hacia temas clave, y el ritmo de la mejora no está marcado.

Sistema Ciclo Kaizen de mejora continua:

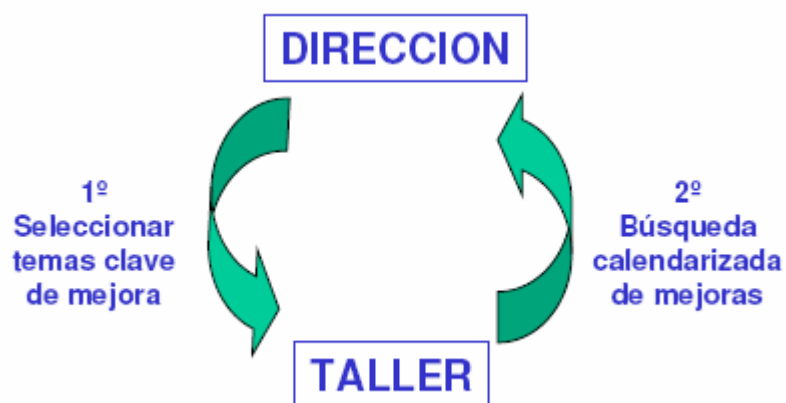


Figura 2.3.3.5 Ciclo Kaizen de mejora continua



Aquí vemos que las mejoras si están orientadas hacia temas clave, que el ritmo de las mejoras está programado y que se apoya en las mejoras de sugerencias de los operarios.

El método del ciclo Kaizen se aplica en cuatro pasos:

- 1) Formación en Lean Manufacturing aplicado a series cortas de alto valor añadido.
  
- 2) Despliegue estratégico:
  - La dirección establece los objetivos de mejora para el año, como consecuencia del Business Plan.
  - Matriz de despliegue: Acciones de mejora muy genéricas y priorización.
  
- 3) Workshop:
  - Se profundiza sobre las acciones de mejora genéricas.
  - Se proponen áreas donde las sugerencias de mejora serían más útiles.
  - Resultado: Plan de acciones sobre unos temas concretos y potencial de mejora.
  
- 4) Blitz:
  - Se ejecutan acciones detalladas.
  - Tiene lugar en el taller.
  - Resultado: Acciones implantadas y/o plan de acciones a implantar.
  - Encadenar Blitz'es (integrar mejora radical y continua).

La mejora continua busca una sinergia entre los planes de mejora. La sugerencia de mejora de una persona podría convertirse en un Kaizen-blitz (participar en el equipo).

Los pasos de mejora continua serían los siguientes:

- 1.- Un empleado hace una sugerencia de mejora. El departamento responsable de implantarla, escucha, analiza y responde al empleado.
- 2.- Un grupo de mejora (Kaizen-blitz) puede desarrollar la idea de mejora del empleado, donde él puede intervenir en su implantación.
- 3.- Esta actividad puede dar lugar a un proyecto 6 Sigma, debido a que la dificultad en el análisis de los datos y la complejidad del problema detectados a partir de la idea de mejora y el trabajo del Grupo de mejora recomienda la intervención de este personal más experto y cualificado.

El Seis Sigma es aplicable a aquellas oportunidades de mejora de mayor impacto debido a que estas oportunidades están ocultas en los procesos de la organización y para su desarrollo es necesario utilizar herramientas estadísticas avanzadas tales como el Diseño de Experimentos. Seis Sigma es una metodología basada en datos que busca la perfección en toda la organización. Busca reducir la variación de los procesos centrándose no solo en los procesos productivos, sino en todos los procesos de la organización.

Por hacer un símil, Seis Sigma observa todos los procesos de la organización con un microscopio, no obstante en ocasiones no es necesario este para solucionar un problema. Si bien Seis Sigma guiará los procesos de la organización hacia grandes niveles de rendimiento, debe utilizarse solamente cuando la solución no sea ya conocida al inicio del proyecto; si fuera así, no sería necesario aplicar Seis Sigma: Lean Manufacturing o los Grupos de mejora serían más apropiados y, sobre todo, más rápidos.

La organización del éxito es aquella que evoluciona constantemente y es capaz de desarrollar sus actividades combinando el 6 Sigma y la Lean Organization, aplicándolas al lugar de trabajo.

### **3.- MEMORIA**

#### **3.1.- Desarrollo del sistema Lean Manufacturing en la planta de Conformado superplástico**

Para continuar con la instauración del Lean Manufacturing en la planta de Superplástico (que se inició en el año 2006) se definieron cinco proyectos con diversos tipos de acciones que se implantarían a lo largo del año 2007 en la empresa. Para ello se realizó un análisis de la Cadena de Valor del proceso: Se acordaron diversas actuaciones, con la consecución de mejoras de productividad, disminuciones de costes, reducción de tiempos, etc.

Se definieron cinco Project Charter para desglosar las diversas actuaciones de Lean Manufacturing sobre la planta de Superplástico, las cuales tenían los mismos objetivos pero influían sobre ellos de distinta manera. Estos proyectos influirán al final en la fabricación de todas las piezas, pero están enfocados a que actúen sobre las dos piezas más importantes y de mayor coste que se fabrican en la planta: Los Slats y los Bordos de ataque (B/A). Los Project Charter fueron los siguientes:

- 1) Revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones.
- 2) 5S's y Gestión Visual.
- 3) Sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación (flujo continuo).
- 4) Sistemática de mejora continua, control de producción y flujo de información.
- 5) Fiabilizar las entregas de materia prima (Cantidad/Calidad/Tiempo).

Los objetivos principales de estos proyectos de Lean son los siguientes:

- Reducir Lead Time (Slats → Reducción de 6 días (Pasar de 34 días a 24 días: Ahorro de 6.160 euros); B/A → Reducción de 2 días: ahorro de 902 euros). Esto nos proporciona un ahorro que asciende a los 4.598 euros.
- Aumentar la Capacidad de las prensas en 324 horas. (68.902 euros).
- Mejorar la productividad en horas/máquina (4 hora/pieza para los Slats; 149.248 euros y 1,2 horas/pieza para los B/A: 71.232 euros). Esto supone un ahorro de 220.480 euros.
- Con la consecución de estos objetivos tendríamos unos ahorros totales de 300.140 euros.

Si vemos la producción según directiva y la fabricación de las diferentes piezas que se pretenden fabricar por avión en tres años en la planta de Conformado superplástico:

## HIPÓTESIS DE PRODUCTO

PRODUCTO	AÑO 2007		AÑO 2008		AÑO 2009	
	PRODUCCION S/DIRECTIVA	FABRICACION	PRODUCCION S/DIRECTIVA	FABRICACION	PRODUCCION S/DIRECTIVA	FABRICACION
A-400M POWER PLANT	5	5	6	6	13	13
D-NOSES E.H. A330/340 (Fabricación en 1 sola Fase)	70	70	76	76	71	71
PLATABANDAS BA's E.H. A330/340	70	70	76	76	71	71
V's A340-500/600	11	11	11	11	10	10
ANGULARES A330/340 (HAMBURGO/DASA)	81	81	87	87	81	81
SLAT EF-2000	39	44	48	48	57	57
TTPEF-2000 (Dcha)	39	44	48	48	57	57
EUROCOPTER DASA DONAWORTH (Piezas)	696	696	696	696	696	696

NOTA: NO ESTAN INCLUIDOS PROGRAMAS DE POCA CADENCIA ("Z" PROFILE A-380) NI NLEVAS PZAS. DE A-400 M PENDIENTES DE VALORAR.

Tabla 3.1.1 Planificación de producción

Si vemos la carga frente a la capacidad en el año 2007 tenemos lo siguiente:

## CARGA C.S.P. (Horas / Máquina)

PRODUCTO	H.MAQ/ AVIÓN	AÑO 2007	
		UNIDADES	HORAS
A 400M POWER PLANT	100,0	5	500
D-NOSES E.H. A330/340 (Fabricación en 1 sola Fase)	128,0	70	8.960
PLATABANDAS BA's E.H. A330/340	1,0	70	70
V's A340-500/600	8,0	11	88
ANGULARES A330/340 (HAMBURGO/DASA)	10,5	81	851
SLAT EF-2000	159,0	44	6.996
TTPEF-2000 (Dcha)	4,0	44	176
EUROCOPTER DASA (DONAWORTH) 696 Piezas	0,7	696	504
TOTAL CARGA			18.144
▲ 6% INUTILIDADES			19.233
TOTAL CAPACIDAD			19.217
Variación (Carga-Capacidad)			16

Capacidad:

3 Máquinas x 24 h/día y maq x 314 d/año (365 - 31 - 11 - 9) x 0,85 (15% perd. cap) = 19.217 h/año

Tabla 3.1.2 Carga CSP

Si por último vemos el balance carga/capacidad en el año 2007 y sobre todo en los dos años siguientes nos damos cuenta de la importancia de las mejoras Lean que también actuarán sobre el porcentaje de inutilidades (reduciéndolo) y equilibrarán más la carga y la capacidad de las prensas:

Prensas	Año 2007	Año 2008	Año 2009
<b>Carga</b>	19.233	20.917	22.455
<b>Capacidad</b>	19.217	19.217	19.217
<b>Balance</b>	16	1.700	3.238

Tabla 3.1.3 Balance Carga/Capacidad (horas/máquina)

Ahora vamos a ver la descripción general de cada Project Charter y los objetivos particulares que se pretenden alcanzar:

- 1) Revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones.

Se escogerá como zona de actuación de este proyecto las prensas de Conformado superplástico y/o Soldadura por difusión.

Se deberá revisar el OEE existente para identificar carencias, para ello se deberá generar y mantener una base de datos de OEE en la que habrá que proponer un informe mensual destacando:

- Pérdida de capacidad/causas.
- Rendimiento.
- Temas destacables/Velocidad lenta.
- Observaciones personales.

Nota: Para hacer esto último se deberá recoger datos durante un tiempo para elaborar un posterior estudio.

Por último se deberá analizar los resultados, clasificar, priorizar y asignar responsabilidades.

Los objetivos a alcanzar en este proyecto serían los siguientes:

KPI	Valor actual	Valor objetivo (reducción de)
Productividad	36 h/pieza Slats	3,2 h/pieza Slats
	14 h/pieza B/A	0,96 h/pieza B/A
Lead Time	34 días	3,6 días Slats
		1,6 días B/A

Tabla 3.1.4 Objetivos Project Charter 1

Plan de actuaciones y dedicación estimada:

- Revisar el OEE de prensas y reprocesos: 3 días.
- Identificar nuevas oportunidades de mejora y lanzar grupos: 40 días.
- Desarrollar planes de contingencia: 4 meses.

## 2) 5S's y Gestión Visual

Las acciones a implantar en este proyecto serían las siguientes:

- Formación en las 5S's al grupo de trabajo, compuesto por operarios de todas las áreas de CSP.
- Implantar las 5S's en una zona piloto (a identificar).
- Definir elementos de Gestión Visual en la zona.



- Definir objetivos y KPI's para la zona y colocarlos en los paneles de información de la misma para su incorporación al proyecto de Mejora Continua.
- Desplegar las 5S's en el resto de la planta de Conformado superplástico a lo largo del año.
- Coordinar con los mandos de taller la implantación del proyecto de Gestión Visual, implantando las siguientes acciones:
  - 1) Ordenar las áreas de producción, identificando los diferentes elementos que se pueden separar y agrupar según sus diferentes funciones.
  - 2) Evaluar diferentes elementos requeridos para mejorar la Gestión Visual (Cintas de señalización, pintado de carros, elementos informativos, etc.).
  - 3) Coordinar con los mandos de taller la Calidad y el Control de la Producción y la actualización de los informes.
- Como acciones específicas cabe destacar idear la ubicación de los paneles centrales informativos que buscarán su posicionamiento junto al puesto de mando de taller, junto con un panel en Baños, otro en Serigrafía y 3 paneles (uno en cada prensa).
- Identificación de los diferentes carros utilizados y señalización de los mismos.
- Diseño del flujograma del proceso.

Los objetivos a alcanzar en este proyecto serían los siguientes:

KPI	Valor actual	Valor objetivo (reducción de)
Productividad	36 h/pieza Slats	0,4 h/pieza Slats
	14 h/pieza B/A	0,12 h/pieza B/A
Lead Time	30 días Slats	1 día Slats
	18 días B/A	0,4 días B/A

Tabla 3.1.5 Objetivos Project Charter 2

Plan de acciones y dedicación estimada:

- Formación, selección de la zona piloto y acción: 1 día.
  - Acción 5S: 2 días.
  - Seguimiento 5S: 20 días.
- 3) Sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación (flujo continuo)

Las acciones a realizar en base a este proyecto en la planta serían las siguientes:

- Identificar cuellos de botella en el taller y puntos críticos para el flujo de fabricación.
- Establecer prioridades basadas en los mismos.
- Identificar un método visual para comunicar las prioridades a los operarios (por ejemplo, las pegatinas que se pondrán en las piezas con corte de largueros).
- Implantar y ensayar.

Los objetivos a alcanzar serían los siguientes:

KPI	Valor actual	Valor objetivo (reducción de)
Lead Time	34 días	3,6 días Slats 1,6 días B/A

Tabla 3.1.6 Objetivos Project Charter 3

Plan de acciones y dedicación estimada:

- Analizar metodología actual de planificación de operaciones: 1 día.
  - Proponer métodos nuevos de planificar el taller y comunicaciones: 1 día.
  - Ensayar: 1 día.
  - Implantar mejoras: 20 días.
  - Documentar y estandarizar: 40 días.
- 4) Sistemática de mejora continua, control de producción y flujo de información

Las acciones a seguir en este proyecto serían las siguientes:

- Identificar KPI's, formato de paneles informativos e instalar.
  - Determinar un plan de reuniones:
- Reuniones semanales de 15 minutos de operarios y mandos de taller para revisar la evolución de los KPI's, hablar de problemas crónicos, de sugerencias (haciendo un seguimiento de las mismas), de faltas y comunicar información del Comité de Dirección.

- Reuniones bi-semanales de los mandos con el responsable del Área para ver la evolución de los problemas, identificar necesidades y mejoras, enterarse de problemas que el mando no puede solucionar solo y hablar de planes a medio-largo plazo.

Los objetivos a conseguir en este proyecto serían:

KPI	Valor actual	Valor objetivo (reducción de)
Productividad	36 h/pieza Slats 14 h/pieza B/A	0,4 h/pieza Slats 0,12 h/pieza B/A
Lead Time	34 días	0,9 días Slats 0,4 días B/A
Capacidad máquina	19.217 h/año	-----

Tabla 3.1.7 Objetivos Project Charter 4

Plan de acciones y dedicación estimada:

- Implantar reuniones semanales con equipos de trabajo: 1 día.
- Implantar reuniones mensuales con responsables de sección (mandos de taller): 1 día.
- Implantar actas con seguimiento: 20 días.

5) Fiabilizar las entregas de materia prima (Cantidad/Calidad/Tiempo)

Las acciones a implantar en este proyecto serían:

- Identificar y clasificar problemas en el suministro:
  - 1) Calidad
  - 2) Cantidad
  - 3) Plazo
  
- Desarrollar planes de acción basados en el resultado del análisis anterior.
  
- Hacer un seguimiento de los planes de acciones.

Los logros a alcanzar serían los siguientes:

KPI	Valor actual	Valor objetivo (reducción de)
Capacidad máquina	19.217 h/año	-----

Tabla 3.1.8 Objetivos Project Charter 5

Plan de acciones y dedicación estimada:

- Analizar el proceso actual, los costes y los recursos: 1 día.
- Definir necesidades del “cliente”: 2 días.
- Desarrollar alternativas con costes y recursos: 4 meses.

### Metodología y Planning

Para evaluar y mejorar la eficiencia de las prensas de CSP se utiliza el índice OEE, que nos permite medir la Disponibilidad, el Rendimiento y la Tasa de Calidad de las máquinas. Es decir, se comienza con el proyecto que tiene como base el OEE. Se recogen datos para el OEE en las prensas de CSP y entonces se revisan los mismos para ver que valen. En lugar de extender la metodología a otras áreas, el ejercicio de análisis del OEE se tiene que repetir cada cierto tiempo.

El proyecto de Flujo Continuo tiene como objetivo optimizar el flujo de las piezas en el taller. En la actualidad, cada operario tiene que atender varios puestos de trabajo. El concepto es ayudar al operario a saber en qué puesto tiene que actuar en cada momento para optimizar el flujo global en el taller. Para ello, además de establecer una línea a seguir en el Flujo Continuo, hay que utilizar elementos de Gestión Visual para hacerlo de una manera lógica y fácil de entender.

El proyecto de mejorar la fiabilidad de las entregas de materia prima tiene como objetivo minimizar las incidencias debidas a problemas con el material, identificando problemas crónicos y buscando soluciones.

Con la revisión de los datos existentes en el OEE, se recogen los datos de faltas y se pasa al proyecto de 5S. Se implanta en una zona piloto para formar a operarios de todas las líneas en la metodología. Será responsabilidad del líder del proyecto el desplegar las 5S's en el resto de las áreas.

Una vez terminado el proyecto de las 5S's, se analizarán los datos del OEE que se han recogido. El grupo estudia un área, se asignan responsabilidades y sistemática de reuniones de seguimiento.

---

En paralelo, se empieza con la dinámica de Mejora Continua y Flujo de información. Como parte de la Mejora Continua, se instalarán paneles de información en cada línea para obtener un punto de encuentro y los indicadores necesarios para seguir el avance. Es imprescindible comunicar a los operarios el estatus de sus sugerencias. Tienen que saber que alguien les está escuchando y que alguien está actuando. El grupo de mejora, como señalábamos antes, desarrollará la idea del empleado y estudiará su viabilidad.

### 3.1.1.- Desarrollo de los proyectos

Una vez hemos definido e identificado los objetivos de los diferentes proyectos, vamos a proceder a indicar y desarrollar las diferentes actuaciones de Lean Manufacturing que se tomaron en los mismos. Como decíamos anteriormente y para ver la eficiencia de las diferentes prensas de Conformado superplástico, vamos a comenzar desarrollando el proyecto que tiene como base el OEE.

#### **1) *Revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones***

##### *1ª Actuación: Generación y mantenimiento de la base de datos del OEE*

Para el estudio correcto del OEE (Eficiencia Global de las prensas) generamos unas bases de datos con los diferentes parámetros que influían en el OEE global, tales como: Tiempo/ciclo de cada pieza que se fabrica en las diferentes prensas, valores de producción, tiempos de operación (de carga, brutos y netos), paradas/averías, disponibilidad, rendimiento y tasas de calidad. El análisis o estudio de la variabilidad de estos valores nos va a indicar el comportamiento en cuanto a la funcionalidad de las distintas prensas de Conformado superplástico (LOIRE, ACB, INNSE). La realización de este análisis se hace a partir de la toma de datos de las hojas de carga (ver Anexos) de las diferentes piezas, en las que el operario anota la fecha y la hora de

calentamiento en el horno Brochot, la hora de entrada y salida de la pieza en el horno (con su correspondiente número de serie), el paro de máquinas por las distintas averías (con su correspondiente inicio y final del paro), las distintas observaciones que se pudieran realizar y las diferentes anotaciones que los operarios deben realizar en las diferentes hojas de instrucciones técnicas que vienen anexas a las hojas de carga.

Si vemos el ejemplo del mes de Enero de 2007 en la prensa ACB, podemos analizar la influencia de los diferentes factores anteriormente mencionados. Así:



MES	ene-07	INT. IZDO	INT. DCHO.	EXT. IZDO	oee acum
LOTE		1	2	3	4
t/ciclo		36,0 hr			
Producción Ideal		4,0 uds	4,7 uds	7,9 uds	16,6 uds
Producción Real Bruta		5,0 uds	5,0 uds	6,0 uds	15,0 uds
Piezas defectuosas = scrap		1 uds			
Horas de reproceso en prensa					
Producción Real Neta del Lote		4 uds	5 uds	6 uds	15 uds

Fecha/Hora Inicial

Fecha/Hora Final

<i>Días y horas entre última pieza lote anterior y última pieza de este lote</i>		6 días	7 días	11 días	24 días
		1 horas	1 horas	19 horas	21,7 hr
Tiempo total		145 horas	169 horas	283 horas	598 horas
Pausas Personal					
Mantenimiento Preventivo					
Paros por falta de demanda					
<b>TIEMPO DE CARGA</b>		<b>145 horas</b>	<b>169 horas</b>	<b>283 horas</b>	<b>598 horas</b>

PARADAS/AVERÍAS

<i>Cambio de útil (y Calentamiento)</i>		24,0 hr	32,4 hr	74,2 hr	130,6 hr
<i>Estabilización útil</i>					
<i>Falta de material</i>					
<i>Falta de información</i>					
<i>Falta de útil</i>					
<i>Avería: Línea de Gas Útil</i>					
<i>Avería: Línea de Gas Máquina</i>					
<i>Avería: Hidráulico</i>					
<i>Avería: Calentamiento</i>			1 hr		1,2 hr
<i>Avería: Control</i>				2,0 hr	2,0 hr
<i>Avería: Corte corriente eléctrica</i>				25,5 hr	25,5 hr
<i>Avería: Fugas</i>					
<i>Avería: Otros Máquina</i>					
<i>Avería: Otros Útil</i>					
<i>Ausencia del operario</i>					
<i>Falta material por avería baños</i>					
<b>TIEMPO OPERACIÓN BRUTO</b>		<b>121 horas</b>	<b>135 horas</b>	<b>182 horas</b>	<b>439 horas</b>
<b>DISPONIBILIDAD</b>		<b>83%</b>	<b>80%</b>	<b>64%</b>	<b>73%</b>

MICROPAROS / VELOCIDAD REDUCIDA Equivalencia

TIEMPO OPERACIÓN NETO		180 hr	180 hr	216 hr	540 hr
VELOCIDAD REDUCIDA		148%	133%	119%	123%
<b>RENDIMIENTO</b>		<b>148%</b>	<b>133%</b>	<b>119%</b>	<b>123%</b>

TIEMPO EFECTIVO		144 hr	180 hr	216 hr	540 hr
<b>TASA DE CALIDAD</b>		<b>80%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>OEE - EFICIENCIA</b>		<b>99%</b>	<b>107%</b>	<b>76%</b>	<b>90%</b>

Definimos el *tiempo de carga* como el tiempo que se descarga la última pieza del lote anterior menos el tiempo que se descarga la pieza del lote actual (el lote que se estudia en ese momento), restándole también tiempos por pausas de personal, por Mantenimiento Preventivo o paros por falta de demanda. Si a ese tiempo de carga le quitamos tiempos por Paradas/averías (tales como cambio de útil, fugas, falta de material, etc.) tenemos el *Tiempo de Operación Bruto*. Así se define la *producción ideal* como el cociente entre el tiempo de carga y el tiempo por ciclo ( $t/ciclo$ ) y la *Producción Real Bruta* como el cociente entre la suma de la *Producción Neta Real del lote* y las horas de reproceso en prensa y la suma del tiempo por ciclo y las piezas defectuosas (scrap). Una vez definidos estos parámetros, estamos en condiciones de poder medir los indicadores Lean, tales como la *Disponibilidad*, que se define como el cociente entre el *Tiempo de Operación Bruto* y el *Tiempo de Carga*. Así podemos ver que nunca podremos tener una Disponibilidad del 100%, ya que aunque no tengamos ninguna avería siempre se perderá tiempo por la parada del cambio de útil, con lo que el *Tiempo de Operación Bruto* siempre será menor al *Tiempo de Carga*.

Si definimos el *Tiempo de Operación Neto* como el producto del tiempo de ciclo por la *Producción Real Bruta*, podemos entonces identificar el siguiente indicador, el *Rendimiento*, definido como el cociente entre el *Tiempo de Operación Neto* y el *Tiempo de Operación Bruto*. La *velocidad reducida* se define como el mismo cociente anterior pero al *Tiempo de Operación Bruto* hay que descontarle los tiempos por microparos. Si estas pérdidas de tiempo por microparos no existieran o no se contabilizaran, la *velocidad reducida* y el *Rendimiento* coincidirían.

Por último, es necesario definir el *tiempo efectivo*, que es el producto del tiempo del ciclo por la *Producción Real Neta del lote*. Así podemos definir la *Tasa de Calidad*, que es el cociente del tiempo efectivo entre el *Tiempo de Operación Neto*.

Para finalizar con la descripción de la base de datos, conviene recordar que el *OEE* o *Eficiencia* se define como el producto de la *Disponibilidad*, del *Rendimiento* y de la *Tasa de Calidad*.

Una vez hemos definido todos los parámetros, vamos a ver como influye la variación de unos sobre los otros. Así podemos ver que si aumenta el tiempo de ciclo tenemos una disminución de la Producción Ideal (debido a que necesitamos lógicamente más tiempo para producir piezas); la Disponibilidad como la Tasa de Calidad permanecen invariables pues no dependen de ese parámetro y el Rendimiento aumenta de forma considerable porque nuestra producción se mantiene inmutable y al aumentar el tiempo de ciclo hemos hecho un número de piezas mayor al que tendríamos en Producción Ideal, con lo que el Rendimiento y con ello nuestra Eficiencia Global aumentaría considerablemente. Por el contrario, una reducción del tiempo de ciclo conlleva un aumento de la Producción Ideal y una disminución tanto del Rendimiento como de la Eficiencia Global, por las mismas razones que hemos mencionado anteriormente.

Si disminuimos la Producción Neta Real del lote tendremos que la Disponibilidad permanece inalterable pero el Rendimiento disminuirá ya que el rendimiento depende del Tiempo de Operación Neto y éste a su vez depende de la Producción Neta Real, disminuyendo si disminuye ésta última. Un último detalle a tener en cuenta es que si aumentamos el tiempo de Paradas/averías disminuye notablemente la Disponibilidad y aumenta en la misma proporción el Rendimiento, luego la Eficiencia Global de la prensa permanece invariable, es decir, no depende directamente de las paradas o averías que se puedan producir en las mismas. Bajo la óptica Lean de control de la eficiencia, hemos podido observar que toda actividad que reduce la Disponibilidad de la instalación, sea planificada o no, reduce el OEE y, por lo tanto, es necesario abordar su mejora si queremos mejorar la eficiencia.

---

Uno de nuestros objetivos en cuanto al OEE es aumentar su porcentaje en una cantidad superior al 100% (en todas las prensas) para que cuando por exigencias de fabricación tengamos que disminuir nuestro tiempo de ciclo para poder realizar las entregas en un tiempo inferior, el “colchón” en el porcentaje que hemos creado haga que nuestra Eficacia Global disminuya pero se conserve por encima del 100% o por lo menos se mantenga cercana a ese valor. Para que podamos lograr este objetivo, es necesario actuar contra las Paradas/Averías que se producen en las prensas (intentando evitarlas o por lo menos reduciendo su cantidad) así como haciendo el cambio de útil de la manera más rápida posible. Haciendo esto, así como también reduciendo los microparos y fabricando un número mayor de piezas, conseguiremos ese “colchón” necesario en la Eficacia Global para cuando las leyes de la demanda obliguen a reducir nuestro tiempo de ciclo. Un ejemplo de esto lo tenemos en la fabricación de Slats, los cuales tenían a principio de año un tiempo de ciclo de 36 horas por pieza y a partir de marzo tuvimos que reducirlo a 32 horas por pieza. Las mejoras que introdujimos en las prensas así como en el cambio de útil, contribuyeron a crear ese “colchón” en la Eficacia Global. Dichas mejoras fueron introducidas a partir de un análisis de las hojas de carga en las que pudimos contemplar los fallos más frecuentes que se daban en las prensas.

---

**2ª Actuación: Análisis de las averías en prensas**

Si analizamos la frecuencia en que se producen las averías en prensa, a partir de la base de datos del OEE:

	Innse	Loire	ACB	<b>Total</b>
Falta vacío				
<b>Avería línea gas máquina</b>	5	5	0	<b>10</b>
<b>Avería hidráulica</b>	3	4	1	<b>8</b>
<b>No se pasa etapa automáticamente</b>	4	1	2	<b>7</b>
Avería Control	2	2	1	<b>5</b>
Pieza pegada al útil	1	3	1	<b>5</b>
Tarda en coger temperatura	2	2	1	<b>5</b>
Corte corriente eléctrica	1	2	1	<b>4</b>
Pierde temperatura	0	4	0	<b>4</b>
Falta material	3	0	0	<b>3</b>
Fuga útil	3	0	0	<b>3</b>
Avería línea gas útil	1	1	0	<b>2</b>
Avería Útil	0	1	1	<b>2</b>
Bomba de vacío desconectada (error humano)	1	0	0	<b>1</b>
Avería grúa	1	0	0	<b>1</b>
Tiranta rota	1	0	0	<b>1</b>
Materia prima deformada	0	1	0	<b>1</b>
Tarda en evacuar gas	0	0	1	<b>1</b>
SUMA:	28	26	9	

Tabla 3.1.1.2 Contabilización averías por prensa

Si utilizamos un diagrama de pareto como herramienta estadística simple y clásica para visualizar los problemas que tienen una repercusión mayor en las prensas, tenemos que:

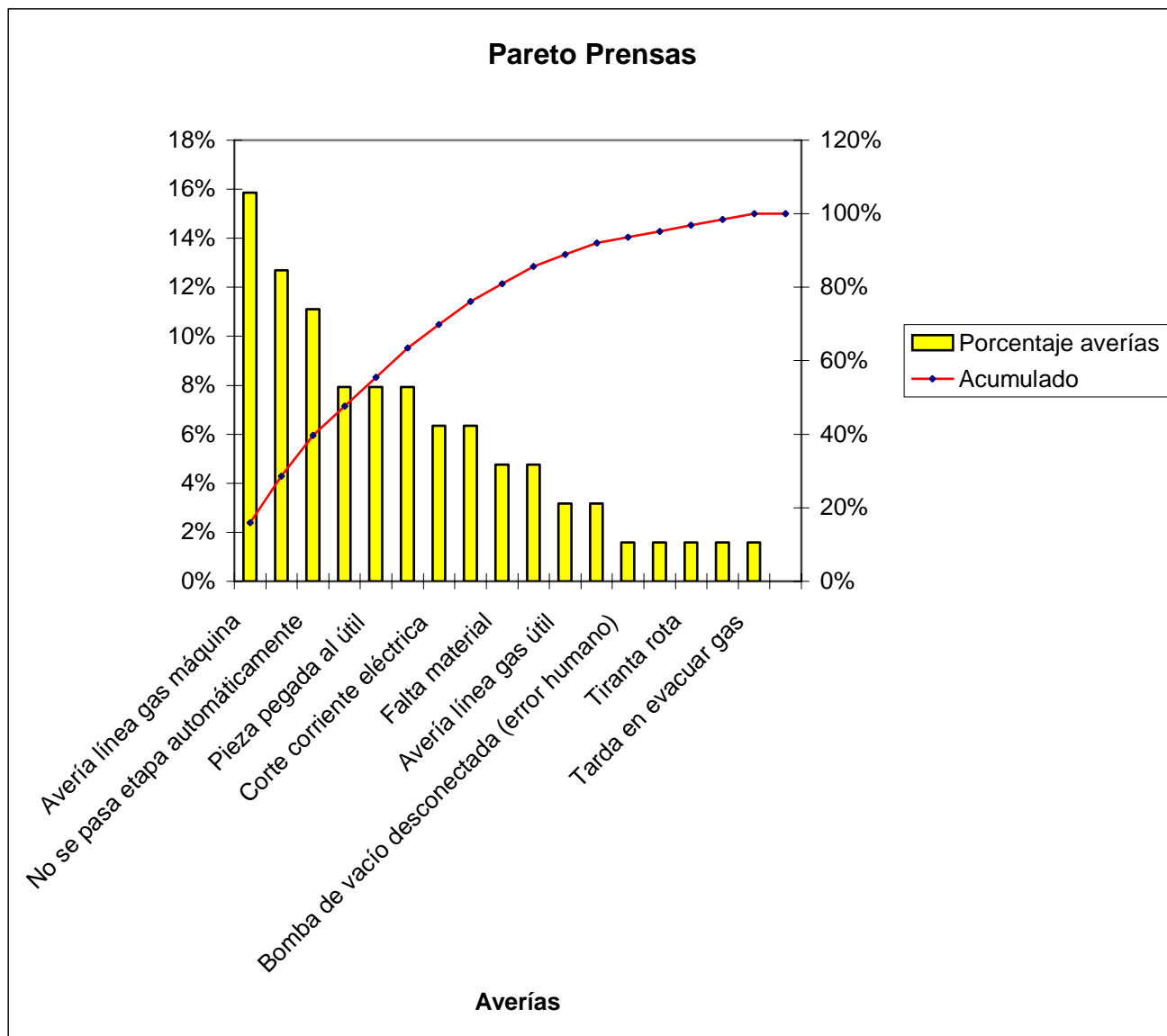


Figura 3.1.1.3 Pareto prensas

Tras dicho análisis, se crearon unos planes de contingencia para solucionar las tres averías principales, que son avería en línea de gas máquina, avería hidráulica y que no se puede pasar la etapa automáticamente. Para esta última avería (que no pasa la etapa automáticamente), una de las actuaciones acordadas en el proyecto de Lean Manufacturing fue la de realizar una inversión para modificar el Software del sistema de control del intercambiador de útiles (sólo para la prensa ACB), ya que el programa se quedaba parado y se tardaba más tiempo en hacer la pieza debido a que el operario tenía que

---

volver a subir la temperatura a mano. Esto supuso una inversión de 24.000 euros, y un proceso de formación del personal en el manejo del nuevo Software. A continuación señalaremos las mejoras conseguidas con esta actuación, aunque antes de la mejora de modificación de Software la primera actuación sobre este problema fue la de la instalación de una alarma acústica, ya que realmente el principal problema viene por el tiempo transcurrido desde que la máquina se para y el operario se da cuenta de ello. La presión, la temperatura y el tiempo son las condiciones principales necesarias para que la prensa pase en automático de una etapa a otra. Si no se pasa en automático, la etapa se debe pasar manualmente. El operador salta manualmente la etapa porque mira que los parámetros de presión y temperatura son correctos, pero ya se ha consumido un tiempo adicional en realizar esta operación. Estas mejoras se colocarán en los paneles de información del taller que quedan pendientes de colocar (en el proyecto de Gestión Visual que señalaremos más adelante) para que todos los empleados del área de CSP tengan constancia de ellas.

### *3ª Actuación: Actualización del Software de la prensa ACB*

La mejora de actualización del software del intercambiador de útiles fue la siguiente:

#### Actualización del software del Intercambiador de útiles de CSP/SD

Inversión realizada: 24.000€

La modificación del software del sistema de control del intercambiador de útiles ha aportado las siguientes mejoras en su funcionamiento:

- Libertad de movimientos de un útil entre las máquinas y estaciones de la instalación.
- Posibilidad de añadir nuevas ubicaciones contemplando ampliaciones futuras de la instalación.

- 
- Entorno amigable para la selección de operaciones en el HMI.
  - Creación de una base de datos para útiles, modificable desde el HMI.
  - Establecimiento de niveles de seguridad para realizar modificaciones de los elementos que intervienen en la instalación.
  - Permite variar fácilmente la cota Z de la mesa de prensa INNSE desde HMI por utilización de sufrideras.
  - El comienzo de ciclo se puede realizar desde una ubicación distinta a la del aparcamiento.
  - La posición del aparcamiento se puede definir en el lugar donde menos estorbe desde el HMI.
  - Búsqueda automática de aparcamiento.
  - Búsqueda automática de una posición Ok para iniciar ciclo.
  - Interrupción y continuación del ciclo tantas veces sea necesario.
  - Interrupción y finalización del ciclo desde el HMI.
  - Parada de movimientos automáticos desde el mando remoto.
  - Ventanas con información y advertencias para una correcta configuración de ciclo.
  - Establecimiento de un espacio seguro de movimientos para evitar colisiones con los elementos de la instalación, así como mensajes de advertencia y recomendaciones en HMI para movimientos manuales seguros.
  - Bandeja de alarmas actualizada con mensajes de emergencias.
  - Optimización de tiempos para la palpación frontal en horno.
  - Optimización del posicionamiento en horno para la recogida con dilatación.
  - Centrado de ejes en todas las ubicaciones de la instalación.
  - Corregir coordenadas de ubicaciones desde HMI.
  - Desactivación de espacio de movimiento seguro desde HMI para labores de mantenimiento.
  - Seguimiento del posicionado de cada eje durante el aparcamiento con indicadores de estado en HMI.



- Seguimiento del posicionado de cada eje en cada etapa del ciclo con indicadores de estado en HMI.
- Mensajes indicadores del funcionamiento de los motores de los ejes.
- OFFSET de ejes para establecer cero máquina.

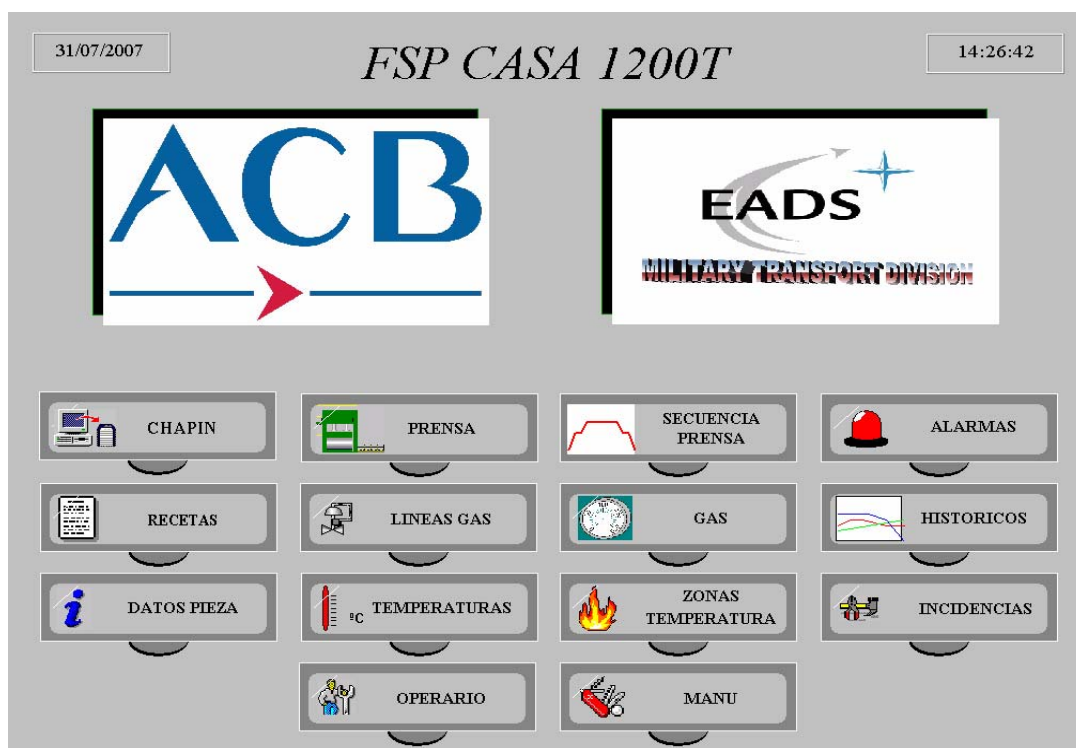


Figura 3.1.1.4 Software prensa ACB

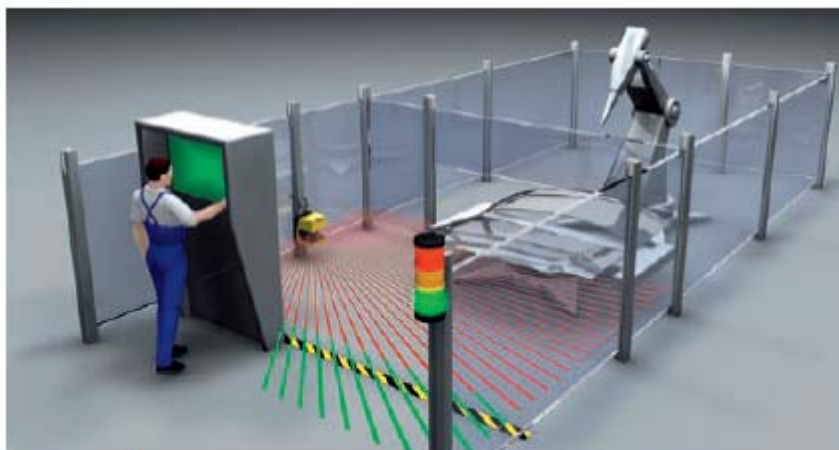
Para completar esta actuación, quedarían pendientes unas acciones acordadas consistentes básicamente en la dotación de elementos de indicación óptica que permita identificar el fallo de cierre de puertas y el análisis de modificación del recinto de seguridad. Para ello, se contempló el uso de equipos de rotoscan en lugar de barreras físicas. El rotoscan es un dispositivo de seguridad utilizado para zonas peligrosas, puntos peligrosos y contra accesos no autorizados. El escáner láser de seguridad del rotoscan puede aplicarse en forma eficiente y múltiple en todas las áreas de la protección personal. Gracias a sus pares de zonas conmutables, la combinación del

campo de protección y aviso y la estructura específica e individual de estas zonas, el rotoscan se adapta universalmente a todas las instalaciones. Los sistemas fijos y móviles permiten la supervisión óptima de una gran cantidad de parámetros de servicio configurables y garantizan de esta manera una seguridad personal y fiable en cada situación. Todo tipo de contorno de zonas de protección, una resolución variable y la configuración personalizada de todos los parámetros de funcionamiento convierten el rotoscan en un componente flexible y perfectamente adaptado para su aplicación. Para un proceso de fabricación se pueden generar diferentes áreas de protección, las cuáles se activan sincronizadamente al proceso. En numerosas aplicaciones, con un solo rotoscan se pueden supervisar áreas complejas y variables de seguridad de forma flexible y completa. Desde su posición, el escáner láser protege las instalaciones y las máquinas en un área amplia y estructurable. Este equipo compacto y de bajo consumo ofrece una alternativa económica en muchas ocasiones.



**Dispositivos de seguridad para zonas peligrosas en máquinas fijas: Utilización eficiente de la combinación de protección/aviso para fines de seguridad de personas e instalación**

Figura 3.1.1.5 Dispositivo Rotoscan



**Dispositivos de áreas de peligro en instalaciones amplias de máquinas: un escáner láser para la seguridad sin áreas no exploradas**

Figura 3.1.1.6 Dispositivo Rotoscan

#### *4ª Actuación: Creación de planes de contingencia en la prensa INNSE*

Los planes de contingencia tienen dos objetivos fundamentales: El primero de ellos y el principal es comunicar al operario cómo debe actuar si se encuentra un problema determinado y el segundo es la eliminación de un problema concreto. Para solucionar los problemas que surgen en la línea de gas máquina, se desarrollaron tres planes de contingencia (que se desarrollaron fundamentalmente para la prensa INNSE) de forma que el operario supiera de qué forma actuar cuando se encontrara con un problema relacionado con la línea de gas. Dichos planes de contingencia estuvieron enfocados hacia el Conformado de revestimiento, el fallo de vacío, o el fallo en la línea de soldadura. En distintas reuniones de Lean Manufacturing se hizo un análisis de dichos problemas y se estimó las actuaciones que eran necesarias para solucionarlos, estableciendo el método de actuación en tres flujogramas:

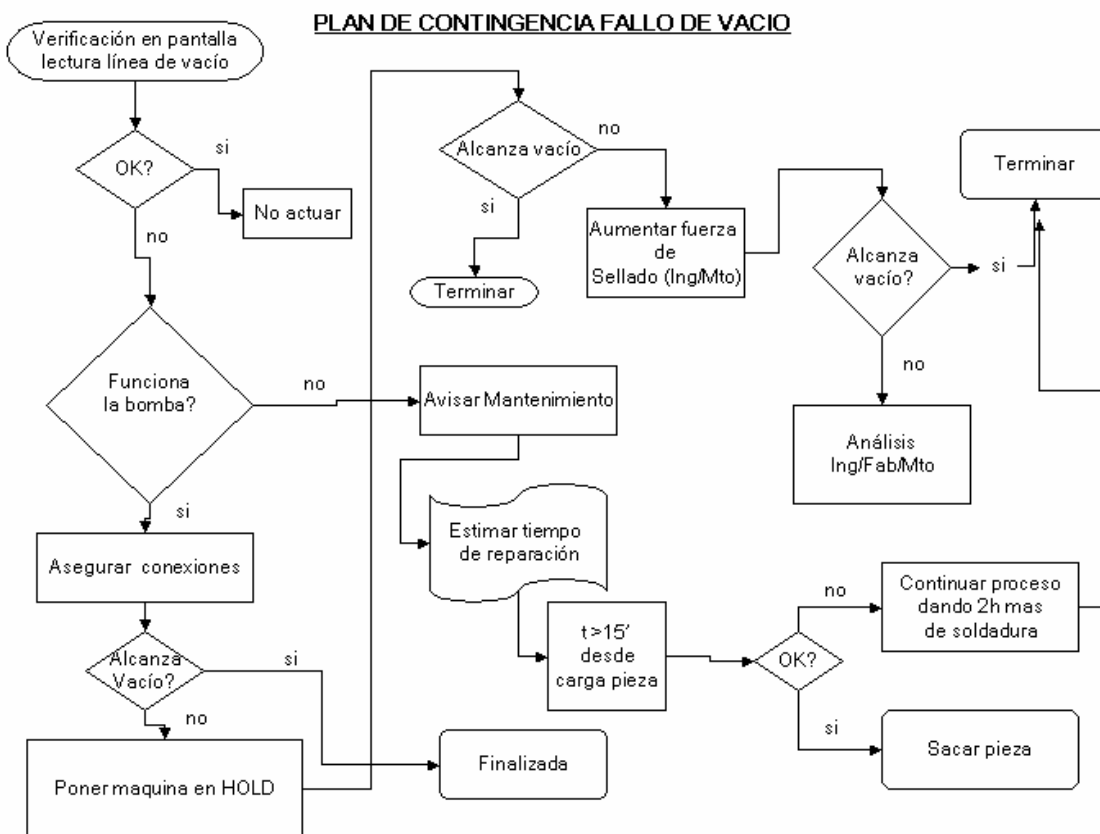


Figura 3.1.1.7 Flujograma plan de contingencia fallo de vacio

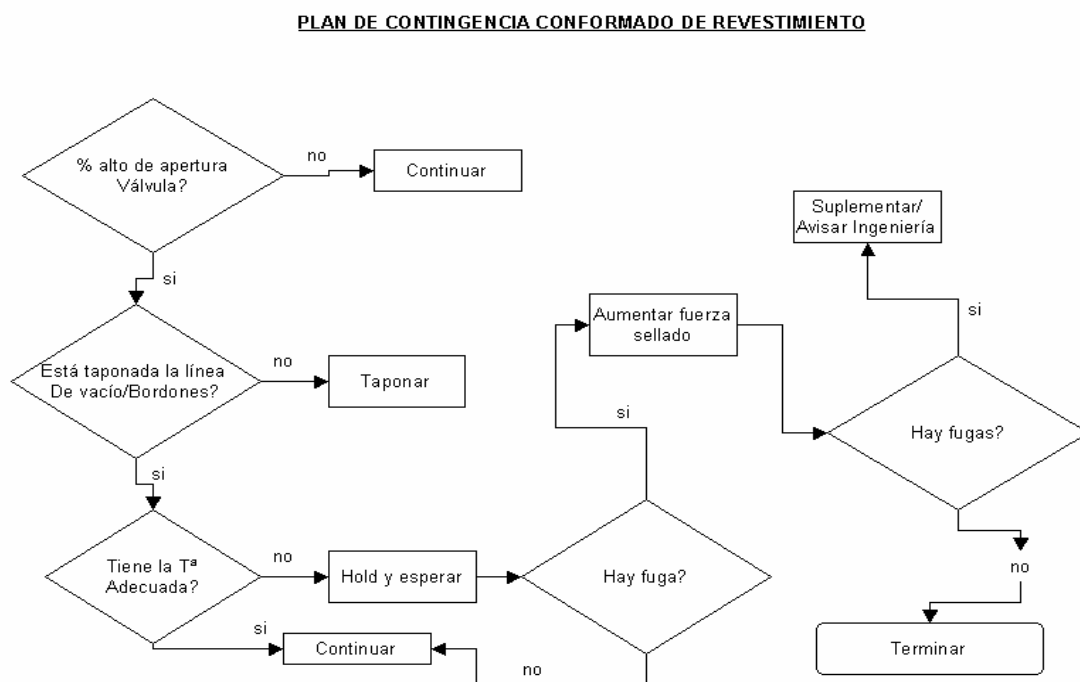


Figura 3.1.1.8 Flujograma plan de contingencia conformado de revestimiento

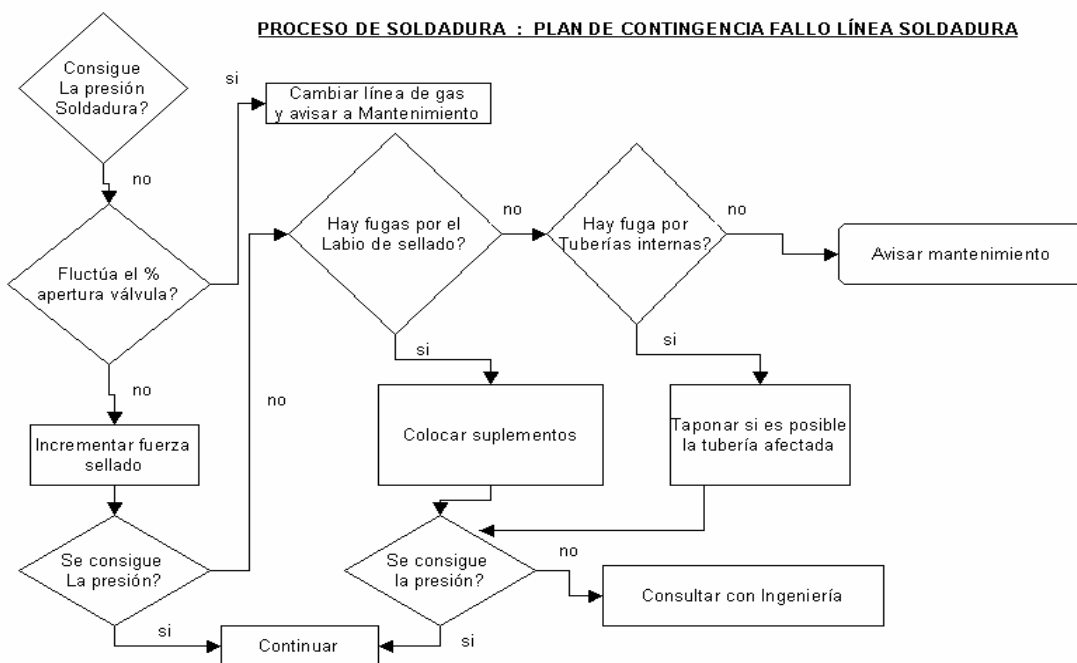


Figura 3.1.1.9 Flujoograma plan de contingencia fallo línea de soldadura

Estos tres flujogramas se colocaron en los paneles de información de las prensas (ver el proyecto de Gestión Visual) para que el operario pudiera identificar el problema y actuar en consecuencia, sin la necesidad de dar parte del mismo al Área de Ingeniería. El objetivo de esta actuación es la reducción del Lead Time de la pieza, es decir, reducir el tiempo de ciclo de su fabricación.

