

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: Desarrollo e implantación de las herramientas Lean Manufacturing en la Línea 2 del área de chapistería de una planta del sector aeronáutico

Autora: Rosario LUGONES DÍAZ

Fecha: Noviembre 2007





ÍNDICE

1. Glosario de términos	10
2. Introducción y resumen	18
2.1. Presentación de la empresa	18
2.2. Resumen del proyecto	20
2.3. Planificación de la realización del proyecto	24
2.4. Objeto y alcance del proyecto	30
2.5. Justificación del proyecto	31
3. Situación previa	34
3.1. Descripción del proceso de chapistería	34
3.1.1. Flujos de fabricación	34
3.1.2. Aprovisionamiento de materiales	35
3.1.3. Área de Recanteado (RE)	37
3.1.4. Área de Hidroconformado Línea 2 (H200)	43
3.1.5. Célula de Chapistería Convencional (CV00)	53
3.1.6. Célula de Maduración (MA00)	53
3.2. Layout inicial	55
3.2.1. Lay-out planta	55
3.2.2. Lay-out nave chapistería	57
3.3.3. Lay-out línea 2	60
3.3. Situación inicial de la línea 2	64
3.3.1. Introducción	64

3.3.1.1. Línea 2: Flujos	64
3.3.1.2. Evolución de las órdenes	65
3.3.2. Fotos piezas por ruta	66
3.3.2.1. Piezas terminadas en diciembre de 2005	66
3.3.2.2. Estados 0 y 1	66
3.3.3. Órdenes/piezas con código S por célula y ruta	66
3.3.4. Ciclo/Capacidad	68
3.3.4.1. Tiempo de ciclo	68
3.3.4.2. Capacidad	69
4. Introducción teórica	70
4.1. Introducción	70
4.2. Historia	71
4.3. Principios del pensamiento Lean	71
4.4. Los 7 desperdicios	72
4.5. Herramientas lean	73
5. Herramientas Lean	75
5.1. VSM	75
5.2. 5 S's y Gestión Visual	76
5.3. TPM	78
5.4. OPF	78
5.5. Kaizen	79
6. Análisis de la situación inicial	80

7. Aplicación de las herramientas Lean al proceso de Chapistería	83
7.1. Value Stream Mapping	83
7.1.1. Elaboración del Value Stream Mapping (VSM)	83
7.1.1.1. Parámetros empleados	83
7.1.1.2. Símbolos empleados en el VSM	83
7.1.1.3. Pasos en la elaboración del VSM	86
7.1.2. Identificación de desperdicios	92
7.2. 5S's y Gestión Visual	101
7.2.1. Diagnóstico	101
7.2.2. Acciones propuestas	102
7.3. TPM	104
7.3.1. Diagnóstico	104
7.3.1.1. Pérdidas en los equipos	104
7.3.1.2. Cálculo del OEE en la prensa H2	106
7.3.1.4. Conclusiones	125
7.3.2. Acciones propuestas	125
7.4. OPF	126
7.4.1. Diagnóstico	126
7.4.1.1. Herramientas para flujo continuo en general	126
7.4.1.2. Flujo continuo en células por lotes	127
7.4.2. Acciones propuestas	129
7.5. Ciclo Kaizen	130
7.5.1. Kaizen en el Lean Manufacturing	120
7.5.1.1. Principios del Kaizen	130
7.5.1.2. Conclusiones	133

7.5.2. Aplicación del Kaizen al Lean Manufacturing	134
7.5.2.1. Despliegue estratégico	134
7.5.2.2. Creación de círculos de calidad	149
8. Eliminación de las pérdidas	151
8.1. Resumen actividades propuestas	151
8.2. Mejoras para eliminar las pérdidas	151
8.2.1. Producción/ Ingeniería/ Utillaje	152
8.2.1.1. Cargar dimensiones de todos los útiles.	152
8.2.1.2 Utilizar ruta alternativa para piezas S (críticas)	154
8.2.1.3. Actuación sobre las rutas de la Línea 2	157
8.2.1.4. Ahorro en Conformado Manual	176
8.2.2. Mantenimiento	207
8.2.2.1. Estudio fallos prensa Hidroconformado	207
8.2.2.2. Revisión Mantenimiento preventivo	224
8.2.2.3. Revisar sensores de retorno	231
8.2.2.4. Habilitar comunicación	234
8.2.3. Logística	237
8.2.3.1. Rebajar el stock antes de H2	237
8.2.3.2. Analizar porqué llegan las piezas antes que los útiles.	249
8.2.3.3. Estandarización de lotes.	253
8.2.3.4. Estudiar porqué hay tanto stock antes del horno	268
8.2.3.5. Revisar criterios de criticidad	269
8.2.3.6. Evitar que un útil se utilice en dos fábricas	271

8.2.4. Housekeeping	273
8.2.4.1. Marcar carros de Recantado	273
8.2.4.2. Marcar carros de Recocido (Ruta R22)	276
8.2.4.3. Organizar piezas con código 05	278
8.2.4.4. Revisar procedimiento de scrap de material obsoleto	281
8.2.4.5. Organizar zona de previos	285
8.2.5. Mejora continua	288
8.2.5.1. Instauración reunión semanal	288
8.2.5.2. Colocar panel de información	290
8.2.6. Calidad	295
8.2.6.1. Modificación de útiles para evitar grietas por bordones	295
8.2.6.2. Análisis de piezas con roturas/grietas de origen desconocido y aparición aleatoria.	297
8.2.7. IT	299
8.2.7.1. Romper agrupación después de prensa	299
8.2.7.2. Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salta en Temple	301
8.2.7.3. Cierre de operaciones de A2 desde H2 para piezas que no requieran A2	304
8.2.7.4. Agilizar sistema de generación de agrupaciones	305
9. Situación final de la línea 2	306

9.1. Situación final de la línea 2	306
9.1.1. Órdenes provisionales atrasadas	306
9.1.1.1. Evolución	306
9.1.1.2. Factores que han influido en la evolución	306
9.1.2. Órdenes provisionales erróneas	306
9.1.2.1. Evolución	306
9.1.2.2. Factores que han influido en la evolución	307
9.1.3. Situación órdenes urgentes en la planta	307
9.1.3.1. Evolución	307
9.1.3.2. Factores que han influido en la evolución	308
9.1.4. Lead Time medio L2	308
9.1.4.1. Evolución	308
9.1.4.2. Factores que han influido en la evolución	309
9.1.5. Terminación H2	309
9.1.5.1. Evolución	309
9.1.5.2. Factores que han influido en la evolución	310
9.1.6. Desviación respecto tarifa H2	310
9.1.6.1. Evolución	310
9.1.6.2. Factores que han influido en la evolución	311
9.1.7. Terminación	311
9.1.7.1. Evolución	311
9.1.7.2. Factores que han influido en la evolución	312
9.1.8. Desviación respecto tarifa A2	312
9.1.8.1. Evolución	312
9.1.8.2. Factores que han influido en la evolución	313