Por último, para intentar solucionar el problema de avería hidráulica no existe un plan de contingencia en concreto, sino que hasta ahora su solución es avisar a la sección de Mantenimiento que le hace a las prensas un mantenimiento preventivo en el sistema hidráulico. Estos y otros tipos de Mantenimiento, de acciones correctoras o de mejora que se han llevado a cabo o se tienen que ejecutar y que se realizan en el área de Conformado superplástico se comentan en los Anexos del proyecto.

Por otra parte, en las prensas se requiere una potencia mínima requerida en las zonas de calentamiento, en la cual por debajo de unos niveles

no se pueden seguir procesando piezas. Además se observó por la lectura en los niveles de los termopares que en la prensa se tardaba en alcanzar un nivel requerido de temperatura, así que para solucionar este problema se acordó con el Área de Mantenimiento establecer otro mantenimiento preventivo en la prensa el cuál consistiría en cambiar periódicamente las resistencias en la prensa ACB (de bastón por unifilares, que fallan menos y tienen un tiempo de vida mayor) para conservar el rendimiento y la potencia total. Esto se acordó a partir de un estudio del Área de Ingeniería según el cual cada día que se tuviera que parar la prensa por fallo en la resistencia, supondría un gasto de 5.068 euros por día, ya que se factura el precio de la hora por operación en la prensa en 212 euros, así:

$$212 \text{ euros} \times 24\text{h} = 5.068 \text{ euros por día}$$

Si según este estudio el cambio de 240 resistencias en cada prensa supondría un coste de unos 60.000 euros, con lo cual si dividimos éste coste por lo que nos cuesta el paro de un día, tendríamos que éste cambio equivaldría aproximadamente a 12 días de paro, y en la actualidad tenemos que la prensa está parada más de doce días al año por causa de este problema, con lo que se concluyó que sería factible esta mejora. Estos y otros repuestos se estimaron como necesarios en las tres prensas para evitar un tiempo de parada por avería excesivo. De esta forma la previsión de repuestos en las prensas del Área de Gestión de Conformado superplástico fue:

CONCEPTO	IMPORTE	OBSERVACIONES
720 Resistencias prensa ACB	59.760,00 □	Se suponen 3 reposiciones completas al año de las 240 resistencias bastón que actualmente tiene la prensa
480 Resistencias prensa LOIRE	59.328,00 □	Se suponen 4 reposiciones completas Al año de las 120 resistencias bastón Que actualmente tiene la prensa
220 Resistencias prensa INNSE	93.126,00 □	Se suponen 2 reposiciones completas De las 110 resistencias que actualmente tiene la prensa
4 bloques cerámicos prensa ACB	39.500,00 □	No tenemos repuestos y en previsión De roturas a lo largo del año (plazo de entrega 6 meses)
4 bloques cerámicos prensa LOIRE	24.250,00 □	Ya tenemos 3 platos rotos. No hay repuestos y es seguro que habrá que cambiar a lo largo del año
Resto de repuestos estimados (termopares, resistencias unifilares, resistencias de escudos, repuestos línea de gas, grupos hidráulicos, chorro, etc)	85.000,00 □	Basado en histórico 2006
<b>TOTAL</b>	<b>360.964,00 □</b>	

Figura 3.1.1.10 Costes resistencias y repuestos

Para continuar con los problemas en las prensas, se abordó el problema que tenía lugar en los escudos que aportan calor al útil en el interior de las prensas y en los que están alojados las resistencias y los termopares. Estos últimos están alineados en el centro de los escudos, por tanto no pueden aportar el valor del desequilibrio de temperaturas por zonas que existe en el interior de las prensas. El problema fundamentalmente era que el escudo central que se abre y por el cual entra el útil cuando se levanta deja de aportar calor al mismo, es decir, que queda retrasado con respecto a los demás escudos porque las resistencias dejan de aportarle energía. Si se continuara aportando más calor, el útil recuperaría temperatura más rápido, y teníamos que el útil sólo estaba recuperando temperatura a causa del calor acumulado en la prensa, y no por los escudos. La carga del útil se hace por el escudo frontal, y la descarga por el lateral. Si la carga se hiciera también por el lateral el paquete se deformaría y saldría con ondulaciones debido a que entraría una cantidad mayor de aire y se produciría una contaminación mayor en el interior de los útiles. De cualquier manera, el escudo frontal siempre se tiene que abrir

---

porque por esta zona es por donde se encuentran los tubos de gas argón y por el cual se tienen que acoplar. La solución que se estableció fue proporcionarle durante la carga de la pieza en la prensa el máximo de potencia en el escudo frontal para que caliente más rápidamente al útil por la zona delantera y se compense mejor la temperatura de la misma forma por todas las partes del útil.

Para finalizar con los problemas que existen en las prensas, teníamos que en la prensa INNSE existía un problema en el proceso de conformado en los bordes de ataque. Este problema aparecía porque había una descompensación en la presión de la línea de gas, la cual se ramificaba y entraba por arriba y por abajo del útil para conformar las piezas. Esta descompensación en la presión y el exceso de longitud en la parte inferior de la pieza hacía que no se podía cortar o reprocesar posteriormente. La solución que se dio en el Área de Ingeniería fue de introducir con la carga del útil un tapa plana de acero de forma que primero se conformara la parte superior de la pieza con una sola línea de entrada de gas por arriba, y posteriormente se retirara la tapa plana y se metiera la entrada de gas por la parte inferior del útil, conformándose el resto de la pieza.

Otra de las acciones que pueden mejorar la Eficiencia Global de las prensas es la disminución del tiempo cambio de útil. Para ello se realizó en reuniones de Lean Manufacturing un estudio para minimizar este tiempo, elaborando un plan de actuación para esta operación. En estas reuniones se hizo un análisis de mejora de los cambios de útil en caliente, con objeto de minimizar los tiempos de ejecución y de inicio del siguiente lote de producción. Como consecuencia del análisis del OEE de las Prensas de CSP, y con objeto de mejorar los actuales índices de Eficiencia, se realizó el estudio de minimización del tiempo de cambio de útil, teniendo en cuenta que el tiempo empleado en dicha ejecución, aunque necesario, es "ineficiente", toda vez que este tiempo no es facturable al cliente, es decir, durante ese tiempo podríamos estar fabricando más piezas "facturables", de ahí la necesidad de minimizar su impacto.



### 5ª Actuación: Planificación de operaciones

Entre las acciones que se encuentran planificadas y ejecutadas tenemos:

1. Tenemos un proceso automatizado de intercambio de útiles (retrofill) que ya se encuentra optimizado. Previamente ya hemos programado, planificado y ejecutado la preparación del útil (buffer de útil para la entrada en la máquina).

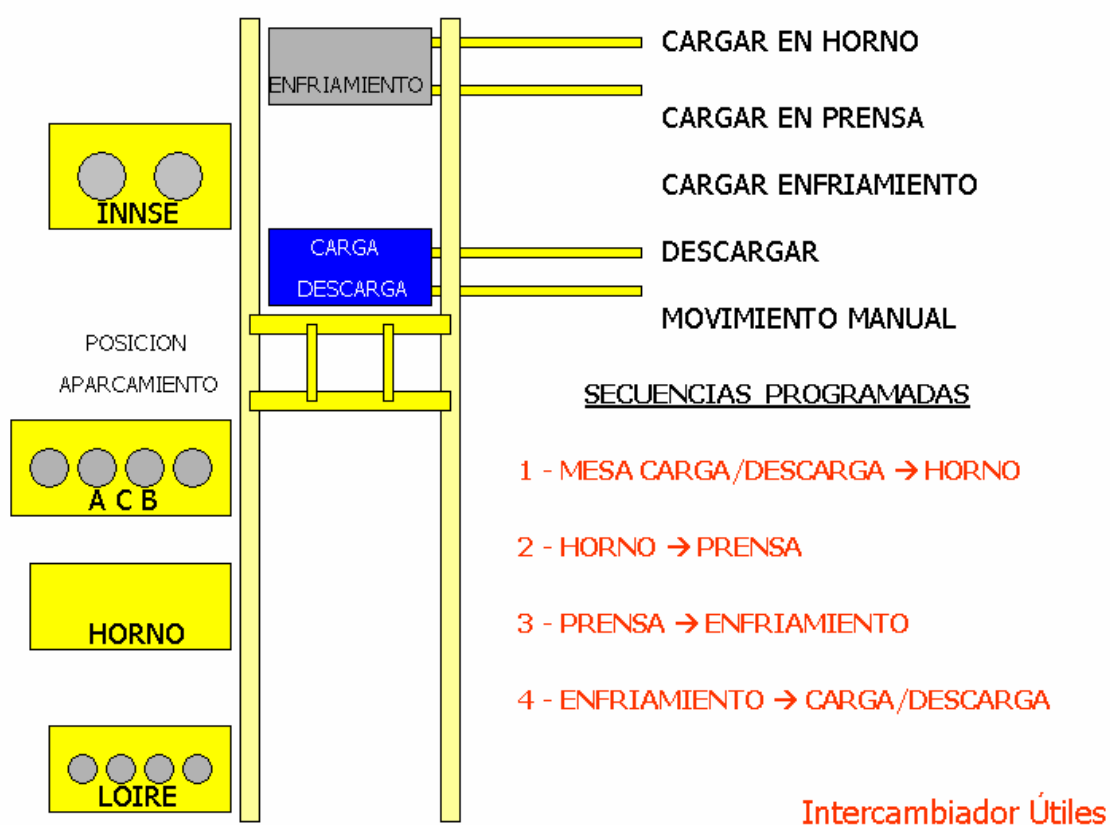


Figura 3.1.1.11 Secuencias Intercambiador de útiles



Figura 3.1.1.12 Intercambiador de útiles

La automatización ocupa un lugar predominante en el pilar de los sistemas de producción. En Lean Manufacturing aparece con una palabra japonesa: Jidoka, la cuál es en realidad una palabra inventada por Toyota que tiene una difícil traducción. En castellano se puede traducir como “Autonomatización”, queriendo indicar que es algo que va más allá de la automatización. A este proceso conocido como Jidoka se puede unir un mecanismo que permite desacoplar completamente la operación de la máquina de la inspección de las personas. A este mecanismo que permite asegurar de una forma sencilla que no se pueden producir defectos se le llama Poka-Yoke (a prueba de error) y explica la base del Jidoka, automatizar una operación dotándola de los mecanismos “inteligentes” que le permitieran funcionar a prueba de error, con un “toque humano”. El objetivo del Poka-Yoke es tratar de limitar o imposibilitar de algún modo el error humano en un puesto determinado y/o la transmisión del mismo al puesto siguiente. Nuestro Poka-Yoke en el sistema automatizado de intercambio de útiles lo tenemos en los detectores de proximidad que posee el intercambiador, que le impiden a éste descargar el útil en zonas donde no está definida. Por ejemplo, si la mesa del horno no está afuera del mismo, el intercambiador no puede descargar el útil, con lo que

---

eliminamos el error humano. Otro Poka-Yoke que podemos identificar en el área de CSP es en el sistema de las prensas, que no deja pasar a la siguiente fase (el Software de la prensa funciona por fases) hasta que se alcanza una determinada presión y temperatura. También podemos encontrarnos otro Poka-Yoke en los centrajes de la parte inferior de los útiles, que son únicos para cada útil y no permiten que las partes inferior y superior de dos útiles distintos se acoplen.

La respuesta inmediata y obvia a por qué automatizar un proceso es para reducir costes, pero en realidad hay dos caminos posibles para eliminar costes, que son:

- Reduciendo el contenido de mano de obra directa (en nuestro caso los operarios que tendrían que cambiar el útil).
- Reduciendo el porcentaje de productos defectuosos y recuperando el coste de materiales y del tiempo de reproceso.

En la práctica estos dos caminos se entrecruzan y es difícil imaginar una automatización que tenga un efecto en ambos aspectos. Sin embargo hay un tercer motivo para automatizar que se suele olvidar y que cada día crece en relevancia: La seguridad. En muchas ocasiones no se busca una mejora de Coste o Calidad sino que se pretende evitar un problema de seguridad en el trabajo. Este es el motivo principal por la que en Superplástico se eligió un proceso de automatización de intercambio de útiles. No olvidemos que en algunas ocasiones el útil se descarga del horno a una temperatura de unos 900C.

Los pasos que se siguieron para automatizar el proceso de intercambio de útil fueron los que se indican en el siguiente esquema:

PASO		DESCRIPCIÓN	TRABAJO DURANTE EL CICLO
Utilizar un Transfer sólo al llegar al paso 10	10	Transfers: Conexión de varios procesos a través de un transfer sin involucración de las personas.	Trabajo de máquina
	9	Arranque: Después de los primeros 8 pasos, la máquina puede arrancar por sí misma. Se deben tener en cuenta la seguridad.	
	8	Alimentación: Las piezas se alimentan al proceso de intervención del operario.	
		<b>Se puede implantar una línea Chaku-Chaku</b>	Trabajo manual
7	Calidad (Poke-Yoke): Evitar que los defectos pasen a los siguientes procesos, se incorporan elementos que detectan el defecto y detengan la producción.		
6	Descarga (Hanedashi): Al terminar el ciclo de pieza se descarga de forma automática de manera que la siguiente pieza se puede alimentar.		
5	Retorno: Al terminar el ciclo la pieza y las herramientas vuelven a la posición "cero" de forma automática.		
4	Centrado: El centrado de la herramienta se realiza de forma automática. Las herramientas se mueven hasta el punto de trabajo.	El operario y la máquina trabajan juntos	
3	Herramientas: La carga de la herramienta se realiza automática. El operario no manipula la herramienta.		
2	Fijación: Eliminar la fijación manual de la pieza por una fijación automática.		
1	Proceso: Reemplazar el esfuerzo humano por un aparato mecánico. Por ejemplo: Atornillador neumático.		

Figura 3.1.1.13 Plan de automatización de un proceso

- Como otra acción a ejecutar tenemos la planificación de una mejora continua en la coordinación de los diferentes grupos de trabajo mediante las instrucciones adecuadas. Para ello se programaron unas sesiones informativas sobre "Lean Manufacturing" a todo el personal del Área de Conformado superplástico. En ellas se hizo especial hincapié en la necesidad de participación de todo el personal en los procesos de mejora de la eficiencia del Área de Gestión, y se explicaron tanto los proyectos/acciones/resultados del año 2006 y los que se han planificado para el 2007.
- El mando de taller ha planificado el cambio de útil cuando exista una avería en los que se utilizan actualmente para evitar que se alargue el tiempo de cambio del mismo.

*6ª Actuación: Acciones para la reducción del tiempo de cambio de útil en prensa*

Las operaciones que se deben ejecutar para la mejora del tiempo del cambio de útil son las siguientes:

1.- Preparación útil

- 1) Ingeniería verificará las conexiones de tuberías y un operario de fabricación verificará las conexiones una segunda vez para eliminar posibles errores.
- 2) Aplicar desmoldeante (N.B.) en superficie del útil.

2.- Cambio útil (Mejoras para dar seguridad al cambio de útil)

- 1) Antes de iniciar cualquier operación, comprobar que la instalación puede trabajar en automático, verificándose el cierre de cadena de seguridad (puertas, setas, etc.) que permiten el inicio de la operación en automático.
- 2) Si no se puede trabajar en automático, avisar a mantenimiento y proceder a realizar el cambio en manual.
- 3) Verificación que no hay personas o objetos que dificulten la operación (ejemplo – grúa, tuberías útil).
- 4) Verificar/constatar todos los parámetros de operación: útil, movimientos entre estaciones, etc.
- 5) Calentar en horno BROCHOT a 900° C.
- 6) Inicio calentamiento 10 horas antes de terminar lote (rampa 100C/hora).
- 7) Comprobar estado de tuberías/termopares antes de cerrar horno y prensa.

---

### 3.- Fabricación (¿Qué podríamos hacer para minimizar el tiempo de cambio de útil?)

- 1) Disponer del útil entrante 24 horas antes del cambio. Resp: Ingeniería CSP
- 2) Planificar adecuadamente el cambio
  - a. El útil se cambiará inmediatamente después de descargar la última pieza. Responsable: Fabricación.
  - b. Coordinar final de lote con inicio de nuevo lote, funcionamiento de las 3 prensas, y funcionamiento de otros puestos (serigrafía). Responsable: mando taller.
  - c. Priorización en operaciones según se indica ( en cualesquiera de los turnos):
    - i. Carga/descarga piezas
    - ii. Cambio útil
    - iii. Serigrafía Slats
    - iv. Serigrafía B/A
    - v. Resto de operacionesResponsables: Grupos de CSP.
  - d. Anotar tiempo de comienzo y finalización de cambio útil en cada una de las estaciones (horno/prensa) en la hoja de carga. Responsables: Grupos de CSP.

Esta es una mejora de línea que se hace una vez se ha realizado un número significativo de mejoras puntuales, y se empieza a ver la posibilidad de mejorar en toda o en una parte de la línea de producción. El objetivo es llegar en este sentido a un flujo de planta, es decir, el de sincronizar las distintas líneas para lograr flujos armónicos entre ellas.

---

Acciones pendientes para la mejora de la instalación cambio de útil

- 1) Modificación software – Realizado, pendiente de entregar.
- 2) Dotación de elementos de señalización de cierre de puertas correcto. Responsable: ingeniería industrial.
- 3) Instalación de marcas de “0” máquina. Responsable mantenimiento.
- 4) Formación al personal en software nuevo. Responsable: ingeniería industrial.
- 5) Análisis modificación zona de seguridad (contemplar uso de “rotoscan” en lugar de barreras físicas. Ya mencionado anteriormente). Responsable: ingeniería industrial/producción/salud laboral.

Al margen de las mejoras que se pueden hacer para el buen funcionamiento de las prensas también era necesario actuar sobre otras partes del proceso que no fueran operaciones en prensa para evitar la aparición de defectos en las piezas. En la pieza de mayor coste que se fabrica en la planta (Slats: 14.000 euros/pieza) se encontraron diversos problemas en su fabricación, entre ellos se encontró cuando se inspeccionaron algunas piezas por ultrasonidos falta de soldadura en el larguero y las costillas; también se encontraron errores en el mecanizado de control numérico, que debido a que la arandela estaba desplazada no se hacía bien el vacío y había defectos en la soldadura; otro problema que se encontró fue cuando la carga en la prensa se producía por el lateral se producían ondulaciones en el paquete. Pero había Slats que también presentaban estos problemas y ni se habían cargado por el lateral de la prensa ni se había hecho con el útil remecanizado, con lo que tras diversos estudios por parte del Área de Ingeniería se detectó que el problema se encontraba con toda probabilidad en la sección de Baños y Serigrafía, debido a que por ejemplo era en ocasiones necesaria la aplicación de una segunda capa de Stop-off a las chapas o por parte de Baños la bomba de recirculación se paraba y como el proceso estaba en automático no había recirculación. Otra posibilidad era que hubiera contaminación en los baños,

---

debido a una espuma que aparecía cuando se hacía la recarga del Rovi-super y que se metía en las rendijas del baño y sobrenadaban en la superficie de los mismos. También en la limpieza de pantallas (en Serigrafía) se observó que en las mismas existía una especie de grasa y esto podía ser debido a que al disolvente nunca se le había hecho un mantenimiento que consistiera en limpiarlo o eliminarlo y/o cambiar los filtros.

La posible solución a estos problemas consistía en definir cuáles son los requisitos indispensables en la planta de Superplástico para la fabricación de los Slats y cuyo objetivo era reforzar todas las operaciones, sobre todo las operaciones en Baños y en Serigrafía. El resultado fue la construcción de un “Decálogo de Fabricación”:

*7ª Actuación: Elaboración de un Decálogo de Fabricación*

El documento que se elaboró y que contemplaba las diversas acciones de obligado cumplimiento por parte del personal de la planta, fue el siguiente:



**FABRICACIÓN DE SLATS EF-2000**

**REQUISITOS INDISPENSABLES**

**A continuación se especifican los requisitos indispensables para conseguir la fabricación de los Slats sin desviaciones de Calidad y garantizar que no se produzcan inutilidades.**

Los criterios establecidos se consideraron de obligado cumplimiento.

**1.- LA LIMPIEZA CORRECTA DE LAS CHAPAS ES CONDICIÓN INDISPENSABLE PARA REALIZAR LA SERIGRAFÍA.**

Para ello se deberán realizar las siguientes acciones:

- Antes de realizar el proceso de decapado en baños, se verificará el estado de limpieza de las soluciones líquidas de los mismos, y en caso de presentar contaminación de partículas u otro tipo de contaminación, no se realizará el proceso. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
- Asimismo, antes y durante el proceso se comprobará el correcto funcionamiento de las bombas de recirculación para garantizar que se produce un ataque homogéneo. En caso contrario se repetirá el proceso. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
- Se realizarán mediciones de espesores de las chapas, antes y después del decapado, garantizándose un ataque de 25  $\mu$  por cada cara ( 50  $\mu$  total). La última medición de espesor se realizará al final del proceso de baños y si no se verifica el ataque de 50 micras se volverá a repetir el proceso de baños en manual. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

- 
- El tiempo de operación en el baño de Blanqueado Nítrico no será inferior a 15 min. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - Diariamente a las 7.30 h. Se verificará el correcto estado de limpieza de las soluciones de cada baño, y el correcto funcionamiento de las bombas de recirculación, y en su caso proceder a rearmar las bombas y/o realizar la limpieza de impurezas en los baños. En caso de que un baño no sea apto para su uso, se deberá señalar adecuadamente su prohibición de uso. RESPONSABLE: CALIDAD / MANTENIMIENTO
  - Se deberá comprobar diariamente, que las duchas de los baños de enjuague funcionan correctamente, y en caso contrario dar parte a Mantenimiento. Cuando las duchas no funcionan o se están regenerando, existe un depósito de agua adicional que se enciende en manual. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

## 2.- CUMPLIMIENTO DE FACTORES CRÍTICOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LA OPERACIÓN DE SERIGRAFÍA Y FORMACIÓN DEL PAQUETE DE CHAPAS.

A continuación se reseñan los factores críticos a cumplir para garantizar la correcta serigrafía y formación del paquete de chapas:

- Aseguramiento del estado de limpieza de las pantallas:
  - Cada 3 días se realizará un Mantenimiento preventivo de la instalación de limpieza de Pantallas, consistente (además de las operaciones que Mantenimiento defina) en la limpieza y reposición del disolvente. RESPONSABLE : MANTENIMIENTO
  - Las pantallas de serigrafía se lavarán manualmente con disolvente MEK después de su limpieza en la instalación automática, y a continuación quitar los restos de MEK con Alcohol isopropílico. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

- 
- En caso de observar deficiencias en la serigrafía aplicada, ya sea dentro o fuera de la zona de soldadura, está prohibido dar una segunda “capa de serigrafía”, solo se permitirá en casos excepcionales (aplicar experiencia) el repaso manual, para eliminar pequeños defectos; en el resto de casos se volverá a realizar la operación de limpieza y decapado, controlándose el valor de espesores. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - Si se observara suciedad en la chapa, antes de proceder a realizar nuevamente su decapado, se debe limpiar en seco con estropajo y no hacerlo con MEK, ya que el disolvente extendería la suciedad por la chapa. Esta **terminantemente prohibido** lavar la chapa en la instalación de limpieza de pantallas, ya que el Stop-off contaminaría el disolvente de dicha instalación. Las pantallas de serigrafía se lavarán manualmente con disolvente MEK después de su limpieza en la instalación, y a continuación quitar los restos de MEK con Alcohol. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - El Papel utilizado en la mesa de serigrafía, será sustituido cada vez que se realice la serigrafía de una chapa de larguero ó de una costilla, ya que tras estas operaciones suelen quedar manchas en dicho papel, que podrían provocar manchas en la siguiente serigrafía de costilla ó larguero, y por consiguiente posibles defectos de soldadura. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - El secado de las operaciones de Repaso manual de serigrafía, debe considerarse como una serigrafía y por consiguiente se realizará siempre en la estufa. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - El Papel usado en la estufa deberá ser sustituido cada dos días ó cada dos serigrafías completas de Slat (el caso mas desfavorable). RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
  - La serigrafía realizada, se verificará chapa a chapa y se realizará una segunda verificación tras la operación de Soldadura por puntos de los semipaquetes; dicha responsabilidad recae en los OPERADORES, el MANDO de taller y el VERIFICADOR de Calidad. Esta verificación se

---

realizará de acuerdo con la IT debiéndose cumplimentar la IV correspondiente. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN / CALIDAD

- Para evitar el desplazamiento de las chapas al realizar la soldadura por puntos, se deberá realizar con una frecuencia de dos veces en semana, el Mantenimiento Preventivo de dicha maquina, de manera que se garantice la correcta alineación de los electrodos, y no presenten deficiencias en su contorno. RESPONSABLE: MANTENIMIENTO

### 3.- MANTENIMIENTO Y EQUIPADO DE ÚTILES

Antes de la carga del útil en prensa, se realizaran las operaciones de adecuación del mismo y se realizará su verificación posterior, debiéndose cumplimentar la IVU correspondiente. RESPONSABLE: INGENIERÍA

### 4.- VERIFICACIÓN VISUAL DE ÚTIL, TERMOPARES Y TUBERÍAS DE GAS.

Una vez realizada la carga del útil en prensa, y antes de proceder al cierre de la misma, los operadores deberán realizar una inspección visual del estado del útil (centraje etc.), y de los termopares y tuberías de gas, con objeto de poder detectar posibles anomalías en dichos elementos, en cuyo caso se procederá a su reparación. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

### 5.- USO DE SUPLEMENTO EN ARANDELA

Ingeniería de CSP, definirá el tipo de suplemento a colocar en arandela. Esta información estará definida en un panel ubicado junto a la prensa ACB. Con el propósito de facilitar aún más el trabajo, se facilitará esta información en la zona de soldadura por puntos. El operador que realiza la carga del paquete, deberá cumplimentar en hoja de carga

---

(seguimiento del lote), que ha realizado el montaje de dicho suplemento, y en su caso reseñar posibles incidencias. RESPONSABLE: INGENIERÍA / PRODUCCIÓN

#### 6.- CARGA-DESCARGA DE LAS PIEZAS

La carga de las piezas se realizará siempre, con la mesa en el exterior de la prensa y la descarga se realizará con el manipulador de piezas (por el lateral de la prensa), con objeto de tener la menor pérdida de temperatura y disminuir las deformaciones del elemento. Solo en caso de avería se procederá a realizar la descarga, extrayendo la mesa. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

#### 7.- HABILITACIÓN DE LA PRENSA.

- La prensa debe quedar “habilitada” en un tiempo inferior a 15 min. Si por cualquier circunstancia no se consiguiese, se procederá a retirar el paquete de la prensa para evitar contaminación del mismo, y no se cargará de nuevo hasta haberse eliminado la circunstancia que impedía la habilitación, y lo decida el responsable de producción. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN
- Antes de proceder a la carga de la pieza, se procederá a eliminar todas las alarmas de la prensa. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

#### 8.- ASEGURAR EL VACIO CORRECTO AL INICIO DE CICLO

Los operadores deberán asegurar al inicio de ciclo que el vacío se consigue antes de 15 min.; en caso de sobrepasar dicho tiempo se deberá dar 2 h. más de Soldadura. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN

---

### 9.- DEFORMACIÓN MÁXIMA DEL ÚTIL

No se permitirá una deformación en el útil superior a **1 mm**. Para garantizar su control, se establece una frecuencia de verificación del mismo, cada 3 meses en maquina DEA. Esta frecuencia puede ser modificada en función de Resultados. RESPONSABLE: INGENIERÍA / CALIDAD

### 10.- POTENCIA ELÉCTRICA MÍNIMA EN ESCUDOS

No se podrán procesar piezas en los casos que existan descompensaciones de potencias entre los escudos laterales. Si durante el transcurso de la fabricación de una pieza se produce una pérdida de potencia en alguno de los escudos, se terminará el ciclo de fabricación de dicha pieza, y se dejará la prensa, pendiente de recuperación de la citada pérdida de potencia, antes de realizar la siguiente carga. Mantenimiento deberá facilitar diariamente la información del estado de potencia de dichos escudos. RESPONSABLE: PRODUCCIÓN / MANTENIMIENTO

### 11.- POTENCIA MÍNIMA REQUERIDA EN ZONAS DE CALENTAMIENTO

Pendiente de definir criterios. Inicialmente, como medida preventiva, no se podrán procesar piezas, siempre que alguna de las zonas esté por debajo del 66% en el caso de las resistencias unifilares, y del 75% en las resistencias del tipo Bastón. Mantenimiento mantendrá actualizada (SEMANALMENTE) en panel informativo, la información referente al porcentaje de potencia: RESPONSABLE: PRODUCCIÓN / MANTENIMIENTO

---

Nota: Estos requisitos formarán parte de las evaluaciones a realizar en la supervisión periódica de Calidad integrada del área de Conformado superplástico, y se incluirán en las diferentes IT's afectadas.

REQUISITOS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO  
ÁREA DE GESTIÓN DE CONFORMADO SUPERPLÁSTICO

**26/4/07**

Todo esto se proyectó a partir de un análisis riguroso de las distintas hojas de Instrucción Técnica del proceso de Conformado superplástico. Si el proceso no pudiera seguirse según las distintas órdenes o instrucciones que se dan, el proceso se pararía a la espera de nuevas instrucciones por parte del Área de Ingeniería. Asimismo y a partir de este “Decálogo” se elaboraron carteles con el resumen de las distintas instrucciones que luego se colocarían en los paneles de información en el Área de Baños, Área de prensas y Serigrafía (Ver proyecto de 5S's y Gestión Visual).

*8ª Actuación: Creación de hojas de Instrucciones de Verificación (IV) de enderezados de Slats y Bordes de Ataque*

Como última acción en este proyecto de revisión de la metodología de los procesos y plan de contingencia de las instalaciones, se elaboraron dos hojas de Instrucciones de Verificación de control de enderezados de Slat y Bordes de Ataque que se incluirían en las hojas de seguimiento e identificación de la pieza y en la que los operarios anotarían la posible flecha que pudiera tener la pieza y el enderezado que se haría sobre ella. El objeto de esta acción era tener un mayor control sobre los posibles números de enderezados que se realizaban sobre la pieza. Se hacía así una comprobación en varios puntos definidos de la pieza de si había una desviación o galguelo del Gap nominal (flecha) en su correspondiente útil de verificación. Si se encontraba fuera de los márgenes de tolerancia el operario tendría que anotar el número de pieza y la

---

carga y descarga de la pieza en el horno Brochot (que se efectuaba para corregir la flecha en la pieza, fijándola previamente sobre un útil de enderezado). Después de la descarga de la pieza, ésta se volvía a colocar en el útil de verificación para comprobar la flecha y, si volvía a estar fuera de los márgenes de tolerancia, se hacía un segundo enderezado y así sucesivamente. El diseño de estas dos hojas de Instrucciones de Verificación se incluyen en los Anexos del proyecto.

## **2) 5 S's y Gestión Visual**

Si desglosamos las causas principales del desperdicio a nivel de productividad de las instalaciones, veremos que estas ineficiencias o pérdidas de rendimiento, son esencialmente pérdidas de tiempo (debido a cambios de producto, averías, limpieza o mantenimiento de la maquinaria, falta de operarios, etc.) y pérdidas asociadas a defectos del producto (mermas de calidad).

Existen múltiples técnicas dentro de los entornos productivos de Lean Manufacturing para identificar y eliminar específicamente cada uno de los despilfarros mencionados anteriormente. Un claro ejemplo es la metodología *Total Productive Maintenance* (TPM) dirigida a implantar programas de mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo que ayudarán a impedir las paradas frecuentes en las instalaciones (descrito en el apartado Anexos del proyecto).

Otro ejemplo es la herramienta conocida como SMED (Single Minute Exchange Die), basada en mejorar la capacidad del proceso mediante la reducción de los tiempos de cambio de líneas (set-up) de producción. Este mecanismo ayuda a eliminar el desperdicio debido a las pérdidas de tiempo en los cambios de producto y de formato. En el área de CSP nos encontramos una reducción de tiempo de máquina parada por cambio de útil con un proceso automatizado y planificado de intercambio de útiles como el que hemos



descrito anteriormente. Este procedimiento nos ha dado una reducción del tiempo de cambio de útil de 36 horas a 12 horas, con el consiguiente ahorro y aumento en la velocidad del proceso, reduciéndose las pérdidas de velocidad y aumentando con ello el OEE.

En este proyecto veremos la técnica de las 5S y Gestión Visual, una herramienta muy potente para aumentar, de forma inmediata, la productividad a nivel de instalaciones y mejorar el puesto de trabajo.

Las 5S, método basado en “el mantenimiento del orden y la limpieza en el puesto de trabajo”, es un sistema dirigido a definir y estandarizar las condiciones óptimas de los lugares de trabajo de tal manera que se puedan detectar y evidenciar los desperdicios a nivel de línea de producción.

El objetivo principal de implantar una política de 5S en las instalaciones será la mejora de la calidad, la productividad y el control del proceso, gracias a una optimización del espacio disponible y una reducción de errores, paradas y tiempos.

El nombre de “5S” deriva de las iniciales de 5 palabras japonesas que indican las 5 fases de implantación de un programa 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

### A. Fases de un programa 5S

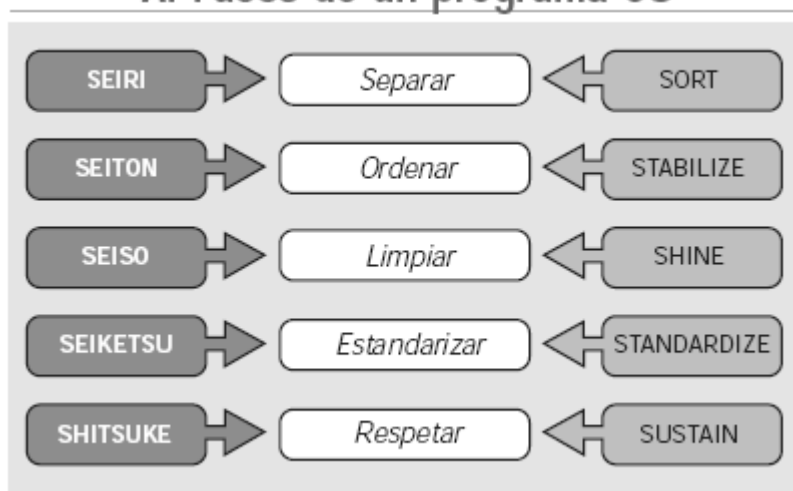


Figura 3.1.1.14 Fases de un programa de 5S

La primera fase consiste en separar los materiales útiles de aquellos que no lo son, y desprenderse de todo aquello que resulta innecesario. Posteriormente, en la segunda fase, se dispone de forma ordenada los materiales útiles y se identifica su ubicación: “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su sitio”. Este orden establecido debe facilitar la búsqueda, utilización y reposición de cada elemento.

Llegados a este punto, es el momento en que es necesario efectuar una limpieza inteligente en el lugar de trabajo, es decir, redefinir las condiciones óptimas operativas para el puesto. Esto incluye identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran en perfecto estado. Después, en la siguiente fase, se deberán establecer normas sencillas y visibles que permitan diferenciar los comportamientos correctos de las anomalías. Esto se traduce en comunicar los estándares y las condiciones operativas de cada puesto de trabajo a todos los interesados.

Finalmente, la última fase es el punto más difícil del proceso ya que supone “disciplina y hábito”. Consiste en mantener y respetar diariamente los estándares y las condiciones anteriormente definidas. El desglose de cada una de las fases se refleja en la siguiente ilustración:

## B. Descripción de las fases

Fase	Metodología
1. SEIRI	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar el área de intervención</li><li>• Definir los criterios de separación</li><li>• Separar físicamente el material útil del inútil</li></ul>
2. SEITON	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir la frecuencia y la cantidad óptima de utilización</li><li>• Codificar los objetos</li><li>• Identificar claramente la posición de cada material</li></ul>
3. SEISO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir las condiciones operativas óptimas</li><li>• Limpiar e inspeccionar las máquinas</li><li>• Definir estándares operativos y de mantenimiento</li></ul>
4. SEIKETSU	<ul style="list-style-type: none"><li>• Distinguir simultáneamente los materiales útiles de los que no lo son</li><li>• Hacer difícil o imposible guardar objetos en lugares equivocados</li></ul>
5. SHITSUKE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir los parámetros de evaluación</li><li>• Efectuar comprobaciones periódicas en las áreas</li></ul>

Figura 3.1.1.15 Descripción de las fases 5S

*1ª Actuación: Aplicación de la metodología 5S en dos zonas piloto*

En nuestra planta de Conformado superplástico, definimos dos zonas piloto para implantar el método de las “5S’s”: Una fue la zona de las herramientas que se utilizaban para operar en prensa y la otra fue la zona en la que ubicaban los útiles.

En la zona donde los operarios colocaban las herramientas, que usualmente era en el suelo frente a la prensa, se habilitaron zonas específicas donde los operarios tendrían que colocarlas. Aparte de esta mejora, se seleccionaron las herramientas meramente indispensables y se desecharon las que no se utilizaban. Además, se duplicaron las herramientas y se colocaron en las zonas anteriormente mencionadas, para evitar que el operario tuviera que desplazarse con una misma herramienta de un lugar a otro a las diferentes prensas, con el consiguiente ahorro de tiempo. Las zonas que se habilitaron las podemos ver en la ilustración siguiente:

**ANTES →****DESPUÉS →**

Figura 3.1.1.16 5S herramientas de prensa

La imagen de “antes” y del “después” de la aplicación del método de las 5S es ilustrativa de las mejoras en términos de orden y limpieza.

Asimismo, en la zona donde se ubicaban los útiles, primero se ordenaron todos ellos y más tarde se desecharon los útiles pertenecientes a piezas que ya no se fabricaban y que sin embargo estaban emplazados en la zona donde se almacenaban los útiles. Más tarde se identificó cada útil con su número de serie en las repisas donde se ubicaban, y se dejaron huecos para la

posible entrada de nuevos útiles que fueran llegando a la planta. De esta manera:

**ANTES →**



**DESPUÉS →**



Figura 3.1.1.17 5S Identificación útiles

Las ventajas de implantar una política de 5S en el puesto de trabajo son múltiples. Por un lado, la simplicidad de este planteamiento permite al personal participar activamente en la mejora continua de los puestos de trabajo. Hay que

---

recordar que el objetivo principal de esta metodología no es identificar culpables sino tener una visión inmediata de las anomalías ocurridas para especificar rápidamente las acciones correctivas que se deban aplicar.

Además, una mejora basada en las 5S permite conseguir una mayor productividad que se traduce en una disminución de las averías por falta de limpieza, en ahorro de tiempo en búsqueda de materiales, documentos, etc., en ahorro de tiempo, también en limpieza de maquinarias, en una mejora del espacio en el área de trabajo, en un mayor control visual del proceso que permite identificar cuellos de botella, y en una reducción de productos defectuosos gracias al control de las desviaciones o fallos.

Finalmente, cabe destacar que el orden, la limpieza y el automantenimiento promoverán un mayor conocimiento e implicación con las tareas asociadas al puesto de trabajo, además de mejorar la imagen corporativa que se dará a los clientes.

### *2ª Actuación: Aplicación de la metodología de Gestión Visual en la planta*

Así, entramos en el campo de la Gestión Visual, un área que trata específicamente el orden y la limpieza en la planta. La aplicación de esta mejora sería muy beneficiosa a posteriori de cara a la Auditoria de Lean Manufacturing (Lean Assessment) que tendríamos en el mes de Septiembre.

El primer paso que tendríamos que dar sería la identificación de los elementos que se pueden separar y agrupar según sus diferentes funciones y evaluar la posible aplicación en los mismos para mejorar la Gestión Visual. Antes de comenzar con esta metodología, ordenamos las Áreas de Producción y evaluamos las posibles acciones que se podían efectuar en la planta.

De esta manera, nos encontramos con las siguientes deficiencias que tenía la planta en cuanto a Gestión Visual:

- No existían paneles de información en los cuales el operario llevara un seguimiento del estado de fabricación de las piezas y del estado de las prensas. Asimismo, no existía ningún panel de incidencias en los cuales se anotaran los diferentes problemas que pudieran surgir en las Áreas de Producción. Hasta ese 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.
- Las diferentes zonas donde se posicionaban los carros, los útiles de las prensas, de enderezado o verificación o diferentes áreas de actuación de zonas se encontraban sin delimitar.
- En la planta existían ocho carros que se utilizaban para transportar o almacenar piezas o paquetes de chapas pero que no se encontraban identificados, es decir, se utilizaban indistintamente para cualquier fin.
- Había piezas que requerían reproceso o reparación y no estaban identificadas.
- No existía una ubicación definida de útiles, piezas, áreas de proceso o estanterías.
- Por último, las chapas que se dejaban en baños para el decapado fluorhídrico se dejaban apiladas de una manera desordenada, con lo que dejaba lugar a error y el operario podía hacer el decapado a otra chapa.

Las soluciones que se adoptaron para estos problemas fueron las siguientes:



- 1) Se colocaron paneles centrales informativos, los cuales estaban divididos en información de: Calidad (en donde se podían ver Indicadores), Lean Manufacturing (en el cual se encontraba un seguimiento del OEE por meses, de las distintas averías en prensa que se iban produciendo etc.), Producción (en el cual ofrecía el Organigrama de la planta, flujogramas de procesos de interés o el Decálogo de Fabricación), Información general e Incidencias (en el cual aparte de los distintos problemas que iban surgiendo se encontraba la planificación por turnos, la cual veremos en el siguiente Project Charter).

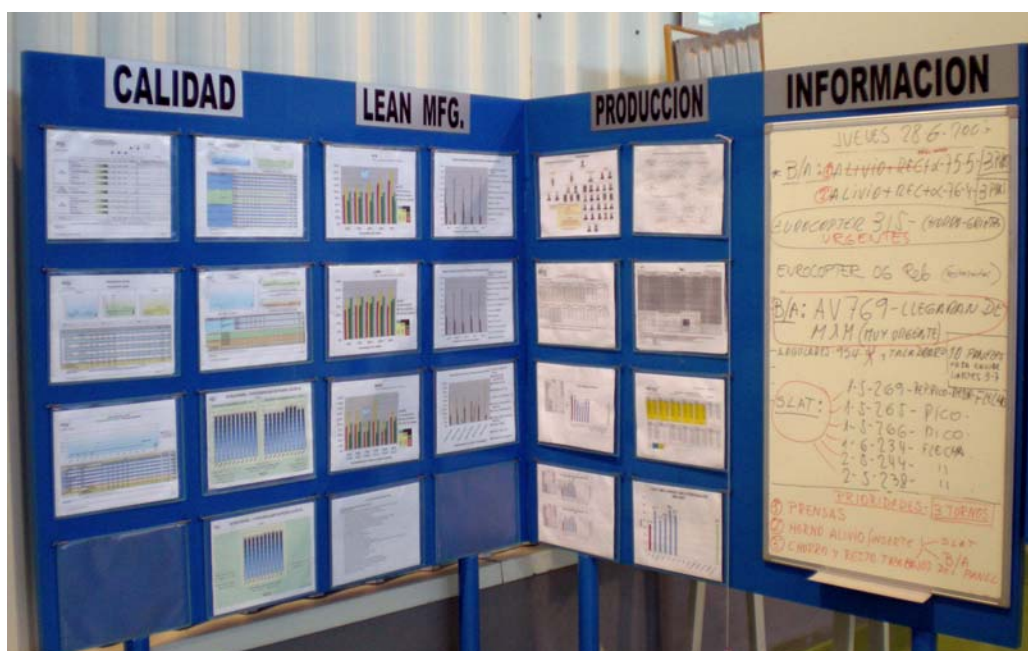


Figura 3.1.1.18 Paneles centrales de Información

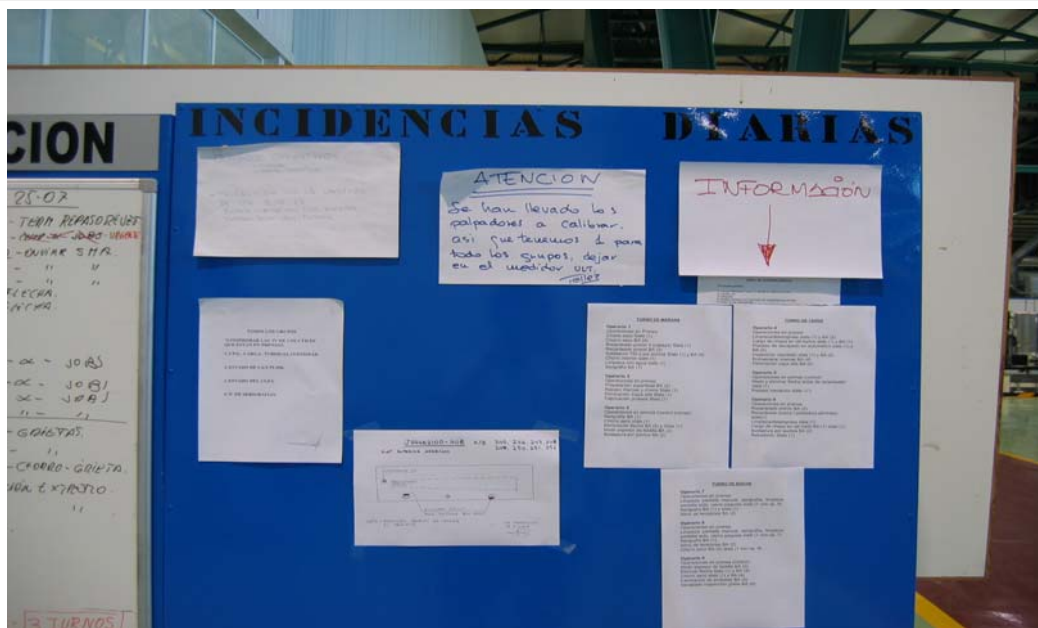


Figura 3.1.1.19 Panel incidencias

El seguimiento que se hacía tanto de OEE como de las averías o la pérdida de capacidad que aparecían en las prensas, se reflejaban en las siguientes gráficas:

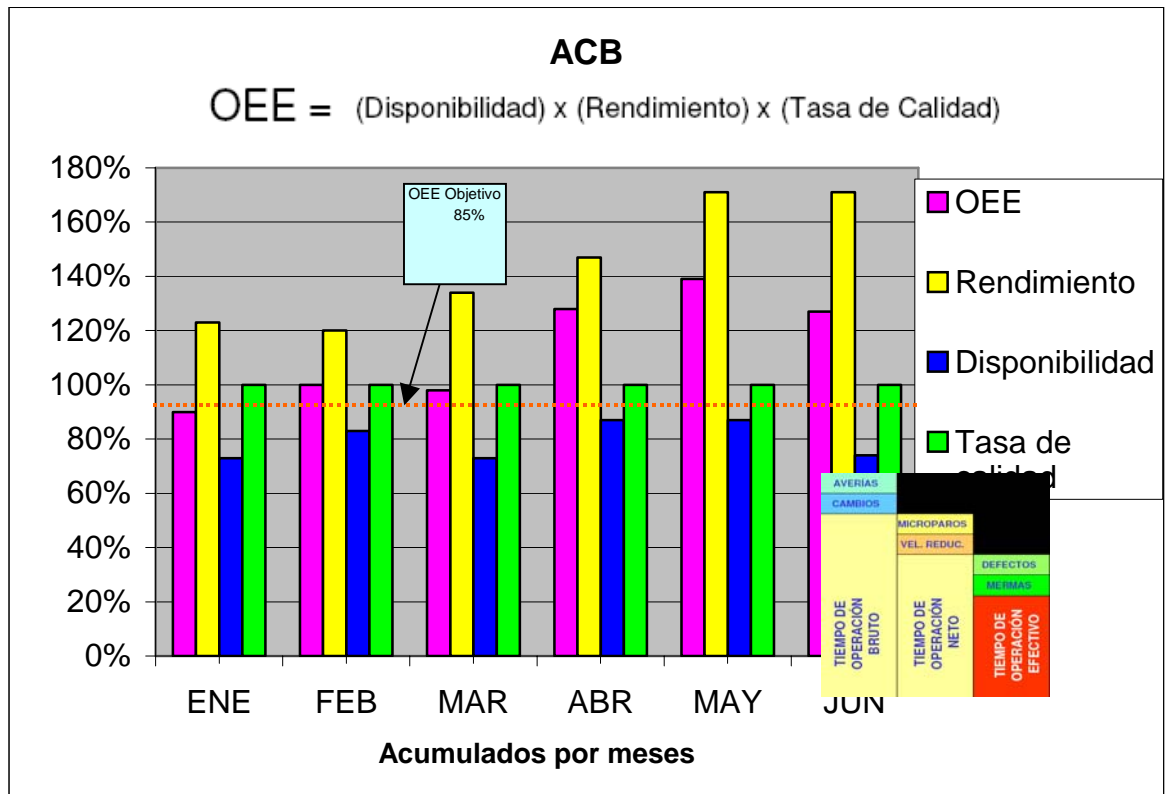


Figura 3.1.1.20 Gráfica OEE

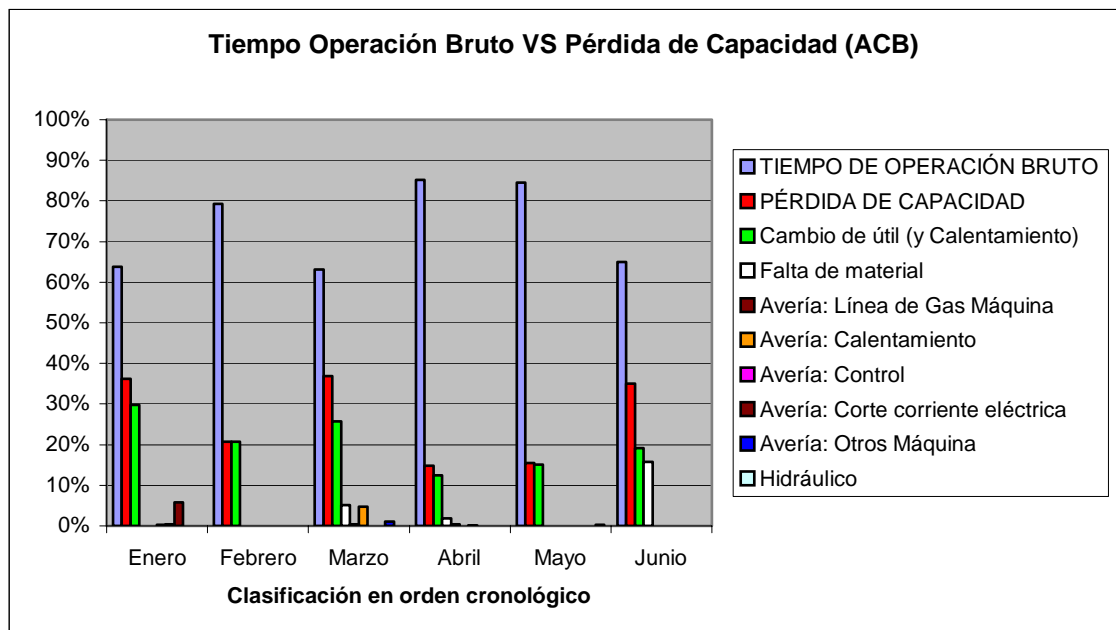


Figura 3.1.1.21 Gráfica averías

Además de estos paneles centrales, se colocaron cinco paneles más, uno en Baños, otro en la zona de Serigrafía y uno en cada prensa.

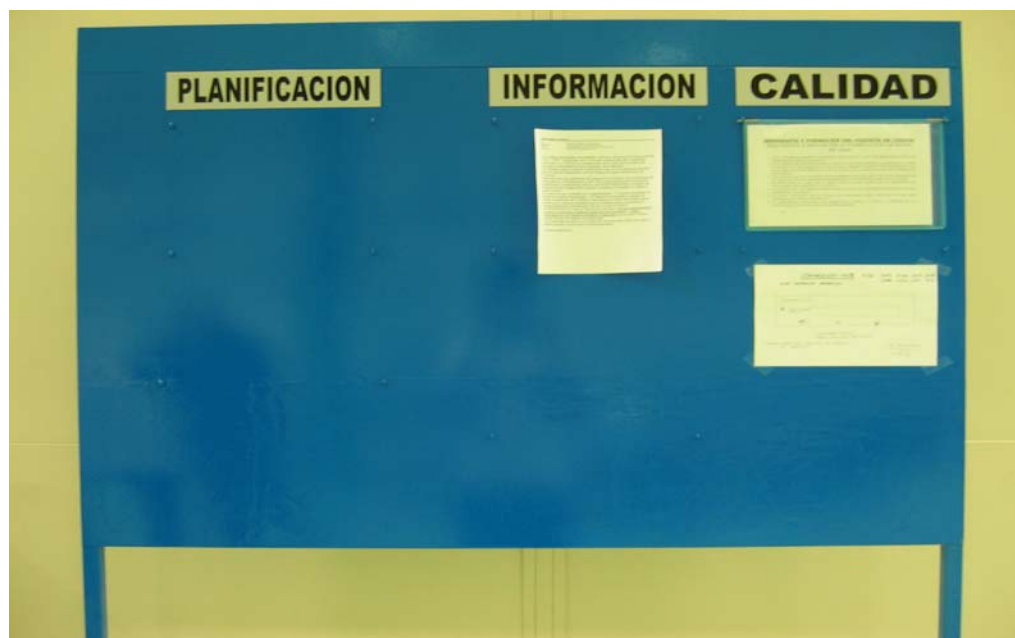


Figura 3.1.1.22 Paneles planta

De la misma forma también se colocó un panel adicional de Seguridad y Salud Laboral.



Figura 3.1.1.23 Panel Seguridad y Salud Laboral

También coordinamos con los mandos de taller la actualización de los informes de Calidad y el Control de producción en los paneles. Estos paneles, además de ofrecer información y de “guiar” a los operarios, ofrecían una mejor imagen corporativa de cara al cliente.

- 2) Se delimitaron y definieron las distintas zonas de interés con cinta de señalización (de color azul) para mantener un orden de los diferentes elementos que intervenían en el ciclo de producción de la planta. En las siguientes ilustraciones nos encontramos algunos ejemplos:



Figura 3.1.1.24 Identificación zonas de proceso

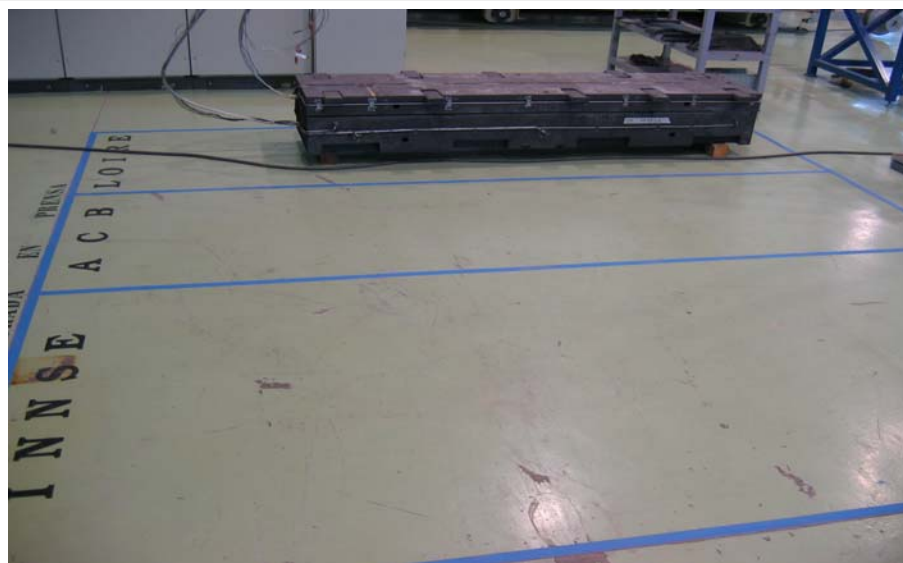


Figura 3.1.1.25 Identificación zonas de proceso



Figura 3.1.1.26 Identificación zonas de proceso





Figura 3.1.1.27 Identificación zonas de proceso



Figura 3.1.1.28 Identificación zonas de proceso



Figura 3.1.1.29 Identificación zonas de proceso

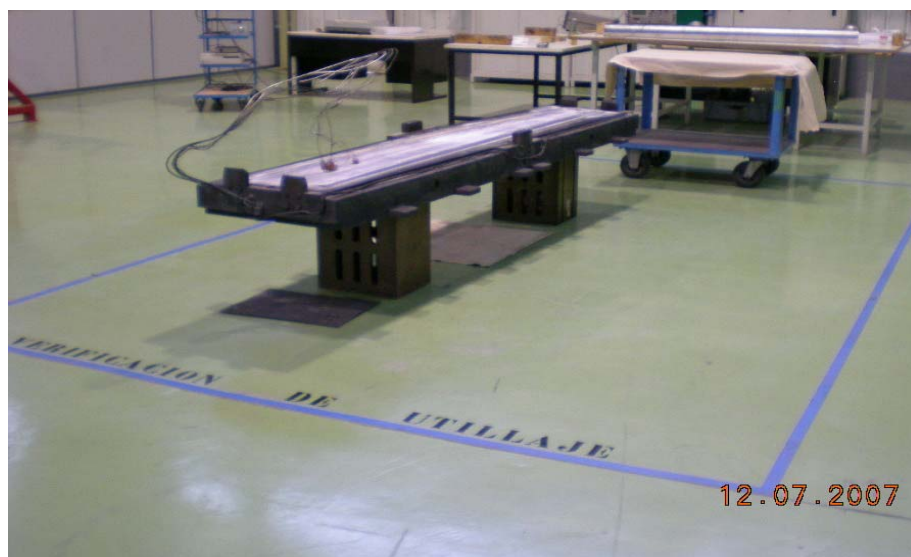


Figura 3.2.1.30 Identificación zonas de proceso



- 3) Se pintaron los carros (de color azul) y se nombraron para que se utilizaran para distintas actividades. Se tomaron 3 carros y se definieron para recoger las piezas que salían de las diferentes prensas (ACB, INNSE y LOIRE). A su vez estos carros se duplicaron para colocarlos en la zona definida como “pendiente de recantado”. Así cuando un carro estaba lleno de piezas, pasaba a esa zona y el carro vacío pasaba a la zona de prensas (se producía así una “sustitución” de carros, minimizando el tiempo de tener que descargar las piezas de un carro a otro).

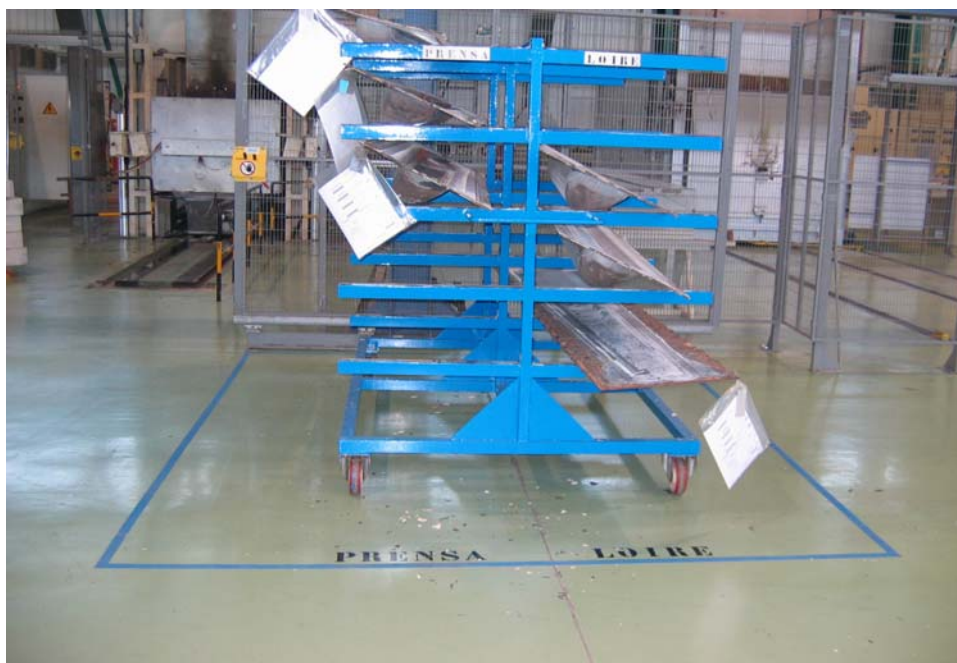


Figura 3.1.1.31 Carros de operaciones

Otro de los carros se utilizó en la zona de Serigrafía, para las chapas que salían de baños y estaban pendientes para la formación de paquetes.



Figura 3.1.1.32 Carros de operaciones

Por último, el carro que quedaba libre se definió para colocar 4 bordes de ataque y un Slat, que era la producción diaria estimada según la cantidad de estas piezas que eran requeridas anualmente, para así fabricar piezas por lotes y de esta manera respetar la filosofía Lean y trabajar contra la demanda real, es decir, mediante un sistema Pull. Así, cuando este carro (que se rotuló como piezas en proceso) contenía estas piezas pasaba por recantado, por chorreado seco, por baños etc.

- 4) Para las piezas que requerían reparación, se definieron pegatinas que se colocarían en la hoja de seguimiento de las mismas. Así, por ejemplo, a los bordes de ataque B/A que requerían corte de larguero para su reparación y sustitución se le colocaba una pegatina de color azul. El procedimiento a seguir con aquellos B/A, que tras su verificación al salir de prensa y la cumplimentación de la IV, presentaran defectos que pudieran dar origen a disposición de corte de LR para su reparación era el siguiente:

Con objeto de minimizar el Lead time del proceso de reparación de B/A con disposición de corte de larguero y montaje de Larguero separado, se establece el siguiente procedimiento:

1. Una vez descargado el B/A de la prensa, los operarios deberán cumplimentar la I.V. correspondiente, con el objeto de detectar y registrar posibles fallos, que pudiesen originar la disposición de corte de Larguero. (ejemplos: Falta de soldadura, longitud de faldilla errónea/fuera de tolerancia, Bordones desplazados o con falta de conformado, deformaciones, pliegues etc.).
2. Una vez cumplimentada la IV, se pegará en el extremo del Larguero del B/A un distintivo de color azul, de manera que visualmente se identifique que esa pieza tiene defectos como los descritos. La pieza seguirá su proceso normal como cualquier otro B/A, y bajo ningún concepto se quedará parada en ninguna de las operaciones posteriores.
3. El mando de taller deberá entregar a Calidad copia de la IV, para que en su caso realice una verificación específica del defecto reportado y abra la HNC correspondiente, de manera que IRM analice y defina la disposición que corresponda, lo antes posible. Después de esta verificación la pieza seguirá su proceso normal; es decir no se esperará a la disposición.
4. Una vez conocida la disposición, y después del Recantado en JOB, se procederá al corte del larguero (si es lo que indica la disposición), y se remitirá la pieza a Recantado de Faldilla.
5. Una vez realizada dicha operación, se realizarán las operaciones de marca y cabezas como el resto de piezas.
6. A continuación el operario definido para la realización del montaje del larguero de reparación, procederá a verificar con el larguero de "muestra", la longitud y el galgueo de ancho requerido, reseñando dichos datos en la IT correspondiente, necesaria para el plegado del larguero.

7. El mando de taller, gestionará el plegado del larguero, con los datos facilitados en la IT, adjuntando dicha IT al elemento enviado a Chapistería. (El larguero a plegar se tomará de los disponibles en almacén).
8. Una vez plegado el Larguero, el mismo operario que cumplimentó la IT, procederá a realizar el montaje de dicho larguero, continuando la pieza con el resto del proceso.

Para garantizar el procedimiento anteriormente descrito se requiere disponer de un Stock de largueros conformados pendientes del Plegado. Este Stock será el siguiente:

1. Se dispondrá de 4 LR (largueros) de cada tramo (75, 75, 77, 78 y 79), total 20 LR. Teniendo en cuenta que cada tramo cubre el punto 4 y 5.
2. Estos largueros se recantearán con exceso de longitud (a nivel de cajas de “pinchado”).
3. Por tanto tendremos siempre un almacén de 20 LR.
4. Se dispondrá de un almacén de LR de muestras, con medidas teóricas (espesor de 0,7 mm); estos largueros (total 10, uno de cada P/N) no necesitan tener conformados los bordones, y estarán pintados de un color concreto, y un distintivo visual (un punto de color diferente) diferente para cada uno, evitándose posibles errores.
5. El operario usará uno de estos LR de muestras (el que corresponda), para la verificación y Cumplimentación de la IT.

Asimismo, a partir de esta disposición se elaboró un flujograma que se colocaría en los paneles centrales de información y que definiría de una forma simplificada la forma de actuar en este tipo de casos:

AREA DE CONFORMADO SUPERPLASTICO

FLUJOGRAMA DE PROCESO DE REPARACIÓN D'NOSES de B/A A-330/340 CON LARGUERO SEPARADO

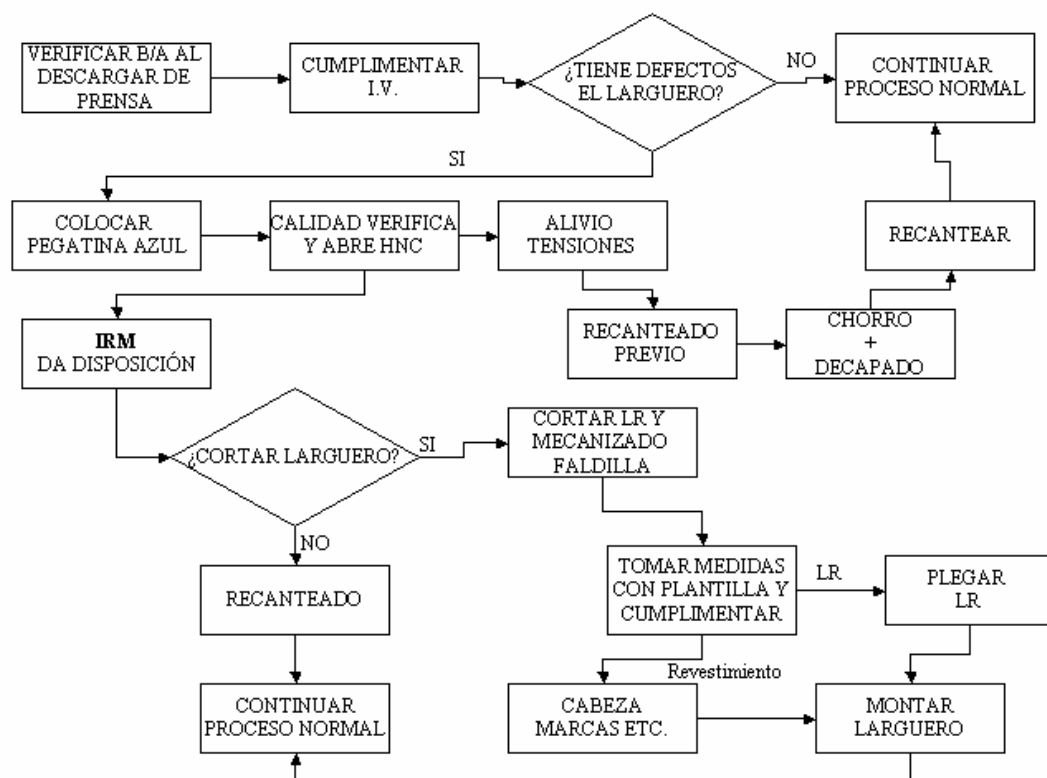


Figura 3.1.1.33 Flujograma corte de largueros

Así, de una manera rápida, el operario detectaría si la pieza necesitaba reparación sin necesidad de que se lo comunicase el mando de taller y actuaría de una manera rápida y eficaz.



Figura 3.1.1.34 Pegatina pieza corte de largueros

- 5) Para identificar todos los elementos restantes de la planta que se encontraban sin identificar, se elaboraron carteles (ver anexos) y se distribuyeron por toda la planta de Superplástico no ya para el operario, que conoce todas las áreas, sino en previsión a una futura Auditoría externa, la cual requiere que todos los elementos de la planta estén perfectamente identificados. Así, en las siguientes ilustraciones podemos ver algunos ejemplos:



Figura 3.1.1.35 Carteles planta



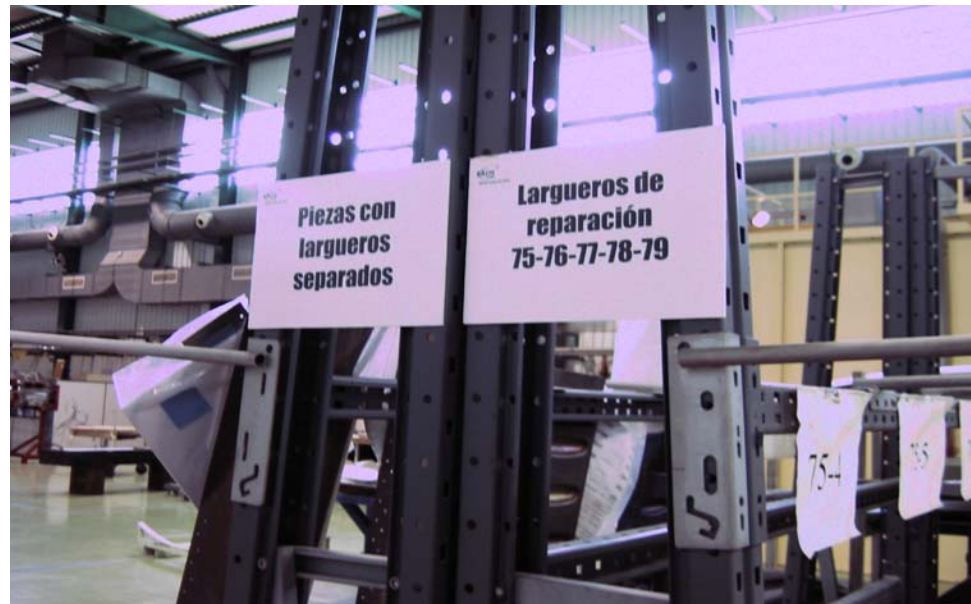


Figura 3.1.1.36 Carteles planta



Figura 3.1.1.37 Carteles planta

- 6) Por último se designaron unos carros para colocar en la zona de baños, separados por zonas de entrada en prensa, consiguiendo un mayor orden de las chapas que iban entrando en baños:



Figura 3.1.1.38 Carros Baños

El resumen del parte de estas acciones y otras acciones relacionadas que se implantaron fue el siguiente:

- Delimitar con cinta azul y nombrar las siguientes zonas:
  1. Área de acabado final de EDGE-ANGLES./Angulares Dasa/
  2. Zona de piezas pendientes de corte previo.
  3. Área de posicionamiento de útiles.
  4. Zona de útiles de enderezado.
  5. Zona de posicionamiento de piezas para Serigrafía y formación de semipaquetes (Para ello es necesaria la colocación del carro en la zona, descrito más adelante).
  
- Posicionar carros en las zonas situadas frente a las prensas y en la zona de pendiente de recantado.



- Nombrar las zonas delimitadas con cinta azul que se encuentran situadas frente a las prensas (Prensa LOIRE, prensa ACB y prensa INNSE).
- Confeccionar los carteles con las ubicaciones de los útiles y hacer el pedido de los carteles con su correspondiente verificación previa por parte del Área de Ingeniería.
- Reubicar parte del área de verificación de piezas de la zona de serigrafía y colocar una estantería para la ubicación de las correspondientes piezas pendientes de verificación visual y marcado.
- Mover el material de repuesto de la zona de serigrafía y colocar el carro en la zona que se designará como piezas pendientes de formación de semipaquetes. Designar una zona para el almacén de repuestos.
- Pintar los 3 carros que se utilizarán para colocar en la zona de baños para colocar las chapas y colocarlos en la zona designada para tal fin.
- Diseño de las dos estanterías para piezas de nueva fabricación (A400M y resto de piezas). Mover la estantería con el material no aeronáutico hacia la zona ubicada detrás de la máquina de chorreado y mover la estantería con las cajas de madera para que quepan las dos estanterías que se van a diseñar. Estudiar en lugar del diseño de la estantería una zona de ubicación de las piezas que van llegando.
- Pintar de azul todos los paneles para hacer una estandarización de los mismos.

---

### 3ª Actuación: Últimas mejoras

Como últimas reformas en este Project Charter y después de un último análisis de la situación de la planta de Conformado superplástico, se acordaron las siguientes acciones a implantar en el taller en cuanto a:

- Carros de prensa y de zona pendiente de recantado (Corte previo).
- Flujograma de proceso y cajas de documentación.
- Estanterías de piezas en proceso.
- Estanterías zona de utillaje.

#### 1. CARROS DE PRENSA Y ZONA DE RECANTEADO PREVIO

Se acordó establecer cuatro zonas delimitadas con cinta de señalización de color azul frente a la zona de prensas. Estas zonas serían rotuladas en el suelo como: Prensa Loire, Prensa ACB (junto a la zona de Prensa Loire), Alivio de tensiones, piezas pendientes de proceso y Prensa INNSE, en ese orden. A los carros situados en las zonas de prensas (utilizados solo para piezas de descarga) se les borraría el rótulo que tienen como identificación en la prensa de forma que puedan ser utilizados indistintamente en cualquier prensa. El carro situado en la zona de “Alivio de tensiones” se pintaría de un color distinto a los utilizados en las zonas de prensa, así como el carro situado en las zonas de piezas pendientes de proceso. El carro situado en la zona de alivio de tensiones se duplicaría de forma que hubiera otro carro similar en la zona “pendiente de recantado”, así que cuando las piezas tengan hecho el alivio de tensiones se lleven a la zona de recantado y se sustituyan por el carro del mismo color que esté vacío, y así esté preparado de nuevo para las piezas que salen de prensa y necesitan un alivio de tensiones.

Los carros situados en la zona de prensa se rotularían como “Carros Prensa” y se pintarían las baldas de colores para identificar la preferencia de

---

las piezas que tienen que continuar con el siguiente proceso. De esta manera se pintarían de rojo, amarillo y verde (situando dos piezas por cada color) de forma que si se sacan dos piezas y se colocan en el carro, se sitúan primero en el verde, si este color está completo se sitúa en el amarillo y así sucesivamente. Así si encontramos piezas en la balda roja tenemos que hacer prioritariamente alivio de tensiones en las piezas situadas en la balda verde y sustituir las piezas que quedan en el carro al siguiente “escalón”. En los carros grandes se pintarán las dos baldas de arriba de color rojo, la siguiente en color verde, en amarillo y la última otra vez de color rojo (por cuestión de ergonomía).

También habría que hacer un gráfico para indicar que cuando colocan en el carro la pieza boca abajo significa “alivio tensiones hecho” y boca arriba sin alivio de tensiones.

## 2. FLUJOGRAMAS DE PROCESO Y CAJAS DE DOCUMENTACIÓN

Se imprimieron flujogramas de procesos y se plastificaron para colocarlos en todas las zonas de la cadena de producción. Asimismo, según el lugar donde se coloquen, la casilla correspondiente en el flujograma se coloreó de un color determinado de forma que se pudiera identificar una localización dentro de la cadena de producción (ver Anexos).

Se compraron Cajas de documentación para introducir Pautas en proceso. Se colocaron en las estanterías y entradas en la prensa.

Habría también que identificar una zona para piezas defectuosas y con problemas.

### 3. ESTANTERÍAS DE PIEZAS EN PROCESO

Se colocaron paneles con tres colores en la parte inferior de la estantería (rojo, amarillo y verde) estableciendo zonas de prioridad de operación. En cada zona se colocaron B/A (en cantidad 3/1/x por cada zona) y Slats (1/1/x), de forma que cuando existan estanterías donde haya piezas en zonas de color rojo, ese proceso designado en la estantería tiene prioridad sobre los demás. Así si un operario en su planificación por turno (ya realizada) ve las tareas que tiene que hacer, sólo tiene que “pasearse” por el taller y ver en esas operaciones que tiene pendientes las que son prioritarias. Excepcionalmente se pondrán papeles de color rojo en las pautas de las piezas que requieran una prioridad “excepcional”.

### 4. ESTANTERÍAS ZONA DE UTILLAJE

Se pintaron los extremos de las estanterías por pisos y según programa de fabricación, de forma que el EFA tendrá un verde claro, y el Airbus y A400M se pintarían de color azul de distintas tonalidades. Asimismo y también en el borde, se rotularon los números de los útiles de forma abreviada (por ejemplo, 75-5).

Se incluyeron de una manera explícita la revisión del número pintado en cada útil durante “preparación de útil”.

Se elaboraron carteles para colocar en la zona de utillaje de forma que tengan una ubicación cuando éstos no se encuentran en el circuito de fabricación. Estos carteles serán de Verificación, Calidad y Remecanizado.

Todas estas acciones habría que empezarlas con una zona piloto a designar, validar cantidades, y más tarde desplegar al resto de la planta.

Finalmente, para información diversa se colocaron ordenadores de pantalla táctil en la zona de descanso, para que los trabajadores pudieran realizar cualquier consulta:



Figura 3.1.1.39 Pantalla de consulta

### 3) Sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación (flujo continuo)

A estas alturas ya debemos saber que Lean Manufacturing es mucho más que una serie de técnicas ya conocidas, es la integración de todas ellas bajo un objetivo común: la perfección. Esta perfección se refleja en la velocidad del sistema. La velocidad es la prueba de que no cometemos errores y que estamos eliminando los desperdicios, es decir, cuanto más rápido sea nuestro sistema de producción, nuestro sistema logístico no solo será más rentable o más flexible, sino que será en su conjunto más perfecto.

---

La implantación de las técnicas Lean en su conjunto, como un sistema, nos debe llevar a un cambio de filosofía en la organización:

- Centrando el enfoque y la prioridad en la acción, pasando de imaginar los problemas y las soluciones a verlos en la línea de producción.
- Buscando la perfección de manera continua, no conformándose con alcanzar algunos resultados.
- Un nuevo papel para el personal operativo, según el cuál se convierte en el verdadero generador de las oportunidades de mejora y su implantación práctica.

El objetivo de este proyecto es regularizar todas las operaciones del taller (a nivel de máquina y operación), de forma que ya no sea el mando de taller el encargado de organizar o decidir la prioridad de las operaciones que se realizan en la planta, consiguiendo así una mayor sistematización y optimización del proceso. Para ello, lo que intentamos conseguir es sincronizar las cadenas de producción.

Antes de comenzar tenemos que revisar una serie de conceptos:

1. La conveniencia de profundizar en la fabricación contra un tiempo "Takt". El tiempo Takt es la cadencia o velocidad a la que el cliente consume nuestro producto. No es por tanto un valor técnico de la línea de producción sino un parámetro del mercado traducido a nuestra área de producción. Es por tanto el "compás" con el que debe funcionar nuestra producción.
2. La estandarización es la partitura. Igual que solo el compás no define una pieza de música, sin un buen estándar no es posible

tocar una sinfonía. La estandarización es una necesidad básica de la producción Lean, ya que por una parte es la garantía de que el trabajo se realiza en un tiempo definido, y por otra parte, es la base de la mejora. Sin un estándar del que partir no se puede mejorar.

Estandarizar supone conocer en todo momento:

- Qué tengo que hacer
- Cómo lo tengo que hacer
- A qué velocidad lo tengo que hacer

3. El concepto de la línea en movimiento: en la mayor parte de los casos, la dirección de las empresas olvida las razones por las que debemos hacer que el producto se mueva. La razón fundamental de hacer que el producto se mueva es el hacer visible el primer principio de la producción Lean: La fabricación contra un “Takt Time” (Cadencia de producción).



Figura 3.2.1.40 Línea en movimiento

El enfoque de la fabricación Lean de equilibrado y sincronización se basa en:

1. El cálculo del tiempo Takt al que debe funcionar la línea.

Este factor debe hacer que el sistema se mueva a velocidad adecuada de manera uniforme, eliminando toda variabilidad. Además, sincroniza el trabajo de la línea con las necesidades de los clientes.

2. La toma de tiempos como un paso inicial.

La toma de tiempos no se debe realizar buscando la perfección científica. Debemos ser conscientes de sus limitaciones. Los tiempos deben ser tomados por todos los miembros del equipo que diseña la línea y por varios motivos:

- Suponen una aproximación cuantitativa al equilibrado, que aunque imperfecta nos da una primera base de trabajo.
- Son una ocasión excelente para que el equipo de diseño conozca la realidad de la planta en detalle y no la realidad de los despachos como tantas veces sucede.

Dado que el resultado buscado es distinto, no es necesario el rigor estadístico, somos conscientes de sus imperfecciones pero el diseño de la línea en movimiento hará que éstas sean visibles y por tanto mejoradas.



### 3. El equilibrado de todos los tiempos al valor del Takt.

El siguiente paso es el equilibrado de los tiempos de trabajo de cada persona con el tiempo Takt, con la cadencia. La mejoría de las actividades de la línea contemplará la posibilidad de que se pueda reducir un puesto, o que se le puedan añadir otras tareas que de otra manera sería imposible realizar dentro de la línea.

### 4. La mejora de las operaciones.

El siguiente paso se debe dar una vez la línea está implantada y se debe basar en la observación. El enfoque se basa completamente en el trabajo de un equipo en la línea de producción y no en los despachos. Este equipo sólo podrá trabajar si las variabilidades (pérdidas) son completamente visibles y esto solo se puede conseguir con una línea en flujo continuo donde se respeten las reglas y se realicen las operaciones de trabajo dentro del tiempo/espacio asignado.

Con esta perspectiva, lo primero que debíamos hacer es la toma de tiempos de todas las operaciones que se realizaban en la planta, ya que ya conocíamos nuestro Takt time, que según cálculos de entrega anuales correspondían a la producción diaria de 4 Bordes de ataque y 1 Slat, que eran las piezas de fabricación para las que se enfocaba este Project Charter. Una vez estimados estos tiempos el siguiente paso era identificar los cuellos de botella en el taller y puntos críticos para el proceso de fabricación. Así, pudimos ver claramente que el cuello de botella estaba en las operaciones que se realizaban en la prensa, ya que su tiempo de ciclo es claramente superior al de resto de operaciones que se realizan en la planta. También vimos que tendríamos que centrarnos sobre todo en las operaciones posteriores en prensa, que son las que no garantizan la producción diaria de piezas

---

requeridas, ya que al localizarse en la prensa el cuello de botella el resto de operaciones posteriores depende de si hasta la prensa (incluyendo la misma) se ha trabajado a un ritmo de Takt time y de si la prensa ha funcionado correctamente.

También podemos analizar las operaciones anteriores a la prensa para reducir el tiempo de espera de los operarios, pero este es un factor secundario.

Operaciones anteriores a

la prensa y operaciones en prensa ► 1 Slat y 4 B/A al día. Se trabaja a pull.

Operaciones

posteriores a la prensa ► ? . No conocemos si se producen las piezas que el cliente demanda.

Una vez terminemos de analizar los tiempos de todas las operaciones en planta, podremos tener una visión global del conjunto y así poder ver cuántos operarios y cuántas piezas son realmente necesarios en cada operación, reduciendo así los tiempos de espera y mejorando la productividad, asegurando la cantidad demandada al día. Con objeto de sistematizar y optimizar las operaciones de fabricación, es decir, implantar un flujo continuo en la producción de Superplástico, se estudió en diversas reuniones de Lean Manufacturing la forma de “ensamblar” las distintas operaciones que tienen lugar en la planta mediante el análisis de los diferentes tiempos que ocupan cada operación. El estudio se enfocó hacia la producción de B/A y Slats, que en este momento ocupan aproximadamente el 90% de producción en la planta. La carga de trabajo del estudio engloba la producción de 4 B/A y un Slat diarios, así que cuando entre en la planta carga de trabajo del A400M se redireccionará el estudio de este proyecto compartiendo la carga de trabajo de la producción de B/A con la de piezas del A400M. Se acordaron también en las

reuniones unas actividades “comodín” a realizar en los “tiempos muertos” de cada turno, como son Marcar, Repasar mecánicamente o fabricar probetas.

Así, hicimos un análisis de los tiempos de fabricación y de los Bordes de Ataque (B/A).

*1ª Actuación: Toma de tiempos de fabricación*

Para los Slats, nuestro análisis de tiempos sería el siguiente:

	Operaciones	# oper	Tiempo Operación operario	Tiempo ciclo	Tiempo proceso máquina	Lote
1	Formación Paquete Chapas	1 control prod, 2 peones	0 (subcontratado)			8
2 Preparación superficial	Preparación Superficial					
	Rebarbado	1	90M	90		1
	Limpieza/desengrase	1	30M	30		1
	Carga de chapa en útil baño	1	30M	30		
	Proceso de decapado en automático	1	15M	15	100M	1
	Inspección resultado	1	30M	30		1
3 Serigrafía	Serigrafía					
	Limpieza pantalla manual, serigrafía, limpieza pantalla auto, cierre paquete	2	120M	210	210M (en paralelo)	1
	IV Serigrafía	2	60M	60		1
4	Soldadura por puntos	1	20M	20		1
5	Soldadura por TIG	1	30M	30		1
7a Operaciones Prensa	Operaciones en prensa					
	Carga pieza	3		30	15	1
	Iniciar ciclo	1		15	1440	24 horas
	Punch through	1		15	15	1
	Vigilancia/control	1		15	15	1
	Descarga	3		30	30	1
7b Cambio útil	Verificación útil	1	30M	3,75		8
	Carga en horno	1	30M	15,75	12 horas	8
	descargar antiguo de prensa	2	60M	7,5		8
	carga en prensa	2	60M	7,5		8
	estabilización	1	30M	168,75	22 horas	8
8	Recanteado previo I & Soldadura pinchazo	1	60M	60		1
9	Chorro Seco	2	15M	80	75M	6
10	Eliminación capa Alpha	1	180M	180	180M	1
11	Recanteado previo II (cabeza)	1	30M	30		1
	Fabricar probeta	1	70M	70		1
12	Medir Flecha	1	15M	15		1
	Eliminar flecha	1	50M	50	200M	1
13	Recanteado control numérico (exterior)			24	24M	1
14	Chorro interior	1	15M	15		1
15	Limpieza con agua	1	10M	10		1
16	Medir espesores	1 (calidad)	60M	60		1
17	Comprobación flecha	1 (calidad)	15M	15		1
18	Eliminar flecha	1	130M	130	400M	1
19	Comprobación flecha	1 (calidad)	120M	120		1
20	Ultrasonido	1 (calidad)	60M	480	480M	1
21	Repaso mecánico	1	300M	300		1
22	Medición pico	1 (calidad)	15M	15		1
23	Chorro	2	10M	80	75M	1
24	Decapado grietas	1	15M	15		1
25	Inspección grietas	1 (calidad)	120M	120		1
26	Inspección sold pico interior	1 (calidad)	90M	90		1
27	Repaso marcas y chorro	1	15M	90	75M	1
28	Pintura	subcontr.		4320		1
29	Inspección final e identificac.	1 (calidad)	45M	45		1

Tabla 3.1.1.41 Análisis de tiempos fabricación Slats

De esta manera, nuestro cálculo del Takt time para los Slats:

Demanda/año	192
jornadas/año	315
jornadas efectivas	267,75
turnos/jornada	3
minutos/turno	480
descanso/turno	60
minutos disponible	420
minutos/año	337365
Takt Time (min)	1757,11
Takt Time (horas)	29,29

Tabla 3.1.1.42 Takt Time Slats

Siendo nuestro Takt Time (min) los minutos de trabajo al año entre la demanda por año.

De la misma forma, para los bordes de ataque tenemos:

	Operaciones	# oper	Tiempo Operación operario	Tiempo ciclo B/A	Tiempo proceso máquina	Lote
1	Formación Paquete Chapas	1 control prod, 2 peones	0 (subcontratado)			8
2 Preparación Superficial	Limpieza/desengrase	1	10M	10		2
	Carga de chapa en útil baño	1	30M	30		2
	Acondicionamiento Superficial	1	15M	120		2
	Inspección resultado	1	30M	30		2
3 Serigrafía	Preparar tubito	1	5M	5		1
	Serigrafía (Aplicación Stop-off)	2	35M	65	65M	1
	Soldadura	1	20M	20		1
4 Operaciones en prensa	Carga pieza	3	15M	15		1
	Iniciar ciclo	1	15M	15	13H	1
	Punch through	1	15M	15		1
	Vigilancia/control	1	15M	15		1
	Descarga	3	15M	15		1
	5	Alivio tensiones	2	30M	60	
6	Marcar, cortar excesos y taladrar (Recantado previo I)	1	240M	240		4
7	Chorro Seco	1	40M	28,75	115M	4
8	Enmascarar marcas	1	30M	30		4
9	Eliminación capa Alpha	1	180M	63,75	255M	4
10	Mecanizado CN	2	220M	220		1
11	Operación externa (eliminar marcas, repasar cabeza)					
12	Medir espesor faldilla, eliminar flecha	1	30M	30		1
15	Fabricar probeta	1	70M	70		
16	Verificación	1 (calidad)	320M	320		
17	Chorro seco	2	15M	130	75M	4
18	Decapado inspección grieta	1	15M	40		4
19	Verificar	1 (calidad)				
20	Marcar	1	10M	5		1
21	Pintura	subcontr.			4320	1
22	Inspección final e identificac.	1 (calidad)	45M	45		1

Tabla 3.1.1.43 Análisis de tiempos B/A

Y nuestro Takt Time para los Bordos de Ataque:

Demanda/año	760
jornadas/año	315
jornadas efectivas	267,75
turnos/jornada	3
minutos/turno	480
descanso/turno	60
minutos disponible	420
minutos/año	337365
Takt Time (min)	443,90
Takt Time (horas)	7,40

Tabla 3.1.1.44 Takt Time B/A

Con el análisis de tiempos concluido, ahora debíamos repartir la carga de trabajo (tiempos de operación) equitativamente entre todos los puestos de trabajo de la línea, buscando el equilibrio entre todos los puestos. Se divide por tanto el contenido total de trabajo entre todos los operarios de la línea de manera que todos tengan la misma carga. En la planta tenemos 11 operarios de los cuáles 9 están trabajando a triple turno.

*2ª Actuación: Reparto de la carga de trabajo por turnos y operarios*

Así, para los Slats:

	Operaciones	TARDE			Manana			NOCHE			Op 10	Op 11
		Op 4	Op 5	Op 6	Op 1	Op 2	Op 3	Op 7	Op 8	Op 9		
1	Formación Paquete Chapas											
2 Preparación superficial	Preparación Superficial											
	Rebarbado			90								
	Limpieza/desengrase	15		15								
	Carga de chapa en útil baño	15		15								
	Proceso de decapado en automático	15										
	Inspección resultado	30										
3 Serigrafía	Serigrafía											
	Limpieza pantalla manual, serigrafía, limpieza pantalla auto, cierre paquete							120	120			
	IV Serigrafía							60	60			
4	Soldadura por puntos				20							
5	Soldadura por TIG				30							
7a Operaciones Prensa	Operaciones en prensa											
	Carga pieza	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5		
	Iniciar ciclo		15				15			15		
	Punch through		15				15			15		
	Vigilancia/control		15				15			15		
	Descarga											
7b Cambio útil	Verificación útil											
	Carga en horno											
	descargar antiguo de prensa											
	carga en prensa estabilización											
8	Recantado previo I & Soldadura pinchazo			60								
9	Chorro Seco				15		15					
10	Eliminación capa Alpha					180						
11	Recantado previo II (cabeza)				30							
12 Flechas	Fabricar probeta					70						
	Medir Flecha		15									
	Eliminar flecha		50									
13	Recantado control numérico (exterior)											
14	Chorro interior				15							
15	Limpieza con agua				10							
16	Medir espesores											
17	Comprobación flecha											
18	Eliminar flecha						65			65		
19	Comprobación flecha											
20	Ultrasonido											
21	Repaso mecánico		150								150	
22	Medición pico											
23	Chorro								10	10		
24	Decapado grietas									15		
25	Inspección grietas											
26	Inspección sold pico interior											
27	Repaso marcas y chorro					15						
28	Pintura											
29	Inspección final e identificac.											
	<b>TOTAL</b>	97,5	283	203	143	288	148	203	213	158	150	

Tabla 3.1.1.45 Reparto de Carga Slats



Y de la misma forma para los bordes de ataque:

	Operaciones	TARDE			MAÑANA			NOCHE			Op 10	Op 11
		Op 4	Op 5	Op 6	Op 1	Op 2	Op 3	Op 7	Op 8	Op 9		
1	Formación Paquete Chapas											
2 Preparación Superficial	Limpieza/desengrase	10				10						
	Carga de chapa en útil baño	15		15		30						
	Acondicionamiento Superficial	15				15						
	Inspección resultado	30				30						
3 Serigrafía	Preparar tubito							5				
	Serigrafía (Aplicación Stop-off)				70		70	70	70			
	Soldadura			40			40					
4 Operaciones en prensa	Carga pieza	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
	Iniciar ciclo		30				30			30		
	Punch through		30				30			30		
	Vigilancia/control		30				30			30		
	Descarga	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
5	Alivio tensiones							60	60			
6	Marcar, cortar excesos y taladrar (Recantado previo I)			120	120							
7	Chorro Seco				40							
8	Enmascarar marcas	30										
9	Eliminación capa Alpha	180										
10	Mecanizado CN										220	220
11	Operación externa (eliminar marcas, repasar cabeza)											
12	Medir espesor faldilla, eliminar flecha						30			30		
15	Fabricar probeta									70		
16	Verificación											
17	Chorro seco								15			
18	Decapado inspección grieta									15		
19	Verificar											
20	Marcar											
21	Pintura											
22	Inspección final e identificac.											
	TOTAL	340	150	235	290	145	290	195	205	265	220	220

Tabla 3.1.1.46 Reparto de Carga B/A

Sumando todos los tiempos debemos asegurarnos que toda la carga de trabajo ha sido repartida de manera más o menos equitativa.

	TARDE			MAÑANA			NOCHE					
	Op 4	Op 5	Op 6	Op 1	Op 2	Op 3	Op 7	Op 8	Op 9	Op 10	Op 11	calidad
BA	340	150	235	290	145	290	195	205	265	220	220	365
Slats	97,5	283	203	143	288	148	203	213	158	150	0	525
Total	438	433	438	433	433	438	398	418	423	370	220	890

Tabla 3.1.1.47 Suma de tiempos

Nota: Los operarios que marcamos en rojo son los que decidimos que se encargarían de todas las operaciones en prensa. Los operarios 10 y 11 están trabajando en turno de mañana y solo se dedican a operaciones de mecanizado. La carga de trabajo (tiempos) que pertenecían a Calidad debía repartirse entre su departamento, es decir, no era competencia nuestra.

### *3ª Actuación: Creación de carteles de planificación por turnos*

Así se elaboraron carteles de información de planificación por turnos que se colocarían en los paneles centrales de información que ya describimos en el Project Charter anterior, para que así el operario que entrara en cada turno supiera que hacer en cada momento, sin necesidad de recibir instrucciones del mando de taller. Así:

## ÁREA DE SUPERPLÁSTICO

Prioridades globales:

- 1) Cargar/Descargar piezas (y aplicación nitruro de boro)
- 2) Cambio útil
- 3) Serigrafía
- 4) Repaso mecánico en los turnos sin carga/descarga prensa
- 5) Resto de las operaciones

## TURNO DE MAÑANA

### **Operario 1**

Operaciones en Prensa

Chorro seco Slats (1)

Chorro seco BA (4)

Recantado previo II (cabeza) Slats (1)

Recantado previo BA (2)

Soldadura TIG y por puntos Slats (1) y BA (4)

Chorro interior slats (1)

Limpieza con agua slats (1)

Serigrafía BA (1)

### **Operario 2**

Operaciones en prensa

Preparación superficial BA (2)

Repaso marcas y chorro Slats (1)

Eliminación Capa alfa Slats (1)

Fabricación probeta Slats (1)

### **Operario 3**

Operaciones en prensa (control prensa)

Serigrafía BA (1)

Chorro seco slats (1)

Eliminación flecha BA (2) y Slats (1)

Medir espesor de faldilla BA (2)

Soldadura por puntos BA (2)

### **TURNO DE TARDE**

### **Operario 4**

Operaciones en prensa

Limpieza/desengrase slats (1) y BA (2)

Carga de chapa en útil baños slats (1) y BA (1)

Proceso de decapado en automático slats (1) y BA (2)

Inspección resultado slats (1) y BA (2)

Enmascarar marcas BA (4)

Eliminación capa alfa BA (4)

### **Operario 5**

Operaciones en prensa (control)

Medir e eliminar flecha antes de recantado slats (1)

Repaso mecánico slats (1)

**Operario 6**

Operaciones en prensa  
Recantado previo BA (2)  
Recantado previo I, soldadura pinchazo slats (1)  
Limpieza/desengrase slats (1)  
Carga de chapa en útil baño BA (1) slats (1)  
Soldadura por puntos BA (2)  
Rebarbado Slats (1)

**TURNO DE NOCHE**

**Operario 7**

Operaciones en prensa  
Limpieza pantalla manual, serigrafía, limpieza pantalla auto, cierre paquete  
slats (1 con op. 8)  
Serigrafía BA (1) y slats (1)  
Alivio de tensiones BA (2)

**Operario 8**

Operaciones en prensa  
Limpieza pantalla manual, serigrafía, limpieza pantalla auto, cierre paquete  
slats (1 con op. 7)  
Serigrafía BA (1)  
Alivio de tensiones BA (2)  
Chorro seco BA (4) slats (1 con op. 9)

### **Operario 9**

Operaciones en prensa (control)  
Medir espesor de faldilla BA (2)  
Eliminar flecha slats (1) y BA (4)  
Chorro seco slats (1) y BA (4)  
Fabricación de probetas BA (4)  
Decapado inspección grieta BA (4)

Nota: Los números entre paréntesis corresponden al número de piezas a las que se le va a realizar la operación.

Asimismo, el método visual de colocación de pegatinas en las piezas que ya describimos en el anterior Project Charter cabe destacar que también supuso un pequeño paso para la optimización en las operaciones de fabricación.

#### **4) Sistemática de mejora continua, control de producción y flujo de información**

Está basado en las actuaciones de procedimientos de comunicación de:

- Incidencias.
- Prioridades en la producción.
- Situación de la Fabricación / Entregas.
- Mejoras en la producción.
- Calidad de los productos.
- Situación de los proyectos Lean.