9.1.9. Lead time A2	313
9.1.9.1. Evolución	313
9.1.9.2. Factores que han influido en la evolución	313
9.1.10. Lead Time T2	314
9.1.10.1. Evolución	314
9.1.10.2. Factores que han influido en la evolución	314
9.1.11. Lead time H2	315
9.1.11.1. Evolución	315
9.1.11.2. Factores que han influido en la evolución	315
9.1.12. ICG	315
9.1.12.1. Evolución	315
9.1.12.2. Factores que han influido en la evolución	316
9.1.13. HNC's	316
9.1.13.1. Evolución	316
9.1.13.2. Factores que han influido en la evolución	317
9.1.14. Permanencias Línea 2	317
9.1.14.1. Evolución	317
9.1.14.2. Factores que han influido en la evolución	318
9.1.15. Capacidad final	318
9.2. Lay-out final	319
9.3. VSM futuro	321
10. Evaluación económica	325
10.1 Producción/ Ingeniería/ Utillaje	325
10.1.1. Cargar dimensiones de todos los útiles	325

10.1.2. Ahorro en Conformado Manual	327
10.1.3. Platabandas 340 500/600	331
10.2. Mantenimiento	333
10.2.1. Adquisición de 1 ó 2 nuevos pallets	333
10.2.2. Adquisición de nueva manta para H2	335
10.2.3. Adquisición de kit de repuesto para cambio rápido	335
10.2.4. Estudio OEE de la prensa de Hidroconformado para minimizar paradas por averías	338
10.3 Housekeeping	338
10.3.1. Marcar carros de Recantado	338
10.3.2. Ahorros conseguidos por Housekeeping	340
10.4. IT	342
10.4.1. Agilizar sistema de generación de agrupaciones	342
10.4.2. Romper agrupación después de prensa	344
10.4.3. Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salta en temple	344
10.4.4. Cierre de operaciones en A2 desde H2 para piezas que no requieran A2	345
10.5. Logística	345
10.5.1. Rebajar stock de la nevera antes de H2	345
10.5.2. Estandarización de lotes	347
10.6. Mejora continua	348
10.6.1. Instauración reunión semanal/ Colocar tablón de información	348
10.7. Calidad	348

10.7.1. Modificación de útiles para evitar grietas por bordones	348
10.8. Resumen ahorros conseguidos	349
10.9. Conclusiones	351
11. Bibliografía	352
Anexo: Teoría de las herramientas Lean	353

RESUMEN DEL PROYECTO:

“Desarrollo e implantación de las herramientas Lean Manufacturing a la Línea 2 del área de chapistería de una planta del sector aeronáutico”

El presente proyecto tiene por objetivo aumentar la productividad de una Línea de procesamiento de piezas ubicada en el sector aeronáutico. Para ello se empleará un conjunto de métodos y herramientas que responden al nombre de “Lean Manufacturing”, y que se basa en la creación de valor a través de la eliminación de desperdicios. Por valor se entiende todo aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, por ejemplo, pintar la pieza. Por desperdicio se entiende toda aquella actividad que no aporta valor al producto, por ejemplo, desplazamientos dentro de una célula o entre célula y célula para transportar el producto dentro de la cadena de producción. De acuerdo a esta breve introducción, el esquema básico del proyecto sigue esta forma:

- Se comenzará con un estudio de la situación de partida de la Línea objeto de estudio, para que, al final del proyecto, podamos comparar la situación de partida con la situación en la que nos encontraremos tras la aplicación de las herramientas.
- Identificación de los desperdicios. Para ello, se empleará la herramienta llamada “Value Stream Mapping”, la cual es un mapa del proceso que identifica los puntos en lo que se aporta valor al producto y los desperdicios. La elaboración de la misma, así como los resultados y conclusiones que de ella se obtienen, son descritos en detalle en el proyecto.
- Una vez identificados los desperdicios, se procederá a buscar soluciones a los mismos mediante la aplicación de alguna de las herramientas lean que se emplean frecuentemente. En el presente proyecto se emplearán las siguientes:
 - o OPF: One Piece Flow, flujo pieza a pieza. Se aplicará flujo continuo siempre que sea posible, y en aquellas células donde no sea posible su aplicación, se emplearán otras técnicas para disminuir los puntos de inventario.
 - o OEE: Overall Effectiveness Equipment, o Eficiencia Global del Equipo. Es un coeficiente que indica el porcentaje de disponibilidad de un equipo en concreto. Para ello, tiene en cuenta las paradas por averías y los fallos, para contrastarlo con la productividad que tendría el equipo objeto de estudio si su productividad fuera del 100 %. Con esto se hace un estudio de la disponibilidad de la máquina en cuestión y se identifican las fuentes más comunes de pérdidas. En nuestro caso, este método es aplicado a la prensa de Hidroconformado, ya que es la célula principal de la Línea y, además, está sujeta a numerosas paradas por averías.
 - o 5 S’s y Gestión Visual. La aplicación conjunta de las dos herramientas tiene la finalidad de convertir el área de trabajo en una zona donde se trabaje mediante **controles visuales**, entendiendo como tal todo aquel

elemento capaz de poner en funcionamiento una determinada acción con un simple golpe de vista. Por ejemplo: la colocación de carteles en un carro hace ver de forma más clara el stock existente, y los operarios

- actúan más rápidamente al ser conscientes de la acumulación de material. También tiene por finalidad aumentar el orden del área de trabajo, de manera que una persona ajena al puesto sea capaz de distinguir si una situación es o no normal.
 - Mejora continua (Kaizen): el proyecto también se encarga del punto de vista psicológico de la acción, ya que, con esta herramienta, se pretende involucrar a todos los niveles de la empresa, de manera que todo el mundo, desde la alta dirección hasta el personal de producción, asuma el proyecto como algo suyo. También se propone la creación de círculos de calidad para tratar temas concretos de cara a mejorarlos.
- De la aplicación de estas herramientas aparecerán un conjunto de acciones de mejora, cuya implementación será descrita en detalle bajo el apartado de "Eliminación de desperdicios".
 - Se concluirá con un análisis de la situación final de la empresa (resultados de la aplicación de las herramientas Lean"
 - Los resultados obtenidos serán cuantificados en el apartado de "Evaluación económica".

El presente proyecto no entraña riesgos ambientales, ya que, para hacerlo realidad, no se han empleado sustancias que provoquen impacto ambiental alguno.

Es importante recalcar que los datos económicos aportados son inventados, al igual que los nombres de empresas y aviones que aparecen a lo largo del proyecto, con la finalidad de mantener la confidencialidad de la empresa.