---

Las herramientas de Lean Manufacturing pierden efectividad si faltan algunos elementos adicionales, como son la responsabilidad, la planificación y el control. Si los anteriores elementos están sólidamente fijados, el seguimiento del programa es relativamente sencillo y rápido. Se puede realizar en una breve reunión semanal, quincenal o mensual en la que debe participar la dirección de la planta.

Sobre este aspecto, se establecieron reuniones semanales de 15 minutos entre operarios y mandos de taller en la zona de los paneles de información central para revisar la evolución de los objetivos a alcanzar, hablar de problemas crónicos, de sugerencias (haciendo un seguimiento de las mismas) y de faltas. Esta información se debía comunicar al Comité de Dirección. Asimismo, también se propusieron reuniones bi-semanales de los mandos de taller con el responsable del Área de Conformado superplástico para ver la evolución de los problemas, identificar necesidades y mejoras, enterarse de problemas que el mando no puede solucionar sólo y hablar de planes a medio-largo plazo.

Los elementos del seguimiento serán:

- Un cuadro de mando de indicadores.
- El plan de implantación actual.
- Resultados de las acciones hasta el momento.

El cuadro de mando del programa Lean debe ser sencillo y recoger los indicadores que instalamos en los paneles de información y que ya definimos para la empresa:

### 1. Indicadores de productividad:

Aquí recogimos el OEE (descrito en nuestro panel de Lean Manufacturing) con una periodicidad mensual. Además, medimos el tiempo de operación bruto frente a las pérdidas de capacidad.

### 2. Indicadores de Calidad:

Aquí se midieron los números de defectos por elemento, el número de hojas de no conformidad (HCN) y el número de inutilidades, también con una periodicidad mensual.

### 3. Indicadores de servicio:

En este apartado se midieron indicadores de plazo de entrega / fabricación que medían el tiempo desde que se inició el trabajo para un pedido hasta que se completó (Lead time de las piezas).

### 4. Indicadores de velocidad:

El indicador de velocidad mide el Ratio de Valor Añadido (RVA), es decir, el cociente entre el tiempo que el producto recibe valor (tiempo de mecanizado, tratamiento térmico, etc.) y el plazo de fabricación. La variación de este indicador es más lenta que en los otros casos ya que depende en gran medida de la organización de la producción y de los equipos y disposiciones en planta existentes.

## **Resultados de las acciones**

Cada acción realizada debe tener una definición de objetivos previa que debemos asegurar al final de la misma, bien sea con un cambio físico que no permite otra forma de operación (situación ideal) o un cambio de



comportamiento que debemos seguir con un indicador, al menos durante un tiempo. Los resultados de las acciones serían por tanto documentados bien sea con una foto o un paseo a la línea de producción o con un indicador de progreso.

Todos los elementos anteriores fueron publicados “a la vista” en paneles de información dependiendo de su nivel. El seguimiento sería por tanto una reunión en los paneles de cuadro de mando (paneles centrales de información) para ver los resultados sin necesidad de grandes presentaciones o explicaciones. El resultado de estas reuniones era un listado de acciones que redirigían o aceleraban las prioridades del Plan Lean en la dirección correcta.

### **5) Fiabilizar las entregas de materia prima (Cantidad/Calidad/Tiempo)**

Este último Project Charter no tuvimos oportunidad de llevarlo a cabo durante mi estancia en la empresa. No obstante, dejo constancia de las posibles actuaciones que deberían proponerse para realizarlo. Recordemos que las acciones a implantar en este Project Charter serían:

- Identificar y clasificar problemas en el suministro:
  1. Calidad
  2. Cantidad
  3. Plazo
- Desarrollar planes de acción basados en el resultado del análisis anterior.
- Hacer un seguimiento de los planes de acciones.

*1ª Actuación posible: Eliminación del recargo de subcontratación de materia prima*

---

Una posible actuación sería la eliminación del recargo de subcontratación de materia prima (esto corresponde a un problema económico en el suministro de piezas).

El objetivo sería analizar económicamente y logísticamente la creación de un almacén de materia prima en la planta de Conformado superplástico, eliminándose el almacén de la empresa subcontratada (para evitar el pago por almacenamiento de piezas).

Los planes de acción serían:

1. Evaluar las instalaciones requeridas:

- Volumen de chapas/programas/formatos (teniendo en cuenta los pedidos/año y su frecuencia de entregas.
- Estanterías requeridas.
- Espacio físico.

2. Evaluar la gestión requerida:

- Gestión de Aduana: Personal/Requisitos/Metodología etc.
- Gestión de recepción de Calidad: Personal, ensayos, equipos, etc.
- Gestión de recepción y despacho: Personal, equipos, etc.

3. Análisis del ahorro económico:

- Potencial del ahorro total: Coste de materia prima original/Recargo.
- Coste de la inversión de las instalaciones/equipos.

- Gastos:
  - A. Los extraordinarios, si existieran, de Aduana.
  - B. Los extraordinarios, si existieran, de Calidad/Recepción.
  - C. Los generados en la gestión de Recepción y Despacho.
  
- 4. Balance económico expresando el posible ahorro anual, teniendo en cuenta:
  - Las amortizaciones de la inversión requerida.
  - Los gastos anuales.
  - El potencial del ahorro anual.

Considerar un plazo de cinco años y las cargas de trabajo previstas en ese plazo de tiempo.

- 5. Otros análisis:
  - Posibles frenos derivados del contrato actual existente con la empresa subcontratada.
  - Análisis que puedan surgir de las consultas a los “expertos” de cada Área implicada.
  - Si estos planes de acciones tuvieran viabilidad hacer un análisis de seguimiento de los mismos.

**CONCLUSIONES:**

A medida que fuimos implantando la sistemática Lean Manufacturing y habiendo pasado un tiempo nos fuimos dando cuenta que habíamos alcanzado la consecución de nuestros objetivos.

En cuanto a la Productividad, conseguimos reducir el tiempo de ciclo en horas/máquina de los Slats (4 horas) y de los Bordes de ataque (1,2 horas). Por tanto el tiempo de la pieza en prensa fue menor y la productividad aumentó, con el consiguiente ahorro.

Por otro lado, conseguimos también reducir el Lead time de los Slats y de los Bordes de ataque en un tiempo promedio descrito en las gráficas que se exponen a continuación:

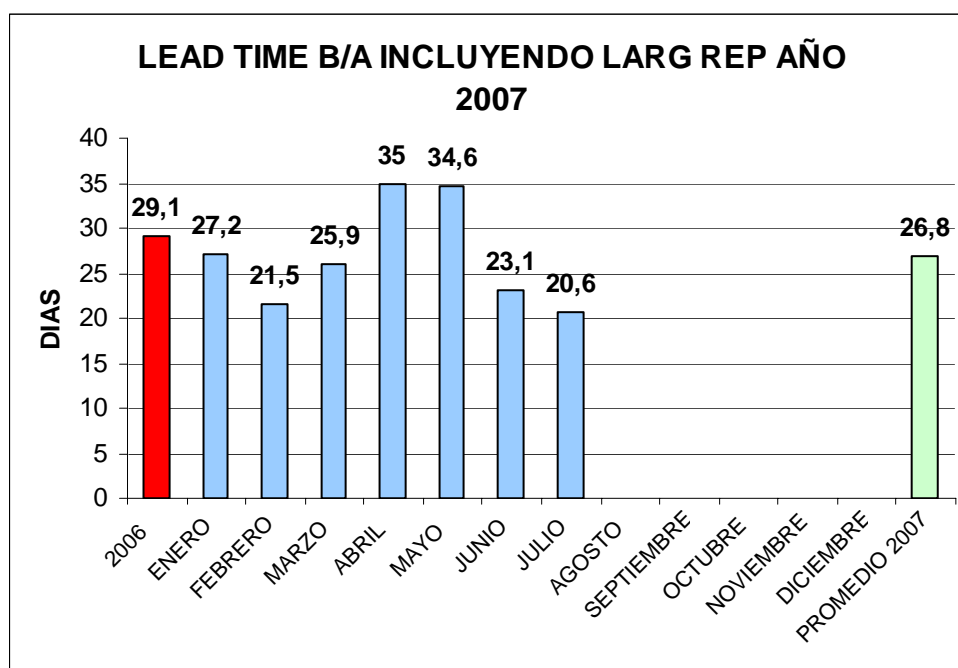


Tabla 3.1.1.48 Lead Time B/A

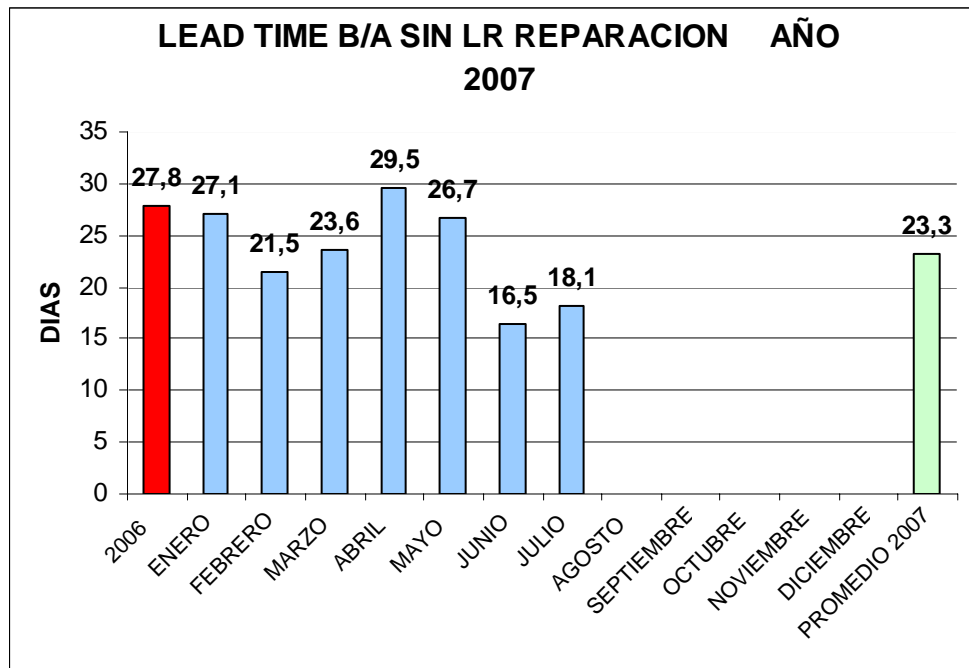


Tabla 3.1.1.49 Lead Time B/A sin LR reparación

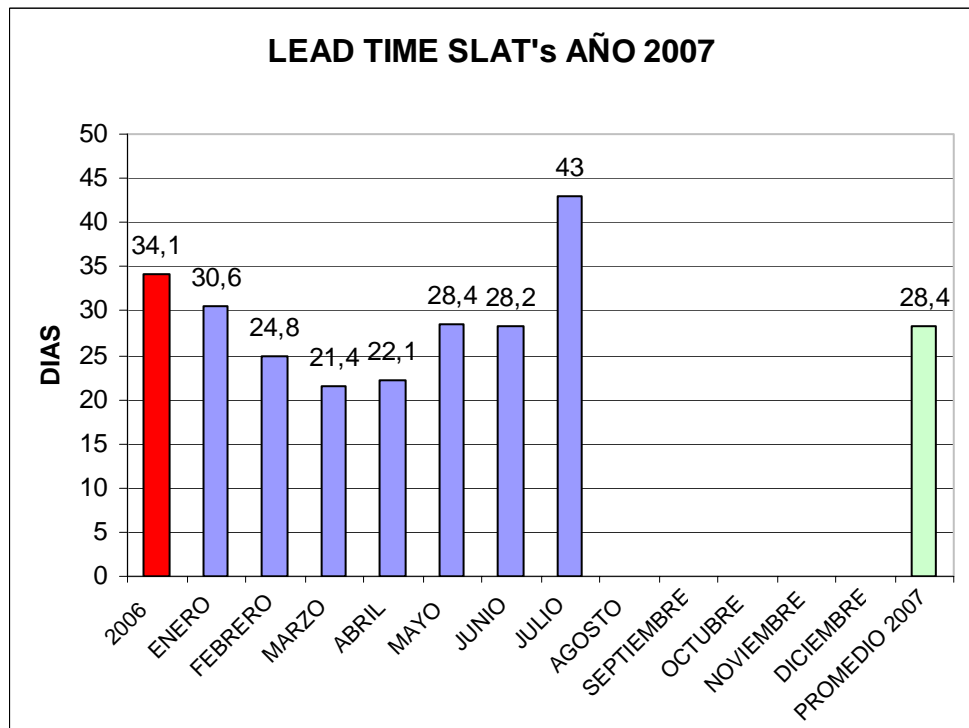


Tabla 3.1.1.50 Lead Time Slats

En las gráficas podemos ver una disminución considerable del Lead time en las piezas descritas anteriormente, suponiendo la consecución de estos objetivos un ahorro considerable en la producción.

#### **4.-PRESUPUESTO**

En primer lugar he de destacar que este apartado se dará en base al punto de vista de un consultor externo. Tenemos tres entradas que definen los costes de tiempos, es decir, cuanto le ha costado a la empresa las reuniones de Lean Manufacturing así como el coste que le ha supuesto a la empresa la “ayuda” que le ha proporcionado la Consultoría para la colaboración en los distintos proyectos de Lean Manufacturing. Después destacaremos el coste de los Cursos de Lean Manufacturing que el responsable del área de Superplástico proporcionó tanto a los operarios como a los mandos de taller.

Por último y en un segundo apartado, destacaremos los ahorros totales que le suponen a la empresa la aplicación e implantación de los proyectos de Lean Manufacturing durante el año 2007, destacando la situación de partida a principios de año y la situación actual.

##### **A.- COSTES**

###### *1. Coste de las reuniones*

###### **Tarifas (€/hora):**

- Operarios y Mandos de Taller: 86,75
- Ingeniería: 90

###### **Personal en las reuniones de Lean Manufacturing:**

- 3 (Operarios + Mandos de taller) y 3 (Ingeniería)

**Duración media de cada reunión:**

- 5 horas

**Número de reuniones durante un periodo de 6 meses:**

- 12 reuniones

**Coste total de las reuniones:**

- $[86,75 \times 3 + 90 \times 3] \times 5 \times 12 = 31.815$  euros

2.- Coste de la colaboración de la Consultoría

**Tarifa de Sisteplant por sesión:**

- 900 € / sesión

**Coste total de las reuniones por parte de la Consultoría:**

- $900 \text{ €} \times 12 \text{ reuniones} = 10.800$  euros

**COSTE GLOBAL DE LAS REUNIONES DE LEAN MANUFACTURING:**

- $31.815 \text{ €} + 10.800 \text{ €} = 42.615$  EUROS

3.- Coste de los cursos de Lean Manufacturing

**Tarifas (€/hora):**

- Operarios y Mandos de Taller: 12



- Responsable del Área de Superplástico: 18

**Personal en los cursos de Lean Manufacturing:**

- 8 operarios y responsable del Área de Ingeniería

**Duración media de cada reunión:**

- 3 horas

**Número de cursos:**

- 4 cursos

**Coste total de los cursos:**

- $[12 \times 8 + 18] \times 3 \times 4 = 1.368$  euros

**B.-AHORROS EN FABRICACIÓN**

Los objetivos principales de estos proyectos de Lean son los siguientes:

- Reducir Lead Time (Slats → Reducción de 6 días (Pasar de 34 días a 24 días: Ahorro de 6.160 euros); B/A → Reducción de 2 días: ahorro de 902 euros). Esto nos proporciona un ahorro que asciende a los 4.598 euros.
- Aumentar la Capacidad de las prensas en 324 horas. (68.902 euros).

- Mejorar la productividad en horas/máquina (4 hora/pieza para los Slats; 149.248 euros [4h × 4slats/avión × 44 aviones × 212 € hora/prensa = 149.248 euros] y 1,2 horas/pieza para los B/A: 71.232 euros [1,2h × 4 B/A/avión × 70 aviones × 212 € hora/prensa = 71.232 euros]). Esto supone un ahorro de 220.480 euros.
- Con la consecución de estos objetivos tendríamos unos ahorros totales de 300.140 euros.

Por tanto los beneficios netos con la consecución de los objetivos serían de **256.157 euros**.

---

## V.- ANEXOS

### V.1.- Especificaciones del proceso y de materiales

#### **Generalidades de los materiales superplásticos y del proceso de Conformado superplástico (CSP) y Soldadura por difusión (SD).**

##### ESTRUCTURA GRANULAR DE METALES Y ALEACIONES

Examinando los metales y aleaciones al microscopio, se nos revela una estructura formada por granos de diversos tamaños y formas irregulares unidos íntimamente entre sí por finos contornos.

¿Cuáles son las condiciones apropiadas para que se presente el fenómeno de la superplasticidad?

#### A) Requerimientos del metal/aleación

- Grano fino (tamaño del orden de  $10\mu\text{m}$ ) y equiaxial.
- Estabilidad del tamaño de grano (no crecimiento) a la temperatura del proceso.

#### B) Requerimientos del proceso de fabricación

- Temperatura del proceso  $\approx 0.5/0.6 T_m$  ( $T_m$ = Punto de fusión del metal/aleación).
- Velocidad de deformación ( $\epsilon$ ) adecuada ( $10^{-5}\text{seg}^{-1} < \epsilon < 10^{-3}\text{seg}^{-1}$ ).

A causa de estos requerimientos, sólo un número limitado de aleaciones y metales son superplásticos.

---

## MECANISMOS DE DEFORMACIÓN DURANTE EL CONFORMADO SUPERPLÁSTICO

Los más importantes mecanismos son los “deslizamientos” de los límites de grano (GBS) y “rotación” de los mismos. Los granos en el proceso de deformación superplástico permanecen equiaxiales, se produce una reordenación de los mismos reteniendo su forma general.

Junto a los anteriores mecanismos (GBS) coexisten procesos de “acomodación” entre los granos que llevan consigo fenómenos de difusión (transporte de masa) en el interior de los mismos. Estos fenómenos resultan favorecidos porque las trayectorias de difusión son cortas (ya que su tamaño de grano es muy pequeño  $\approx 10$  micras).

## SOLDADURA POR DIFUSIÓN

La soldadura por difusión es un proceso utilizado para unir materiales en “estado sólido” (bajo unas determinadas condiciones de presión y temperatura) y que tiene como características fundamentales:

- Durante el proceso de soldadura por difusión se producen mínimas deformaciones (microdeformaciones).
- Ausencia de una línea identificable de la unión una vez que se produce la soldadura por difusión.
- Resistencia de la unión similar a la del material base.
- Posibilidad de unir grandes superficies.
- Posibilidad de unir una amplia gama de materiales (similares y disimilares).

- Metales/aleaciones
- Cerámicos
- MMC,s

Según una hipótesis formulada por S.B. Ainsbinder, todos los metales y aleaciones poseen una igual propiedad de soldar cuando sus superficies limpias son llevadas juntas dentro de su rango de fuerzas interatómicas.

A pesar de la aparente simplicidad del proceso, la soldadura por difusión implica una secuencia o pasos: Las superficies que son unidas son primero llevadas al contacto; la superficie de óxidos y de películas adsorbidas son entonces rotas; los indicadores de superficie son activados como un resultado de la deformación; los procesos de difusión volumétricos tienen lugar; le sigue la recristalización, etc.

### CONDICIONES PARA LLEVAR A CABO LA SOLDADURA POR DIFUSIÓN

#### A) Requerimientos del material

- Grano fino (tamaño del orden de 10 micras).
- Estabilidad del tamaño de grano (no crecimiento).
- Rugosidad superficial  $\approx$  0.6 micras o mejor.
- Limpieza superficial (ni microasperidades ni contaminación superficiales).

## B) Requerimientos al proceso

- Temperatura del proceso  $\approx 0.5/0.6 T_m$  ( $T_m$ : Punto de fusión del material).
- Alta presión ( $\geq 20$  bares  $\approx 2$  Mpa).
- Tiempos de proceso elevados ( $\approx 3$  horas).

**Metales y aleaciones supeplásticas**

## ALGUNAS ALEACIONES SUPERPLÁSTICAS

ALEACIÓN	COMP. QUÍMICA (Tip.)	FABRICANTE
Supral 100 (2004)	Al-6% Cu, 0,40% Zr	ALCAN
Supral 150	Idéntica a Supral 100 (más plaqueado de Al)	ALCAN
Supral 220	Al-6% Cu, 0,35% Mg, 0,10% Ge, 0,10% Si	ALCAN
7475	Al-5,8% Zn, 1,6% Cu 2,3% Mg, 0,22% Cr	ALUSUISSE ALCOA
Formall 545 (5083)	Al-4,3% Mg, 0,70% Mn 0,13% Cr	ALUSUISSE
8090 (Al-Li)	Al-2,5% Li, 1,2% Cu 0,7% Mg, 0,12% Zr	ALCAN
Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V	IMI, RMI Co., CONTIMET OTTO, FUCHS, TIMET,...

Tabla 2.1.2.1 Algunas aleaciones superplásticas

CARACTERÍSTICAS SUPERPLÁSTICAS DE ALEACIONES  
IMPORTANTES (valores típicos)

ALEACIÓN	ELONGACIÓN (%)	m	$\dot{\epsilon}$ (seg <sup>-1</sup> )	TEMPERATURA DEL PROCESO (C)	RANGO DE ESPESORES EXISTENTES (mm)
7475	800	0,75	$2 \times 10^{-4}$	516	1,00-6,00
8090 (Al-Li)	700	0,70	$5 \times 10^{-4}$	530	0,80-6,00
2004 (Supral 100)	1000	0,70	$1 \times 10^{-3}$	460	0,80-6,00
5083 (Formall 545)	400	0,55	$1 \times 10^{-3}$	490	0,50-6,00
Ti-6Al-4V	1100	0,75	$5 \times 10^{-4}$	925	0,40-6,00
C.P. Ti	115	-----	$1,7 \times 10^{-4}$	850	0,40-6,00

Tabla 2.1.2.2 Características Superplásticas importantes

### El proceso CSP/SD

#### CONTROL DEL ADELGAZAMIENTO EN EL PROCESO CSP

Las chapas al estar fijadas en su periferia por el labio de sellado sufren un adelgazamiento al conformarlas, adelgazamiento que no es uniforme sino que presenta un gradiente sobre la superficie de las mismas (a igualdad de volumen, si el conformado superplástico ocasiona una aumento en la superficie de las chapas, se deduce que el espesor debe disminuir, y disminuye de manera no uniforme). Se puede decir que uno de los retos más importantes de la tecnología SPF es conocer a priori la distribución de espesores que va a generar el proceso de conformado superplástico.

---

Los factores principales que condicionan la distribución de espesores son:

- Geometría de la pieza (parámetro más influyente).
- Lubricación entre chapa y útil.
- Calidad superficial del útil.
- Temperatura (a través del valor de “m”).
- Velocidad de deformación  $\varepsilon$  (también a través del valor de “m”).

Obtención del ciclo P-t óptimo (a temperatura constante): La presión determina, en función de la geometría de la chapa, los esfuerzos sobre el material en cada punto y éstos una determinada velocidad de deformación.

### VARIANTES DEL PROCESO CSP

B) Partiendo de la chapa de espesor uniforme

- Va a existir una variación de espesores a través de la pieza.
- Las zonas de la chapa que se pegan antes al útil adelgazan menos que las que tocan al útil al final (influencia del rozamiento).

C) La chapa de partida tiene espesor variable (F.Q., mecanizado en cuña)

- Esto se hace para optimizar la distribución de espesores en la pieza conformada (son las que se suelen utilizar en la planta).



#### D) Conformado con membrana

- La chapa se recantea a contorno definitivo en plano (también se la hacen taladros previos). Para el recantado se utiliza en planta el chorro de agua a 6000 bar. (recantado en plano) y la fresadora (de control numérico).
- La membrana se desecha.
- Se consigue la uniformidad de espesores.
- Esta técnica se utiliza principalmente para el plegado de faldillas (que es simplemente doblar el borde de una chapa).
- No es necesario recantear/taladrar al final.

#### **Instalaciones y equipos**

Los componentes de las distintas áreas son los siguientes:

Área dedicada a la preparación mecánica de las chapas:

- Recantado, taladrado, fresado de las chapas...
- Cizalla, taladradora CN, fresadora CN, taladradora copiadora, fresadora copiadora...

Cadena de baños:

- Área de aire filtrado y presurizada.

- Limpieza y preparación de chapas previo al proceso CSP/SD.
- Desengrase, enjuagues, decapado, secado con aire seco...
- Desengrase alcalino (en caliente).
- Eliminación de la capa alfa.
- Desoxidado.
- Fresado químico para aleaciones de Titanio (del orden de 1.2 mm).

#### Área de serigrafía:

- Se considera un área “limpia” ya que se debe evitar la suciedad en la chapa, para que no se contamine y se pueda aplicar correctamente el Stop-off (inhibidor de la soldadura).
- Dispone de aire acondicionado (para que la temperatura y la humedad estén controladas).
- Preparación y mezcla del Stop-off (con los materiales adecuados).
- Prensa serigráfica, para aplicar el Stop-off a las chapas.
- Cabinas para limpiar las pantallas serigráficas (con su correspondiente tren de lavado o lavadora).

---

## Prensa CSP/SD

- Prensa hidráulica de CN (control numérico).
- Control numérico de la regulación de la temperatura y de la presión del gas.
- Máxima fuerza: 1000 Tn.
- Máxima temperatura: 1000 C.
- Área de platos: 2500 × 1500 mm.
- Mesa inferior extraíble.
- Máxima apertura de la prensa: 762 mm.
- Área efectiva de trabajo: 2350 × 1350 mm.

## Equipos y maquinaria auxiliar:

- Área de montaje de paquetes:
  - Instalación “tiubiccinio”.
  - Instalación arandela de sellado.
  - Soldadura por puntos en el contorno del paquete.
  - Mesa para montaje de paquetes.
  - Máquina de soldar por puntos.

Área de aplicación del lubricante NB (nitruro de boro):

- Cabina para aplicación de Nitruro de Boro a las chapas y a los útiles CSP/SD.

Puente grúa de 10 Tn.:

- Manejo de útiles CSP/SD pesados.

Área de limpieza y almacenaje de útiles CSP/SD

Área dedicada a las operaciones finales:

- Cabina de chorreado (vía seca).
- Sierra de cinta de alta velocidad (cortar excesos en contorno).
- Taladradora CN, taladrador copiadora.
- Fresadora CN.
- Láser.
- Waterjet...

Equipos de inspección:

- Equipo de ultrasonidos (por inmersión en agua).
- Equipo analizador de la absorción de H<sub>2</sub> en piezas CSP/SD de Ti-6Al-4V.

- Equipo portátil de ultrasonidos para medir espesores.
- Laboratorios Físico-Químicos.
- SEM (Microscopio electrónico de barrido, disponible en la Universidad).

## Utillaje

Tipos de útiles:

A) Integrales (tapa y útil inferior de una sola pieza).

B) Contenedor + Inserto (El inserto es el que tiene la geometría de la pieza a conformar y se aloja en el contenedor). Dependiendo si se sitúa arriba o abajo en la prensa CSP/SD será o no necesario atornillar el inserto al contenedor.

C) “Configuración de anidado” (Para procesar varias piezas a la vez).

Fabricación de útiles:

- Se pueden elaborar mecanizando bien un fundido (con forma aproximada a la final que queremos obtener) o bien a partir de un planchón.

Ventajas del fundido:

- Reducción del tiempo de mecanizado y ahorro de la materia prima.

- Apropriado para diseños complejos y de profundidad apreciable.
- Fácil de duplicar al existir un modelo.
- No hay limitación de tamaño.

Ventajas del planchón:

- El plazo de entrega es menor que en el caso del fundido.
- No hay costes extras del modelo.
- Es más fácil el taladrado de conducciones de gas y el alojamiento de termopares.

Materiales de útiles:

- Los útiles están sujetos principalmente a las cargas de sellado introducidas por la prensa y a los esfuerzos térmicos cíclicos, consecuencia de los calentamientos y enfriamientos por ellos experimentados.
- Deben ser termorresistentes y resistentes a la oxidación.
- Tipos de materiales

### **Posibilidades de diseño e integración de estructuras**

Control dimensional y geométrico de las piezas CSP/SD:

- Geometría y forma aerodinámica si es pertinente.

- Dimensiones.
- Radios de acuerdo etc.

Ensayos de características mecánicas de las piezas CSP/SD:

- Ensayos de tracción (R, LE 0.2%, A% y E) en probetas obtenidas de las zonas de mayor deformación.

Control del estado superficial de las piezas CSP/SD:

- Medición de la rugosidad superficial.
- Identaciones, marcas, huellas.
- “Marcas-sarpullido” típicas, producidas por excesivo espesor de la capa de Nitruro de Boro que se aplica a las chapas antes de su introducción en la prensa etc.

### **Descripción del proceso de fabricación de un elemento aeronáutico en la planta de Superplástico**

#### *Preparación de los útiles*

La preparación de los útiles se hará de la siguiente manera:

- Se protegen los labios de sellado con una o dos chapas de acero inoxidable, colocadas entre la chapa y la matriz, mientras que estos están almacenados así como durante la carga y la descarga en la prensa.
- Se asegura antes de la carga de los útiles en la prensa que las superficies de éstos se han limpiado correctamente: Con

---

cepillos o paños abrasivos para eliminar restos de óxido y desmoldeante, mediante aspiración en la que se evacuarán los residuos que sean difíciles de eliminar por otros procedimientos, limpiando todos los conductos de evacuación /admisión con chorro de aire a presión limpio, seco y filtrado, desengrasando la superficie de los útiles con un disolvente no clorado (MEK) frotando con paños limpios, verificando que sobre el útil no quede ningún residuo que pueda dejar huellas o indentaciones sobre las piezas que se van a soldar por difusión o conformar superplásticamente.

- Se realiza la inspección de las tuberías para comprobar obstrucciones o fugas.
- Se realiza una inspección de conexión de termopares.
- Sobre la superficie limpia de los útiles, se aplica a pistola una fina capa de Desmoldeante de Achenson de manera uniforme y homogénea en un solo sentido, no darlo cruzado. Después de aplicarlo, se debe apreciar el color gris del útil. Se deja secar a temperatura ambiente durante 60 minutos. Manualmente y con un papel Trapichel, suavizar e igualar el desmoldeante sobre todas las superficies sobre las que se ha aplicado.
- Hacer la prueba de presión y estanqueidad a 30 bares en frío.
- Montar el útil sobre la mesa de la prensa y colocar los suplementos.

#### *Recepción, inspección y clasificación*

La recepción, inspección y clasificación de la chapa se realiza de la siguiente manera:

- a. Se clasifican y se ordenan por número de serie de slat, a cada uno se le deben asignar sus correspondientes seis chapas



- 
- elementales. Se independizan paquete por paquete y se pone un papel protector entre chapa y chapa.
- b. Se comprueba que las chapas vienen identificadas en los lugares indicados en las IT (instrucciones técnicas). Si no viniesen identificadas, se procede a hacerlo.
  - c. Se verifican los espesores y los contornos de las chapas con los trazados e IT's respectivas y se anotan posibles desviaciones.
  - d. Se procede al rebarbado con Abanico Lijador de grano 80 todas las aristas y filos vivos para manejarlas con seguridad y evitar soldaduras indeseadas, prestando especial atención a las semicostillas.
  - e. Verificamos la rugosidad, si la  $R_a$  es superior a  $0,6 \mu\text{m}$ , hay que proceder a reparar la superficie con lija hasta conseguir una  $R_a$  de  $0,6 \mu\text{m}$  o inferior.

#### *Soldadura del paquete con el equipo de argón y por puntos*

Hay que pinzar todo el contorno del paquete, prestando especial atención donde están los tubos para que no se salgan de sus alojamientos. Para ello se marca con una plantilla específica las posiciones donde hay que dar los puntos de soldadura que tiene por misión evitar que los tubos se salgan de sus alojamientos.

A continuación hay que ajustar la intensidad de la máquina de soldar por puntos al espesor de chapa que se va a unir (unos 6 mm). Sin dar la vuelta al paquete hay que soldar por puntos las posiciones marcadas por la plantilla y todo su contorno a intervalos regulares de aproximadamente unos 80 mm. Hay que ir quitando las pinzas fijadoras a medida que se van dando los puntos de soldadura. Adicionalmente se soldará en doce posiciones en el contorno del paquete con el equipo de argón y material de aportación de titanio puro, de acuerdo con la figura. Hay que colocar el suplemento de  $0,5 \times 50 \times 70 \text{ mm}$

sobre la parte superior del paquete, encima de la arandela según indica el croquis.

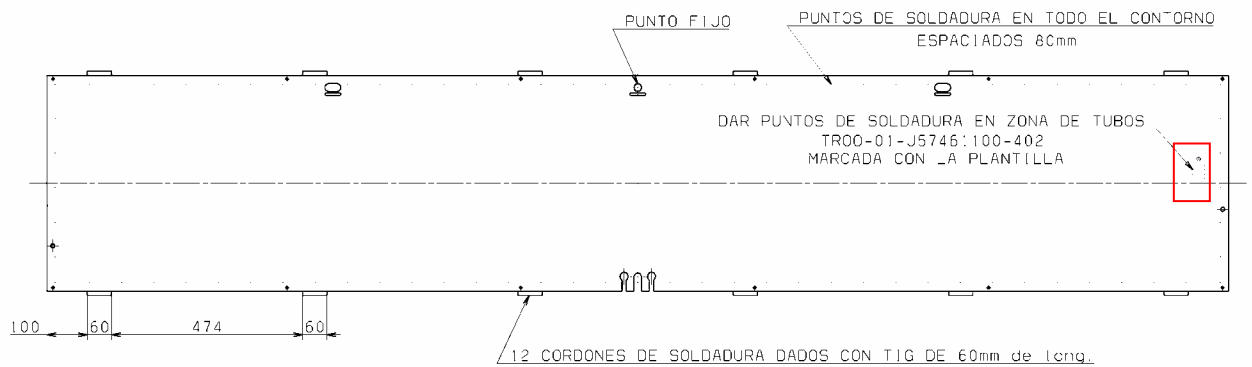


Figura 2.2.7 Fijación del paquete

Hay que evitar soldar con el equipo de argón las cuatro zonas del contorno donde están los colisos con objeto de no distorsionar la coordinación del paquete con respecto a la matriz inferior.

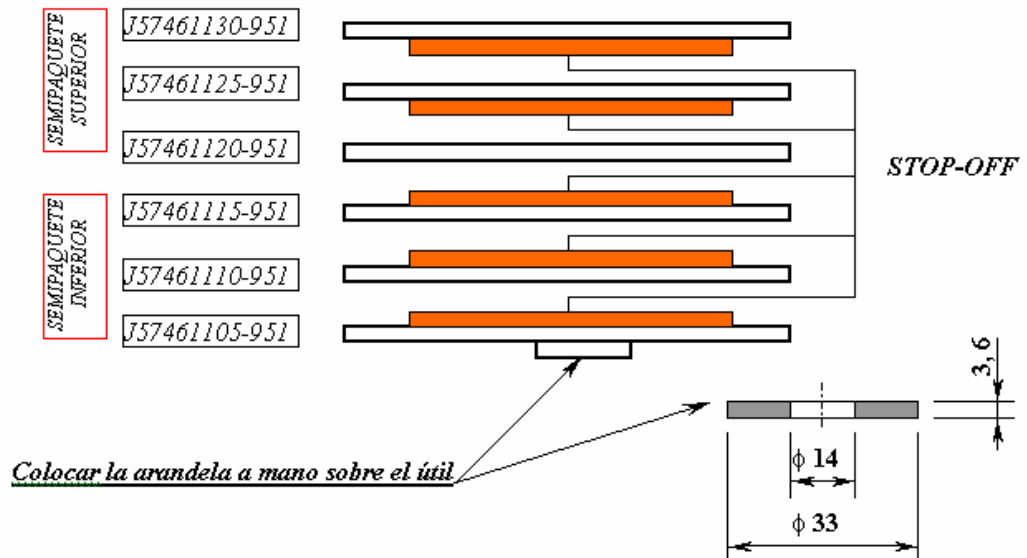
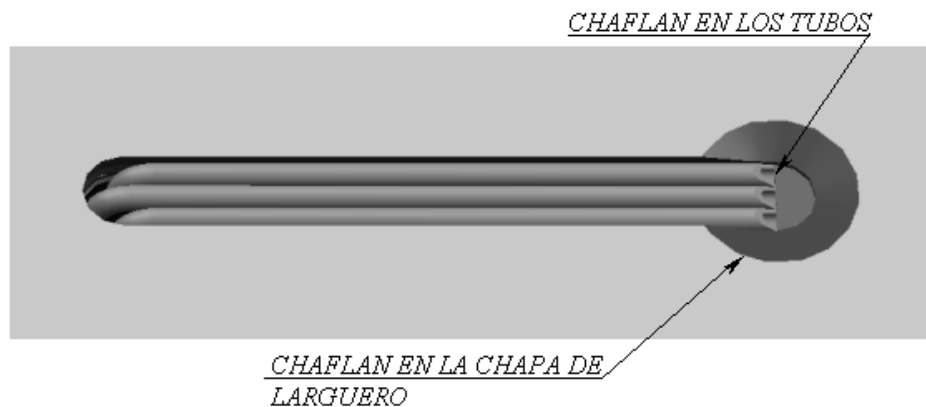
DETALLE PARA LA FORMACION DEL PAQUETEDETALLE DE LOS TUBOS DE INYECCION DE GAS

Figura 2.2.8 Detalle formación paquete y tubos inyección gas

### Carga del paquete en la prensa

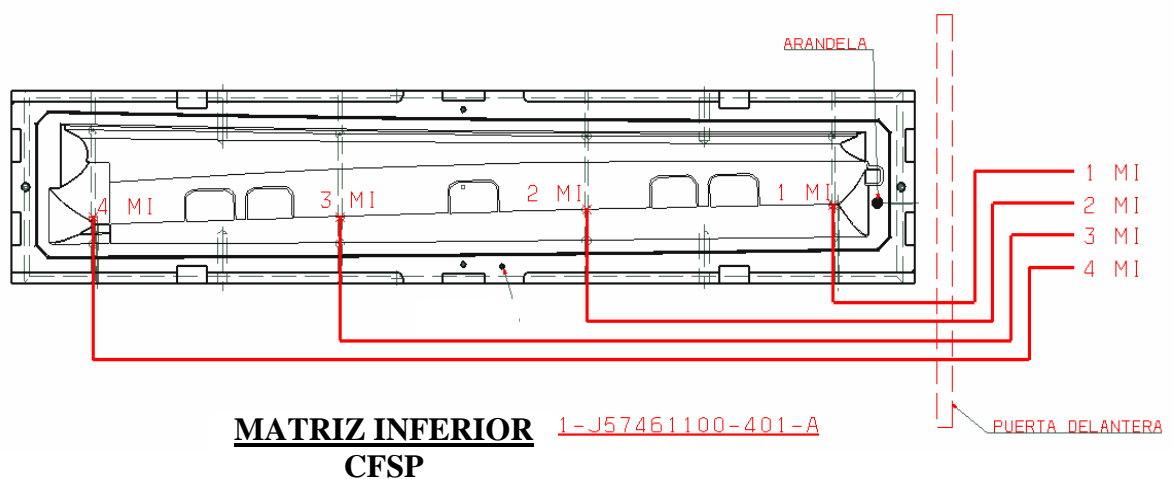
Una vez que está seco el desmoldeante, el paquete se debe colocar en un lugar cercano a la zona de carga y en la posición adecuada para que la manipulación sea la mínima, consiguiendo de esta manera una carga rápida que evita la pérdida de temperatura en la prensa. La posición adecuada se consigue teniendo en cuenta la situación de los T/C de  $\phi$  diez y la arandela.

Cuando salga la mesa de la prensa y descargada la pieza anterior, si la hubiera, se soplará con lanza de argón la superficie del útil para eliminar cualquier resto de cascarilla que pudiera ocasionar marcas en la pieza. Después se sitúa la arandela en el alojamiento del útil y se carga el paquete en el útil inferior teniendo en cuenta la posición del paquete descrita anteriormente. Por último se centra el paquete por el punto fijo y los colisos alineados con estos, anotando hora y fecha de la carga en la hoja de control de soldadura en prensa de la pieza.

El intervalo de *expansión térmica* del paquete estará comprendido entre 3 y 5 minutos. El intervalo de tiempo para la expansión térmica se empezará a contar una vez que el paquete queda cargado en el útil inferior, con la mesa fuera, y finalizará justo en el instante antes de cerrar y habilitar la Prensa.

Durante la expansión térmica del paquete en el interior de la prensa con los semiútiles separados, la purga de argón deberá funcionar por arriba y por abajo y se desactivará en el instante antes de cerrar y habilitar el ciclo de la prensa.

### ESQUEMA DE CONEXIÓN DE TERMOPARES



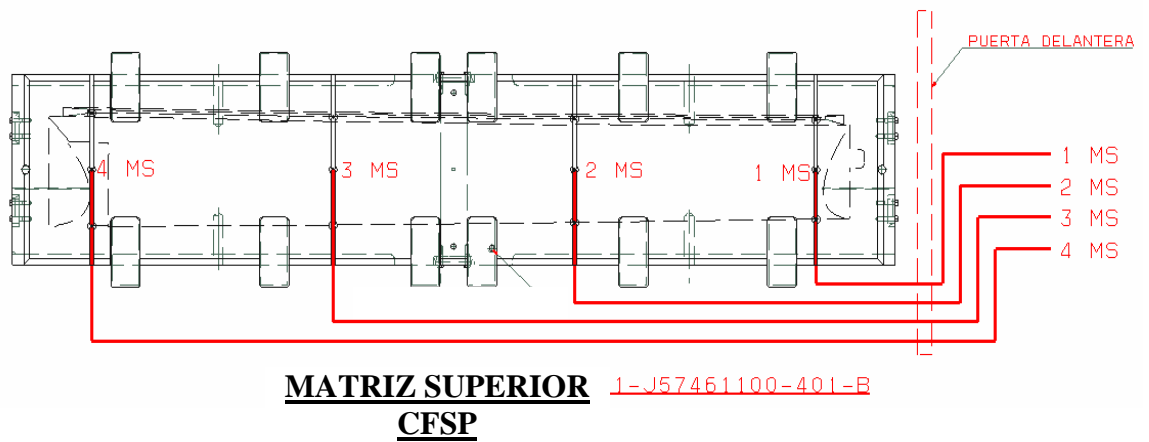


Figura 2.2.9 Conexión termopares

## V.1.1.- Materiales utilizados

## V.1.1.1.- Materia prima para la fabricación de piezas

Las chapas de aleación de titanio Ti-6Al-4V, serán requeridas por los planos con la especificación indicada en la tabla en función del programa al que sea aplicable.

DESIGNACIÓN DE MATERIAL	ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL
EN 3354 U	pr EN3354
Ti-6Al-4V-ANLD	CAN23023 o AEN23023
	AMS4911
ABS 5326	AIMS 03-18-003

Tabla Especificaciones del material

---

### V.1.1.2.- Materiales auxiliares

b) Gas argón, composición : Argón 99,995%

Humedad < 3 vpm

Oxígeno < 3 vpm

CnHm < 1 vpm

- Alúminia, de tamaño de grano normalizado 120 o menor.
- Acetona.
- Lubricante/desmoldeante. Nitruro de boro de dos componentes: ENDE 447<sup>a</sup> y Disolvente 60FA de ACHESON.
- Lubricante/desmoldeante: Nicroboraz Orange (Wall Colmony Co.).
- Pasta sellante Silver Goop (Crawford Fitting Co.).
- Silicona comercial.
- Paño abrasivo tipo Scotch-brite.
- Papel tipo Kleenex.
- Metil-Etil-cetona.
- Ácido fluorhídrico.
- Ácido nítrico.
- Bifluoruro amónico.
- Agente humectante ROVI-SUPER.
- Agua para enjuagues: Enjuagues entre baño y baño (Clase B) y enjuagues finales (Clase A).
- Plástico de burbujas.
- Papel KRAFT.
- Desengrasante alcalino Turco 4215 NCLT.

---

## V.1.2.- Instalaciones y equipos

### Prensa de conformado superplástico y soldadura por difusión

La instrumentación de las prensas para conformado superplástico y/o soldadura por difusión debe estar de acuerdo con los requerimientos establecidos por CASA y estarán calificados según sus normas. El procedimiento es establecer una serie de criterios y condiciones para realizar los ensayos y calibraciones, al objeto de certificar las instalaciones térmicas denominadas “Prensas para conformado de material en estado superplástico y/o soldadura por difusión”. Este procedimiento es aplicable a todas las prensas, utilizadas en todo el proceso de soldadura por difusión y/o conformado de material en estado superplástico, con tolerancias de proceso de  $\pm 1\%$ , existentes en el ámbito organizativo de la “División de aviones de transporte militar”.

El sistema de calentamiento en las prensas se realiza a través de platos calientes, dotados de resistencias calefactores (unifilares y de bastón), que transmiten calor al útil de conformado y al material a conformar. El sistema de calentamiento permitirá conseguir la temperatura del proceso en la zona de trabajo de los útiles de conformado con una tolerancia de  $\pm 10\text{C}$ , cuando se mide dicha temperatura con termopares del tipo K (Chromel-alumel).

- b) A efectos de comprobar la viabilidad del proceso y su certificación, es necesario antes del inicio de la fabricación de la serie el asegurarnos que la chapa/paquete tiene la temperatura requerida durante todo el tiempo del proceso, para ello se instalarán termopares en la superficie de una chapa o procedimiento equivalente y se realizará el ensayo de

---

uniformidad de temperaturas según procedimiento interno.

- c) Este ensayo deberá realizarse con cada nueva geometría de útil (como parte de su puesta a punto). Dependiendo de la geometría del útil, el ensayo podría ser aplicable a una familia de útiles. Si se emplearan más de una prensa de conformado superplástico, se realizarán tantos ensayos como prensas distintas se utilicen, además estos ensayos se repetirán siempre a criterio de Garantía de Calidad bien por una modificación importante del útil o modificación del sistema de calentamiento de la prensa.

La prensa deberá de disponer de registradores para:

- a) vacío,
  - b) presión de gas,
  - c) temperatura de los termopares del útil,
  - d) fuerza de sellado,
  - e) medidor del caudal (y totalizador) de gas evacuado durante el conformado,
- así como los correspondientes sistemas de seguridad.

#### Equipos de enfriamiento

Para el enfriamiento de las piezas es necesario disponer de mantas aislantes y dispositivos que permitan un enfriamiento lento y homogéneo. Además y ya por encima de los 500 C y en presencia de oxígeno se produce capa alfa, se recomienda proteger las piezas con argón.



---

### Equipos auxiliares

Se dispone de equipos y útiles adecuados para el manejo de los semiproductos. Asimismo, se dispondrá de útiles diseñados en función de la configuración de cada pieza, para su extracción de la prensa y su transporte a la instalación de enfriamiento, con duchas de argón para la protección de las piezas.

Cuando se requiera realizar operaciones de precalentamiento de útiles fuera de la prensa, se podrán utilizar hornos calificados según las especificaciones de la planta.

Para el enderezado en caliente de piezas que requieran correcciones de pequeñas deformaciones, se utilizarán hornos de atmósfera controlada o vacío (o hornos de atmósfera de aire si posteriormente se elimina la contaminación superficial). El proceso de enderezado en caliente debe ser documentado mediante HNC (Hoja de No Conformidad) o requerido en plano.

Las instalaciones empleadas contienen las operaciones materiales y equipos necesarios para la limpieza abrasiva de todo tipo de piezas (metálicas y no metálicas), por chorreado (húmedo y seco), o mediante fieltros abrasivos, lanas metálicas, gratas, y lijas de tela o papel. Sólo se procede a la limpieza abrasiva cuando así lo exija el plano o la especificación aplicable. Este método de limpieza abrasiva se aplica especialmente para:

- Rebabado y descascarillado.
- Preparación de superficies para procesos químicos, electrolíticos, pintura, soldadura, encolado, etc.
- Eliminación de los productos de la corrosión.
- Reactivado de superficies de plástico envejecidas.
- Limpieza general de las piezas con protecciones dañadas o incrustaciones secas.

Nota: No se utiliza el carburo de silicio (CSi) para el chorreado abrasivo de piezas de aluminio, ni alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) para los metales que van a ser soldados. La limpieza abrasiva no se emplea sobre piezas de aluminio plaqueadas o recocidas, salvo indicación expresa de los documentos aplicables. No se chorrean piezas de pequeño espesor que puedan sufrir deformaciones por el chorreado, ni piezas con pequeñas tolerancias dimensionales.

Los requisitos generales que deben cumplir las piezas para la abrasión son:

- Las piezas deben estar secas y desengrasadas para no contaminar el abrasivo.
- Las zonas de la pieza que puedan dañarse durante la limpieza abrasiva, deben enmascararse adecuadamente con tornillos, tapones, plantillas, etc.
- Con objeto de evitar contaminaciones, el abrasivo una vez usado sobre un determinado material, solamente puede ser utilizado sobre el mismo material o materiales afines englobados dentro de un mismo grupo.
- Las piezas que pudiesen dañarse o degradarse por la acción del chorro abrasivo pueden ser tratadas con fieltro y lijas de papel o tela, ó bien mediante un sistema de limpieza química previamente aprobado.
- Los requisitos de rugosidad después de la limpieza abrasiva estarán de acuerdo con las exigencias del plano aplicable.
- Cuando las operaciones posteriores a la limpieza no se realicen inmediatamente después de ésta, las piezas se protegerán de la corrosión y la contaminación.

---

### V.1.3.- Pruebas y ensayos en la instalación

Los ensayos que se practican en las instalaciones son de dos tipos, principalmente:

#### I) INICIALES

Las pruebas iniciales se efectuarán en los casos siguientes:

- a) En la certificación inicial de la instalación.
- b) Cuando se haya realizado alguna reparación y/o modificación que a juicio del Laboratorio de Metrología, pueda alterar las características y condiciones iniciales de su certificación.
- c) A solicitud del Departamento de Calidad, Mantenimiento o Ingeniería de Materiales y Procesos.