Cádiz, 1 de Octubre de 2.007

Rosario Lugones Díaz

1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Agrupación:** conjunto de órdenes que son procesadas en un mismo pallet.

- **A2:** Acabado. Proceso final de la Línea 2 en el que las piezas, ya conformadas por Hidroconformado, son tratadas mediante procesos de Chapistería convencional para adecuarlas a las especificaciones requeridas.

- **Bordón:** Elemento rigidizante que presentan algunas piezas. Consiste en una hendidura distribuida a lo largo de la longitud de la pieza. Sus dimensiones y demás parámetros están normalizados.

- **Cadena de Valor:** Los pasos para crear Valor.

- **Cadencia:** Frecuencia con la que un producto (en el presente proyecto, un avión) es fabricado anualmente. Se mide en avión/año.

- **Carril FIFO:** Solución intermedia entre un supermercado y un flujo continuo. Consiste en un espacio físico sobre el que se colocan un número de unidades o elementos limitados cuya reposición por parte del proceso aguas arriba sólo se realiza cuando el proceso aguas abajo ha retirado parte de esos elementos.

- **CIC:** Chapistería Integrada Cádiz. Es una extracción del SAP aplicada al centro CBC (Bahía de Cádiz).

- **Código A:** Urgente

- **Código S:** Crítico (es más que urgente)

- **CV:** Conformado Convencional. Célula en la que se procesan órdenes de piezas con alguna operación en máquinas convencionales o con conformados manuales especiales, procedentes de la Célula de Recantado (Línea 4 de fabricación), así como aquellas órdenes con operaciones adicionales en CV procedentes de cualquier otra Línea de fabricación.

- **Despliegue de Objetivos / Despliegue estratégico:** Método para transformar de forma coordinada los objetivos globales o estratégicos de una organización, en objetivos operativos o de detalle.

- **Diagrama de Causa-Efecto:** (diagrama de espina de pescado o de Ishikawa): Herramienta que se utiliza para reflexionar sobre las relaciones que existen entre un efecto dado y sus causas potenciales, y su representación gráfica.

- **Diagrama de Flujo:** Es una representación con imágenes de las etapas de un proceso, útil para investigar las oportunidades de mejora al obtener un conocimiento detallado del modo real de funcionamiento del proceso en ese momento.

- **Diagrama de Pareto:** Gráfico de barras ordenadas de mayor a menor frecuencia, que compara la importancia de los diferentes factores que intervienen en un problema y ayuda a identificar cuales son los aspectos prioritarios que deben tratarse.

- **Encajado o Nesting:** Programa de Control Numérico que agrupa geoméricamente un nº de piezas en un formato determinado correspondiente a un mismo material para recantar en una maquina de CN

- **Gemba:** Lugar de trabajo

- **Gestión Visual:** Sistema orientado a la consecución del Housekeeping. Su objetivo es la creación de controles visuales que autoricen o denieguen la marcha de un proceso, así como la creación de espacios vacíos que tengan un

significado. Busca la eliminación de actividades sin valor añadido por medio de la simplificación máxima del trabajo, acercándose en la medida de lo posible al concepto de “fábrica visual”, en la que la mayoría de las órdenes estén gestionadas visualmente.

- **Hidroconformado:** Proceso basado en la aplicación de alta presión para adaptar una chapa metálica inicialmente plana a la forma de un útil rígido. La presión se efectúa mediante aceite.

- **HNC:** Hoja de No Conformidad. Documento SAP para control de defectos en fabricación

- **Housekeeping:** Orden y limpieza. Se consigue mediante la aplicación de las 5S's.

- **H1:** Hidroconformado en Línea 1. La prensa utilizada es del tipo QFL.

- **H2:** Hidroconformado en Línea 2. La prensa utilizada es del tipo QFC.

- **Indicador:** Datos o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad

- **IT:** Information Technology. Departamento de aplicaciones informáticas.

- **Kaizen:** Mejora/ Mejorar. No se refiere al sistema de sugerencias de mejora, o el sistema de mejora continua, sino a la acción de Mejorar.

- **Kanban:** Tarjeta. Sistema de auto-gestión para situaciones de demanda suficientemente regular (dentro de un periodo dado)

- **Layout:** Distribución en planta. Estudio que busca el emplazamiento óptimo de los componentes para alcanzar los volúmenes requeridos minimizando el consumo de mano de obra, los movimientos, las existencias o almacenamientos intermedios y la inactividad o esperas de los equipos.

- **Lead Time:** Periodo de maduración de un proceso o producto determinado, es decir, tiempo transcurrido desde el inicio de la fabricación hasta la última fase (incluye tiempos de espera, manipulaciones...)

- **Lean Manufacturing:** también llamada “Lean Thinking”, “Lean Production” o “Fabricación ajustada”. Es una filosofía de gestión basada en sistemas y herramientas concretas para conseguir que los procesos (aplicable a procesos productivos y transaccionales) se ajuste lo máximo posible a la demanda, creando una cultura y método de eliminación de desperdicios en la cadena de valor: producir lo que es necesario servir, cuando sea necesario servirlo en la cantidad justa y optimizando costes.

- **Marcapasos:** Proceso o célula de producción que marca el ritmo de producción de los procesos anteriores

- **Mejora Continua:** Robustecimiento continuo de la constitución de la empresa y su capacidad de logro, mediante la mejora permanente de procesos, productos, servicios, capacidades, involucración y compromiso del personal.

- **Moby:** Chip de identificación controlado por el sistema de Control de Planta

- **MPS:** Master Production Schedule/Plan Maestro de Producción. Dentro de un programa de gestión de programación asistida por ordenador, el plan maestro constituye el compromiso de fábrica de producir un conjunto de productos, para los cuales existe una definición en la lista de materiales, en unas fechas y periodos determinados. Puede estar constituido por grupos o familias, sin estar detallados los productos finales concretos, que se decidirán en el momento

más cercano posible al ensamblado final. El plan tiene en cuenta las limitaciones de capacidad de la fábrica.

- **MRP:** Manufacturing Resources Planning. Implica la planificación de todos los elementos que se necesitan para llevar a cabo el plan maestro de producción, no solo de los materiales a fabricar/vender, sino de las capacidades de fábrica en mano de obra y máquinas.

- **Muda:** Desperdicio

- **OEE:** Overall Effectiveness Equipment. Indicador del rendimiento global de los equipos. Es el cociente entre lo que realmente se ha realizado y lo que podríamos haber realizado en condiciones óptimas.

- **OPF:** One Piece Flow, Flujo Continuo. Es la fabricación de productos uno a uno, pasando cada uno de ellos inmediatamente al proceso siguiente sin interrupciones.

- **Orden:** Conjunto de Part Numbers iguales que han de ser procesados. Los órdenes surgen como consecuencia de la demanda del cliente, pasando por distintos estados desde que surge la necesidad hasta que es terminada y enviada al cliente.

- **Pallet:** Estructura de agrupación de carga, fabricada generalmente de madera. La funcionalidad del pallet es transportar carga.

- **Palletizado:** Sistema automático de recorrido de pallets a través de un circuito establecido desde su descarga en almacén, transporte e introducción en la prensa, desplazamiento a A2 y retorno a zona de descarga.

- **Part Number:** Pieza, referencia

- **Permanencia:** Tiempo que una orden o Part Number lleva siendo procesado en una célula o Línea.

- **Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

- **QFC:** Prensa de la Línea 1 con dos mesas de carga de 4 x 1,2 m. para operación de hidroconformado. En ella se procesan piezas con útiles de L > 650 mm y de 1400BAR de presión máxima.

- **QFL:** Prensa de la Línea 1 con dos mesas de carga para el hidroconformado de piezas con útiles de L < 650 mm (mesa circular con dimensión útil de 700 mm.) y con 800 BAR de presión máxima.

- **RE:** Recanteado. Proceso consistente en cortar una o más chapas de metal para adaptarlas a la forma deseada.

- **Reproceso:** Proceso consistente en volver a procesar una pieza que ha sufrido problemas de calidad, bien porque sus especificaciones no se ajustan a las características demandadas por el cliente o bien porque han aparecido defectos que la inhabilitan para la función a la que estaba destinada. Las causas principales de los reprocesos están originadas por problemas de calidad o de obsolescencia.

- **SAP:** Sistema de gestión general de la empresa. Engloba todas las áreas de gestión de la empresa (RRHH, gestión financiera, planificación, producción, costes, inventarios, Subcontratación...). Contiene transacciones de actualización y consultas.

- **Scrap:** Desecho, generalmente metálico.

- **Sistema de fabricación “pull”:** Sistema de instrucciones de producción y entrega que van desde el final del flujo del producto hasta su inicio. Nada se produce aguas arriba si el cliente no lo demanda.

- **Sistema de fabricación “push”:** Sistema de fabricación clásico en el que se produce para vender. Es lo contrario a un sistema “pull”.

- **Supermercado:** Sistema mediante el cual se minimiza la disrupción que supone enlazar dos procesos alejados y mediante el que la transacción de elementos sólo se produce cuando el proceso aguas abajo lo requiere.

- **Takt Time:** Resultado de dividir el tiempo disponible para la producción por la demanda del cliente.

- **Tiempo de ciclo:** El tiempo que se requiere para completar el proceso de generación de un producto o un servicio hasta su introducción al mercado.

- **TPM:** Total Productive Maintenance. Sistema de trabajo orientado a la mejora de la eficiencia de las instalaciones productivas, basado en la gestión y optimización de las “6 grandes pérdidas”: averías, tiempos de cambio, tiempos de ajuste, pérdida de calidad, microparos y velocidad reducida.

- **TR:** Recocido. Es un tratamiento térmico consistente en un calentamiento hasta temperatura de austenitización (800-925°C) seguido de un enfriamiento lento. Con este tratamiento se logra aumentar la elasticidad, mientras que disminuye la dureza. También facilita el mecanizado de las piezas al homogeneizar la estructura, afinar el grano y ablandar el material, eliminando la acritud que produce el trabajo en frío y las tensiones internas.

- **T2:** Temple. Su finalidad es aumentar la dureza y la resistencia del acero. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la

crítica superior Ac (entre 900-950°C) y se enfría luego más o menos rápidamente (según características de la pieza) en un medio como agua, aceite, etcétera. En el presente proyecto las piezas son colocadas en una nevera a la espera de ser procesadas.

- **Útil:** Elementos necesarios para la operación en alguna máquina o de uso manual.

- **Valor:** Aquello por lo que los clientes están dispuestos a pagar.

- **VSM:** Value Stream Management, herramienta para gestionar la cadena de valor de la empresa, evidenciando aspectos mejorables, objetivos e indicadores, plan de instalación y despliegue...

- **5 S's:** Metodología para Orden y Limpieza. También se simplifica como OOL (organización, Orden y Limpieza). Responde a las siguientes siglas japonesas:
 - Seiri: Clasificar
 - Seiton: Orden
 - Seiso: Limpieza
 - Seiketsu: Estandarizar la limpieza
 - Shitsuke: Disciplina

2. INTRODUCCIÓN Y RESUMEN

2.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa objeto de este proyecto, situada en El Puerto de Santa María (Cádiz), está ubicada dentro del sector aeronáutico, abarcando tres tecnologías para la fabricación de piezas: chapistería convencional, superplástico y composites.

El proceso de Chapistería consiste en la fabricación de piezas, de configuraciones muy diversas y con tamaño de hasta 3,6 metros, a partir de chapas de poco espesor en aleaciones de aluminio, titanio y acero. Se realiza a través del conformado de piezas en prensas de célula de fluidos a muy alta presión y en plegadoras, finalizando con el tratamiento superficial contra la corrosión y la pintura correspondiente.

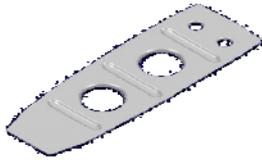
El Conformado Superplástico es un proceso que consiste en aprovechar las características de superplasticidad de ciertas aleaciones de titanio que a alta temperatura y presión pueden tener grandes elongaciones sin romperse y que junto a la Soldadura por Difusión permiten fabricar componentes complejos.

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

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

El presente proyecto se centra en el área de Chapistería y, dentro de esta tecnología, en una parte muy concreta del proceso: la Línea 2, la cual corresponde a piezas cuyos útiles presentan un tamaño superior a 500 mm, y cuyo funcionamiento está sujeto a numerosas paradas, teniendo, por tanto, un alto potencial de mejora. Mediante la realización de este proyecto se persigue alcanzar el objetivo de ser referente europeo en el mercado aeronáutico en la fabricación de componentes en las tres tecnologías citadas.

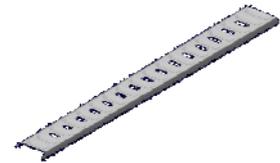
Así, como ejemplo de los tipos de piezas que se fabrican en Chapistería, tenemos las siguientes:



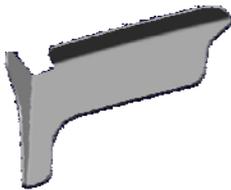
Alma



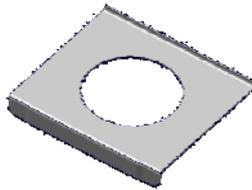
Angular



Larguero



Cartela



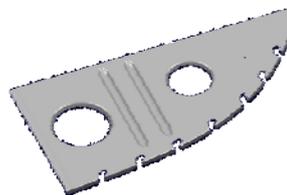
Refuerzo



Costilla



Marco



Cuaderna



Formero

A lo largo del presente proyecto se seguirán haciendo continuas referencias a la tecnología de fabricación de chapistería, y se profundizará en su metodología y logística para la optimización de los costes de producción, ya que este es, a grandes rasgos, el objetivo básico del proyecto.