Las pruebas iniciales son:

#### 1 Comprobación general de la instalación

Se efectuará una comprobación cuidadosa de la instalación, para cerciorarse de que no existe ningún defecto que pueda afectar a su normal funcionamiento.

Se verificará que los instrumentos corresponden al tipo de instalación térmica y que se encuentran debidamente instalados en lugares no expuestos al polvo, vapores corrosivos, variaciones bruscas de temperatura o fuertes vibraciones, al igual que los termopares son los adecuados a las temperaturas de trabajo, que se encuentran debidamente instalados, que sus vainas protectoras están en buenas condiciones y que han sido calibrados y sus precisiones se encuentran dentro de la calidad requerida.

## 2 Calibración de la instrumentación térmica

Los intervalos de calibración serán con exactitudes comprendidas dentro de  $\pm 1$  C hasta 538 C y de  $\pm 0,3\%$  de la lectura para temperaturas superiores.

## 3 Calibración de la instrumentación de presión y vacío

Los indicadores de presión y vacío y el sistema de gas, deberán proporcionar:

- a) Vacío: superior a  $-0,69$  bar (presión relativa)
- b) Presión relativa hasta 40 bares, con tolerancias de:

$P \leq 0,25$  bares:  $\pm 0,007$  bares

$0,25 \text{ bares} < P \leq 27,6$  bares:  $\pm 0,07$  bares

$P > 27,6$  bares:  $\pm 0,14$  bares

Las velocidades de incremento de presión serán del rango de 0,007 bares a 4 bares por minuto.

La resolución o división de escala de la instrumentación, será de 0,007 bares.

- c) Purga: De 0 a 25 litros por minuto
- d) Se recomienda disponer de medidor del punto de rocío del argón, tan cerca como sea posible de los útiles, y en cada una de las líneas de gas. La medición se registrará semanalmente en gráfico.

Para garantizar estos parámetros, se establecerá un procedimiento interno de control por Ingeniería de Fabricación.

#### 4 Prueba del conjunto de conexiones y cables de extensión y compensación

Posteriormente a la calibración de la instrumentación se generará, con un equipo patrón, una señal en todos los conectores térmicos de los diferentes equipos de control y registro y se comparará con las indicaciones obtenidas en los mencionados equipos, o bien, en el sistema informático. Las diferencias máximas serán de  $\pm 1\text{C}$ . Si estas diferencias fuesen mayores, se tomarán las oportunas acciones correctoras. Esta prueba se realiza, preferentemente, a la temperatura usual de trabajo de la instalación.

#### 5 Estabilización a máxima temperatura

Con la instalación vacía, se sitúan los controles a la temperatura mínima de trabajo y se mantienen al menos una hora.

A continuación, se sitúan los controles a la temperatura máxima. Después se leen, se registran y se evalúan las lecturas de los termopares de control de la instalación hasta la estabilización de la temperatura, y posteriormente durante un periodo mínimo de sesenta minutos a intervalos de dos minutos. Se anotará la hora de llegada del primer termopar de control a la mínima y máxima temperatura establecida.

#### 6 Ensayo de uniformidad de temperatura

Para la realización de esta prueba es indispensable el empleo de termopares de ensayo, independientemente de los colocados en la

instalación y deberán ajustarse a las condiciones señaladas por las normas vigentes.

Se debe situar el útil rectangular de prueba, con los termopares de ensayo en el interior de la prensa, estando ésta a la temperatura ambiente y conectar los termopares al equipo de adquisición de datos. Después se sitúan los controles a la temperatura mínima de trabajo y se mantienen al menos una hora. A continuación, se sitúan los controles a la temperatura máxima. Se leen, registran y evalúan las lecturas de temperatura de los termopares de control de la instalación y los del útil, hasta la estabilización de la temperatura, y posteriormente durante un periodo mínimo de sesenta minutos a intervalos de dos minutos. Después se anota la hora de llegada del primer termopar (control o útil) a la mínima y máxima temperatura establecida. La uniformidad de temperatura deberá estar comprendida dentro del 1% de la temperatura del ensayo.

#### 7 Comprobación de la inercia térmica

Los resultados de esta prueba se obtendrán del ensayo de uniformidad y tiene por objeto verificar si en algún punto de la instalación, útil y pieza, existe un exceso de temperatura sobre la máxima establecida.

#### 8 Lapso de uniformidad

Se entiende por lapso de uniformidad, el tiempo que transcurre desde que el primer termopar (ensayo o proceso) alcanza la mínima temperatura de proceso, hasta que lo hace el último (ensayo o proceso).

Los datos se obtendrán del ensayo de uniformidad.

---

## 9 Cálculo teórico de tonelaje (fuerza de estampación o de cierre)

Nota: Las pruebas 5, 6, 7 y 8 se efectúan mediante la utilización de un útil rectangular de acero especial, con taladros para insertar termopares de ensayo, capaz de soportar (simultáneamente) temperaturas de 1000 C o más, con la fuerza de estampación o sellado máximo y con dimensiones que abarquen la totalidad de la zona útil de trabajo de la prensa y con el espesor adecuado.

## II) PERIÓDICAS

Las pruebas periódicas son:

1 Calibración de la instalación térmica

2 Calibración de la instrumentación de presión y vacío.

3 Prueba del conjunto de conexiones y cables de extensión y compensación

4 Ensayo de uniformidad de temperatura

Para la realización de esta prueba es indispensable el empleo de termopares de ensayo, independientemente de los colocados en la instalación y deberán ajustarse a las condiciones señaladas por las normas vigentes.

Este tipo de ensayo no es el mismo que para el de las pruebas iniciales. Así, tenemos que seleccionar un útil representativo de una familia de piezas. Después se montan, atornillándolos, los termopares de ensayo en una pieza inútil, distribuidos uniformemente por la

superficie. Su número irá en función del tamaño de la pieza, aconsejándose un mínimo de nueve. Se coloca la pieza en el útil seleccionado, calentado previamente, y se conectan los termopares a un equipo de adquisición de datos. Con las resistencias de los platos en condiciones normales de trabajo, se calienta el conjunto a la temperatura de consigna establecida, tomando lecturas cada minuto o menos, desde el momento del montaje de la pieza en el útil, tanto de los termopares de la pieza, como de los del útil y de los equipos de control. Se debe anotar la hora de llegada a la mínima y máxima temperatura del proceso, del primer termopar de la pieza, del útil y del equipo de control. Una vez que todos los termopares hayan alcanzado la mínima temperatura del proceso, se procede a la toma de datos para el ensayo de uniformidad correspondiente, por lo que seguirán tomando lecturas de temperatura cada dos minutos de los termopares conectados a la pieza y al útil y a los equipos de control, durante un periodo de cuarenta minutos. Con los datos obtenidos se elaborará un mapa de temperatura para ese útil, en las condiciones de trabajo del ensayo. Hay que repetir lo indicado para todas las temperaturas de proceso.

Previo al comienzo de las pruebas de ensayo de uniformidad, Mantenimiento comprobará la situación en la que se encuentran las resistencias, indicando el porcentaje de potencia de cada plato.

#### 5 Comprobación de la inercia térmica

#### 6 Lapso de uniformidad

Nota: Las pruebas 4, 5 y 6 se efectúan mediante la utilización de piezas desechadas y útiles de producción.



#### V.1.4.- Equipos a utilizar

Los requisitos que deben cumplir los elementos e instrumentos utilizados en las pruebas de calibración de equipos pirométricos (de calentamiento) y ensayos de uniformidad son los siguientes:

Termopares de ensayo de clase 1 o mejor  
Potenciómetro de prueba de campo  
Registrador de la uniformidad de temperatura

Para la realización de las calibraciones de presión y vacío se utilizarán los siguientes equipos:

Calibrador de presión neumática  
Calibrador de presión hidráulica

#### V.1.5.- Requerimientos de la instalación térmica (Inicial y periódica)

A la vista de los resultados obtenidos, se hará un análisis de la instalación térmica. La tolerancia de uniformidad de temperatura será de  $\pm 15$  C de la temperatura de proceso.

En el informe de certificación deberán constar los datos referentes a la instalación térmica, las características de los termopares utilizados, los equipos empleados para la toma de datos de temperatura, la indicación de la ubicación de cada termopar en el conjunto útil, pieza, la hora de comienzo y terminación de las distintas secuencias, lapso de uniformidad calculado, inercia térmica (si existe, valor de la misma con indicación del termopar o termopares que la han detectado), la temperatura de consigna con su tolerancia y cualquier otro dato que el técnico de Metrología considere que debe figurar.

#### V.1.6.- No conformidades

Si como consecuencia de las mediciones, ensayos y calibraciones indicadas en esta especificación, se detectasen errores que queden fuera de la tolerancia especificada, están serán comunicadas inmediatamente a los departamentos correspondientes para proceder a su corrección o reparación y estarán reflejadas en la HNC (Hoja de No Conformidad). A la vista de las reparaciones efectuadas, el Laboratorio de Metrología, Calidad o Ingeniería decidirá la conveniencia o no de realizar pruebas que técnicamente se consideren adecuadas, antes de devolver a la prensa la condición de operativa.

#### V.1.7.- Registros

Se prepararán, mantendrán y facilitarán los registros de todas las calibraciones, ajustes, reparaciones e inspecciones efectuadas. Dichos registros se archivarán durante cinco años desde la fecha de generación de los datos, salvo que se indique lo contrario. Todos los registros correspondientes a las no conformidades y acciones correctoras, deben quedar a disposición del Departamento de Calidad del cliente o su representante, y deberán archivarse durante cinco años desde la fecha en que se contactó la No Conformidad.

#### V.1.8.- Intervalos de las calibraciones

Los intervalos de las calibraciones, pruebas y ensayos periódicos, tras la certificación inicial, son los siguientes:

Calibración de la instrumentación de medida y control (temperatura, presión y vacío) cada doce meses.

Pruebas combinadas del conjunto de conexiones y cables de compensación y extensión cada doce meses.



El esquema general de todo el proceso de Conformado superplástico y Soldadura por difusión en chapa de Aleación de Titanio sería el siguiente:

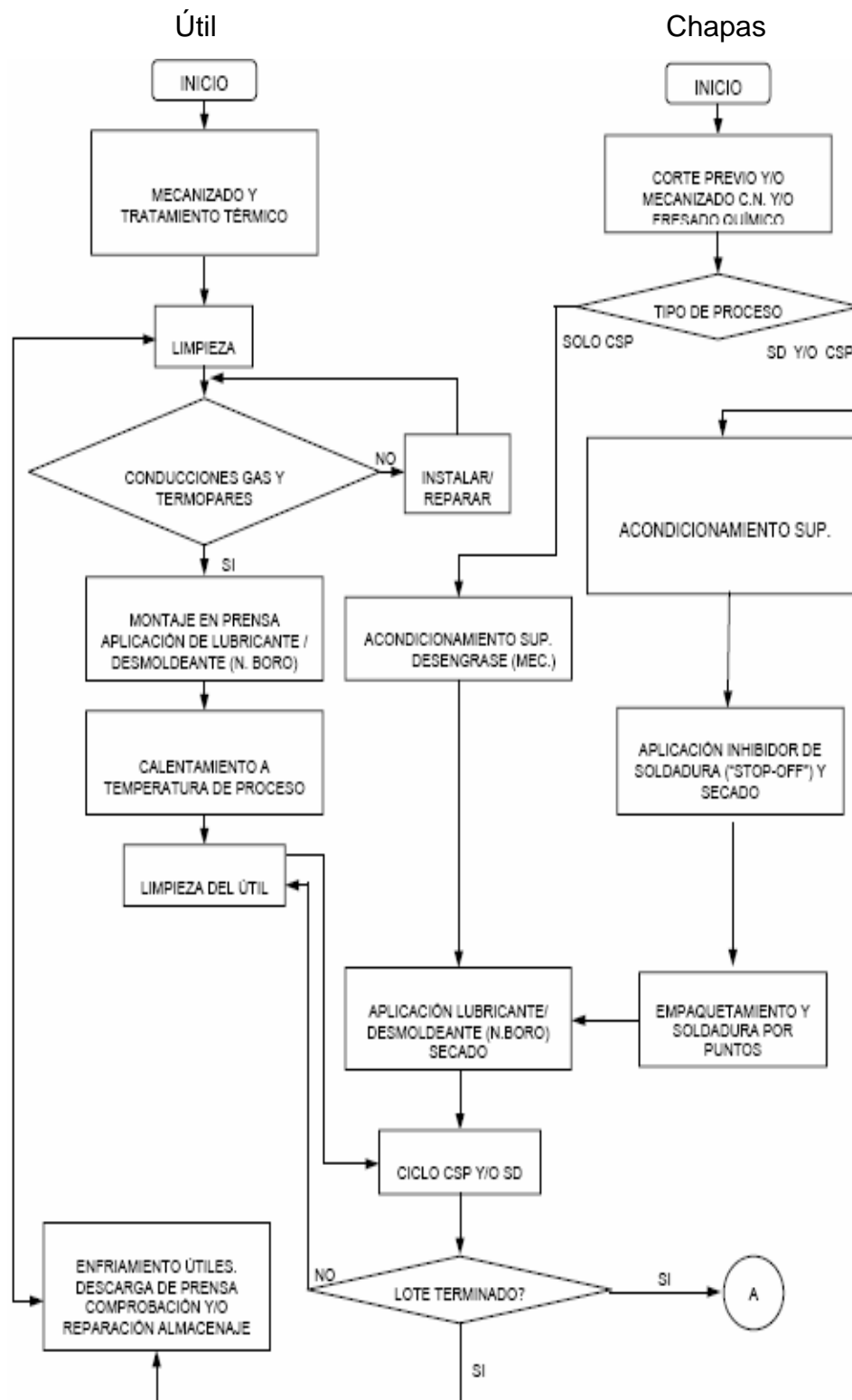


Figura V.1.9.2 Esquema general proceso Superplástico

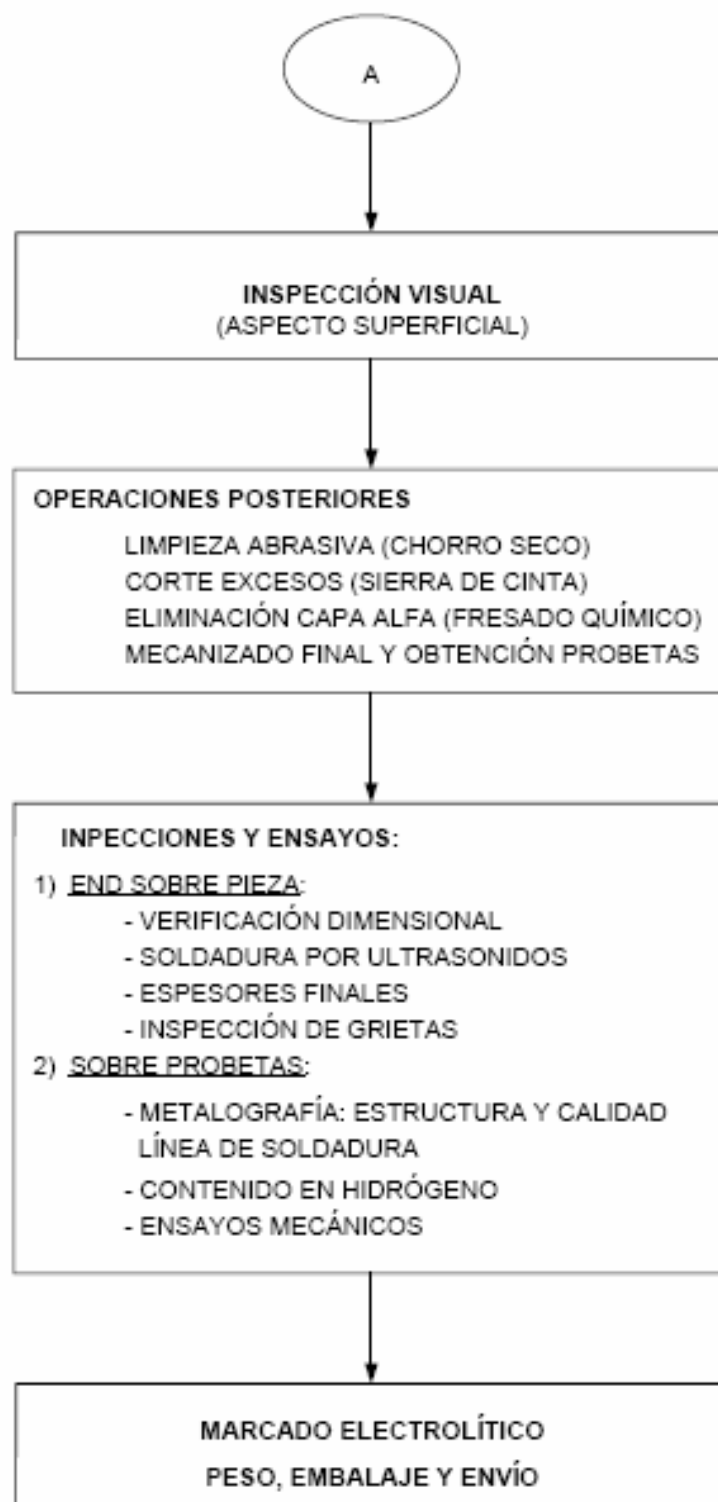


Figura V.1.9.3 Operaciones finales

---

## V.1.10.- Útiles

### Mecanizado y tratamiento térmico de los útiles

Las condiciones de mecanizado y tratamiento térmico de los útiles serán realizadas de acuerdo con las instrucciones de Ingeniería.

### Limpieza de los útiles

Las diferentes órdenes de limpieza serán:

La superficie de los útiles debe limpiarse con paños abrasivos para eliminar la posible cascarilla generada durante los ciclos térmicos evitando dar lustre al metal para no eliminar el óxido producido.

Mediante un sistema de aspiración se evacuarán los residuos que sean difíciles de eliminar por otros procedimientos.

También hay que limpiar los conductos de admisión de gas con chorro de aire limpio, seco y filtrado.

Desengrasar la superficie del útil, empleando un disolvente no clorado; como metil-etil-cetona (MEK), frotando con paños limpios de algodón o papel tipo Kleenex.

La limpieza de la superficie de los útiles entre cada dos piezas consecutivas de un mismo lote, deberá realizarse por soplado con argón o por aspiración (medio más recomendable, siempre que se asegure una aspiración suficiente y que no se dañe el lubricante con la boquilla de aspiración).

Nota: durante el proceso de limpieza hay que asegurarse que sobre el útil no quede ningún residuo que pueda dejar huella sobre la pieza que se va a conformar.

---

### Conducciones de gas y montaje de termopares

Se asegurará que todas las conducciones comunican los taladros de inyección/evacuación de gas de conformado en el interior de los útiles con los sistemas de gas de la prensa.

- Sus dimensiones y geometría estarán de acuerdo con el útil. Se recomienda el uso de los mayores diámetros posibles (por ejemplo  $10 \times 1$  mm).
- Se observarán las siguientes recomendaciones:
  - a) Por razones de facilidad y comodidad, las uniones de los tubos se efectuarán por racores roscados y se dispondrán el mínimo número de uniones posibles para no tener excesivas pérdidas de carga (presión).
  - b) Tras el corte de tubos, rebarbar y abocardar adecuadamente los extremos para no disminuir la sección de paso.

Montaje de termopares:

- a) El número de termopares instalados dependerá del tamaño de la pieza que se produce (ver tabla 2.2.10.1). El número y disposición de los termopares será tal que éstos definan los vértices de un volumen que incluya a la pieza. Con todo nuevo útil será preciso un ensayo de uniformidad de temperatura descrito anteriormente, para asegurar que los termopares del útil proporcionan un control efectivo del proceso. En aquellos casos que se considere necesario se dotará al útil con más termopares de lo necesario, de forma que en el ensayo inicial de homogeneidad de temperatura se elegirán los que se usarán de forma definitiva.

TAMAÑO DE LAS CHAPAS(1)	CANTIDAD DE TERMOPARES POR ÚTIL(2)
< 300 mm.	1
300 ÷ 600 mm.	2
600 ÷ 900 mm.	3

Tabla V.1.10.1 Cantidad de termopares

Notas: (1) La dimensión dada es el diámetro de un círculo que contenga a las chapas, o bien un rectángulo de área semejante.

(2) La cantidad se refiere a cada semiútil, tapa o matriz.

- b) Se recomienda que el diámetro del taladro de los termopares sea de 6 mm hasta una profundidad igual o menor de 60 mm; a profundidades superiores, el taladro tendrá un diámetro de 8 mm para facilitar su mecanizado.
- c) La cabeza del termopar deberá estar lo más cerca posible de la superficie de la pieza a conformar. La distancia máxima desde el taladro a la superficie interior del útil deberá ser de 10 mm.

#### Montaje en prensa

Dependiendo del modelo de prensa que se utilice, el montaje de los útiles se realizará siguiendo las instrucciones de Ingeniería.

#### Aplicación del lubricante/desmoldeante

El producto lubricante/desmoldeante (Nitruro de boro) se aplicará en las zonas donde vaya a existir contacto útil/pieza.

El proceso de aplicación es el siguiente:



- a) Sobre el útil frío (a temperatura ambiente) montando o no en prensa, aplicar el producto lubricante/desmoldeante mediante proyección con pistola.
- b) Dejar secar a temperatura ambiente durante una hora.

#### Calentamiento/enfriamiento de útiles

Es necesario comprobar que el lubricante/desmoldeante aplicado sobre los útiles está completamente seco, antes de iniciar el calentamiento.

Con objeto de no dañar el labio de sellado, durante el calentamiento se dejará una separación entre tapa y matriz de unos 30 a 50 mm.

El calentamiento/enfriamiento se efectuará de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Ciclos de temperaturas-tiempo, según instrucciones de Ingeniería.
- Tiempo de estabilización: aproximadamente 2 horas (tras el calentamiento y antes de iniciar la fabricación de la primera pieza).
- Purga de argón: Presión de 0,2 bares con temperatura por encima de los 700 C, manteniendo un flujo de 2,36 a 4,7 l/min (5 a 10 ft<sup>3</sup>/h).

---

### V.1.11.- Fabricación de chapas para piezas

#### Mecanizado

El mecanizado de las chapas se realizará de acuerdo a los requerimientos del plano dejando las creces necesarias para la construcción del empaquetado e introducción en la prensa.

En caso de mecanizado del espesor en chapas para soldadura por difusión, y siempre que sea posible, la cara a soldar por difusión será la opuesta a la del mecanizado para así garantizar la máxima rugosidad permitida en este proceso ( $R_a < 0,6 \mu\text{m}$ , que se tiene en la materia prima). Como regla general se elegirá la cara a soldar por difusión aquella que no tenga la identificación con tinta del fabricante, y la que tenga menos rugosidad.

#### Acondicionamiento de superficies

Se realizará de acuerdo con las operaciones y orden esquematizado en la figura siguiente:

Nota: Dada la criticidad de este proceso, las piezas deberán manejarse durante todas las operaciones descritas en este método con guantes limpios de algodón, no tocando en zonas que van a ser soldadas.

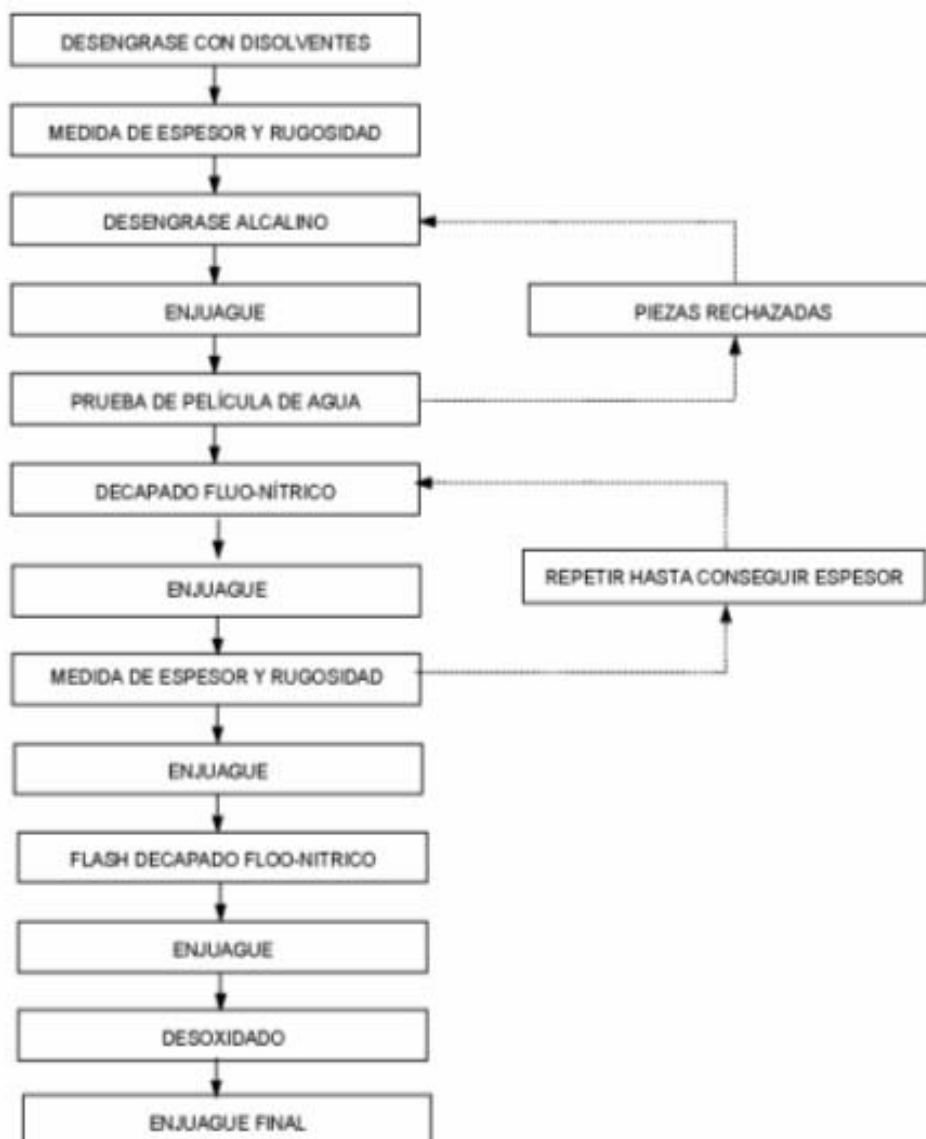


Figura V.1.11.1 Acondicionamiento de superficies

### Desengrase con disolventes

Dependiendo del grado de contaminación de la superficie, las piezas se someterán a una limpieza con disolventes si la suciedad es leve.

Se utilizarán disolventes no clorados, tales como Metil-etil-cetona (MEK), tolueno o equivalentes, aplicándose por inmersión o frotando con trapos limpios de algodón empapados con disolvente.

### Medida del espesor y la rugosidad

Se comprobará el espesor y rugosidad de las chapas en las direcciones de laminación longitudinal (L) y transversal (LT) en los puntos definidos por Ingeniería en el proceso de fabricación. La medida de rugosidad se realizará sólo en la cara a soldar por difusión y su valor no será mayor a 0,6  $\mu\text{m}$ .

### Desengrase alcalino

Se efectuará por inmersión, utilizando productos comerciales aprobados por M&P según composición y condiciones de trabajo fijadas en la tabla siguiente:

DESIGNACION	PRODUCTO	CONDICIONES			AGITACION	MATERIAL DEL TANQUE
		CONCENTRACION (g/l)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (min.)		
Z-23.201	TURCO 4215 NCLT	45 - 60	43 - 55	30	Por aire limpio, seco y filtrado	Chapa de Hierro
	Agua desmineralizada	Resto				

Tabla V.1.11.2 Desengrase alcalino

### Enjuague

Las piezas se enjuagarán en agua Clase B (con pH de 5-8,5; cantidad de cloruros < 30 ppm; cantidad de sólidos disueltos < 400 ppm) a temperatura ambiente durante un tiempo mínimo de 5 minutos. A continuación se realizará la prueba de rotura de la película de agua. Si el ensayo no fuera satisfactorio, se volverá a repetir el desengrase alcalino. Puede realizarse un enjuague adicional también con agua desmineralizada y caliente a una temperatura máxima de 60°C para facilitar el secado de la pieza.

Secado

Las piezas podrán secarse al aire o bien con aire a presión previamente filtrado y seco.

Decapado fluonítrico

Se realizará por inmersión utilizando el baño cuya composición y condiciones de trabajo se describen en la tabla siguiente. Antes de proceder al decapado de chapas, el tiempo de permanencia en el baño quedará fijado después de conocer el factor de ataque del baño. El espesor mínimo de material a eliminar es de 15  $\mu\text{m}$ .

PRODUCTO	CONCENTRACION VOLUMEN (%)	TEMPERATURA (°C)	ATAQUE TOTAL ( $\mu\text{m}/\text{cara}$ )	FACTOR DE ATAQUE ( $\text{mm}/\text{h}/\text{cara}$ )	MATERIAL DEL TANQUE
ACIDO NITRICO: $\text{NO}_3\text{H}$ 40° Bé	27 $\pm$ 32	18 $\pm$ 25	15 mínimo	0.5 $\pm$ 0.6	Acero forrado de P.V.C
ACIDO FLUORHIDRICO: FH 48%	5.5 $\pm$ 6.5 (1)				
ROVI SUPER	5 (2)				
AGUA DESMINERALIZADA	Resto				

- (1) Si el FH fuese de otra riqueza recalcular estas cantidades.
- (2) Concentración a la preparación del baño, en regeneraciones siempre se añadirá una cantidad igual a la mitad del FH añadido.

Tabla V.1.11.3 Decapado fluonítrico

Operaciones posteriores al decapado fluonítrico

Aquí nos encontramos las siguientes operaciones:

- a) Enjuague

Después del decapado, las piezas se enjuagarán mediante duchas o por inmersión de agua de clase B, durante un tiempo mínimo de 5 minutos.

b) Desoxidado

La finalidad de esta operación es eliminar las manchas de óxido resultantes en la transferencia del baño de decapado fluo-nítrico al baño de enjuague y devolver a las piezas su color y su brillo original, para lo cual se sumergirán en una disolución acuosa de ácido nítrico con la concentración y condiciones de trabajo que se indican en la Tabla:

PRODUCTOS	CONDICIONES			MATERIAL DEL TANQUE
	CONCENTRACION % VOLUMEN	TEMPERATURA °C	TIEMPO DE INMERSION (segundos)	
Acido nítrico 40°Bé	45 - 55	Ambiente	30	HIERRO FORRADO DE P.V.C.
Agua de clase A s/l+D-P-33	Resto			

Tabla V.1.11.4 Desoxidado

c) Enjuague final

Las piezas se enjuagarán por inmersión o duchas con agua de Clase A durante al menos 5 minutos, pudiendo realizarse un posterior enjuague con agua caliente (80C máximo) de Clase A, con objeto de facilitar su posterior secado.

d) Secado

Se realizará al aire o en estufa a una temperatura que no exceda de 110C.

En resumen, se puede representar más esquematizado todo el proceso de baños mediante la siguiente tabla:

1. PARÁMETROS DE BAÑOS.	PRODUCTO	TEMPERATURA	TIEMPO / ATAQUE	RECIRCULACIÓN ó AGITACIÓN
DESENGRASE ALCALINO	<u>TURCO</u> <u>4215NCLT</u>	43 ÷ 55 C	Mínimo 30 min.	Recirculación y agitación por aire
	Agua			
<u>ENJUAGUE Y DUCHA</u>	Agua desmineralizada	AMBIENTE	9 ÷ 10 min.	Agitación por aire
<u>REALIZAR PRUEBA DE ROTURA DE LA PELÍCULA DE AGUA</u>	Agua desmineralizada	AMBIENTE		
<u>DECAPADO FLUONÍTRICO</u>	Ácido Nítrico NO <sub>3</sub> H 40° Be	18 ÷ 25 C	0,5 ÷ 0,6 mm/h/cara	Recirculación
	Ácido Fluonítrico FH 48%			
	ROVI SUPER			
	Agua desmineralizada			
<u>ENJUAGUE Y DUCHA</u>	Agua desmineralizada	AMBIENTE	Mínimo 5 min.	Agitación por aire
DESOXIDADO BLANQUEADO EN NÍTRICO	Ácido Nítrico 40° Be	AMBIENTE	3 min.	Agitación por aire
	Agua desmineralizada			
<u>ENJUAGUE Y DUCHA FINAL</u>	Agua desmineralizada	AMBIENTE	Mínimo 5 min.	Agitación por aire

Tabla V.1.11.5 Parámetros de baños

Las notas generales que han de tenerse en cuenta en el proceso de baños son las siguientes:

- Esta operación es crítica para obtener una buena soldadura por difusión.
- El objetivo de esta operación es eliminar material superficialmente, activando la superficie para hacer posible la soldadura por difusión.
- El recinto de los baños deberá estar cerrado y limpio. No se debe realizar en los baños operaciones que generen suciedad (mecanizados y repasos de piezas,...)
- Todos los baños tendrán en funcionamiento la recirculación o agitación para asegurar homogeneidad del tratamiento.
- El aire comprimido usado para la agitación de los baños (desengrase alcalino y enjuagues) debe ser limpio, seco y filtrado.
- Para asegurar la trazabilidad de las chapas que son elementos identificables:
  - a) Antes de iniciar el acondicionamiento, hay que anotar en hoja de control de rugosidad los números de serie de las chapas.
  - b) Hay que mantener la identificación del material en todo momento.
- Cumplimentar la lista de comprobación/aseguramiento.
- En caso que no se cumplan las condiciones establecidas en esta IT (Instrucción Técnica), deberá abrirse la correspondiente H.N.C. (Hoja de No Conformidad) de acuerdo a las especificaciones.
- En caso que la rugosidad inicial Ra sea mayor de 0,6  $\mu\text{m}$ . Se actuará de la siguiente manera:
  - a) Se abrirá HNC para posteriormente abrir Informe de Discrepancia en Suministros.



- 
- b) Repasar chapa hasta dejar zona de soldadura por difusión con Ra máx. 0,6  $\mu\text{m}$ .
  - c) Continuar el proceso.

#### Medida del espesor y la rugosidad

Se comprobará la reducción del espesor experimentado por las chapas, repitiendo las medidas en los mismos lugares donde se realizaron las mediciones previas al decapado fluorhídrico. Se rechazarán aquellas chapas que hayan sufrido una reducción superior a la prevista en los planos, procediéndose a la inspección del baño de decapado.

Asimismo se comprobará que la rugosidad superficial no supera el valor establecido en el material de partida de acuerdo con la calidad solicitada en los planos.

Los valores de espesores y rugosidad serán registrados a criterio de Garantía de Calidad.

#### NOTA:

En todas las operaciones posteriores al acondicionamiento de las chapas es obligatorio el manejo de los materiales con guantes limpios de algodón, no tocando en zonas que van a ser soldadas, y haciendo uso de mascarillas para evitar la contaminación de la chapa. Siempre deberán protegerse las chapas con papel antihumedad. Además el tiempo total de estas operaciones hasta el momento de cargar el paquete en la prensa no excederá de 8 horas o asegurar la protección del paquete y almacenamiento para evitar su contaminación.

---

### Aplicación del inhibidor de soldadura (stop-off)

Se aplicará mediante serigrafía de acuerdo con su correspondiente especificación técnica. También podrán aplicarse pequeños retoques con pincel. La aplicación siempre se realizará a chapas aisladas y nunca a chapas que estén sobre otras, ya que en este caso se corre el riesgo de corrimientos de producto entre las dos chapas.

Aunque la filosofía de la técnica serigráfica es idéntica para el uso de tintas o de productos inorgánicos, el procedimiento que se sigue va dirigido exclusivamente a la aplicación de inhibidores inorgánicos de soldadura (base óxido de itrio) en el material de (Ti-6Al-4V). El único inhibidor aprobado para el proceso aquí descrito es el denominado “stop-off” cuya composición es una mezcla de los siguientes componentes:

- Óxido de itrio 99,9%, con tamaño de partícula inferior a 3  $\mu\text{m}$ .
- Etilenglicol.
- Sol de sílice Kieselcol.
- Inhibidor de soldadura.

El tamaño de los motivos aplicables mediante esta técnica viene restringido por las limitaciones dimensionales del material utilizado.

La serigrafía comprende un conjunto de operaciones cuyo resultado final es la impresión de productos con formas geométricas definidas en la superficie de un material.

Tradicionalmente, en la serigrafía de superficies metálicas se emplean tintas de características especiales. Vamos a describir brevemente la aplicación de la serigrafía utilizando productos de naturaleza inorgánica, para los que se regirá la misma metodología práctica. Mediante este procedimiento y sobre las chapas del material de Ti-6Al-4V quedarán impresionadas con un producto

inhibidor las zonas que no deberán ser soldadas durante el proceso de conformado superplástico y soldadura por difusión (CSP/SD).

Un inhibidor es una sustancia que se interpone entre dos superficies e impide su soldadura. Los inhibidores de soldadura suelen ser óxidos muy refractarios, como los de las Tierras Raras, la alúmina o la circonita, y deben ser inofensivos para el material que inhiben. Estos óxidos son productos pulverulentos y no pueden aplicarse directamente sobre las superficies a inhibir, sino que necesitan agentes líquidos que permiten su fácil deposición y extensión a temperatura ambiente, para ser luego eliminados a altas temperaturas por evaporación y dejan bien distribuido el inhibidor.

- Aplicación del inhibidor de soldadura sobre la chapa:

Previamente a la impresión de la chapa, sobre la mesa de aplicación se situará un dibujo que reproducirá exactamente el motivo de la aplicación para ajustar a la posición de la pantalla.

Después se retira el dibujo y se coloca la chapa de aleación de titanio en la mesa de aplicación, bajo la pantalla serigráfica, que estará situada a una distancia de entre 1 y 3 milímetros y perfectamente diferenciada con respecto a los taladros de posicionamiento de las chapas. A continuación se vierte la mezcla de inhibidor de soldadura en la pantalla serigráfica, acumulada en la zona donde no está impreso el motivo serigráfico.

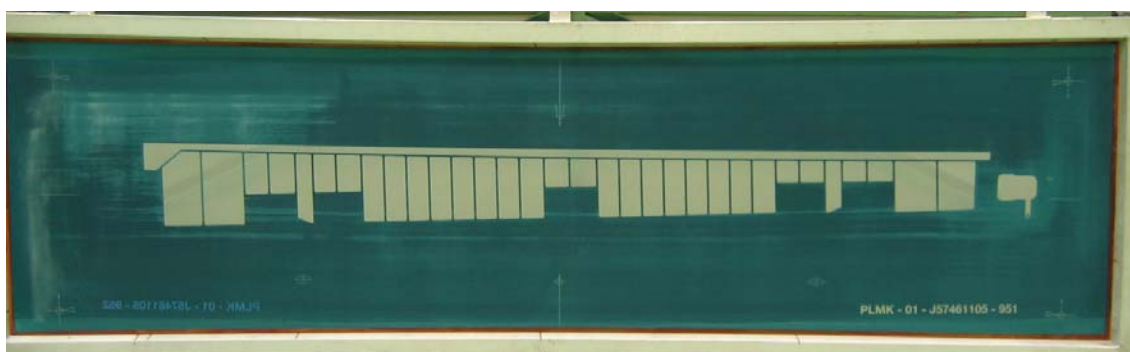


Figura 2.2.11.6 Pantalla

Con una rasqueta de caucho se arrastra la mezcla sobre la pantalla con una inclinación aproximada de  $45^\circ$  (Ver figura): Si el ángulo es más abierto, la fricción será muy alta y la impresión defectuosa. La mezcla “colará” sobre la chapa por la zona delineada por el motivo serigráfico. La presión y la velocidad de aplicación debe ser uniforme. La capa de inhibidor aplicada sobre la superficie de las chapas de aleación de titanio deberá ser continua y poseer un espesor constante, sin presentar ampollamientos ni zonas localizadas sin recubrir. Asimismo, la delimitación de la frontera entre zonas de chapa con y sin inhibidor será nítida, no debiendo observarse fluidez de la mezcla en el área no inhibida, que pudiera impedir su posterior soldadura por difusión. Hay que comprobar que toda la zona prevista está totalmente cubierta por el inhibidor. Las áreas locales que queden sin mezcla se retocarán aplicando directamente el inhibidor con un pincel procurando mantener el espesor de capa alcanzado en la aplicación serigráfica.



Figura 2.2.11.7 Prensa de serigrafía

---

Notas: La aplicación debe realizarse en una única pasada. Puesto que el espesor de capa de inhibidor va a ser muy pequeño, no conviene efectuar la aplicación de forma lenta.

La recuperación de las pantallas se realiza en la lavadora de la zona de serigrafía con desemulsionante (MEK), cuyo papel es oxidar la emulsión para hacerla soluble en agua.

En cuanto al almacenado en la operación posterior a la aplicación serigráfica y habiendo secado las pantallas y las chapas en la estufa de secado de chapas, para emplazar ordenadamente las pantallas se encuentran habilitadas en la zona de serigrafía estanterías en un lugar seco y alejado de productos químicos agresivos. Las piezas impresas, esto es, cada chapa serigrafiada con el inhibidor de soldadura estarán separadas entre sí con un papel especial, de espesor grueso. Más tarde se enviarán a la zona donde se realiza el ensamblaje de todas las chapas mediante Soldadura por puntos.

Debido a que los productos relacionados con la serigrafía son inflamables y también para evitar la contaminación de las chapas, el área destinada a la "Aplicación del inhibidor de soldadura" está aislada del resto de la planta de procesado CSP/SD denominándose esta zona "Área limpia".

#### Empaquetamiento de chapas

El empaquetamiento de chapas se realiza de acuerdo con las instrucciones de Ingeniería ya que depende de la configuración final de la pieza.

---

Aplicación del lubricante/desmoldeante al paquete/chapa

Al paquete de chapas que va a ser procesado puede protegerse todo el contorno con cinta adhesiva para evitar que penetre la humedad en su interior, y asimismo se protegerá la zona de inyección de gas.

Se aplica la capa de desmoldeante (nitruro de boro) a brocha o pistola en húmedo, cuyo objetivo es que en el proceso de conformado superplástico y soldadura por difusión la pieza se desmoldee, es decir, que no se quede pegada al útil. Esto también facilitará el deslizamiento de la pieza en el útil y se conservarán los espesores. Inmediatamente después de la aplicación del desmoldeante, se eliminarán los restos del mismo con papel tipo Kleenex (sin pelusas) hasta obtener un aspecto superficial uniforme y brillo metálico en la superficie del empaquetado.

#### V.1.12.- Operaciones de CSP y SD

Las operaciones de conformado superplástico y/o soldadura por difusión depende de la configuración y geometría final de la pieza a fabricar. Las operaciones a realizar en cada pieza serán establecidas en la documentación de Fabricación.

#### V.1.13.- Operaciones posteriores

##### Piezas conformadas

##### a) Inspección visual

Mediante la comprobación del aspecto superficial observando si existen marcas, grietas o rugosidades, o bien algún tipo de contaminación superficial (decoloración, etc.). Las piezas con estos tipos de defectos serán rechazadas.

## b) Limpieza abrasiva

Eliminar los restos de lubricante/desmoldeante que recubre las piezas, de la siguiente forma:

- Taponar con producto sellante las entradas de alimentación de argón indicadas por los planos de cada pieza.
- Chorrear con alúmina (se recomienda utilizar alúmina de grano 120)

## c) Recorte del material en exceso

Utilizando los útiles adecuados se trazará sobre la pieza las creces necesarias para el mecanizado final, procediendo a cortar los excesos con sierra de cinta de alta velocidad.

## d) Decapado fluorútrico para la eliminación de la capa alfa

Mediante este proceso se elimina la capa alfa superficial, capa de alta fragilidad rica en oxígeno que se produce durante las operaciones de CSP y SD, y en ciertos casos además posibilita llevar el espesor de la pieza al especificado en los planos. Este proceso se realizará de acuerdo con el proceso que se describe en el diagrama de flujo siguiente:

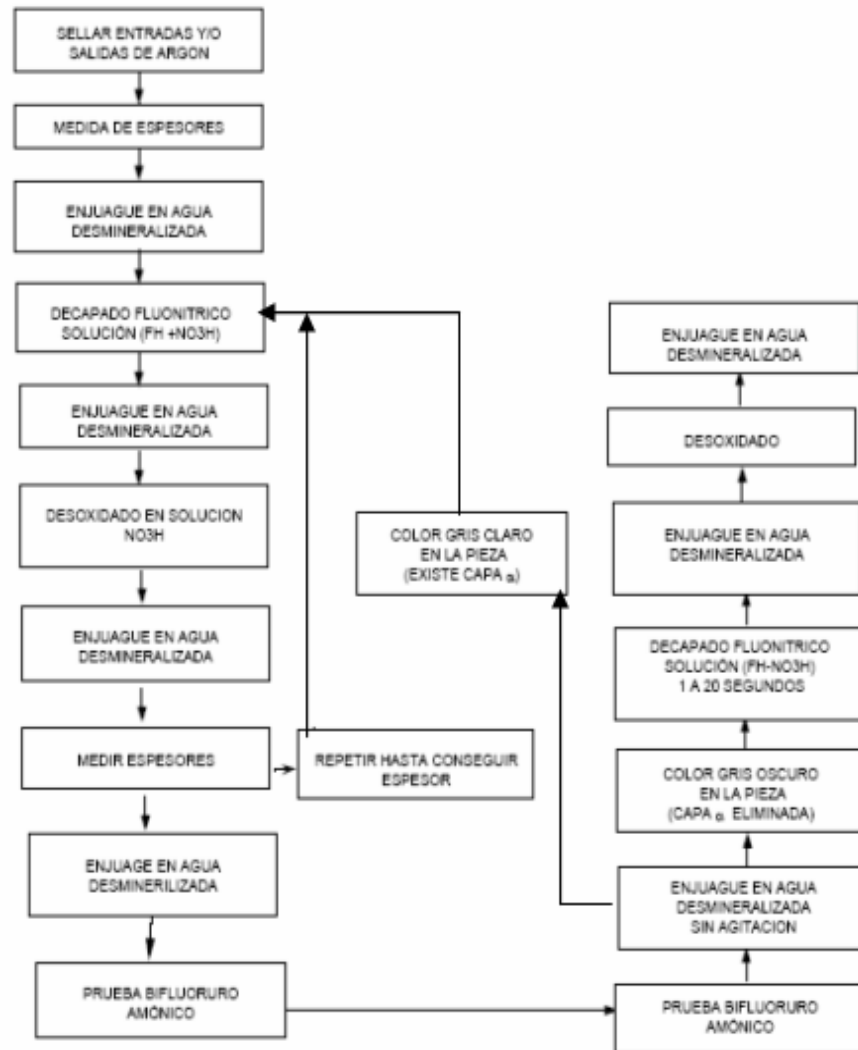


Figura V.1.13.1 Esquema eliminación capa alfa

La explicación de los pasos más importantes del proceso de decapado fluoríntrico es el siguiente:

- Comprobación del sellado realizado. A efectos de tener un testigo de presencia de capa alfa y facilitar la evaluación en la prueba de bifluoruro, deberá enmascararse una pequeña zona en las creces de la pieza.
- Medición de los espesores en los puntos indicados del plano.



- Desengrase alcalino como hemos visto en el apartado anterior.
- Decapado en baño fluonítrico indicado en la tabla hasta el espesor indicado en los planos, eliminando toda la capa alfa.

PRODUCTO	CONCENTRACION VOLUMEN (%)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE INMERSION (minutos)	FACTOR DE ATAQUE (mm/h/cara)	MATERIAL DEL TANQUE
Agitación	Recirculación del baño o mecánica				
ACIDO NITRICO: NO <sub>3</sub> H 40° Bé	27÷32	18÷25	10 mínimo	0.5÷0.6	Acero forrado de P.V.C.
ACIDO FLUORHIDRICO: FH 48%	5.5÷6.5				
ROVI SUPER:	5				
AGUA DESMINERALIZADA	Resto				

Tabla V.1.13.2 Decapado baño fluonítrico

- Las piezas se enjuagarán en agua desmineralizada a temperatura ambiente durante 5 minutos como mínimo.
- Se efectuará un segundo enjuague con agua desmineralizada que puede ser caliente para facilitar el secado. La duración de este enjuague será de al menos 1 minuto. Este segundo enjuague se puede sustituir por un lavado en duchas de agua desmineralizada que se realizará a la salida de las piezas del baño de enjuague.
- Las piezas se secarán al aire o con aire a presión, seco y filtrado. Esta operación puede omitirse si inmediatamente se introducen las piezas en el baño de desoxidado.

- La operación de desoxidado tiene la finalidad de devolver a las piezas el color y brillo originales. Las piezas serán sumergidas en un baño de ácido nítrico de las características indicadas en la siguiente tabla.

PRODUCTOS	CONDICIONES			MATERIAL DEL TANQUE
	CONCENTRACION % VOLUMEN	TEMPERATURA °C	TIEMPO DE INMERSION (minutos)(1)	
Acido nítrico 40° Be	45 - 55	Ambiente	3 mínimo	HIERRO FORJADO DE P.V.C.
Agua desmineralizada	Resto			

Tabla V.1.13.3 Desoxidado

(1) El tiempo máximo será el necesario hasta alcanzar en la superficie de la pieza el brillo metálico característico del material de partida.

- Las piezas se enjuagarán en agua desmineralizada a temperatura ambiente durante 5 minutos como mínimo.
- Se realizará un segundo enjuague durante un minuto como mínimo, con agua desmineralizada, que puede ser caliente para facilitar el secado.
- Comprobación de la eliminación de la capa alfa, procediendo como se indica a continuación:
  - a) Pelar la zona testigo de presencia de capa alfa.
  - b) Inmersión de la pieza en un baño de bifluoruro amónico de las características de la tabla que se adjuntan en este apartado.