2.2. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto surge como respuesta a la necesidad de aumentar la eficiencia productiva en el marco de un mercado mundial cada vez más competitivo, donde un sistema de entregas eficiente y una reducción drástica de los gastos en la producción se convierten en factores claramente diferenciadores. En este sentido, la empresa objeto de estudio tiene aún mucho que dar, con un vacío a nivel productivo (que no a nivel técnico) que ha de identificarse como un fuerte potencial de mejora si se quiere hacer frente al surgimiento de los mercados orientales. De acuerdo a esto, el Lean Manufacturing sería la respuesta a esta demanda. Este proyecto refleja su implementación en una parte muy concreta de la empresa (la línea 2 de la nave de Chapistería) y los resultados obtenidos a través de él, así como un análisis económico del mismo, según los siguientes pasos:

- En primer lugar, se procederá a un análisis de la situación de partida del proyecto, que incluirá
 - Descripción del proceso de chapistería, centrándonos en la Línea 2 del mismo,
 - Lay-Out inicial del proceso,
 - Situación de las piezas por ruta,
 - Situación de las órdenes y piezas de código S
 - Estudio del ciclo/capacidad de cada una de las células

Con este estudio se obtendrán datos claves para el enfoque del proyecto, como célula marcapasos, rutas con más carga, etc.

- Seguidamente se hará una introducción teórica de los principios del Lean Manufacturing y se ofrecerá un mapa de todas las herramientas Lean existentes.
- A continuación, se escogerán y definirán aquellas herramientas lean que serán usadas en el proyecto, junto con una justificación de su elección. Las herramientas Lean seleccionadas, y que serán aplicadas más adelante, son las siguientes:
 - Value Stream Mapping
 - 5S's y Gestión Visual
 - TPM (Total Productive Maintenance)
 - OPF (One Piece Flow)

- Kaizen

- Posteriormente se realizará un estudio previo de los posibles fallos que existan en la línea 2, y que servirá como punto de partida de cara a hallar posibles soluciones a los citados problemas.
- Aplicación de las herramientas lean. Para cada una de las herramientas se seguirán los siguientes pasos:

- Diagnóstico

Se estudiará la situación a través de la herramienta lean utilizada

- Acciones propuestas

Se propondrán acciones tras el diagnóstico previamente realizado, y que serán la solución a los problemas detectados en la reunión inicial.

Las acciones propuestas tras la aplicación de las herramientas se agruparon, más adelante, en áreas de actuación, resultando las siguientes acciones propuestas:

ÁREA	PROPUESTA	HERRAMIENTA LEAN
Producción/ Ingeniería/ Utillaje	Cargar dimensiones de todos los útiles.	Acción Kaizen
	Formación al personal de Control para optimizar agrupaciones.	Acción Kaizen
	Ruta alternativa para piezas S	
	Revisar logística de las rutas	VSM (eliminación desperdicios)
	Ahorro en conformado Manual	VSM (eliminación desperdicios)
	Análisis de Tareas en Conformado Manual	VSM (eliminación desperdicios)
Mantenimiento	Estudio fallos prensa H2	TPM
	Revisar sensores de retorno de palets	OPF/ VSM (eliminación desperdicios)
	Habilitar comunicación entre operarios de prensa y operarios de mantenimiento de la empresa externa	Kaizen
Housekeeping	Marcar carros de Recantado	Gestión Visual
	Ubicación piezas 05	Gestión Visual
	Revisar procedimiento de scrap de material obsoleto	Acción Kaizen
	Marcar ubicación del material en el suelo	Gestión Visual
	Organizar zona de Previos	Gestión Visual
IT	Agilizar Sistema Generación Agrupaciones	Acción Kaizen
	Romper agrupaciones después de prensa	Acción Kaizen
	Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salta en temple	Acción Kaizen
	Cierre de operación en A2 desde H2 para piezas que no requieran A2	Acción Kaizen
Logística	Rebajar el stock de la nevera antes de H2.	OPF/ Gestión Visual
	Analizar pq en un nuevo diseño llegan las piezas antes que los útiles.	Acción Kaizen
	Estandarización Lotes	OPF
	Estudiar el por qué hay tanto stock antes del horno.	Acción Kaizen
	Revisar criterios criticidad	Acción Kaizen
	Evitar que un útil se utilice en dos fábricas diferentes	Acción Kaizen
Mejora Continua	Instauración reunión semanal	Kaizen
	Colocar Tablón de Información	Kaizen/ Gestión Visual
Calidad	Reducción HNC's	Acción Kaizen

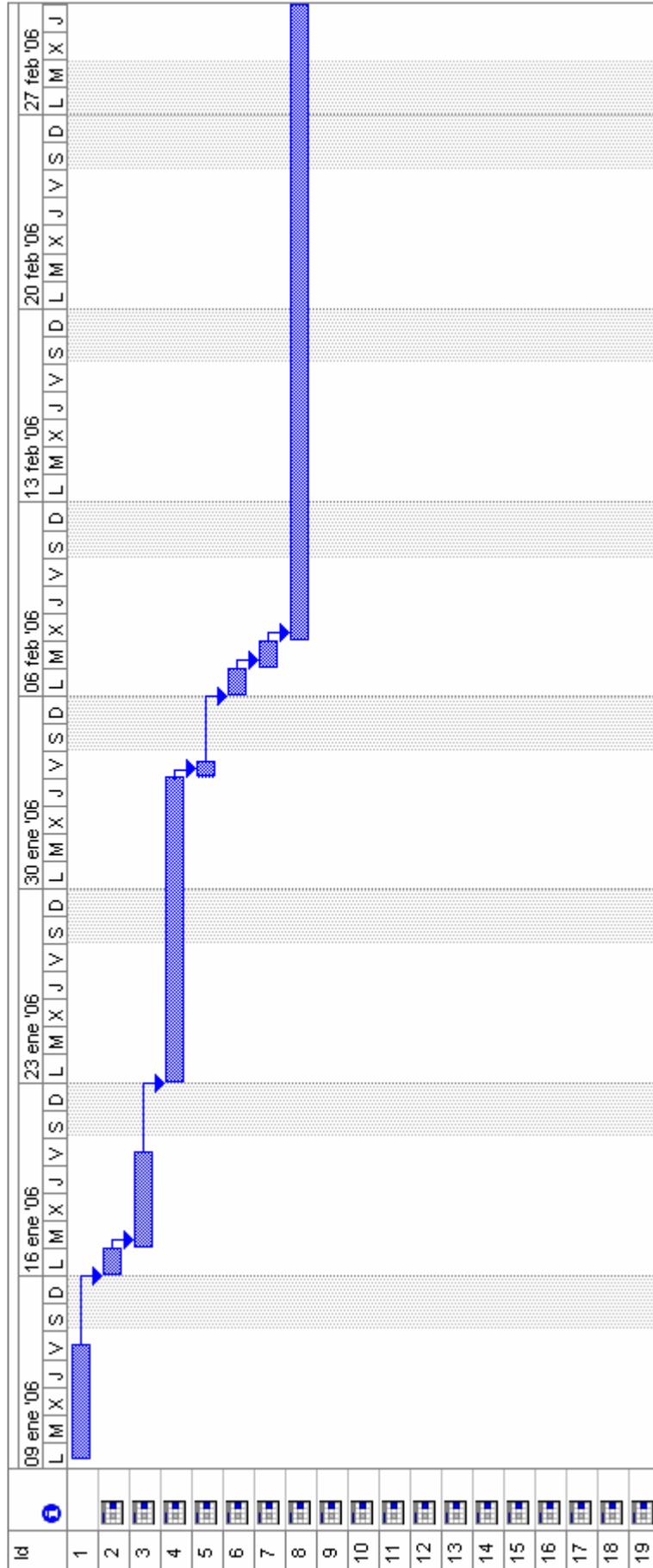
Hay que tener en cuenta que, aquellas acciones cuya herramienta Lean sea “acción Kaizen” implica que a esa propuesta no se ha llegado mediante la aplicación de alguna de las herramientas utilizadas, sino que se trata de sugerencias hechas por los operarios y demás de cara a conseguir que la Línea 2 trabaje en flujo continuo, mediante la eliminación de factores que produzcan paradas en la misma.