COMPOSICION	CONCENTRACION (gr/l)	TIEMPO (min.)	TEMPERATURA MAXIMA (°C)	MATERIAL FABRICACION TANQUE REACTOR
Bifluoruro- amónico	15	3 mínimo	Ambiente	Hierro forrado de PVC
Agua destilada	Resto			

Tabla V.1.13.4 Comprobación eliminación capa alfa

c) Inspección del aspecto superficial: un color gris claro es indicativo de la presencia de la capa alfa sobre las piezas; por el contrario, un color gris oscuro denota ausencia de dicha capa. El color gris claro debe darse únicamente en el testigo, debiendo presentar el resto de la pieza un color gris oscuro. Nota: En caso de persistir la capa oxidada, debe repetirse la etapa de baño fluorúrico, hasta la eliminación total de la capa alfa, de acuerdo con el procedimiento de inspección visual expuesto en este punto.

- Desoxidado según el apartado descrito anteriormente.
- Enjuague final con agua desmineralizada, que puede ser caliente para facilitar el secado.
- Secado al aire o en estufa.
- Medir espesores en los mismos puntos que las mediciones previas.

#### e) Mecanizado

Asegurar que antes del mecanizado se elimina totalmente la capa alfa, para evitar la aparición de grietas durante el mecanizado.

Mecanizar las piezas y las probetas de control a las dimensiones finales indicadas en los planos. Estas probetas serán enviadas a Garantía de Calidad, para su ensayo y evaluación.

#### V.1.14.- Garantía de Calidad

Garantía de Calidad garantizará el cumplimiento de todos los requisitos incluidos en este documento, y prestará especial atención a los siguientes puntos:

##### A.- Inspecciones no destructivas en piezas

###### a. Inspección visual de las piezas

Las piezas fabricadas por conformado superplástico y/o soldadura por difusión deberán estar libres de cualquier tipo de contaminación superficial (decoloraciones, manchas,...) deformaciones y defectos tales como arrugas, fisuras indentaciones o marcas. Tampoco deberá presentar capa alfa.

###### b. Control del estado superficial

A criterio de Garantía de Calidad, y en función entre otros de la localización de las distintas superficies de la pieza (exterior o interior en el avión), se rechazarán todas las piezas con indentaciones, marcas o huellas.

---

La presencia de rugosidad localizada es indicativa de un posible calentamiento por encima de la temperatura de tránsito  $\beta$  (“ $\beta$ -transus”). Este fenómeno debe ser analizado sobre una probeta metalográfica extraída de la zona representativa o de las creces de la pieza: su confirmación será motivo de rechazo de la pieza.

c. Verificación dimensional y espesores

Comprobar que las piezas cumplen las condiciones exigidas en los planos, haciendo uso de los útiles destinados a tal fin (calibres,...) y definidos por Ingeniería.

Se realizará medición de espesores en todos aquellos puntos determinados en documentación. Es aconsejable el uso de útiles (plantillas,...) para efectuar las mediciones siempre en las mismas localizaciones.

d. Inspección por ultrasonidos de la soldadura por difusión

Todas las piezas fabricadas con soldadura por difusión son inspeccionadas por ultrasonidos para detectar huecos, porosidades o cualquier otro fallo en la soldadura, de acuerdo con los requisitos de la especificación aplicable o la hoja técnica de inspección.

El método de inspección por ultrasonidos se basa en la introducción en los materiales de ondas elásticas de alta frecuencia, las cuales se propagan a través de éstos y sufren fenómenos de reflexión, refracción, atenuación, etc. La presencia de discontinuidades se pone de manifiesto a través de las alteraciones que éstas producen en la propagación de dichas ondas con respecto a lo esperado en un material homogéneo.

---

Los elementos necesarios para realizar una inspección ultrasónica son, básicamente, los siguientes:

- Unidad de excitación: Es un dispositivo electrónico que produce impulsos eléctricos controlados y de características adecuadas.
- Palpador emisor: Consiste en un transductor piezoeléctrico que transforma los impulsos eléctricos en vibraciones mecánicas.
- Acoplante: Es el medio a través del cual se transfieren las ondas ultrasónicas entre el palpador y la pieza a inspeccionar.
- Palpador receptor: Es un transductor piezoeléctrico que transforma las señales mecánicas en señales eléctricas. Puede ser, o no, el mismo que se utiliza como emisor.
- Amplificador: Consiste en un dispositivo electrónico que recibe la señal eléctrica procedente del palpador receptor y la amplifica convenientemente para su estudio. Adicionalmente puede realizar operaciones de acondicionamiento de la señal (por ejemplo:filtrado).
- Sistema de presentación: Es un dispositivo que permite caracterizar, representar o registrar la señal derivada del amplificador de forma que sea posible su evaluación.



Figura V.1.14.1 Sistema de ultrasonidos

La inspección ultrasónica se realiza de forma automática, en donde tanto el movimiento del palpador como el control de la posición se realiza de forma automática. Permite el acceso a herramientas de evaluación mediante recursos informáticos, mayores velocidades de inspección y elimina al máximo el factor humano.

La técnica de inspección utilizada en superplástico es la llamada “Pulso-eco” y está basada en el fenómeno de reflexión que sufren las ondas ultrasónicas en las interfases de la pieza inspeccionada y en algunas de las discontinuidades que ésta pudiera presentar.

El control y seguimiento de estas reflexiones, más comúnmente llamadas “ecos”, a lo largo de la pieza nos 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 del material atravesado por el haz ultrasónico hasta alcanzarlo. Se mide en

términos de “atenuación ultrasónica” (en decibelios) 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 le conoce con el nombre de “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:

$$P=vt/2$$

P: Profundidad

t: tiempo

v: velocidad de propagación del sonido en el material

En el ensayo por Pulso-eco sólo requiere acceso por un lado de la pieza a inspeccionar y utiliza un único palpador que actúa como emisor y como receptor.

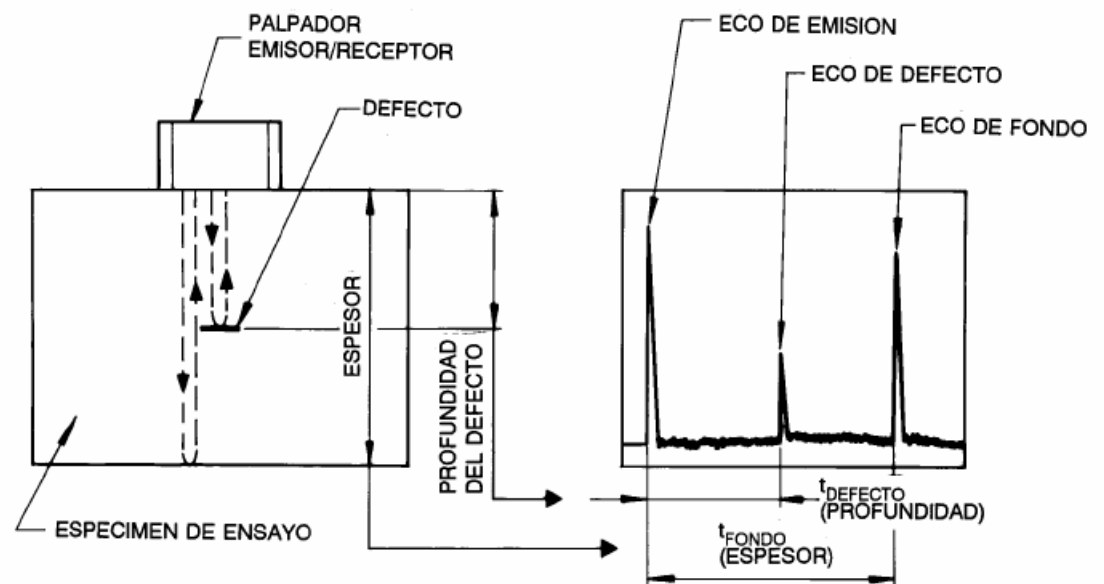


Figura V.1.14.2 Ensayo por Pulso-eco con un solo palpador



El modo de acoplamiento ultrasónico entre el palpador y la pieza a inspeccionar que se utiliza es el llamado “por inmersión”, en el que tanto la pieza a inspeccionar como el palpador se sumergen completamente en agua, la cual actúa como medio de acoplamiento. Esta la única forma posible en ensayos por placa reflectante. Se debe tener especial cuidado en evitar la formación de burbujas. Antes de utilizar el método de inmersión se utiliza un palpador manual para inspeccionar los espesores en los picos del Slat, debido a que el sistema de inmersión no puede barrer esa zona. Si los espesores son los requeridos por Ingeniería (no inferiores a 1,5 mm.), entonces se utiliza la máquina de ultrasonidos de inmersión. Si los espesores son mayores, se manda la pieza a un útil de calibrado que tiene un galqueo de 4 mm., y lo que sobre de espesor se repasa con una fresadora manual hasta el espesor requerido. Si los espesores son inferiores a 4 mm, se perfora la pieza y se introduce una placa de un espesor ínfimo de platino hasta la mitad de recorrido, para después soldarla y que se una a la pieza para darle el espesor que se le quiera dar.

La secuencia básica del proceso de inspección ultrasónica consta de los siguientes pasos:

- Preparación para la inspección
- Calibración
- Inspección
- Evaluación de las indicaciones
- Operaciones posteriores a la inspección
- Inspección de grietas

---

Se realizará inspección visual de grietas al 100%, que a criterio de Garantía de Calidad podrá complementarse con inspección por penetrantes. La inspección penetrante es un método de control no destructivo aplicable a materiales metálicos y no metálicos, no porosos. Este método está basado en la propiedad que poseen ciertos líquidos de alto poder humectante para introducirse, por capilaridad, en las cavidades, poros, grietas, etc. que presente una superficie. Por ello, es sólo adecuado para la detección de discontinuidades abiertas a la superficie. El límite de sensibilidad del método de inspección por líquidos penetrantes queda definido por la intensidad del fenómeno capilar, el cual depende fundamentalmente de la tensión superficial del líquido penetrante. Una discontinuidad podrá detectarse siempre que el efecto de la tensión superficial sea menor que el de capilaridad.

#### B.- Inspecciones destructivas sobre probetas

Todas las probetas y criterios de aceptación serán obtenidos del plano o documentación aplicable.

##### a. Inspección metalográfica

Se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Estructura metalográfica (relación de fases)
- Tamaño de grano
- Contaminación (ausencia de capa alfa)
- En el caso de soldadura por difusión, calidad de la línea de soldadura.

##### b. Control del contenido de hidrógeno

Se analizará como mínimo tres muestras por pieza del espesor y zona más representativa.

El análisis de las muestras se realizará por extracción en caliente, con equipo Leco RH 402 u otro procedimiento equivalente aprobado.

El máximo contenido de hidrógeno admisible será de 180 p.p.m., siempre que no existan otros requisitos más restrictivos (diseño, cliente,...).

c. Ensayos de tracción

Se determinarán los valores de:

- Resistencia a la rotura
- Límite elástico
- Alargamiento

Debiendo estar los valores obtenidos de acuerdo con la siguiente tabla

ESPESOR (mm)	RESISTENCIA A LA ROTURA (MPa)	LIMITE ELASTICO AL 0.2 % (MPa)	ALARGAMIENTO EN 50 MM. (%)
< 4.75	920	870	8
≥ 4.75	890	825	8

Tabla V.1.14.3 Valores mínimos requeridos

El número mínimo de probetas a ensayar será de 2 para cada pieza.

### V.1.15.- Certificación del proceso

La certificación del proceso de conformado superplástico y/o soldadura por difusión comprende los siguientes puntos:

- Personal
- Materiales
- Instalaciones
- Operaciones y secuencia del proceso
- Calidad del proceso
- Medios de control

#### A.- Personal

El personal responsable de la preparación química de superficies, aplicación serigráfica y conformado superplástico en prensa deberá estar certificado.

Para certificarse, deberán pasar un curso de formación en el proceso que sea aplicable, superando una prueba teórica y otra práctica, quedando registro de las mismas y extendiendo el Departamento de Materiales y Procesos acreditación de la correspondiente tarjeta identificativa.

El Personal que se certifique en preparación de superficies, se designará como certificación **TIPO A**.

El Personal que se certifique en preparación de superficies y aplicación serigráfica, se designará como certificación **TIPO B**.

El Personal que se certifiquen conformado superplástico en prensa, se designará como certificación **TIPO C**.

La validez de esta certificación es de cinco años.

En el caso de que un operario llevase más de 12 meses sin realizar el proceso, perderá la certificación.

#### B.- Materiales

Todos los materiales utilizados en el proceso, cumplirán con los requisitos establecidos en las especificaciones aplicables y son recepcionados siguiendo los procedimientos de Garantía de Calidad y son almacenados en lugares adecuados, perfectamente identificados y con las fechas de caducidad controladas cuando sea aplicable.

#### C.- Instalaciones y equipos

Las instalaciones deben ser las apropiadas para efectuar el proceso de conformado superplástico y/o soldadura por difusión y deberán cumplir los requisitos indicados en esta especificación.

Los equipos deben ser los adecuados para garantizar el cumplimiento de los parámetros de proceso que establece esta especificación.

#### D.- Operaciones y secuencia del proceso

Las operaciones básicas del proceso de conformado superplástico y su secuencia estarán de acuerdo con lo descrito anteriormente, en el apartado de Procesos.

#### E.- Probetas de certificación

Debido a la dificultad que existe en definir una probeta con geometría específica, los ensayos de certificación se realizarán en una pieza que se vaya a fabricar.

Las probetas de tracción se extraerán de las zonas indicadas en el plano y los puntos de inspección para los demás ensayos se realizarán también en los puntos o zonas indicadas en el plano.

Los criterios de aceptación que se aplicarán a la pieza de certificación serán los indicados en el capítulo anterior de Garantía de Calidad y los indicados en el plano.

Si la pieza utilizada en la certificación lleva ambos procesos, conformado superplástico y soldadura por difusión la certificación será válida para ambos y si la pieza solo lleva el proceso de conformado superplástico la certificación estará limitada a este proceso.

#### F.- Medios de control

Los medios de control serán los necesarios para cumplir los requisitos de esta especificación. Su estado de conservación de limpieza serán los adecuados y su calibración y control periódico estará al día.

### G.- Registro y evaluación

Todos los datos, parámetros y resultados serán registrados y recopilados en un informe de certificación que será enviado a Garantía de Calidad y Materiales y Procesos para su aprobación final.

### H.- Validez de la certificación

El proceso de conformado superplástico y/o soldadura por difusión no necesita volver a ser certificado, siempre que se establezca un control periódico mínimo anual y no ocurra ninguna de las siguientes circunstancias:

- Interrupción durante seis meses consecutivos por avería, inactividad en el proceso o traslado de la instalación.
- Cuando se realice alguna modificación significativa de las instalaciones, que puedan afectar a sus características de operación.
- Cuando los resultados de los controles periódicos anuales no concuerden con los de certificación.
- Cuando a criterio de Garantía de Calidad se considere necesario como consecuencia de desviaciones o falta de homogeneidad en los resultados.

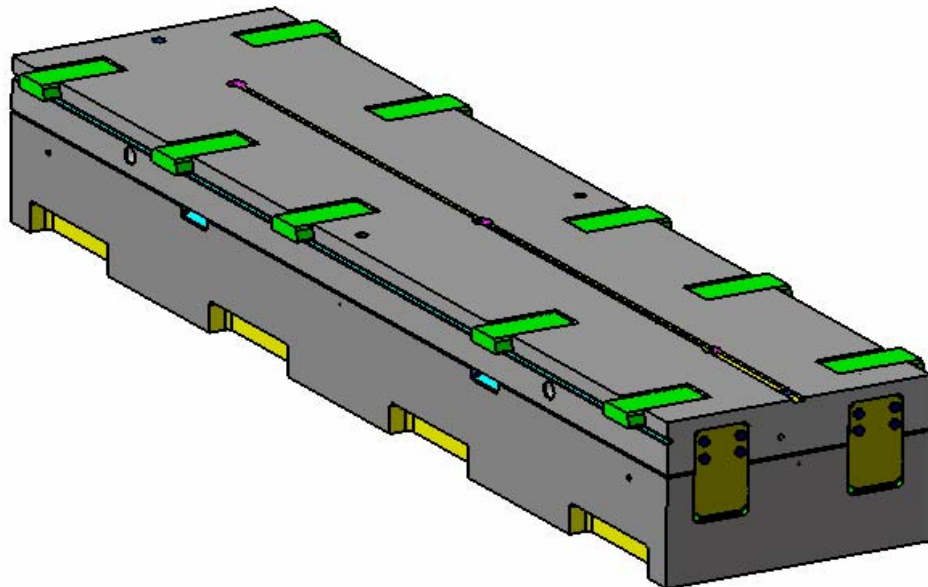
---

### V.1.16.- Seguridad e Higiene

Los operarios deben tomar las precauciones necesarias para evitar cualquier tipo de accidente en el uso o manejo de los materiales, instalaciones o equipos descritos anteriormente.

### V.2.- Representación visual de útiles y piezas

#### A.- Vistas de un útil



---

Figura V.2.1 Útil cerrado



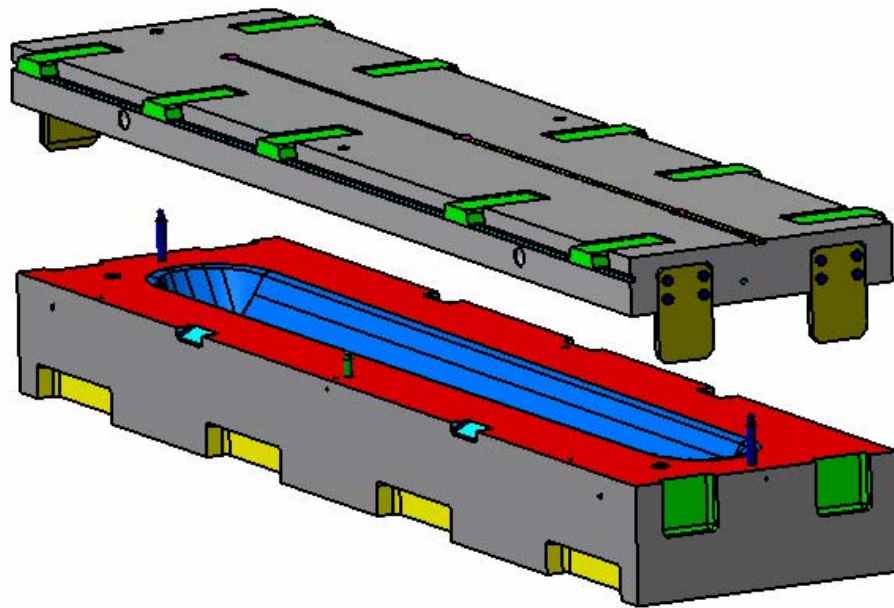


Figura V.2.2 Útil abierto

*B.- Vistas de un Slat*

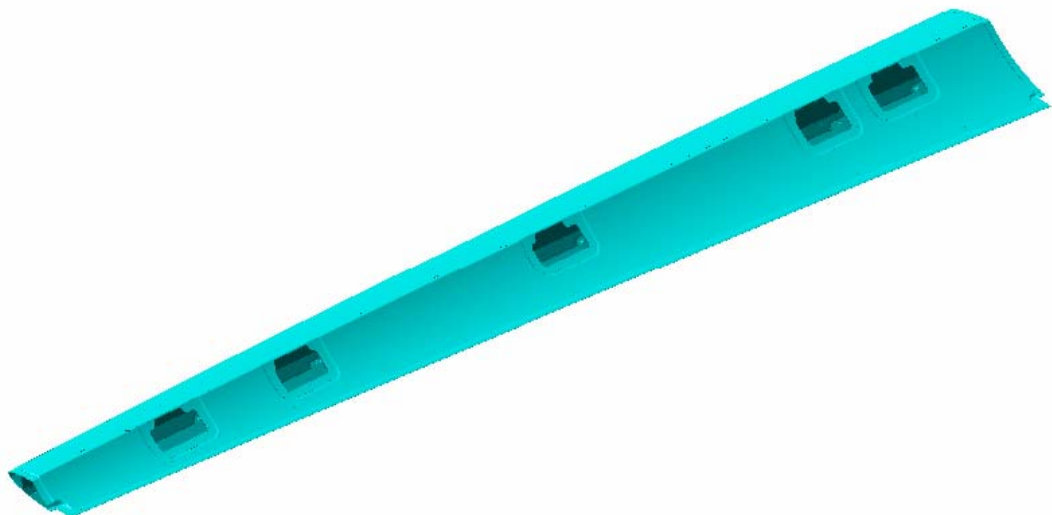


Figura V.2.3 Slat

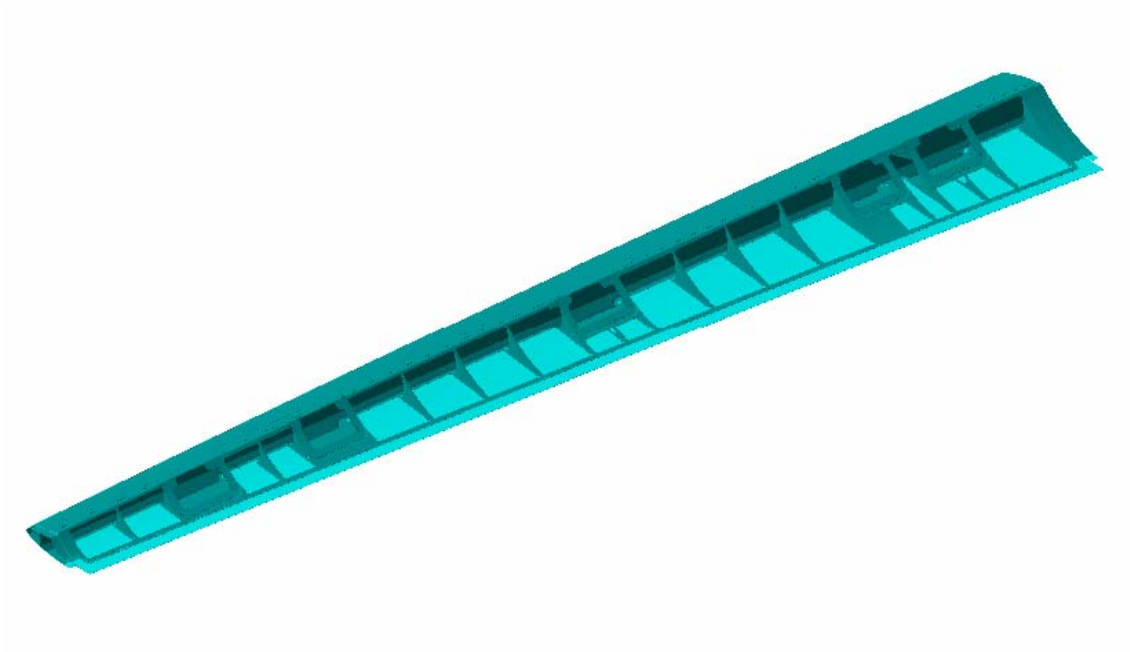


Figura V.2.4 Interior Slat

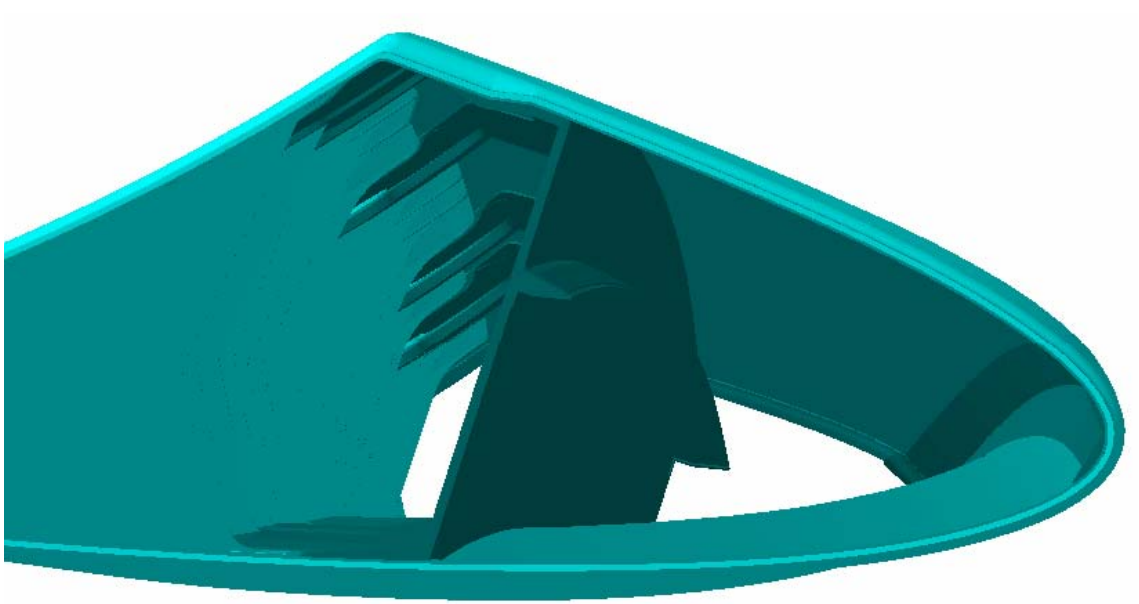


Figura V.2.5 Larguero Slat

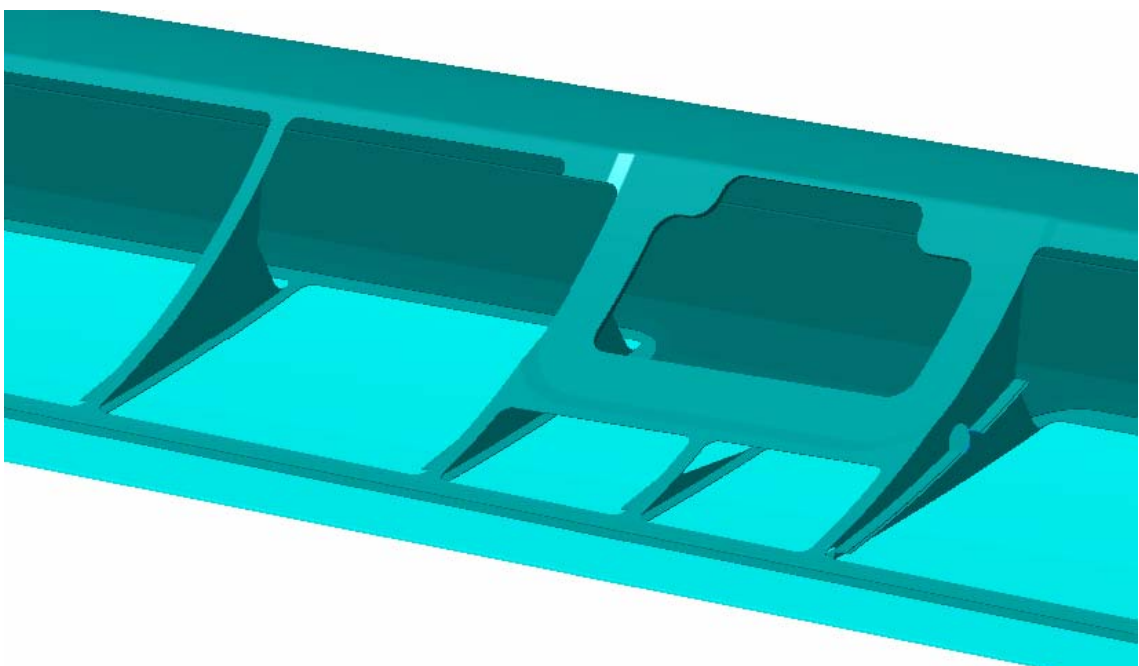


Figura V.2.6 Costillas Slat



INNSE-ACB-LOIHE							P/N: _____		AÑO _____		HOJA _____ DE _____	
TT	FECHA	Nº SERIE	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	TIEMPO EN HORAS	OPERADOR	OBSERVACIONES	GRANICO	CLAVES PARO			
1	/		:	:	:				1 Cambio de útil 2 Ajuste Parámetros (si una zona no llega a temperatura) 3 Falta de material 4 Falta de información 5 Falta de útil 6 Avería: Línea de Gas Útil 7 Avería: Línea de Gas Máquina 8 Avería: Hidráulico 9 Avería: Calentamiento 10 Avería: Control 11 Avería: Corte corriente eléctrica 12 Avería: Fugas 13 Avería: Otros Máquina 14 Avería: Otros Útil 15 Mantenimiento Preventivo 16 Ausencia del operario			
<b>Averías/Paros</b>												
		Código	Inicio paro	Final paro	Tiempo/Inicio/Fin [horas]	Hora Notificación						
TT	FECHA	Nº SERIE	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	TIEMPO EN HORAS	OPERADOR	OBSERVACIONES	GRANICO				
3	/		:	:	:							
<b>Averías/Paros</b>												
		Código	Inicio paro	Final paro	Tiempo/Inicio/Fin [horas]	Hora Notificación						
TT	FECHA	Nº SERIE	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	TIEMPO EN HORAS	OPERADOR	OBSERVACIONES	GRANICO				
4	/		:	:	:							
<b>Averías/Paros</b>												
		Código	Inicio paro	Final paro	Tiempo/Inicio/Fin [horas]	Hora Notificación						

Tabla V.3.2 Hojas de carga intermedias



## V.4.- Diagramas de Pareto en prensas

## PRENSA ACB

	ACB	porc	acum
<b>No se pasa etapa automáticamente</b>	2	22%	22%
<b>Avería hidráulica</b>	1	11%	33%
Avería Control	1	11%	44%
Pieza pegada al útil	1	11%	56%
Tarda en coger temperatura	1	11%	67%
Corte corriente eléctrica	1	11%	78%
Avería Útil	1	11%	89%
Tarda en evacuar gas	1	11%	100%
Falta vacío	0	0%	100%
<b>Avería línea gas máquina</b>	0	0%	100%
Pierde temperatura	0	0%	100%
Falta material	0	0%	100%
Fuga útil	0	0%	100%
Avería línea gas útil	0	0%	100%
Bomba de vacío desconectada (error humano)	0	0%	100%
Avería grúa	0	0%	100%
Tiranta rota	0	0%	100%
Materia prima deformada	0	0%	100%
SUMA:	9		

Tabla V.4.1 Tabla Averías prensa ACB

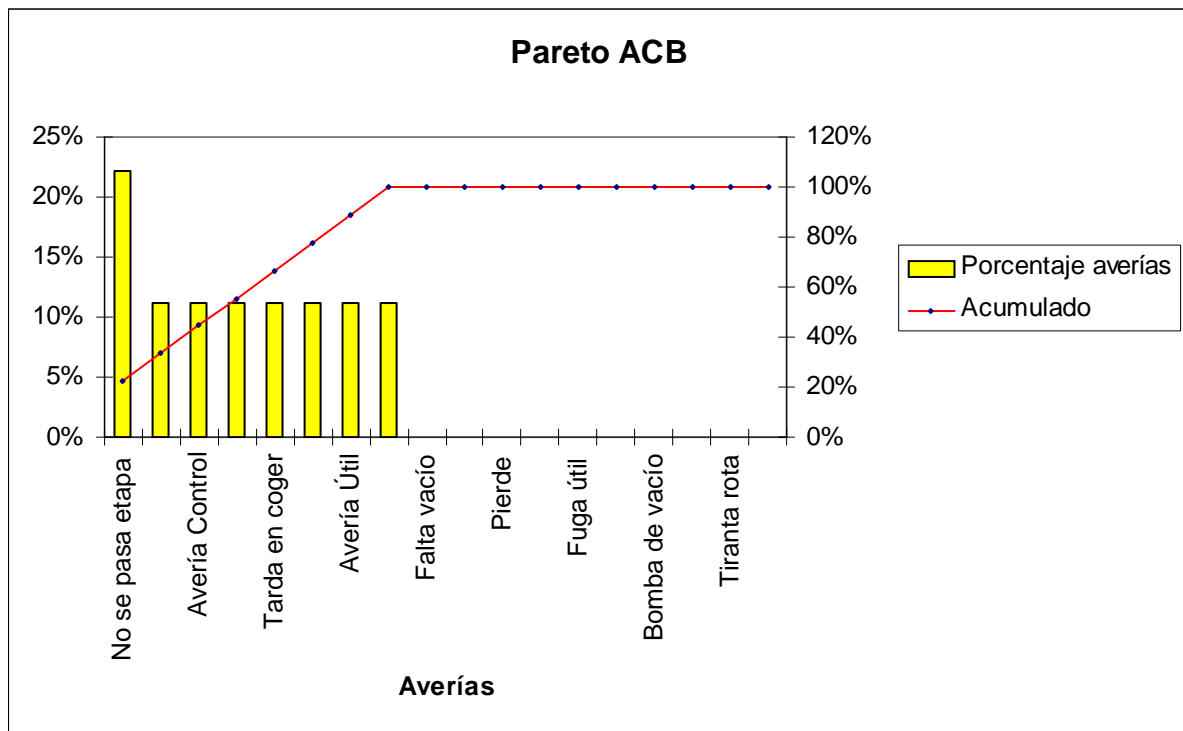


Figura V.4.2 Pareto prensa ACB



## PRENSA LOIRE

	Loire	porc	acum
<b>Avería línea gas máquina</b>	5	19%	19%
<b>Avería hidráulica</b>	4	15%	35%
Pierde temperatura	4	15%	50%
Pieza pegada al útil	3	12%	62%
Avería Control	2	8%	69%
Tarda en coger temperatura	2	8%	77%
Corte corriente eléctrica	2	8%	85%
<b>No se pasa etapa automáticamente</b>	1	4%	88%
Avería línea gas útil	1	4%	92%
Avería Útil	1	4%	96%
Materia prima deformada	1	4%	100%
Falta vacío	0	0%	100%
Falta material	0	0%	100%
Fuga útil	0	0%	100%
Bomba de vacío desconectada (error humano)	0	0%	100%
Avería grúa	0	0%	100%
Tiranta rota	0	0%	100%
Tarda en evacuar gas	0	0%	100%
SUMA:	26	100%	

Tabla V.4.3 Tabla Averías prensa Loire

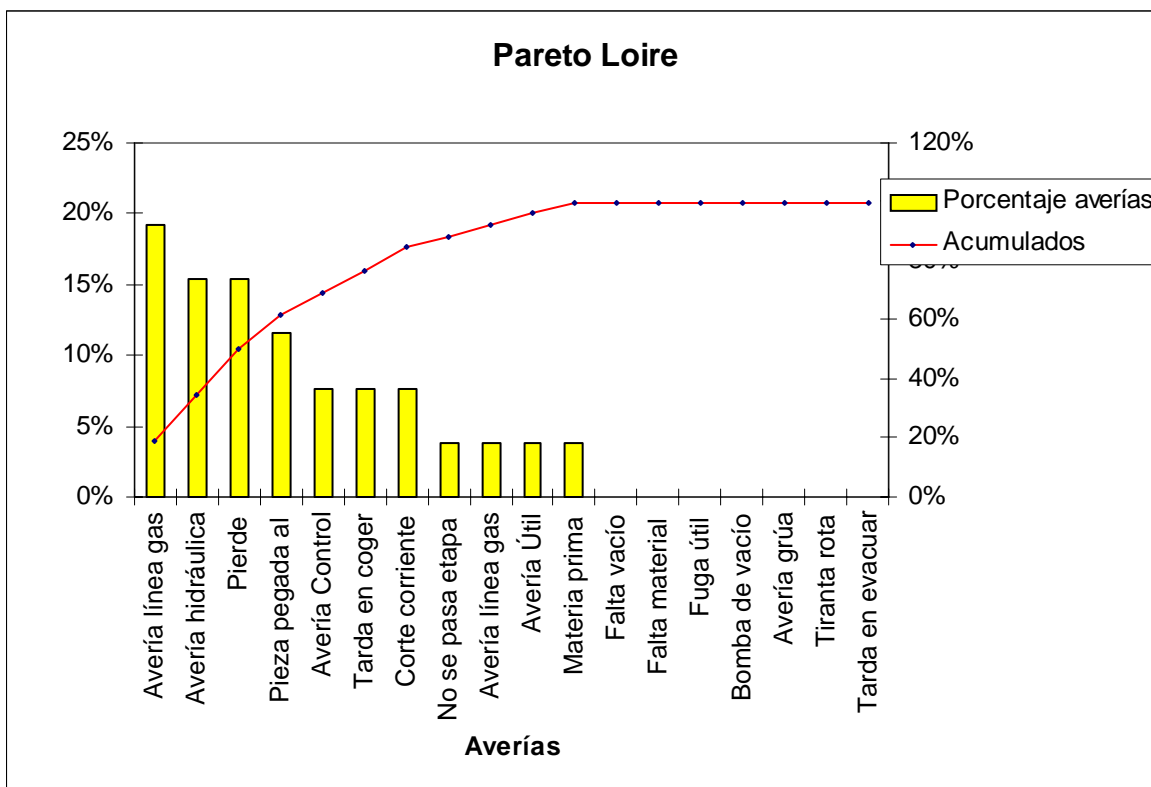


Figura V.4.4 Pareto prensa Loire

## PRENSA INNSE

	Innse	porc	acum
<b>Avería línea gas máquina</b>	5	18%	18%
<b>No se pasa etapa automáticamente</b>	4	14%	32%
<b>Avería hidráulica</b>	3	11%	43%
Falta material	3	11%	54%
Fuga útil	3	11%	64%
Avería Control	2	7%	71%
Tarda en coger temperatura	2	7%	79%
Pieza pegada al útil	1	4%	82%
Corte corriente eléctrica	1	4%	86%
Avería línea gas útil	1	4%	89%
Bomba de vacío desconectada (error humano)	1	4%	93%
Avería grúa	1	4%	96%
Tiranta rota	1	4%	100%
Falta vacío	0	0%	100%
Pierde temperatura	0	0%	100%
Avería Útil	0	0%	100%
Materia prima deformada	0	0%	100%
Tarda en evacuar gas	0	0%	100%
SUMA:	28	100%	

Tabla V.4.5 Tabla Averías prensa INNSE

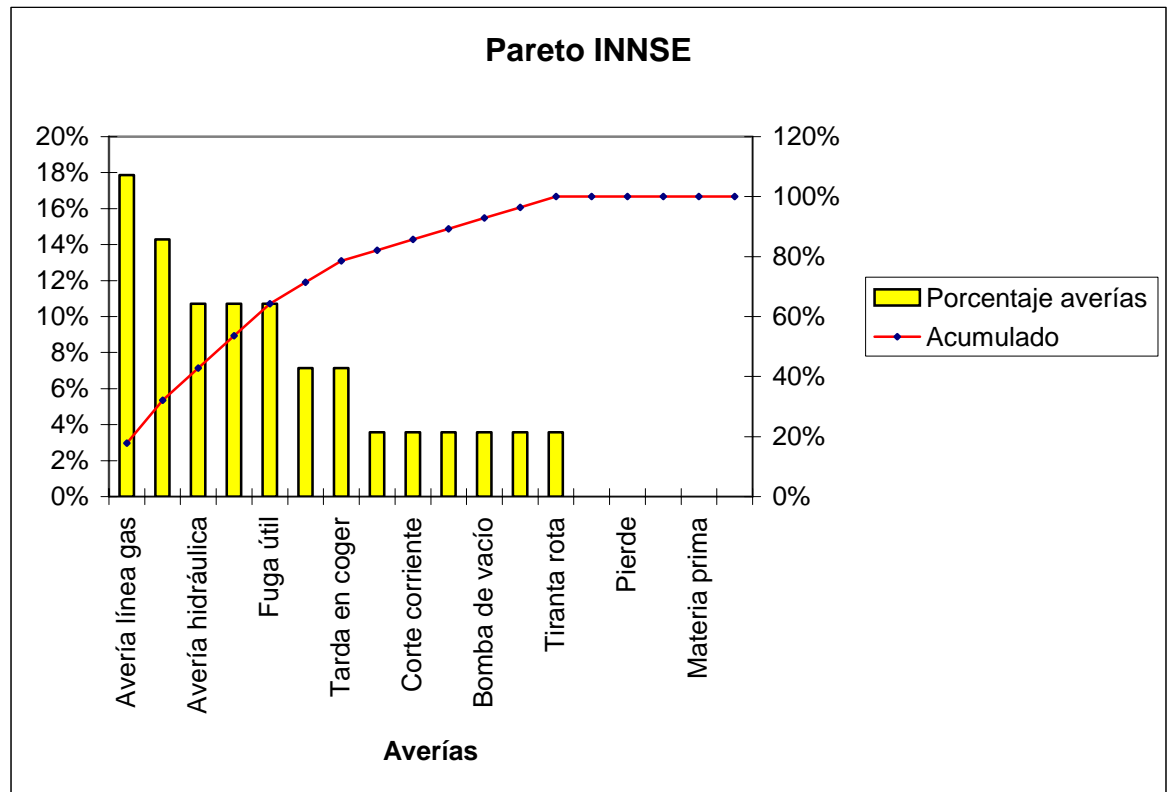


Figura V.4.6 Pareto prensa INNSE

V.5.- Representación gráfica del Software de la prensa ACB

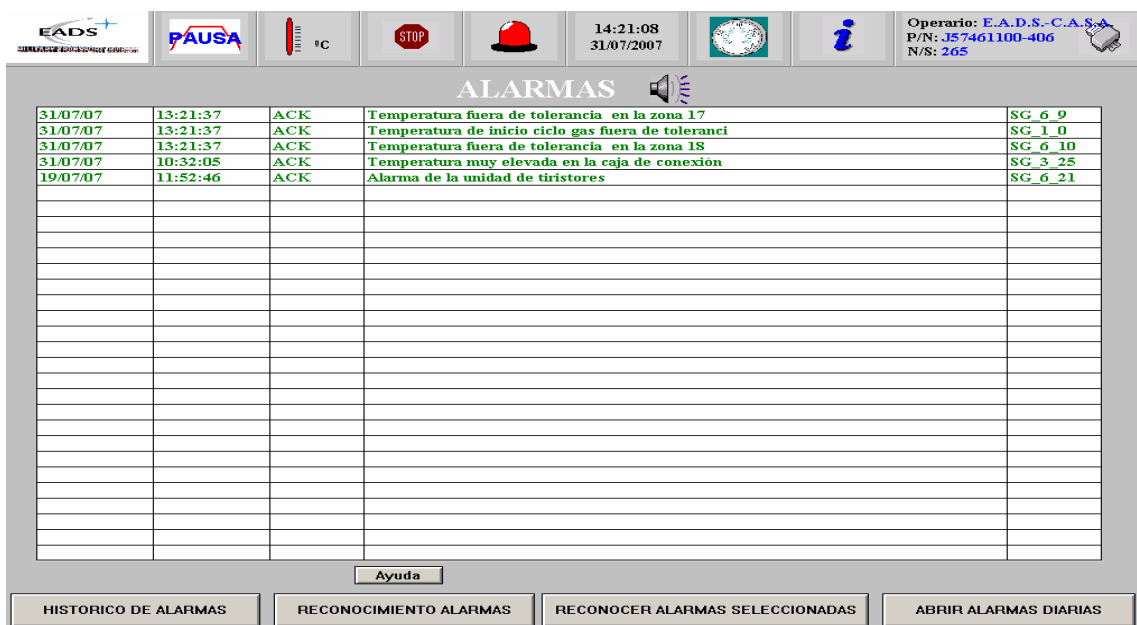


Figura V.5.1 Alarmas

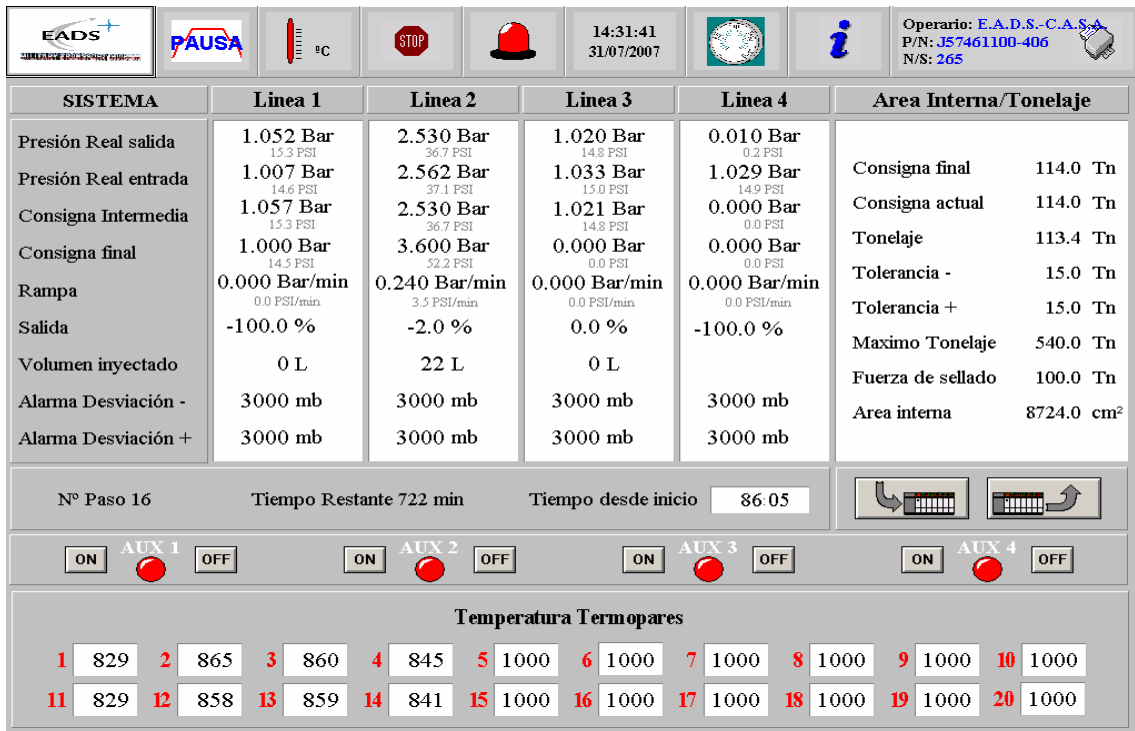


Figura V.5.2 Parámetros líneas gas

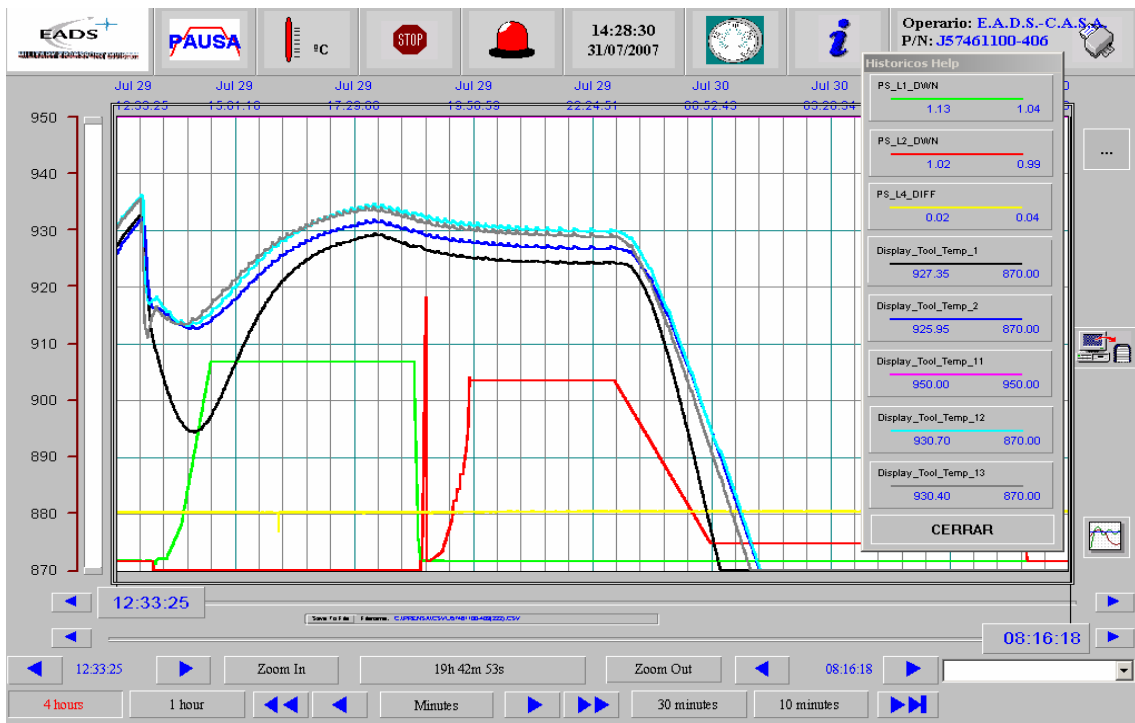


Figura V.5.3 Gráfico P/T

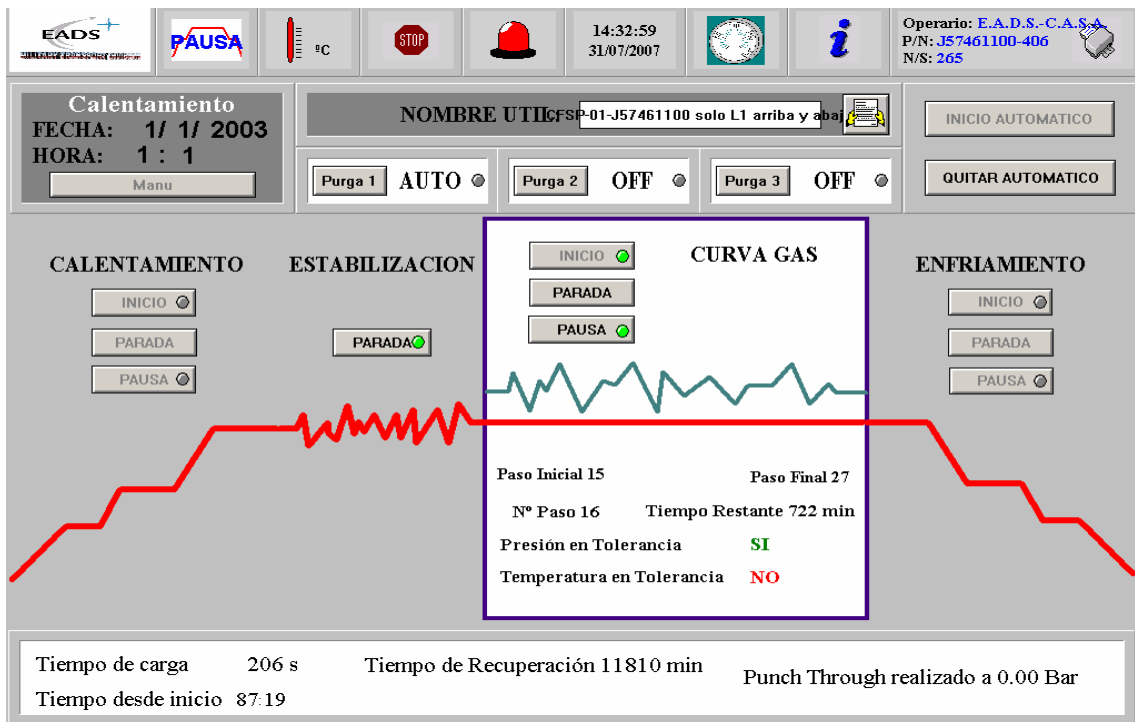


Figura V.5.4 Información general

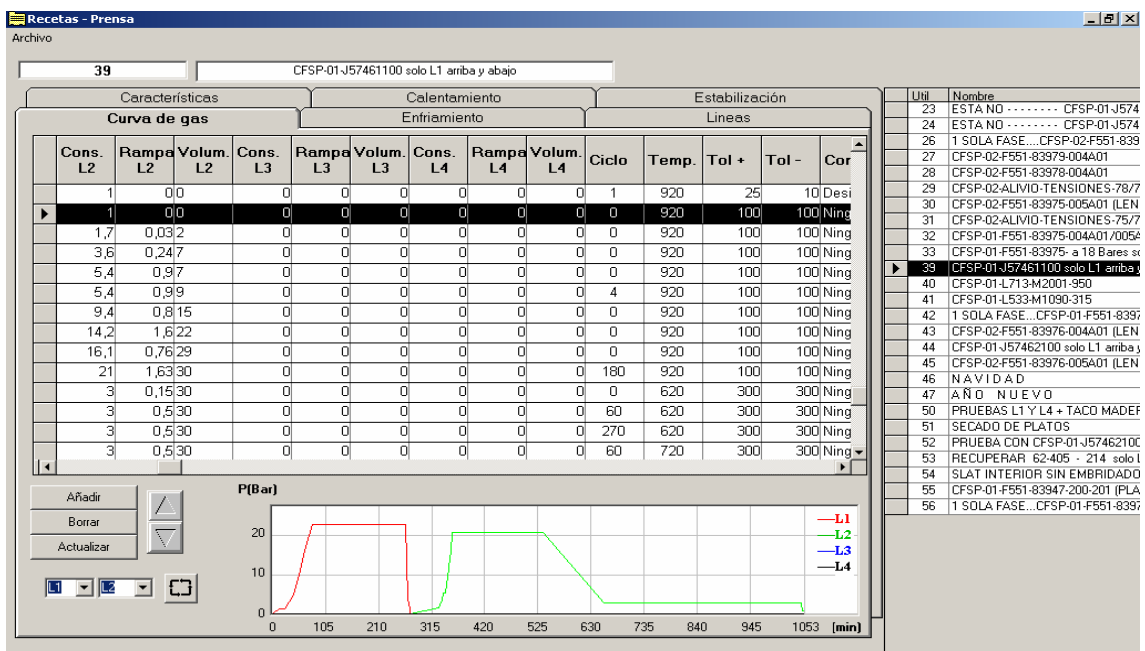


Figura V.5.5 Receta prensa

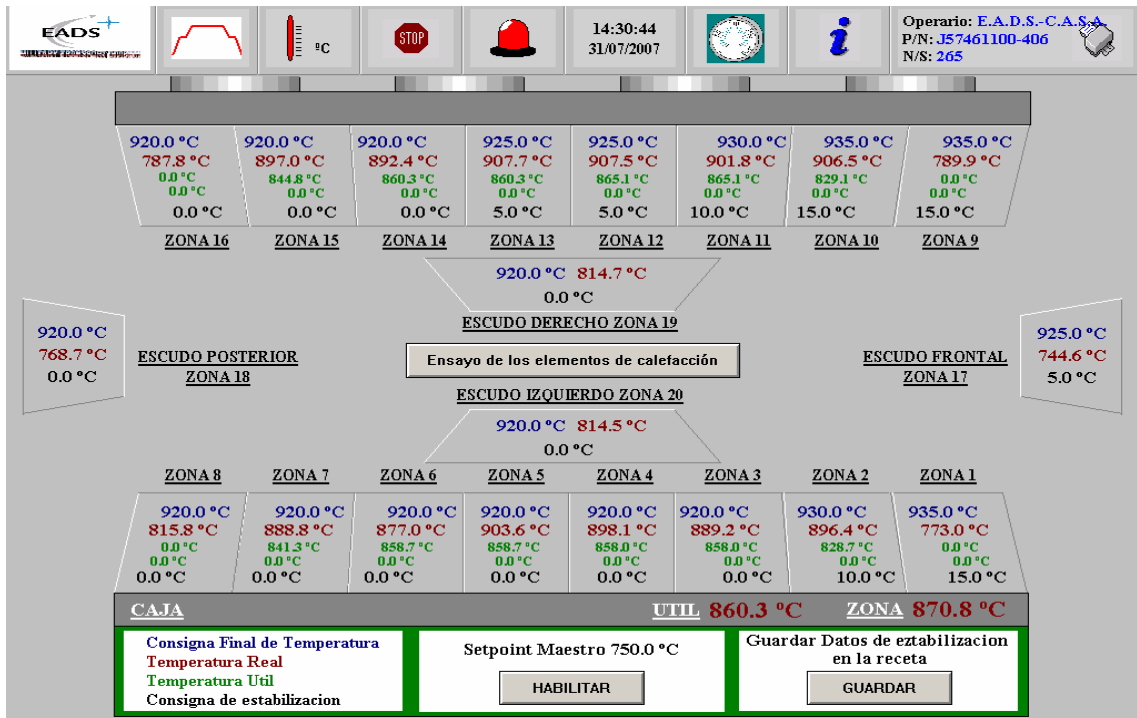


Figura V.5.6 Temperaturas zona termopares

## V.6.- Mantenimiento Preventivo de las máquinas

**A.- CADENA DE BAÑOS DE TITANIO DE CSP: SITUACIÓN DE MEJORAS**

ITEM	PUNTO DE DISCREPANCIA	ACCIÓN DE MEJORA
1	Entrada de aire del exterior para ventilación, Entra mucha arena sobre todo los días de levante.	El conducto de aspiración tiene Prefiltro y filtro. Revisarlos Periódicamente, limpiándolos O cambiándolos
2	El aire no está tratado e influye en la temperatura de Los baños (bajas temperaturas en invierno y altas En verano).	Muy costosa la climatización del Área. Imposible la mejora.
3	Estado general de la nave sucio sobre todo en tapas Y superficies de los baños.	Limpiado. Ver Mantenimiento preventivo a realizar
4	Nave sin cerrar hasta el techo, ocasionalmente entra Alúmina del chorro.	Presupuesto 29.166 euros. Buscar posibilidades de imputación
5	Nave con gotera (está encima del cuadro eléctrico)	Reparar
6	Herrajes de baños corroídos.	Arreglado. Ver Mantenimiento Preventivo
7	Barras de carga con taladros de desagüe, que lo hacen en el puesto de descarga.	Modificar utillaje.
8	Ambiente con fuerte olor a ácido (tubo de aspiración roto).	Informe de seguridad y Salud laboral
9	Las duchas no suelen funcionar, cuando funcionan actúan cuando ya ha salido media barra y con falta de presión, pues su suministro es a través de la depuradora y no del depósito auxiliar.	Reparado. Ver Mantenimiento preventivo a realizar.
10	Suciedad en baños de enjuagues intermedios, en paredes y superficies.	Limpiado. Ver plan de limpieza.
11	Paredes del baño nº2 sucias con verdín.	Limpiado. Ver plan de limpieza.
12	Espuma en baños de enjuague.	Arreglado. Regeneración filtro tampón cada 3 meses
13	Baño de enjuague final con partículas en suspensión y ligera espuma.	Arreglado. Regeneración filtro tampón cada 3 meses
14	Baños de ataque sin control de temperatura, ataque no controlable con cambios de temperatura.	No diseñados con dicho control
15	Se carece de espumadera para recoger contaminación flotante.	Comprar
16	Puertas ocasionalmente abiertas tanto de la nave como las que dan a la calle.	Tomar medidas para que estén cerradas
17	Poca iluminación (sobre todo para turnos de tarde y noche).	Informe Seg. Y Salud laboral
18	Entran y salen personal ajeno al proceso, ignorando si hay chapas procesadas.	Tomar medidas para evitar esta situación
19	Discontinuidad en el suministro de agua desionizada. Se realizan regeneraciones con suma frecuencia.	Se instalan 3 transicubas con 1.000 l de agua "Clase A" conectadas al depósito auxiliar de las duchas para garantizar la disponibilidad de agua durante las regeneraciones del equipo auxiliar.

Tabla V.6.1 Situación de mejoras en Baños



Regeneraciones semanales en Cadena de Baños:

Lunes: Equipo auxiliar; 5 ó 6 horas sin agua clase A (durante este tiempo se dará servicio mediante transicubas.

Martes: Equipo nº1 Intercambio iónico; No hay interrupción de suministro agua clase A.

Miércoles: Equipo auxiliar; 5 ó 6 horas sin agua clase A (durante este tiempo se dará servicio mediante transicubas.

Jueves: Equipo nº1 Intercambio iónico; No hay interrupción de suministro agua clase A.

Viernes: Equipo auxiliar; 5 ó 6 horas sin agua clase A (durante este tiempo se dará servicio mediante transicubas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CADENA DE BAÑOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE TITANIO

Mantenimiento preventivo diario:

- Verificación visual del estado de los “macarrones” de suministro de aire a los pistones de los puestos de carga y descarga, las electroválvulas de suministro de agua a los baños, las electroválvulas de vaciado de emergencia de los baños.
- Verificación visual del estado de los “macarrones” de suministro de aire a los pistones de accionamiento de las compuertas de los baños, los pistones de accionamiento del porta barras del puesto de estiba.
- Verificación visual del estado de los “macarrones” a las válvulas de accionamiento de las compuertas de paso de aire del sistema de

---

aspiración del puente grúa a las electroválvulas del sistema de inyección de aire para borboteo en los baños.

- Sustituir aquellos que presenten fugas o algún tipo de deterioro.
- Verificación del estado de estanqueidad del calderín de almacenamiento de aire comprimido a pie de cadena de baño, verificar la presión a 7 Kg/cm<sup>2</sup> y que no existen fugas.
- Verificar que las válvulas manuales están todas en la posición que les corresponda de acuerdo al manual de funcionamiento de la cadena así como que no tiene fugas.
- Verificar que los puestos de carga están todos bien alineados y en la parte superior del puesto de carga cuando estén en espera de recibir piezas, o en la parte inferior o media cuando estén cargados, nunca deben estar desfasados o en la parte media cuando estén sin barra porta-piezas.
- Verificación de que no existen fugas en válvulas, tuberías, uniones y demás elementos que forman diferentes ramales, tomar medidas correctoras en caso de que existan.
- Verificación de niveles en depósitos y correcto funcionamiento de bombas, presostatos y niveles automáticos.
- Verificación del correcto funcionamiento del sistema de circulación de agua y de las bombas de reenvío y tratamiento de agua.
- Verificación del correcto funcionamiento y de que no existen fugas en los circuitos de la bomba de recirculación del turco, de las 3 bombas de recirculación de las 3 bombas de fluonítrico.
- Verificación del correcto funcionamiento de que no existen fugas en los circuitos de la bomba del sistema de emergencia fosa del cubeto, la bomba de vaciado de los reboses de fosa del cubeto y el sistema de llenado de ácido fluorhídrico y nítrico.
- Verificación del correcto funcionamiento de la bomba de recirculación del lavador de gases

- 
- Verificación del correcto funcionamiento del ventilador, comprobar que hay suficiente aspiración en las ranuras de los baños que tiene capot de aspiración.
  - Verificación de las temperaturas de las estufa y baño de desengrase alcalino y comprobar que se mantiene dentro de los márgenes marcados en el proceso.

Duración: 30 minutos; Calendario: de 7 a 7'30; Sin paro de máquina

Mantenimiento preventivo semanal:

- Arrancar y mantener al menos 15 minutos funcionando el Grupo Electrónico una vez por semana. Reponer el combustible/aceite en caso necesario.

Duración: 55 minutos; Calendario: Sábados; Sin paro de máquina

Mantenimiento preventivo mensual (limpieza de baños de titanio):

- Abrir las tapas de registro en el lavador de gases y extractor, comprobándose el estado.
- Limpieza de las tapas, empleando cualquier tipo de detergente neutro, o muy diluido.
- Limpieza exterior de todas las tuberías de desagüe.
- Limpieza de los fosos y sus canalizaciones con agua a presión.
- Limpieza de las zonas de carga y descarga.
- Limpieza del carenado (policarbonato) del Candovent-Puente grúa y cabina.
- Limpieza de los soportes de carga / Barra Puente-grúa.
- Limpieza de la zona de equipos auxiliares, depósitos y equipos de aspiración.

- 
- Limpieza de las salidas de aire caliente de la estufa (quitar rejilla y limpiar).

Duración: 6 horas; Calendario: Primer Sábado de mes; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo trimestral:

- Engrasar las articulaciones de las compuertas de los baños y las articulaciones de las bielas y cabezas de los pistones de accionamiento.
- Engrasar los puestos de carga y descarga.
- Verificar el filtro de aspiración de la bomba de sobrepresión del sistema de borboteo. Limpiar con aire comprimido y reponer.
- Verificar que la temperatura de soplado de la soplante de borboteo se encuentra por debajo de 70C.
- Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de seguridad de sobrepresión.
- Verificar el correcto tensado de las correas del ventilador de aspiración y engrasar los cojinetes del ventilador. Comprobar que el nivel de vibraciones del ventilador está dentro de los márgenes correctos.

Duración: 5 horas y 30 minutos; Calendario: Semana Santa, Agosto, Octubre, Diciembre; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo semestral:

- Aplicar grasa externamente en cremalleras y piñones. Trampillas correderas.
- Aplicar grasa externamente en ejes y articulaciones.
- Control de desgaste de los calzos cónicos. Basculante.
- Control de frenos del motorreductor. Elevadores.
- Aplicar grasa externamente en corredera carro u ruedas. Elevadores.
- Engrasar rodamientos. Elevadores.

- 
- Control de desgaste del centrador bastidor grande. Elevadores.
  - Inspección funcional y visual del fuelle. Elevadores.
  - Control de desgaste y de tensado de la correa dentada AT10. Elevadores.
  - Aplicar grasa externamente en ejes y articulaciones. Elevadores.
  - Control visual de la construcción soldada y control de las uniones atornilladas de bastidores y fijaciones. Estaciones de carga y espera de bastidores.

Duración: 16 horas; Calendario: Agosto; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo anual:

- Limpiar poleas del ventilador de aspiración de los capot y cambiar por nuevas las correas de transmisión, verificar alineación de la transmisión.
- Cambiar y sustituir por nuevos los “macarrones” deteriorados de suministro de aire comprimido allí donde estén montados
- Reapretar todos los terminales eléctricos del cuadro y las conexiones en los motores de las bombas, ventiladores y demás elementos eléctricos de la cadena. Verificar consumo en motores.
- Sustituir por uno nuevo el filtro de la bomba de presión del sistema de borboteo.
- Limpiar poleas del aerotermo de la estufa de secado y cambiar por nuevas las correas de transmisión, verificar alineación de la transmisión.
- Cambiar los filtros de aspiración del aerómetro de la estufa.
- Limpiar con aire comprimido las baterías de intercambio aceite térmico-aire de calentamiento del aerotermo de la estufa.
- Verificar y asegurar todos los finales de carrera, detectores de proximidad, sondas térmicas, células fotoeléctricas y demás accesorios de posicionamiento que forman parte de la instalación.
- Desmontar y limpiar el lavador de gases.

---

Duración: 72 horas; Calendario: Agosto (según calendario); Con paro de máquina.

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS PRENSAS DE CSP

#### B.- PRENSA DE PLATOS CALIENTES INNSE 1000T

##### Mantenimiento preventivo diario:

- Revisión de posibles fugas de aire en los pistones de la línea neumática, con el equipo en marcha. Línea neumática.
- Anotar temperatura y presión de aceite del grupo hidráulico. Valores aproximados  $P= 200-220 \text{ Kg/cm}^2$ . Lunes  $T= 45-55 \text{ C}$ .
- Verificar ángulo de apertura de la bomba de caudal variable en grupo hidráulico y anotar valor. Grupo hidráulico.
- Preguntar al operador que proceso está realizando y anotarlo. Grupo hidráulico.
- Medición, con el grupo en marcha, de la potencia eléctrica de las resistencias en cada una de las zonas y en su caso, indicar, para planificación de sustitución de resistencias averiadas (rellenar impreso específico).

Duración: 1 hora y 30 min.; Calendario: De 7 a 8'30; Sin paro de máquina.

##### Mantenimiento Preventivo semanal:

- Revisión del nivel de aceite en el depósito del grupo hidráulico, con el equipo en marcha.

Duración: 1 hora y 40 min.; Calendario: Sábados; Sin paro de máquina.

---

Mantenimiento preventivo mensual:

- Revisión de las conducciones (línea neumática), con el equipo en marcha.
- Revisión general de la bomba neumática del grupo hidráulico con el equipo parado. Mirar el nivel de aceite.
- Revisión de salida de aire en los encoders y filtro regulador con el equipo en marcha. (línea neumática).
- Revisión del estado de las sufrideras de los platos, y en su caso desmontaje para mecanizado, teniendo preparada la de repuesto.
- Revisión del estado de los platos.
- Revisión, niveles y prueba de arranque del grupo electrógeno.

Duración: 2 horas y 40 min.; Calendario: Último sábado del mes; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo trimestral:

- Revisión del regulador A1A, en banco de pruebas, con el repuesto preparado, con el equipo parado. (grupo hidráulico)
- Revisión del regulador A1H, en banco de pruebas, con el repuesto preparado, con el equipo parado. (grupo hidráulico)
- Control de la eficiencia de la bomba neumática.
- Control de la funcionalidad de la válvula de max motorizada.

Duración: 3 horas.; Calendario: Semana Santa, Agosto, Octubre, Noviembre; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo semestral:

- Limpieza y revisión del filtro engrasador con equipo en marcha (línea neumática)

- Revisión de la electroválvula A2A, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado (grupo hidráulico)
- Revisión del regulador A3S, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado. Se realizará la revisión del bloque completo.
- Revisión de la electroválvula A1L, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado (grupo hidráulico)
- Revisión del antirretorno HA, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado (grupo hidráulico)
- Revisión de la electroválvula HEV14, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado (grupo hidráulico)
- Revisión del regulador A1Q, en banco de pruebas, con repuesto preparado, con equipo parado (grupo hidráulico)
- Sustitución de filtros.
- Toma de muestra de aceite y control de su contaminación.

Duración: 72 horas.; Calendario: Agosto, Septiembre; Con paro de máquina.

#### Mantenimiento preventivo Anual:

- Sustitución de las tuberías flexibles.
- Sustitución de los condensadores de las bombas.
- Control de la linealidad de los transductores.
- Control de las características físico-químicas del aceite y eventual sustitución.
- Control de la capacidad efectiva de las bombas.

Duración: 96 horas.; Calendario: Agosto; Con paro de máquina.



## C.- PRENSA ACB 1200 TONS

### Mantenimiento preventivo diario:

- Controlar el funcionamiento del manómetro del circuito del agua.
- Controlar el funcionamiento de los caudalímetros de agua.
- Controlar el funcionamiento del distribuidor y de la electroválvula hidráulica.
- Controlar el funcionamiento de la bomba hidroneumática.
- Controlar el funcionamiento de la bomba de vacío.
- Controlar el funcionamiento del distribuidor neumático.
- Inspección del vaso de expansión del refrigerante.
- Verificar el estado de las resistencias de calefacción.

Duración: 1 hora.; Calendario: De 7 a 8; Sin paro de máquina.

### Mantenimiento preventivo semanal:

- Controlar el nivel bajo de glicol: indicador visual y eléctrico en el depósito de agua-glicol.
- Controlar la estanqueidad de los circuitos de aspiración/forzamiento y el filtro de la bomba en el depósito de agua glicol.
- Temperatura del aceite en el depósito de agua-glicol.
- Comprobar que ningún ruido es anormal en las bombas y en el acoplamiento elástico.
- Comprobar que no existe ningún ruido, vibración o recalentamiento anormal en los motores eléctricos.
- Comprobar que no existe ninguna fuga en las tuberías de los circuitos y tubos flexibles.

- Examen visual de los tubos flexibles y de los manguitos Dilatoflex, testigos luminosos, cubrejuntas, bridas, puntos de presión en los cilindros en los circuitos y tubos flexibles.
- Indicador eléctrico de nivel de atascamiento SP2 en el filtro de aceite en el depósito.
- Cambiar el elemento en caso de atascamiento del filtro de aceite en el depósito.
- Comprobar el nivel de atascamiento en el filtro de aceite en el depósito.
- Limpiar el elemento si está atascado en el filtro de aceite en el depósito.
- Cambiar o limpiar el elemento de filtración si está atascado del filtro de aceite en el depósito.
- Controlar el nivel de aceite (Huile GS 32) de la bomba de vacío.
- Comprobar la presión del mando y regulación de aire neumático.
- Comprobar los ceros de las válvulas proporcionales de las válvulas de regulación de argón.

Duración: 1 hora y 30 min.; Calendario: Sábados; Sin paro de máquina.

#### Mantenimiento preventivo mensual:

- Registrar los parámetros para examinar que no hay ninguna discrepancia comparado con las curvas estándar.
- Controlar la limpieza del agua-glicol.
- Controlar el estado y la lubricación de los carriles de guía de la lanzadera.
- Controlar el estado (aislamiento y estructura) de los escudos.

Duración: 3 horas.; Calendario: Último sábado de cada mes; Sin paro de máquina.

---

Mantenimiento preventivo trimestral:

- Controlar la discrepancia a partir de los registros LAG anteriores de los parámetros.
- Detección de fugas en el circuito de gas argón.
- Controlar las fugas en la válvula de regulación (estanqueidad) del circuito de gas argón.
- Controlar la intensidad en cada circuito de calefacción.
- Controlar el termostato de climatización del armario eléctrico.
- Limpiar el ventilador y los filtros, si es necesario, cambiar los filtros de climatización del armario eléctrico.
- Limpiar los filtros en el circuito del agua.
- Controlar el funcionamiento de la válvula de control del circuito de agua en el taller.

Duración: 4 horas y 30 min..; Calendario: Semana Santa, Agosto, Octubre, Diciembre; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo semestral:

- Tomar muestra de aceite para control de calidad de su composición química.
- Limpiar el grupo hidráulico y el piso superior de la máquina.
- Inspección y reapriete de las conexiones eléctricas y del grupo hidráulico.
- Comprobar el captador de temperatura de los respiraderos, y cambiar los elementos de filtración.

Duración: 56 horas.; Calendario: Agosto, Diciembre; Con paro de máquina.

---

Mantenimiento preventivo anual:

- Controlar los limitadores de presión hidráulicos y neumáticos.
- Ajustar los motores.
- Controlar el funcionamiento de los presostatos.
- Reapriete general del armario: Control/mando, eléctrico, hidráulico, neumático.
- Soplar los radiadores, unidades de tiristores del armario: Control/mando, eléctrico, hidráulico, neumático.
- Decalaminado del circuito de enfriamiento.
- Control de los ajustes de la válvula de regulación del gas argón.
- Desmontar manómetros hidráulicos, de aire y de vacío y revisarlos en metrología.
- Examen del estado del árbol en los cilindros hidráulicos.
- Rectitud, rayas, huellas de rozamiento o de sobrecalentamiento de los cilindros hidráulicos.
- Controlar los frotadores y cambiarlos si es necesario en los cilindros hidráulicos.
- Examen y cambio de los elementos defectuosos de la bomba y los componentes hidráulicos (juntas, tubos).

Duración: 72 horas.; Calendario: Agosto (según calendario); Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo bianual:

- Desagüe de la bomba de reducción de la manipulación de la lanzadera.
- Rellenar con aceite de viscosidad 15<sup>o</sup> E50 la manipulación de la lanzadera.

Duración: 78 horas.; Calendario: Agosto (según calendario); Con paro de máquina.

## D.- PRENSA DE PLATOS CALIENTES LOIRE 750T

### Mantenimiento preventivo diario:

- Detección de fugas en el circuito de gas argón.
- Controlar las fugas en la válvula de regulación (estanqueidad) del circuito de gas argón.
- Controlar visualmente el funcionamiento de los caudalímetros de agua.
- Controlar visualmente el funcionamiento del manómetro del circuito del agua.
- Comprobar el nivel de atascamiento en el filtro de aceite en la bomba hidroneumática.
- Medición, con el equipo en marcha, de la potencia eléctrica de las resistencias en cada una de las zonas y en su caso, indicar, para planificación de sustitución de resistencias averiadas (rellenar impreso específico)

Duración: 35 minutos.; Calendario: De 7 a 8'15; Sin paro de máquina.

### Mantenimiento preventivo semanal:

- Controlar el nivel bajo de glicol: indicador visual y eléctrico en el depósito de agua-glicol.
- Comprobar que no existe ninguna fuga en la tubería de los circuitos y tubos flexibles.
- Examen visual de los tubos flexibles y de los manguitos Dilatoflex, testigos luminosos, cubrejuntas, bridas, puntos de presión en los cilindros en los circuitos y tubos flexibles.
- Controlar el nivel de aceite (Huile GS 32) de la bomba de vacío.
- Comprobar los ceros de las válvulas proporcionales (sólo en caso de máquina parada) de las válvulas de regulación de argón.

Duración: 1 hora.; Calendario: Sábados; Sin paro de máquina.

Mantenimiento preventivo mensual:

- Comprobar el estado y la lubricación de los carriles guía de la lanzadera.
- Comprobar el estado (aislamiento y estructura) de las puertas.
- Limpieza o cambio de filtros de los climatizadores de los armarios.

Duración: 1 hora y 25 min.; Calendario: Último sábado de cada mes; Sin paro de máquina.

Mantenimiento preventivo trimestral:

- Conmutar a circuito de refrigeración externo (agua red) desmontando posteriormente los filtros de la línea de torre para su limpieza.
- En caso de observar atascos considerables en los circuitos de la prensa se procederá a su parada y enfriamiento con el fin de recircular los circuitos con ácido.

Duración: 1 hora y 35 min.; Calendario: Semana Santa, Agosto, Octubre, Diciembre; Sin paro de máquina.

Mantenimiento preventivo semestral:

- Cambiar el elemento de filtración. (nota: cambiar el captador de temperatura en el taller). Respiraderos.
- Limpiar la caja de ventilación.
- Controlar la limpieza del agua-glicol.
- Control de calidad (composición química) del agua-glicol.
- Limpiar el elemento en caso de atascamiento de los filtros de aceite en la bomba hidroneumática.

- 
- Apriete: Indicador de nivel, indicador de atascamiento, motor, distribuidores, captador de presión, termostato de las conexiones eléctricas del ensamblaje hidráulico.
  - Indicador eléctrico de nivel de atascamiento SP2 en el filtro de aceite en el depósito.
  - Cambiar el elemento en caso de atascamiento del filtro de aceite en el depósito.
  - Comprobar el nivel de atascamiento en el filtro de aceite en el depósito.
  - Limpiar el elemento si está atascado en el filtro de aceite en el depósito.
  - Cambiar o limpiar el elemento de filtración si está atascado del filtro de aceite en el depósito

Duración: 54 horas; Calendario: Semana Santa, Agosto, Octubre, Diciembre; Sin paro de máquina.

#### Mantenimiento preventivo anual:

- Controlar los limitadores de presión hidráulicos y neumáticos.
- Ajustar los motores.
- Controlar el funcionamiento de los presostatos.
- Reapriete general del armario: Control/mando, eléctrico, hidráulico, neumático.
- Soplar los radiadores, unidades de tiristores del armario: Control/mando, eléctrico, hidráulico, neumático.
- Decalaminado del circuito de enfriamiento.
- Limpieza del condensador de los climatizadores de los armarios.
- Control de los ajustes de la válvula de regulación del gas argón.
- Desmontar manómetros hidráulicos, de aire y de vacío y revisarlos en metrología.
- Rectitud, rayas, huellas de rozamiento o de sobrecalentamiento de los cilindros hidráulicos.

- 
- Controlar los frotadores y cambiarlos si es necesario en los cilindros hidráulicos.
  - Examen y cambio de los elementos defectuosos de la bomba y los componentes hidráulicos (juntas, tubos).

Duración: 72 horas; Calendario: Agosto; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo bianual:

- Vaciado del reductor.
- Llenado con un aceite IV165-VG150 según ISO 3448.

Duración: 73 horas; Calendario: Agosto; Con paro de máquina.

*MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA DE CHORREADO*

E.- CHORRO SECO USF 21/23061- Mecanizado y Chorreado

Mantenimiento preventivo diario:

- Control de seguridad funcional.
- Comprobar si el sistema de transporte de granalla funciona perfectamente.
- Comprobar la marcha suave de todos los motores de accionamiento.
- Comprobar el contenedor colector de polvo de la instalación filtradota, en su caso vaciarlo.
- Revisar el medidor de presión diferencial en la instalación filtradota respecto a una presión diferencial adecuada. Si la diferencia es mayor de 200 limpiar filtros, manómetros y tubos.
- Comprobar los recipientes para depositar las partículas finas en el elevador de candilones y en su caso, vaciarlos.



- 
- Comprobar el filtro de tratamiento de la granalla respecto al desgaste y cuerpos extraños, y, en su caso, limpiarlos.
  - Girar las boquillas 90° en su eje longitudinal y mirar si están deterioradas.
  - Purgar el agua de condensación de los filtros de aire comprimido.
  - Comprobar el ajuste correcto de los reductores de presión.
  - Comprobar el nivel de granalla (si fuera necesario rellenar).
  - Comprobar el desgaste en el interior de la cámara (tornillos, bridas...).
  - Comprobar el guardapolvo de los dos cilindros.
  - Comprobar en el exterior de la máquina por si hay pérdida de granalla.
  - Mirar si hay agua en el calderín de aire comprimido del filtro, purgándolo en su caso, y que la presión está entre 5 y 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

Duración: 1 hora y 15 min.; Calendario: De 7 a 8'15; Sin paro de máquina.

#### Mantenimiento preventivo semanal:

- Todas las comprobaciones a realizar diariamente.
- Comprobar la estanqueidad de las puertas abatibles y transitables.
- Comprobar la estanqueidad de la junta de oscilaciones.
- Control del desgaste interior de la cabina de chorreado, el revestimiento de la goma dentro de la cabina y de la protección anti-desgaste delante de las ventanillas.
- Comprobar si el empalme de los tubos están desgastados.
- Inspeccionar todos los filtros de aire comprimido.
- Control funcional de las válvulas reguladoras de presión proporcionales (presión de chorreado en chorreado automático/chorreado por presión)
- Control funcional de los reguladores de presión (puesto de chorreado manual, presión de soplado).
- Control funcional de los reguladores de presión: transportador rascador, instalación filtradora.

- 
- Comprobación de las boquillas de chorreado y de aire, así como de los cabezales de chorreado.
  - Comprobar si hay desgaste o estanqueidad visible o palpable en mangueras de aire y granalla.
  - Control de la red de aire comprimido: comprobar todas las conducciones de aire comprimido respecto a su estanqueidad (mangueras, tuberías, racores, accesorios).
  - Comprobar si el dispositivo de soplado funciona correctamente.
  - Comprobar el funcionamiento de las oscilaciones de las boquillas.
  - Comprobar la firme fijación de las boquillas y de las boquillas en las oscilaciones verticales.
  - Control funcional del accionamiento de la instalación de transporte aéreo o del dispositivo automático de desplazamiento.
  - Control del desgaste de los bastidores de transporte (alojamiento de la pieza, elementos de fijación, etc.).
  - Control funcional del accionamiento de las puertas abatibles o del mecanismo automático de cierre/apertura.
  - Control funcional del dispositivo de apriete de la puerta abatible, o del cilindro neumático.
  - Revisar las uniones atornilladas, especialmente si están bien sujetas a las partes móviles.
  - Comprobar estanqueidad de las conexiones de aire comprimido.
  - Control del desgaste y estanqueidad de los cartuchos filtrantes de la instalación filtradota.
  - Control funcional del dispositivo de limpieza del filtro (válvula magnética y de membrana).
  - Comprobación de la tensión de la cinta del elevador de candilones.
  - Control funcional de los componentes neumáticos.
  - Control funcional de todos los dispositivos protectores instalados.
  - Control de los dispositivos eléctricos instalados respecto a la conexión correcta de conectadotes, roturas de cable...

- 
- Comprobar visualmente si funcionan correctamente y están bien sujetos los interruptores finales (puertas...).
  - Control del desgaste de ventanas protectoras y ventanillas.
  - Comprobar la correcta fijación, marcha suave y sobrecalentamiento en los cojinetes y sus accionamientos.
  - Control funcional de las sondas de nivel de relleno en el silo.
  - Comprobar las ruedas dentadas/correas dentadas respecto a la abrasión y resbalamiento.
  - Verificar el nivel de aceite reductor del filtro.

Duración: 4 horas y 20 min.; Calendario: Sábados; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo mensual:

- Comprobar si los rastrillos rascadores están gastados.
- Comprobar si el reductor de presión de los rascadores está correctamente ajustado.
- Control del desgaste y estanqueidad de los cartuchos filtrantes de la instalación.
- Control funcional del dispositivo de limpieza del filtro (válvula magnética, válvula de membrana).
- Comprobar la tensión de la cinta de elevador de candilones.
- Control funcional de los elementos neumáticos y de los dispositivos protectores.
- Control del correcto estado de los dispositivos eléctricos, cables, etc.
- Comprobar visualmente si los interruptores finales de puertas funcionan correctamente y están bien sujetos.
- Control del desgaste de ventanas protectoras.
- Comprobar todos los cojinetes y accionamientos en cuanto a su correcta fijación, marcha suave y sobrecalentamiento.
- Control funcional de las sondas de nivel en el silo.

- Comprobar las ruedas dentadas/correas dentadas respecto a abrasión y resbalamiento.

Duración: 9 horas.; Calendario: Último sábado de cada mes; Con paro de máquina.

Mantenimiento preventivo anual:

- Reapriete del cuadro eléctrico.
- Limpieza del separador magnético y tolva.
- Limpieza general.
- Limpieza de filtros.

Duración: 15 horas.; Calendario: Agosto (según calendario); Con paro de máquina.

V.7.- Diseño de hojas de Instrucciones de Verificación

<b>INSTRUCCIÓN DE VERIFICACIÓN VERIFICATION</b>		<b>FLECHA</b>	
<i>INSTRUCTION</i>		P/N:	
N/S: -		P <sub>34</sub> 4 <sub>0</sub>	

**3. BUHUE SALIDA 1 / HARKING EDGE**  
GAP - Nominal 4 ± 0.8

GAP 3.5 min.

GAP - Nominal 4 ± 0.8

GAP 4 mm. Detalle 1

PLACAS 10 Y 11

1 <sup>a</sup> Comprobación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Nº operario	Nº Pieza	Carga de la pieza		Descarga de la pieza	
		Hora	Fecha	Hora	Fecha
1º Enderizado					
2º Enderizado					
3º Enderizado					
4º Enderizado					
5º Enderizado					

Si está dentro de los márgenes de tolerancia, marcar la casilla:

Observaciones / Remarks

Figura V.7.1 Instrucción de Verificación Enderizado Slat


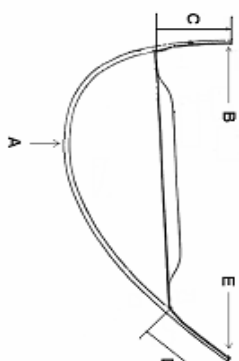
<b>INSTRUCCION DE VERIFICACION VERIFICATION</b>		<b>INSTRUCCION</b>		<b>FLECHA</b>																																											
				P/N: _____ de _____																																											
				N/S: - _____																																											
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>B/A</b> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Gap- nominal <math>4 \pm 1</math></p> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50px;">VALOR</td> <td style="width: 50px;">Fecha</td> </tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin-left: 20px;"></div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Si está dentro de los márgenes de tolerancia, marcar la casilla:</p>						VALOR	Fecha																																								
VALOR	Fecha																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Carga de la pieza</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Descarga de la pieza</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Nº Operario</td> <td style="text-align: center;">Nº pieza</td> <td style="text-align: center;">Hora</td> <td style="text-align: center;">Fecha</td> <td style="text-align: center;">Hora</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1º Enderizado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2º Enderizado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3º Enderizado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4º Enderizado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5º Enderizado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								Carga de la pieza		Descarga de la pieza			Nº Operario	Nº pieza	Hora	Fecha	Hora	1º Enderizado						2º Enderizado						3º Enderizado						4º Enderizado						5º Enderizado					
		Carga de la pieza		Descarga de la pieza																																											
	Nº Operario	Nº pieza	Hora	Fecha	Hora																																										
1º Enderizado																																															
2º Enderizado																																															
3º Enderizado																																															
4º Enderizado																																															
5º Enderizado																																															
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>																																															
Observaciones / Remarks																																															

Figura V.7.2. Instrucción de Verificación Enderizado B/A

## V.8.- Contenido de los paneles de información:

## V.8.1.- Calidad: Indicadores de Calidad

**SUPERPLÁSTICO**

ÍNDICE DE NO-CALIDAD (Nº Defectos/ nº Elemento)

SEGUIMIENTO D-Noses

RECLAMACIONES DE CLIENTES (% ID's/ Elementos)

INUTILIDADES

INUTILIDADES Detalle (Top tem ó Totales)

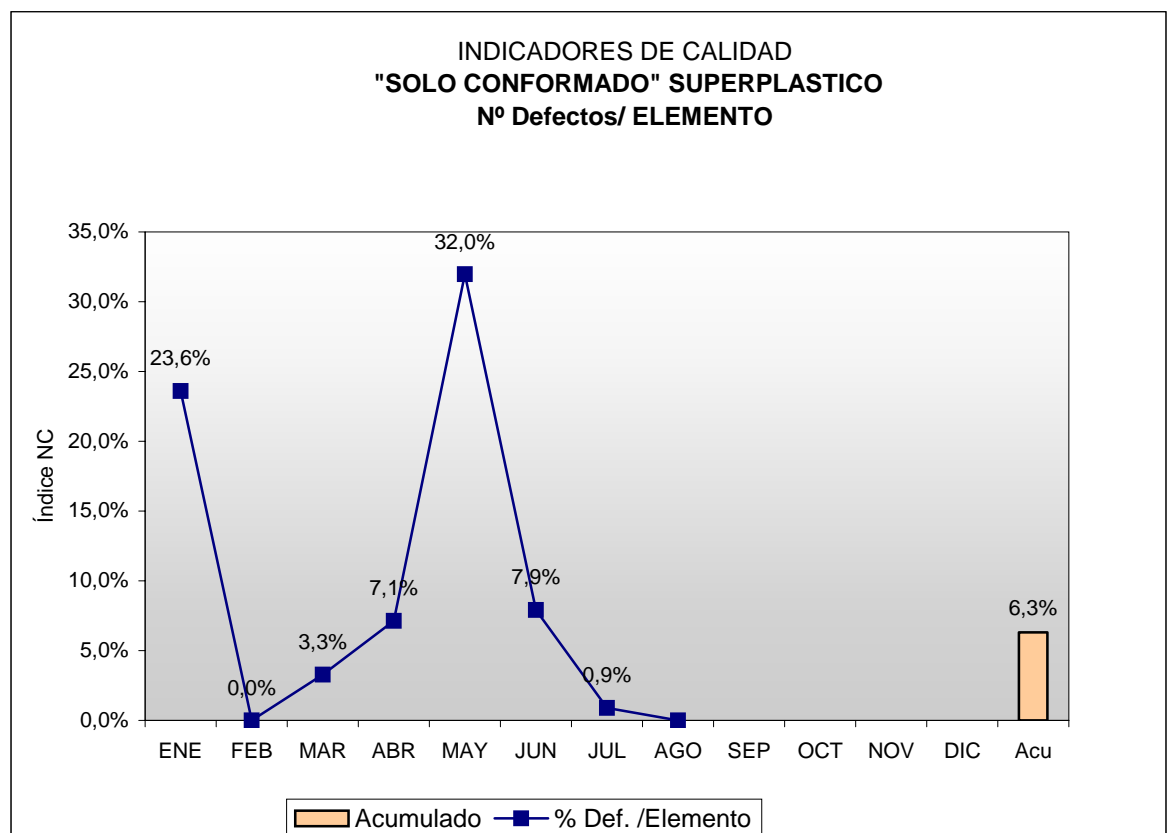


Figura V.8.1.1 Índice de No Conformidad/Mes (%Defectos/Elemento)

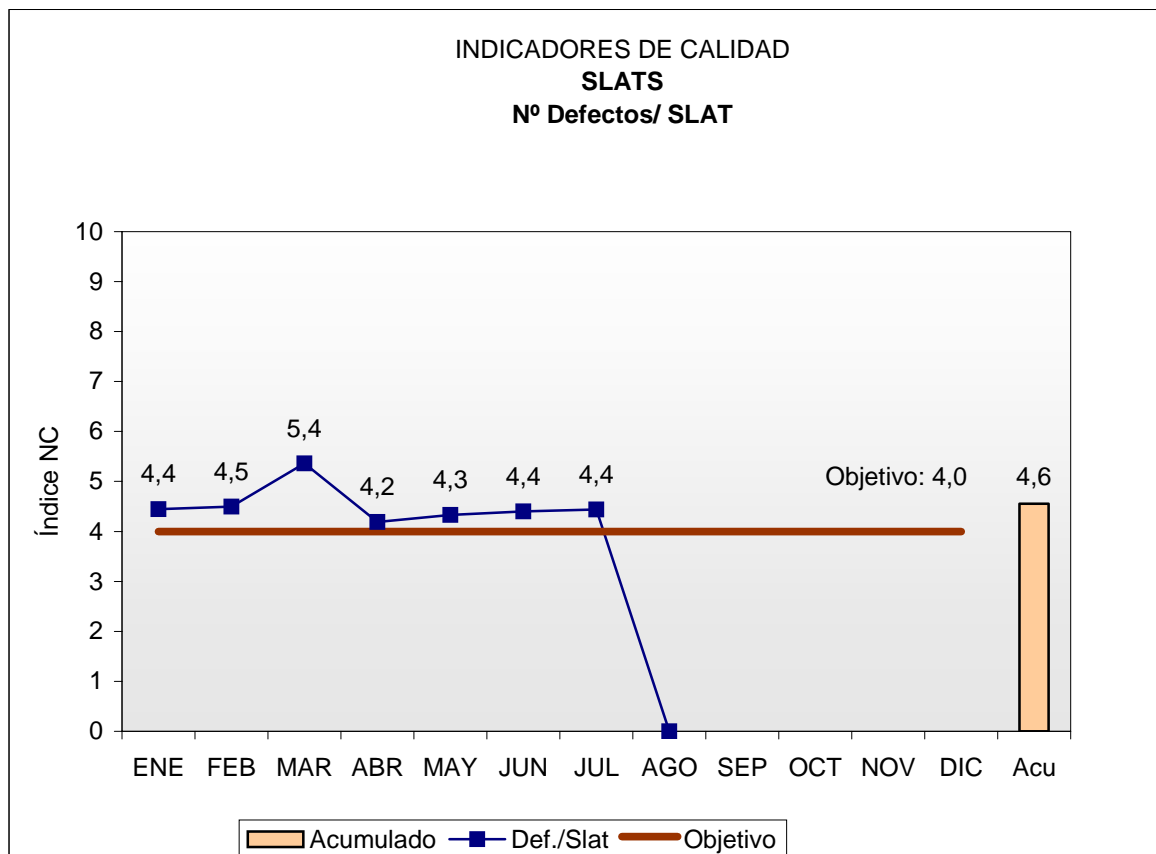


Figura V.8.1.2 Nº Defectos/Slat



CF PROGRAMA	ELEMENTO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Totales
803 : A-310-ESTABILIZADOR-PL	CAZOLETA	Nº Elementos	0	0	0	0	0	0	117	0	0				117
		Nº HNC	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
		Nº Defectos	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
F67	Puerta (Slas EF-2000)	Inutilidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
		Nº Elementos	18	0	0	0	0	0	4	0	0				22
		Nº HNC	2	0	0	0	0	0	0	0	0				2
F68 : Slas EF-2000	IMBD SLAT SPF	Nº Defectos	26	0	0	0	0	0	0	0	0				26
		Inutilidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
		Nº Elementos	7	1	15	12	9	2	8	0	0				54
	OUTBDO SLAT SPF	Nº HNC	26	5	73	51	47	12	37	0					251
		Nº Defectos	32	5	85	53	51	13	40	0					279
		Inutilidades	1	0	0	4	0	0	0	0	0				5
L20 : A330(340) SPF EDGES ANG	EDGE ANGLE	Nº Elementos	11	5	7	9	12	8	8	0					60
		Nº HNC	36	19	29	29	34	26	28	0					200
		Nº Defectos	48	22	33	35	40	31	31	0					240
		Inutilidades	0	0	0	2	0	0	1	0					3
		Elementos	72	48	96	97	86	86	95	0					580
		Nº HNC	8	0	7	14	39	25	4	0					97
N03 : A-380		Nº Defectos	8	0	7	14	39	25	4	0					97
		Inutilidades	0	0	0	1	14	14	0	0					29
		Elementos	16	0	0	8	0	44	6	0					74
		Nº HNC	2	0	0	0	0	0	0	0					2
		Nº Defectos	4	0	0	0	0	0	0	0					4
		Inutilidades	2	0	0	0	0	0	0	0					2
T20 : CST EC145 Y EC135		Elementos	55	120	118	91	36	65	342	0					827
		Nº HNC	0	1	0	0	0	0	0	0	0				1
		Nº Defectos	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
		Inutilidades	0	0	0	0	0	0	0	0					0

CALCULO : Están contabilizadas las HNC tipo "NIC" creadas sobre ordenes cerradas, mes Informe.

Tabla V.8.1.3 Contabilización de defectos/Elemento

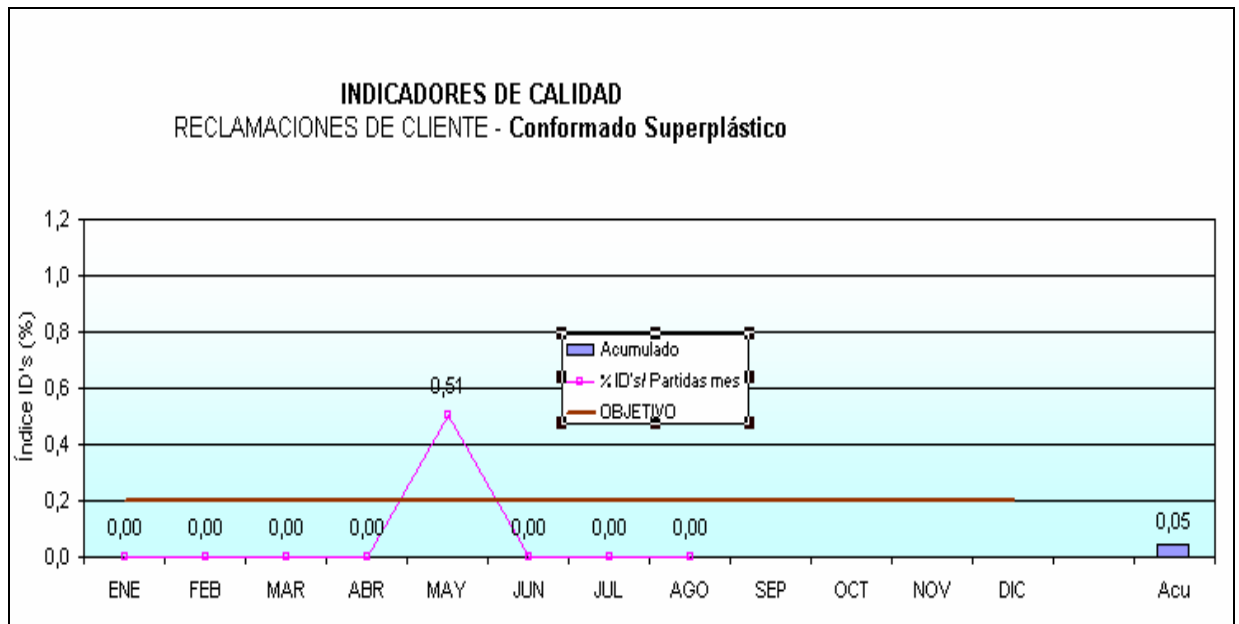


Figura V.8.1.4 Reclamaciones del cliente

Cliente	CF PROGRAMA	FECHA												Acumulado	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
MTA Tablada	F6 SLATS EF-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MTA Tablada</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Mac Puarsa	L0 A330/A340 ESTABILIZADOR HORIZONT.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Mac Puarsa</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
EADS Deutschland GmbH	L2 A330/A340 SPF EDGES ANGLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>EADS Deutschland GmbH</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Airbus Pto. Real	N0 A-380 BELLY FAIRING	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Airbus Pto. Real</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Eurocopter GmbH	T2 CST EC145 Y EC135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Eurocopter GmbH</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>ID's Recibidos mes</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>NO Imputables(*)</b>	<b>Total descontar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>ID's Reales</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	<b>ELEMENTOS MES</b>	<b>231</b>	<b>222</b>	<b>301</b>	<b>273</b>	<b>198</b>	<b>364</b>	<b>537</b>	<b>7</b>						<b>2133</b>

Índice ID.: (Nº de ID' recibidos mes/ Elementos fabricados mes informe) x 100

Tabla V.8.1.5 Informes de Discrepancia

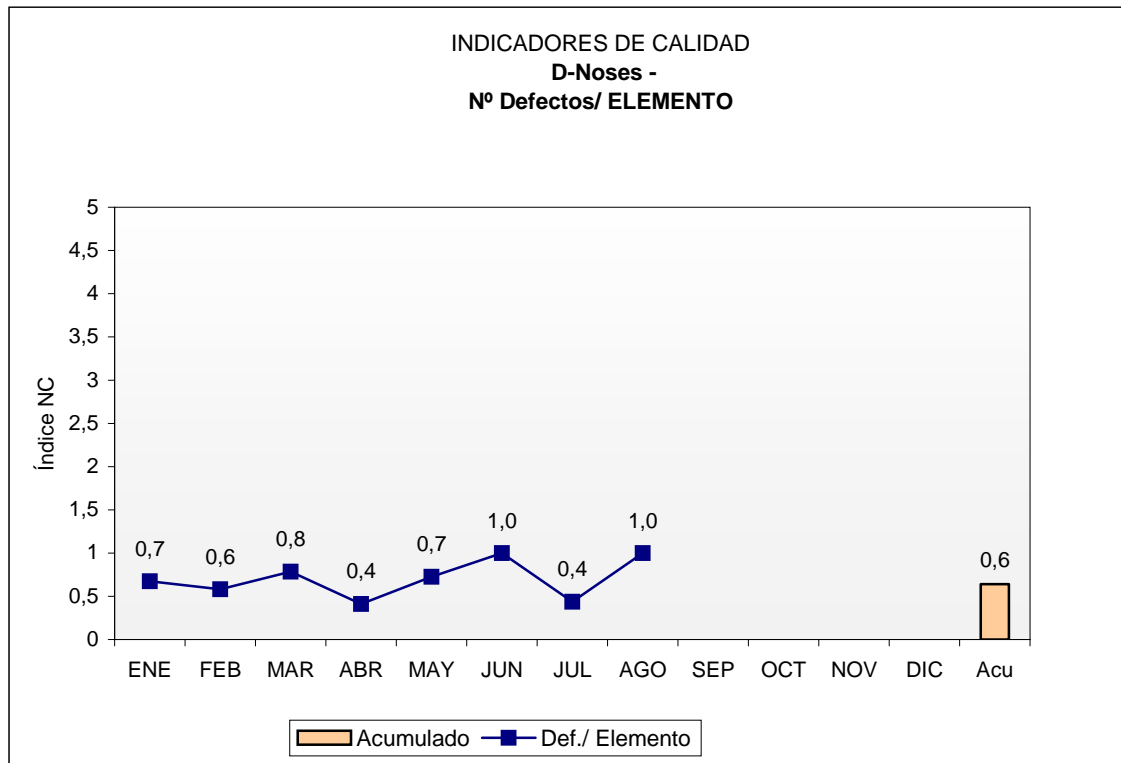


Figura V.8.1.6 Nº Defectos B/A

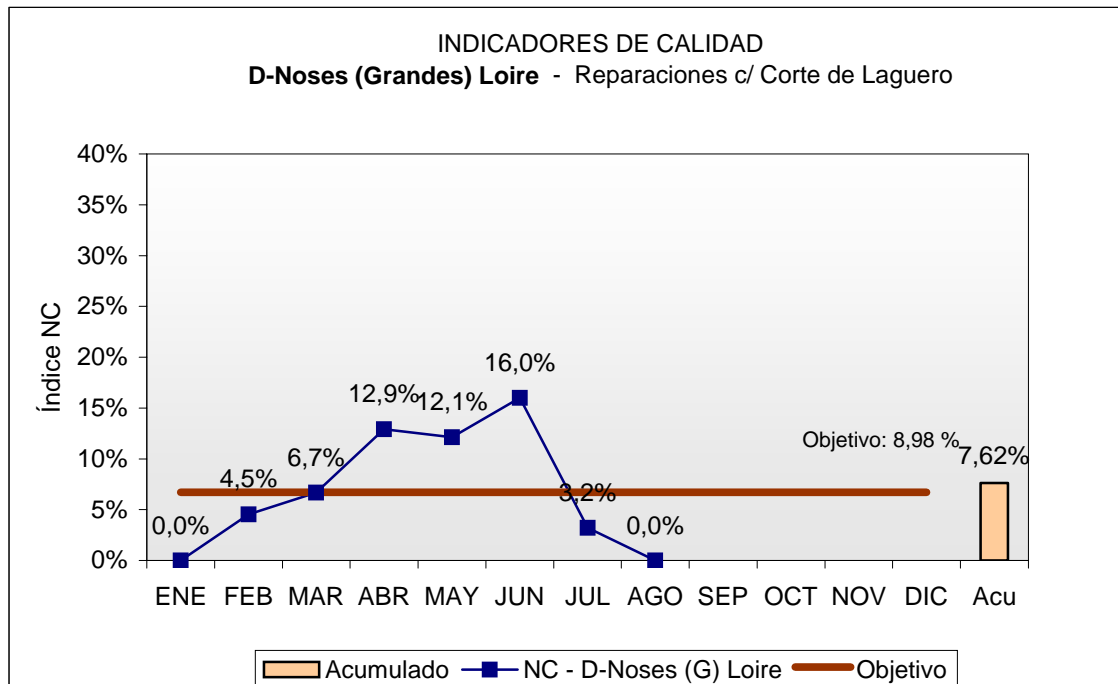


Figura V.8.1.7 Índice No Conformidad B/A Grandes

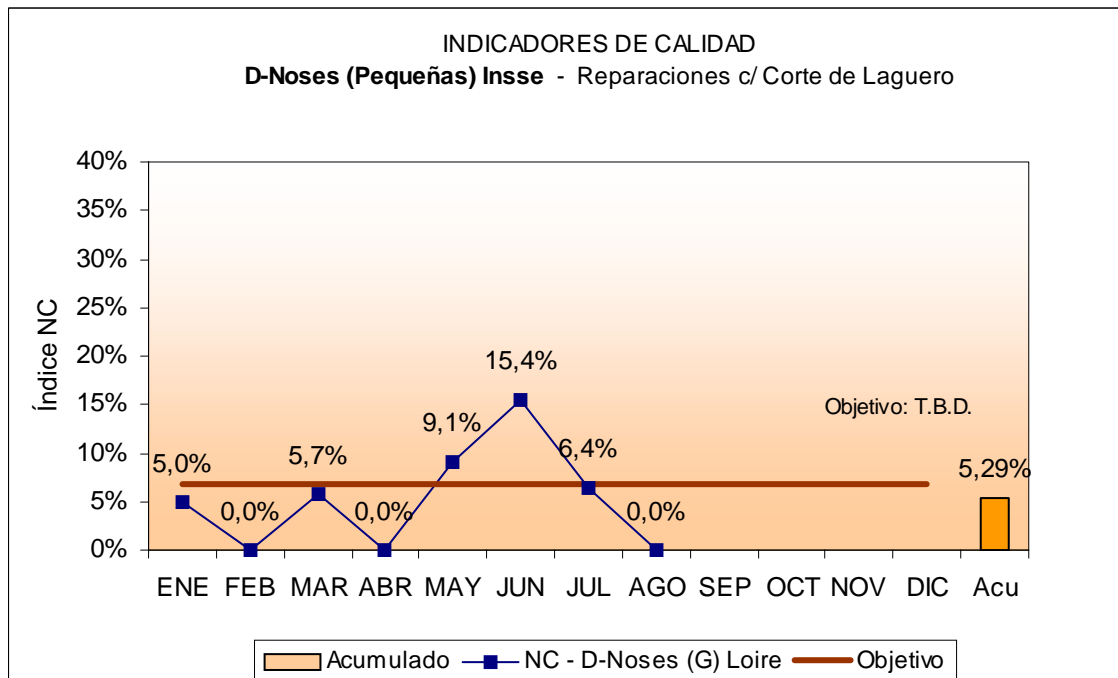


Figura V.8.1.8 Índices No Conformidad B/A pequeños

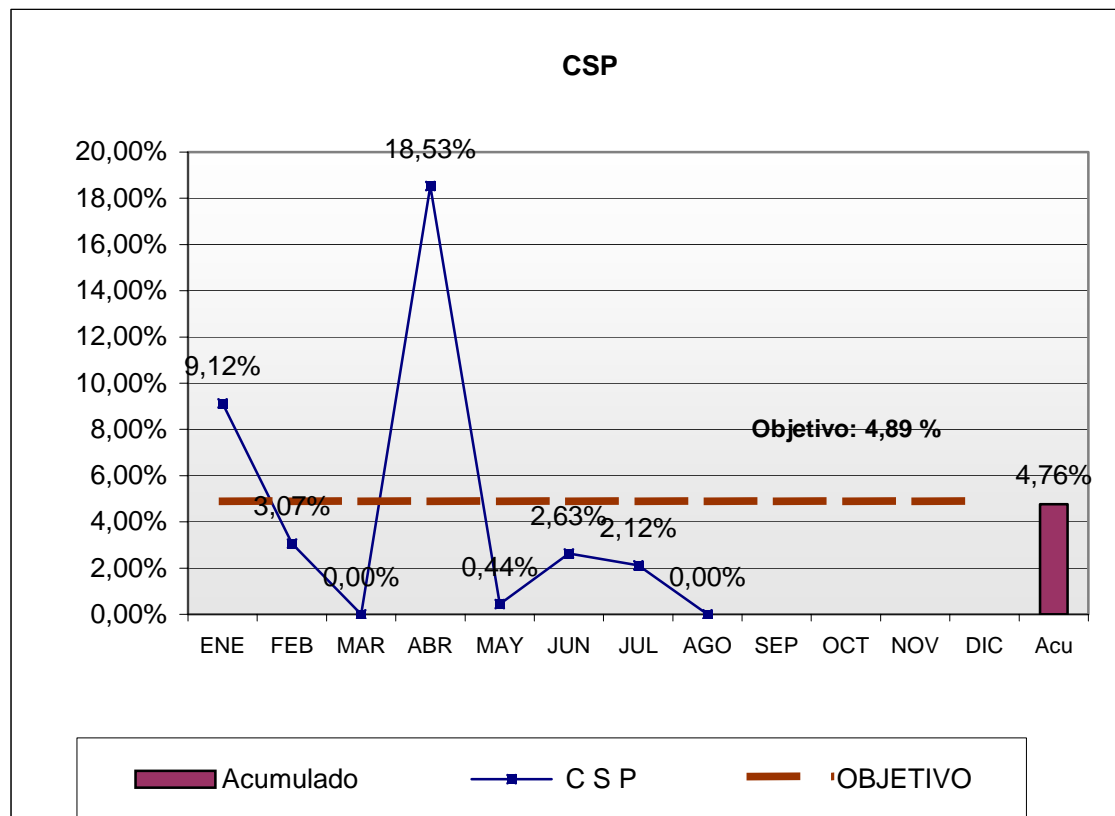


Figura V.8.1.9 Índice de Inutilidades

V.8.2.- Lean Manufacturing: Gráficas del OEE

A.- OEE

A.I PRENSA INNSE

	ENE CONF	ENE ANG	FEB CONF	FEB SOLD	MAR CONF	MAR SOLD	JUN CONF	JUN SOLD
OEE	89%	93%	60%	95%	53%	103%	61%	94%
Rendimiento	144%	145%	96%	188%	92%	119%	180%	120%
Disponibilidad	62%	64%	62%	51%	63%	87%	34%	78%
Calidad	100%	100%	100%	100%	91%	99%	100%	100%

Tabla V.8.2.1 Parámetros Prensa INNSE

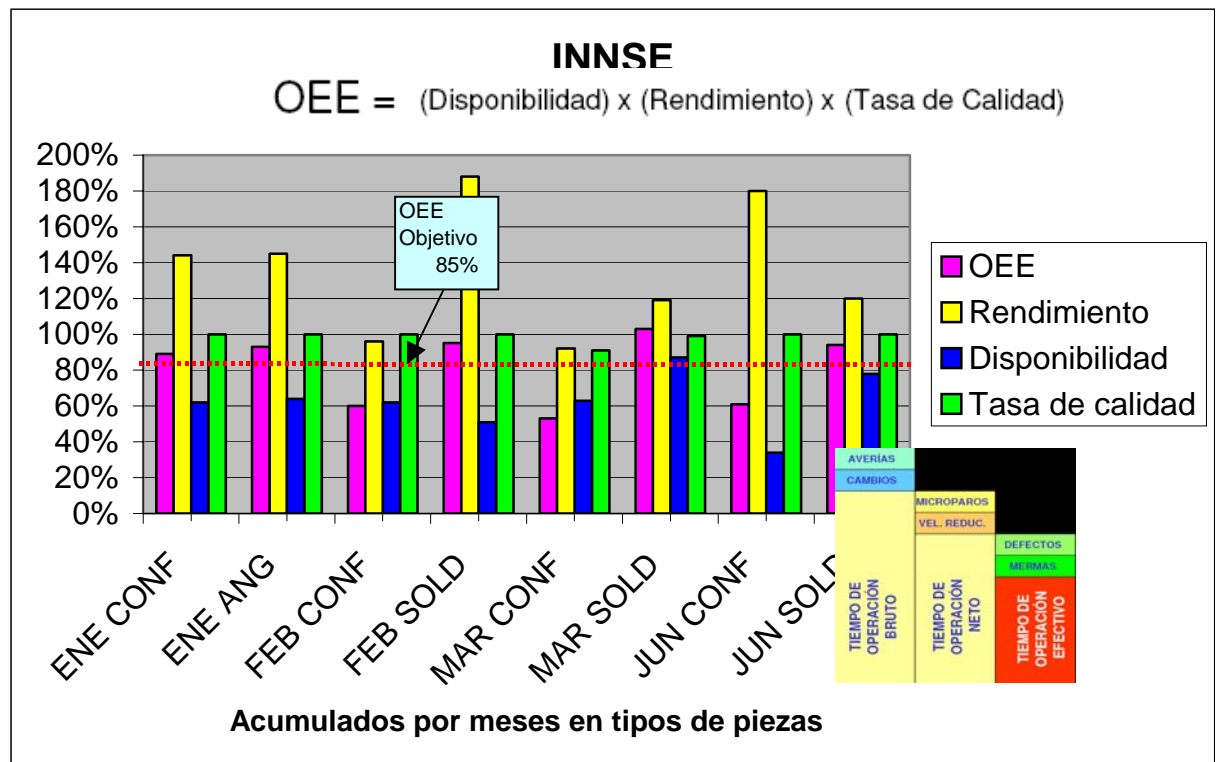


Figura V.8.2.2 OEE Prensa INNSE

A.II PRENSA ACB

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
OEE	90%	100%	98%	128%	139%	127%
Rendimiento	123%	120%	134%	147%	171%	171%
Disponibilidad	73%	83%	73%	87%	87%	74%
Calidad	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla V.8.2.3 Parámetros Prensa ACB

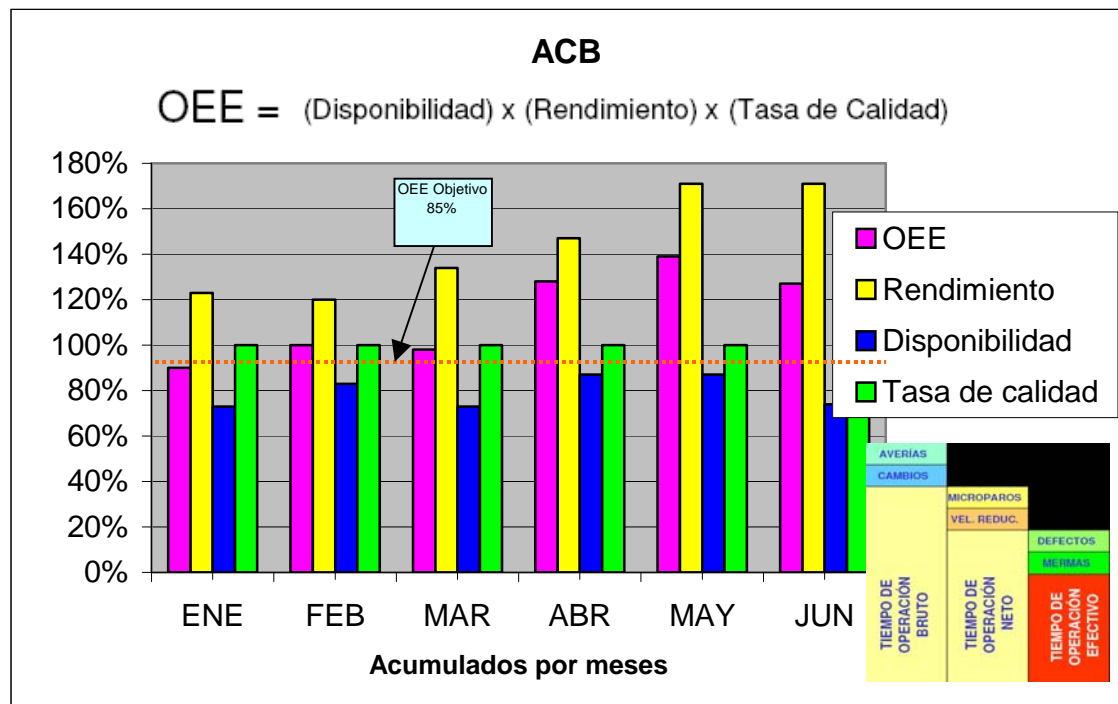


Figura V.8.2.4 OEE Prensa ACB

A.III PRENSA LOIRE

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	
OEE		71%	80%	87%	87%	75%	71%
Rendimiento		94%	101%	105%	115%	120%	97%
Disponibilidad		75%	79%	83%	77%	86%	77%
Calidad		100%	100%	100%	98%	93%	95%

Tabla V.8.2.5 Parámetros Prensa LOIRE

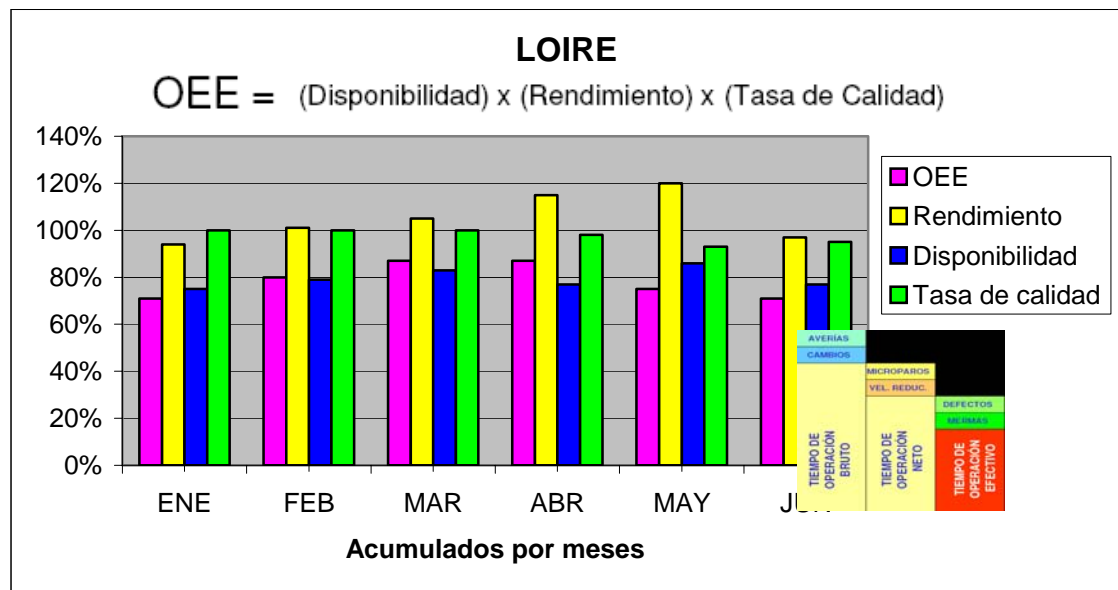


Figura V.8.2.6 OEE Prensa LOIRE

B.- Tablas y Gráficas Tiempo Operación Bruto Vs. Pérdidas de Capacidad

B.I.- PRENSA INNSE

	INNSE							
	Enero Conf	Enero Ang	Febrero Conf	Febrero Sold	Marzo Conf	Marzo Sold	Junio Conf	Junio Sold
TIEMPO DE OPERACIÓN BRUTO	75,20%	63,85%	62,24%	50,47%	63,48%	87,27%	24,00%	71,76%
Pérdida de capacidad	24,80%	36,14%	37,76%	49,52%	36,52%	12,73%	76%	28,24%
<i>Cambio de útil (y Calentamiento)</i>	24,80%	21,40%	36,93%	11,52%	34,68%	11,14%	76%	17,06%
<i>Estabilización útil</i>								
<i>Falta de material</i>								
<i>Falta de información</i>								
<i>Falta de útil</i>								
<i>Avería: Línea de Gas Útil</i>		1,47%				1,27%		8,82%
<i>Avería: Línea de Gas Máquina</i>			0,83%		1,84%			1,18%
<i>Avería: Hidráulico</i>								1,18%
<i>Avería: Calentamiento</i>				37,38%				
<i>Avería: Control</i>								
<i>Avería: Corte corriente eléctrica</i>				0,62%				
<i>Avería: Fugas</i>		1,47%						
<i>Avería: Otros Máquina</i>								
<i>Avería: Otros Útil</i>		11,80%						
<i>Ausencia del operario</i>						0,32%		
<i>Falta material por avería baños</i>								

Tabla V.8.2.7 INNSE



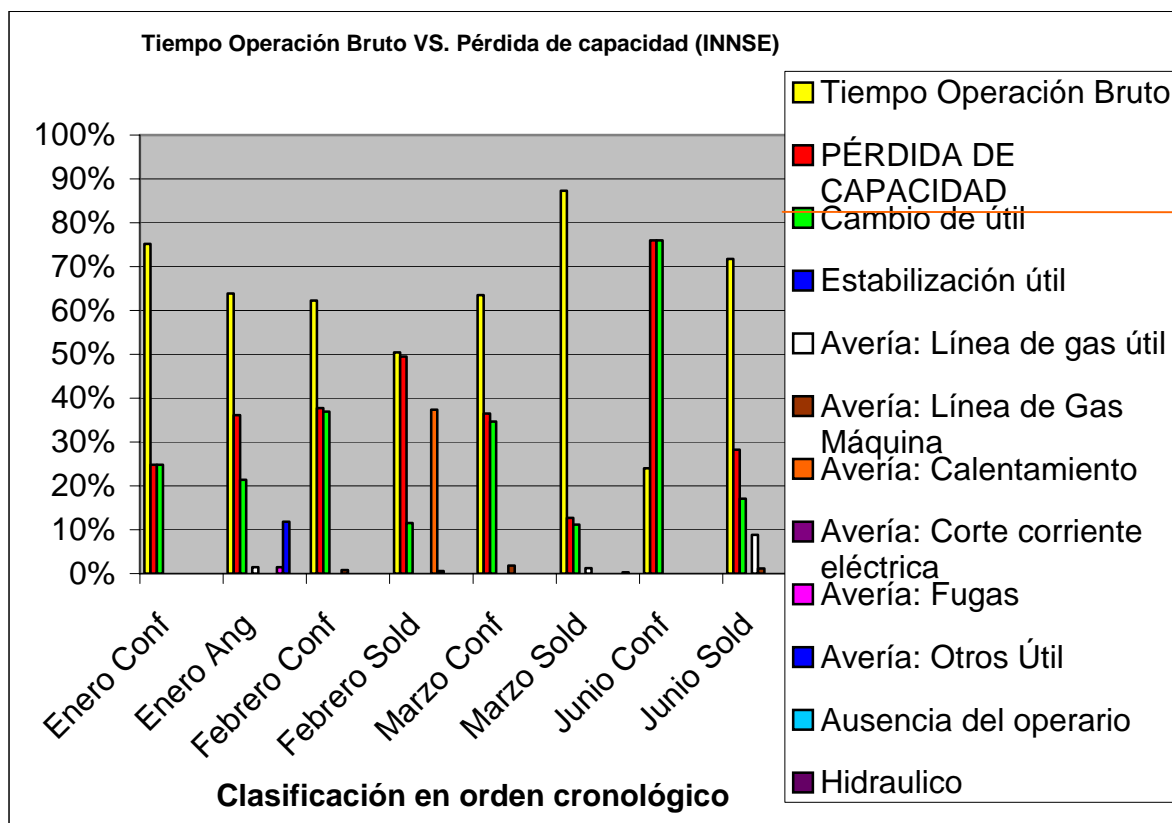


Figura V.8.2.8 INNSE

B.II.- PRENSA ACB

	ACB					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
TIEMPO DE OPERACIÓN BRUTO	63,72%	79,33%	63,06%	85,19%	84,57%	65,02%
PÉRDIDA DE CAPACIDAD	36,28%	20,67%	36,94%	14,81%	15,43%	34,98%
<i>Cambio de útil (y Calentamiento)</i>	29,75%	20,67%	25,76%	12,43%	15,13%	19,20%
<i>Estabilización útil</i>						
<i>Falta de material</i>			5,08%	1,87%		15,78%
<i>Falta de información</i>						
<i>Falta de útil</i>						
<i>Avería: Línea de Gas Útil</i>						
<i>Avería: Línea de Gas Máquina</i>			0,34%	0,34%		
<i>Avería: Hidráulico</i>					0,30%	
<i>Avería: Calentamiento</i>	0,27%		4,74%			
<i>Avería: Control</i>	0,45%			0,17%		
<i>Avería: Corte corriente eléctrica</i>	5,81%					
<i>Avería: Fugas</i>						
<i>Avería: Otros Máquina</i>			1,02%			
<i>Avería: Otros Útil</i>						
<i>Ausencia del operario</i>						
<i>Falta material por avería baños</i>						

Tabla V.8.2.9 ACB

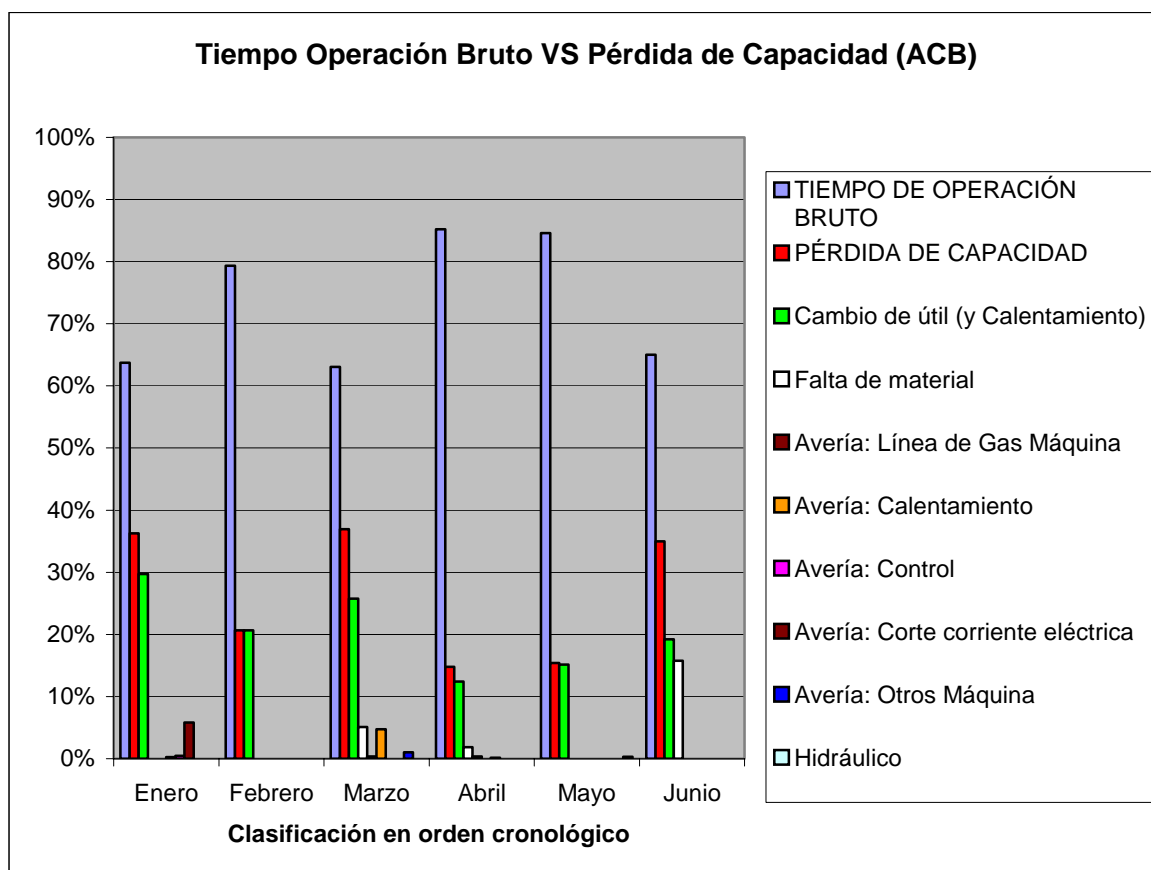


Figura V.8.2.10 ACB

## B. III.- PRENSA LOIRE

	LOIRE					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
TIEMPO DE OPERACIÓN BRUTO	67,05%	73,31%	79,24%	70,03%	76,12%	70,00%
PÉRDIDA DE CAPACIDAD	32,95%	26,69%	20,76%	29,97%	23,88%	30,00%
<i>Cambio de útil (y Calentamiento)</i>	31,18%	21,45%	17,71%	25,35%	18,78%	13,20%
<i>Estabilización útil</i>						
<i>Falta de material</i>						10,20%
<i>Falta de información</i>						0,20%
<i>Falta de útil</i>						
<i>Avería: Línea de Gas Útil</i>				1,39%		
<i>Avería: Línea de Gas Máquina</i>			0,19%		1,81%	
<i>Avería: Hidráulico</i>	0,59%	4,39%				2%
<i>Avería: Calentamiento</i>				0,46%	1,48%	
<i>Avería: Control</i>	0,59%	0,17%		0,23%		
<i>Avería: Corte corriente eléctrica</i>	0,59%	0,17%		0,46%		
<i>Avería: Fugas</i>			0,19%	0,46%		
<i>Avería: Otros Máquina</i>		0,17%	2,67%		1,81%	3,60%
<i>Avería: Otros Útil</i>		0,34%		1,39%		0,80%
<i>Ausencia del operario</i>				0,23%		
<i>Falta material por avería baños</i>						

Tabla V.8.2.11 LOIRE

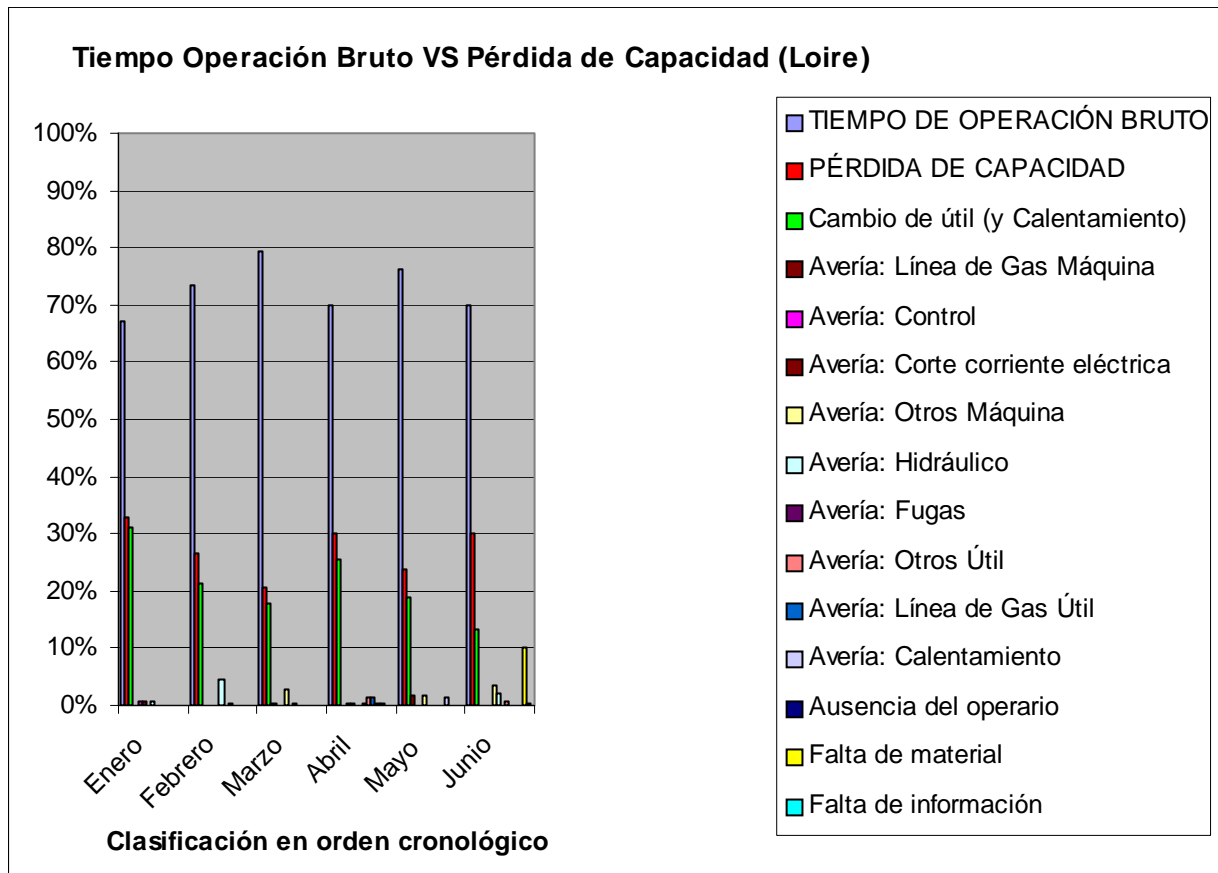


Figura V.8.2.12 LOIRE





DINOSÉS DE LOS B/A A-330/340

PLAN DE ENTREGAS DE CBC A PMP Y FECHAS MATRIZ ACOPLAMIENTO

Fecha actualización: 10/08/07

CENTRO BAHÍA DE CÁDIZ (CBC)

ÁREA DE CONFORMADO SUPERPLÁSTICO

ene-07			feb-06			mar-07			abr-07			may-07			jun-06		
Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP	Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP	Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP	Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP	Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP	Sec/MSN	Fecha CBC	Fecha MIP
737	18-2	28-1	743	19-2	17-3	749	20-3	18-4	756	26-4	21-5	763	21-5	20-6	770	6-7	21-7
738	19-2	5-2	744	3-3	20-3	750	26-3	23-4	757	27-4	26-5	764	24-5	25-6	771	12-7	27-7
739	21-2	5-2	745	4-3	25-3	751	27-3	29-4	758	4-5	29-5	765	29-5	1-7	772	14-7	1-9
740	25-2	6-2	746	11-3	3-4	752	3-4	5-5	759	5-5	4-6	766	21-6	5-7	773	15-7	4-9
741	28-2	7-2	747	12-3	8-4	753	3-4	8-5	760	12-5	9-6	767	22-6	8-7	774	22-7	9-9
742	12-3	9-2	748	19-3	11-4	754	11-4	13-5	761	13-5	12-6	768	28-6	13-7	775	23-7	15-9
						755	12-4	16-5	762	20-5	17-6	769	29-6	18-7			
jul-06			ago-07			sep-07			oct-07			nov-07			dic-07		
Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP	Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP	Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP	Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP	Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP	Secuencia	Fecha CBC	Fecha MIP
776	30-7	18-9				783	30-9	23-10	789	24-10	21-11	796	24-11	14-12	803	18-12	18-1
777	31-7	24-9				784	7-10	28-10	790	31-10	26-11	797	25-11	18-12	804	28-12	23-1
778	7-8	29-9				785	8-10	31-10	791	1-11	28-11	798	2-12	19-12	805	30-12	28-1
779	8-8	6-10				786	15-10	5-11	792	8-11	3-12	799	3-12	20-12	806	31-12	6-2
780	22-9	9-10				787	16-10	12-11	793	9-11	4-12	800	9-12	8-1			
781	28-9	14-10				788	23-10	17-11	794	16-11	10-12	801	10-12	11-1			
782	29-9	17-10							795	17-11	12-12	802	17-12	15-1			

NOTA: EL AV.774 ESTABA TERMINADO, PERO UNA PIEZA DEL TRAMO 1 DERECHO SE HA USADO COMO REP. POR MP

ADEMÁS DE ESTOS ELEMENTOS SE HAN ENTREGADO 3 REPUESTOS (6PZAS) DEL TRAMO 4.1

TOTAL AVANZADO	TOTAL AV ENTREGADOS
70	43

Tabla V.8.3.3 Planes de entrega B/A



## C.- Requisitos en la fabricación Slats

**SERIGRAFÍA Y FORMACIÓN DEL PAQUETE DE CHAPAS**  
**REQUISITOS A SEGUIR EN LA FABRICACIÓN DE SLATS**  
**EF-2000**

1. ESTÁ TERMINANTEMENTE PROHIBIDO DAR UNA 2ª "CAPA DE SERIGRAFÍA"( SÓLO SE PERMITIRÁ EL REPASO MANUAL)
2. SI SE OBSERVARA SUCIEDAD EN LA CHAPA Y HAY QUE REPETIR LA SERIGRAFÍA, ANTES DE REALIZAR NUEVAMENTE SU DECAPADO, LIMPIAR EN SECO CON ESTROPAJO Y NO CON MEK. ESTÁ PROHIBIDO LAVAR LA CHAPA EN LA INSTALACIÓN DE LIMPIEZA DE PANTALLAS
3. LAS PANTALLAS SE LAVARÁN MANUALMENTE CON MEK DESPUÉS DE SU LIMPIEZA EN EL TREN DE LAVADO. DESPUÉS SE ELIMINARÁN LOS RESTOS DE MEK CON ALCOHOL
4. SE SUSTITUIRÁ EL PAPEL DE LA MESA CADA VEZ QUE SE REALICE LA SERIGRAFÍA DE UNA CHAPA DE LARGUERO O COSTILLA
5. EL SECADO DE LAS OPERACIONES DE REPASO MANUAL DE SERIGRAFÍA SE REALIZARÁ SIEMPRE EN LA ESTUFA
6. EL PAPEL UTILIZADO EN LA ESTUFA SE SUSTITUIRÁ CADA DOS DÍAS O CADA DOS SERIGRAFÍAS COMPLETAS DE SLAT
7. LA SERIGRAFÍA REALIZADA SE VERIFICARÁ CHAPA A CHAPA Y DESPUÉS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS DE LOS SEMIPAQUETES

Figura V.8.3.5 Panel requisitos Serigrafía

**BAÑOS**

**REQUISITOS A SEGUIR EN LA FABRICACIÓN DE**  
**SLATS EF-2000**

1. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LIMPIEZA DE LAS SOLUCIONES LÍQUIDAS
2. COMPROBACIÓN DEL FLUJO DE LAS BOMBAS DE RECIRCULACIÓN
3. MEDICIÓN DE ESPESOR DE LA CHAPA ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE BAÑOS
4. COMPROBACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LAS DUCHAS DE LOS BAÑOS DE ENJUAGUE

Figura V.8.3.6 Panel requisitos Baños



### V.9.- Clases de carteles de implantación en planta y ejemplos de diseño

Se diseñaron y se colocaron en el taller de la planta de Conformado superplástico los siguientes carteles:

- Material de utillaje (Acero inoxidable refractario AISI- 310)
- Área de operaciones diversas
- Útiles CLFA singulares
- Centro de Mecanizado
- Estantería piezas en preparación
- Máquina de Chorreado Seco
- Piezas acabadas
- Piezas pendientes operaciones finales
- Piezas pendientes de reparación
- Piezas pendientes de proceso
- Piezas largueros separados
- Largueros de reparación
- Calidad Área Superplástico
- Útiles fuera de uso
- Piezas pendientes de Verificación
- Materia prima mecanizada B/A
- Materia prima mecanizada Slats
- Piezas pendientes de identificación
- Piezas pendientes de Inspección Visual.
- Área de lavado de pantallas
- Estufa
- Pantallas duplicadas
- Pantallas en uso
- Pantallas fuera de uso
- Piezas pendientes de eliminación capa alfa

- Útiles Baños
- Limpieza con agua de piezas
- Área de Baños
- Suplementos de piezas
- Zona aplicación Nitruro de Boro
- Horno Brochot
- Prensa ACB
- Prensa INNSE
- Prensa Loire
- Piezas pendientes de enderezar
- Útiles de enderezado
- Útiles CLFA de enderezado
- Útiles CLFA
- Máquina de soldar por puntos
- Piezas corte previo
- 

También se identificaron con sus número de serie todos los útiles de fabricación.

Ejemplos de diseño de carteles:



Figura V.9.1 Cartel planta CSP



Figura V.9.2 Cartel planta CSP

V.10.- Ejemplo de carteles de identificación y localización

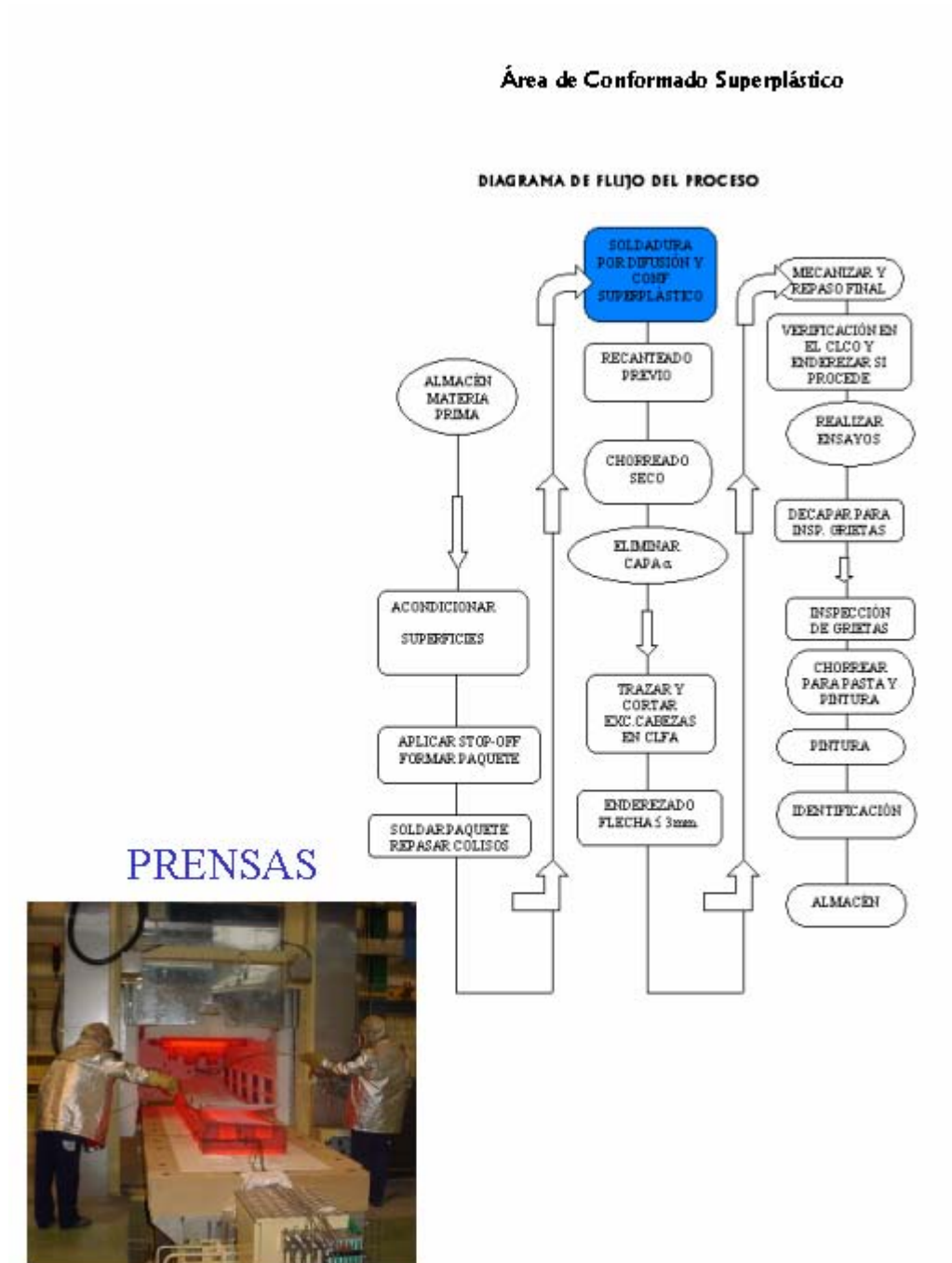


Figura V.10.1 Cartel identificación y localización de prensas

## V.11.- Glosario de términos

**Agrupación:** Combinación de piezas que tienen el mismo tipo de proceso.

**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:** Una de las siete herramientas que constituye el grupo de las herramientas básicas para la calidad. Y permite en una fase de análisis, resumir gráficamente todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso.

**Diagrama de Pareto:** Una de las siete herramientas que constituye el grupo de las herramientas básicas para la calidad. Se utiliza para clasificar las causas de los problemas, desde la más significativa hasta la menos significativa, basándose en el Principio de Pareto.

**Estandarización:** Conjunto de políticas, reglas, instrucciones y procedimientos establecidos para todas las operaciones importantes, que sirven como pautas para que los empleados desempeñen sus tareas de tal forma que aseguren buenos resultados.

**Gemba:** Lugar real, lugar de trabajo o lugar donde se agrega valor, zona de producción.

**Incentivo:** Estímulo al personal que se crea para mejorar su desempeño.

**Indicador de calidad:** Parámetro usado por el departamento de calidad para medir la calidad del producto. Nos indica la proporción de productos que cumplen los requisitos de calidad de la planta.

**JIT:** Just in Time. Herramienta Lean Manufacturing que significa “Justo a tiempo”.

**Kaizen:** Herramienta Lean Manufacturing que se dirige hacia la búsqueda de mejoras en la planta, descubriendo aquellas áreas donde hay desperdicio.

**Kanban:** Palabra japonesa que significa tarjeta. Se usa para nombrar una herramienta Lean Manufacturing que constituye una forma eficiente de suministro de materiales a las líneas de producción.

**Layout:** Extender, trazar un plan.

**Lean Manufacturing:** Manufactura esbelta. Palabra inglesa usada para nombrar una filosofía de calidad. Su principal característica es que esta compuesta por 7 herramientas: JIT, KAIZEN, KANBAN, TPM, SMED, 5's y Poka-yoke.

**Mando:** Personal de la organización que realiza un trabajo de índole intelectual y cuya principal característica es la toma de decisiones.

**Mapa de procesos:** Representación gráfica donde se identifica claramente los procesos que contribuyen de forma significativa a la elaboración de un producto.

**Mejora continua:** Filosofía gerencial que organiza a los empleados y procesos para desafiar permanentemente las metas establecidas para alcanzar niveles superiores de efectividad y excelencia, que logren la satisfacción de los

---

clientes, mejores resultados para la organización y mejor calidad de vida para los empleados.

**MRP (Materials Requirement Planning, Planificación de las necesidades de Materiales):** Sistema de planificación de la producción y gestión de stocks que responde a las preguntas de qué, cuánto y cuándo se debe fabricar y/o aprovisionar.

**Organización:** Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines.

**Operario:** Personal de la organización que se dedica a la producción de los distintos productos que se fabrican.

**Plan de mejora:** Fase a desarrollar dentro del proceso de mejora continúa. Sirve de base para la detección de mejoras, permitir el control y seguimiento de las diferentes acciones a desarrollar, así como la incorporación de acciones correctoras ante posibles situaciones no previstas.

**Poka-yoke:** Palabra japonesa que significa “a prueba de tontos”. Se usa para definir una herramienta Lean Manufacturing.

**Reparto:** Actividad dentro del proceso de producción donde se asigna a cada cliente sus productos.

**5 S's:** Herramienta Lean Manufacturing. Las 5 S's designan cinco palabras japonesas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

**Seiketsu:** Palabra japonesa que significa estandarización.

**Seiri:** Palabra japonesa que significa organización.

**Seiso:** Palabra japonesa que significa limpieza.

**Seiton:** Palabra japonesa que significa orden.

**Shitsuke:** Palabra japonesa que significa disciplina.

**Stock:** Provisión, existencia de cualquier bien, producto, valor o capital.

**TPM:** "Total Productive Maintenance". Siglas usadas para designar una herramienta Lean Manufacturing, significan ," Mantenimiento productivo total".

**TQM:** "Total Quality Management". Herramienta de Lean manufacturing aplicada sobre productos que significa "Gerencia de calidad total".

**6σ:** Metodología de Lean Manufacturing que correspondería a un grupo de mejora experto.

**FTT:** "First Time Through". Porcentaje de piezas que se hacen bien a la primera.

**OEE:** "Overall Equipment Effectiveness". Eficiencia global del equipo.

**DTD:** "Dock To Dock". Indicador Lean equivalente al Lead Time.

**Lead Time:** Tiempo transcurrido desde la descarga de la materia prima hasta su expedición.

**Valor:** Es aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar.

**Pull:** Es una técnica de producción contra la demanda real.

**Takt-time:** Tiempo en el que necesitan los clientes un producto.



**VSM:** “Value Stream Mapping”. Descripción gráfica de la cadena de valor.  
Mapa del flujo de valor.

**OPF:** Flujos pieza a pieza.

**SMED:** “Single Minute Exchange Die”. Herramienta Lean que reduce el tiempo de cambio en una línea de producción permitiendo una reducción del tamaño de lote.

**Workshop:** Análisis de un tema concreto de mejora. Es priorizar un plan estratégico de acciones.

**Blitz:** Actuación en planta.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Superplastic Forming and Diffusion Bonding. G. Nieh, J. Wadsworth, Oleg D. Sherby.
- Normativa y Documentación facilitada por EADS-CASA.
- Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. J.P. Womack y D.T. Jones.
- Curso Lean Manufacturing. Consultoria Sisteplant.