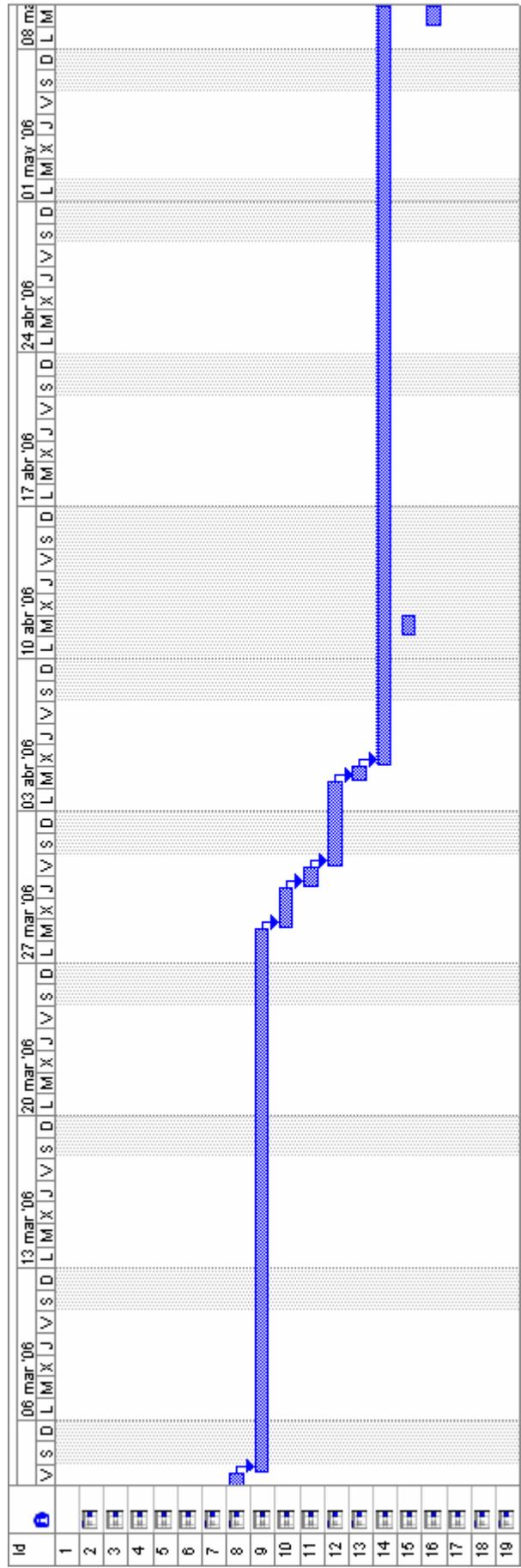
- Tras la aplicación de las herramientas Lean se procederá a la implementación de las propuestas, siguiendo el esquema básico siguiente para cada una de ellas:
 - Diagnóstico (en ocasiones)
 - Situación inicial
 - Situación propuesta
 - Conclusiones (en ocasiones)
- A continuación se realizará una descripción de la situación final, en donde se expondrá la evolución de los indicadores a lo largo del proyecto, los nuevos diagramas ciclo/capacidad y demás datos, como número de piezas terminadas y la situación de las mismas, desviación de las tarifas de determinadas células, etc., así como documentación gráfica, como el nuevo lay-out resultante y el Value Stream Mapping final.
- Finalmente se concluirá con una evolución económica de las acciones, donde se evaluarán minuciosamente los ahorros conseguidos con cada una de las propuestas implementadas.
- A modo de anexo, se incluirá un resumen de las herramientas Lean más empleadas.

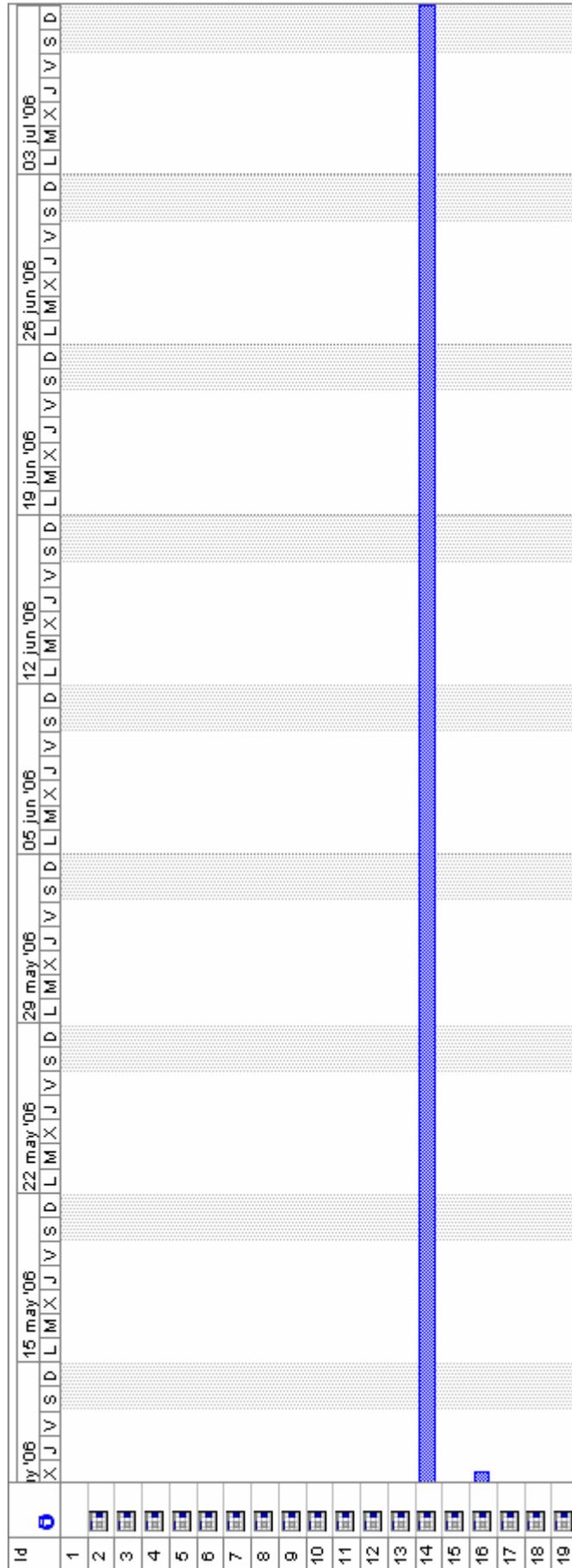
2.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las tareas realizadas para llevar a cabo el presente proyecto fueron las siguientes:

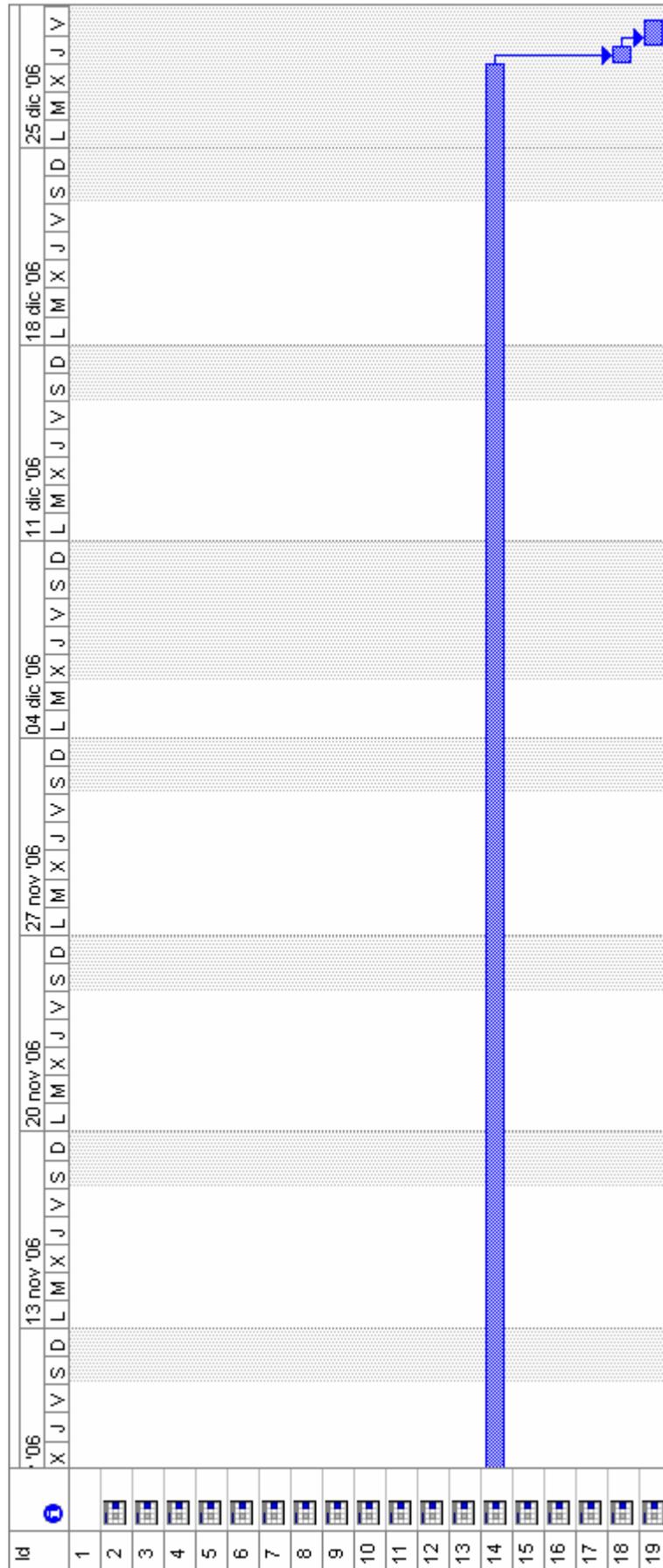
1. Análisis de la situación inicial
2. Reunión con el Value Stream manager
3. Recopilación de datos de partida
4. Realización Value Stream Mapping
5. Enviar VSM a Value Stream manager
6. Reunión con equipo para analizar VSM
7. Reunión con equipo para detectar propuestas de mejora
8. Investigar posibles propuestas de mejora a nivel interno
9. Realizar análisis económico inicial de las propuestas de mejora detectadas
10. Contactar con VSM manager y acercar posturas
11. Reunión interna para definir despliegue estratégico
12. Reunión con VSM manager para definir despliegue definitivo
13. Organización y asignación de tareas
14. Implementación de tareas
15. Sesión de formación por VSM manager
16. Reunión de seguimiento con VSM manager
17. Reunión de seguimiento económico con VSM manager
18. Reunión análisis situación final de la línea
19. Reunión finalización proyecto







Id	06							07 ago '06							14 ago '06							21 ago '06							28 ago '06							04 sep '06							11 sep													
	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M							
1																																																								
2																																																								
3																																																								
4																																																								
5																																																								
6																																																								
7																																																								
8																																																								
9																																																								
10																																																								
11																																																								
12																																																								
13																																																								
14																																																								
15																																																								
16																																																								
17																																																								
18																																																								
19																																																								



2.4 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es la mejora de la productividad de la Línea 2 (Línea de piezas grandes y complicadas) en una nave del sector aeronáutico mediante la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing al flujo productivo de la misma. La aplicación de dichas técnicas tiene como objetivos:

- Reducción de costes.

Se persigue aumentar la eficiencia productiva con los medios existentes.

- Mejorar los resultados.

Disminuir retrasos en las entregas y en todos los servicios en general.

- Crear valor para la empresa.

Eliminación de todo aquello que no aporte valor a la empresa.

Asimismo, se establecerá la medición de las mejoras mediante el seguimiento de una serie de indicadores que nos aportarán información de la marcha del proyecto.

ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto abarca la detección de las oportunidades de mejora mediante la aplicación de las diferentes herramientas empleadas, así como la implementación de las mismas, entendiendo como tal una descripción detallada de la situación previa y posterior de cada uno de los problemas detectados antes y después de la aplicación de las propuestas, y un estudio anterior y posterior a la implementación de las mejoras para medir la influencia de estas en el proceso.

2.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las mejoras que se han hecho en las tecnologías de fabricación en la última década han sido de gran efecto. Se han implantado máquinas con gran nivel de automatización y garantía de calidad de proceso, mayoritariamente en la fabricación de componentes y muy especialmente en materiales compuestos. También han sido meritorias, ya que una aeronave es un bien de extrema complejidad tecnológica, y que impone unas restricciones de difícil elusión al proceso de fabricación. Sin embargo, a pesar de que la mejora ha sido meritoria, no se puede olvidar que la competitividad es relativa, y que las circunstancias van cambiando:

- Primero, el contexto

En el mundo civil, las aerolíneas tiene difícil volver a una rentabilidad estable, tanto por la alta competencia, como por el precio de los combustibles, que ya nunca volverá a no crecer de forma sistemática y, además, sorpresiva. El posible crecimiento está en el área de China, pero allí hay contrapartidas de tener que establecerse. Es posible que la aviación regional despegue en Europa, pero para eso tendría que haber un crecimiento sostenido, lo que es dudoso. En el espacio la competencia para operaciones comerciales es extrema, con mayor practicidad de soluciones en USA, nuevos métodos baratos de lanzamiento y la aparición de China e India como competidores. En defensa, USA lleva una ventaja tradicional (el F35 arrollará sin duda el día que finalmente salga al mercado, con cualquiera de sus versiones), el tipo de armamento evoluciona hacia el de la guerra local - insurgencia- terrorismo, y las agencias estatales tienden a ser más radicales que nadie en “ser eficaces”

Por todo esto, el peligro de la deslocalización de la producción empieza a ser tenido en cuenta. Pero para España, esto sería un serio problema, ya que aquí no hay oficinas de desarrollo de producto significativas. Es decir, se tiende más a subcontratar que a otra cosa. Pero el enemigo está en casa. El sector tiene una tradicional complacencia con la alta tecnología en el producto, que ha supuesto altos márgenes potenciales. Se diría que tiene mentalidad de “una ingeniería que tiene una fábrica” de prototipos continuados. En este contexto, los esfuerzos para hacer realmente eficiente la producción han sido insuficientes. Un síntoma: **el incumplimiento sistemático de plazos de entrega en toda la cadena de suministros**. No se conoce nada igual; hay casos frecuentes y sostenidos de un 50%. Está claro que esto sólo puede ser origen y causa (los dos a la vez) de una eficiencia bajísima comparada, no ya con otros sectores, sino simplemente con los estándares técnicos suficientemente tensos y realistas del propio sector aeroespacial.

- Segundo, los competidores

USA aparece pronto. Después de algún fracaso inicial, Boeing ha sabido aplicar con firmeza las prácticas de TOYOTA (Lean Manufacturing), con un encomiable esfuerzo en adaptación a las series cortas de alto valor añadido tecnológico de nuestro sector, y pronto le siguieron Lockheed, Northrop y Goodrich. La aplicación de la digitalización total del B777, y las líneas móviles del B737, y ahora del propio B777, son los tractores de todo un funcionamiento orquestado en la cadena de suministros, que no tiene otro remedio que tener un cumplimiento del 100% (y por consiguiente una dramática reducción de costes de operación). El temible B787 y el ya mencionado F35, superarán lo anterior. Han sido pensados para su fabricación radical. Por ejemplo, el B787 adoptó una idea de utillaje flexible para fiber-placement de la empresa “North Sails” (lo aplicaba a velas de Kevlar) y fabrica un barrel de fuselaje de forma enteriza (incluidos larguerillos), y con un solo paso por autoclave.

Se puede decir que España **“empata en producto”** y **“pierde por goleada en el proceso”**.

¿Qué se debe hacer?

Sin duda, la solución está en poder tener la capacidad de innovar productos. España va a ser muy cara, hasta para el aeroespacio. Pero para tener la oportunidad de innovar en productos, es condición indispensable que las plantas-base de nuestra actividad en el sector sean extremadamente eficientes como fabricantes. Cualquier oportunidad sin esta base será un espejismo anecdótico e inestable. Esta empresa está claramente en este camino, aunque convendría una mayor velocidad.

La forma particular de realizar un salto radical en fabricación es hacer que la serie corta sea producida de forma tensa y muy eficiente. Es decir, aplicar lo que se conocen como “modelos de Lean Manufacturing”. El camino de los americanos, astutamente adaptado del modelo de TOYOTA desde las series largas de automoción. Pero, ¿tiene sentido solo copiar algo de quienes nos llevan ventaja? No, desde luego. Pero son de gran utilidad en el sentido de que, el dinero ahorrado por una producción eficiente a bajo costo se emplearía en innovación..

Tenemos que atacar por el talón de Aquiles, y éste es que aún (salvo excepciones) no hay una mentalidad de radicalizar la propia tecnología de la producción. Una radicalización que, además de reducir de forma dramática costes operativos, permita acoplarse al flujo tenso del Lean Manufacturing reduciendo dramáticamente lead times y finalizando plazos de entrega. Una especie de combinación de la revolución que la tecnología supone con la evolución de la mejora continua que el Lean Manufacturing implica. ¿Qué campos tenemos? Sin extendernos en razonamientos técnicos, se enumerarán algunos que, para las personas de producción, son evidentes:

- Curado e inspección inteligente en Línea, eliminado el autoclave, esperas y, con ellos, gran cantidad de costes de todo tipo y lead times.

- Utillajes y sistemas de manipulación inteligentes y adaptativos para fiber-placement, band-placement y mecanizados
- Deformación flexible e incremental en chapa.
- Nano fabricación de determinados composites.
- Eliminar la grada y sustituirla por sistemas de auto-montaje (montajes con cero personas) robotizados y flexibles 100 %

Y un largo etc.

En los próximos tiempos (y en no más de 10 años) debemos estar en una situación que proporcione una fiabilidad 100% de todos los plazos de entrega de la cadena de suministros, una reducción de lead times e inventarios mayores del 80 % (lo que liberará fondos para invertir en innovación) y una reducción de costes operativos cercana al 50 %. Cualquier iniciativa en Manufacturing debe ir enfocada a estos objetivos económicos. Y otra cosa, las acciones parciales no sirven. Sería necesario un plan director compacto a 10 años, y ejecutarlo con precisión absoluta. Sólo así podremos hacer frente a la fuerte competencia con la que nos enfrentamos.

3. SITUACIÓN PREVIA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CHAPISTERÍA

3.1.1 Flujos de fabricación

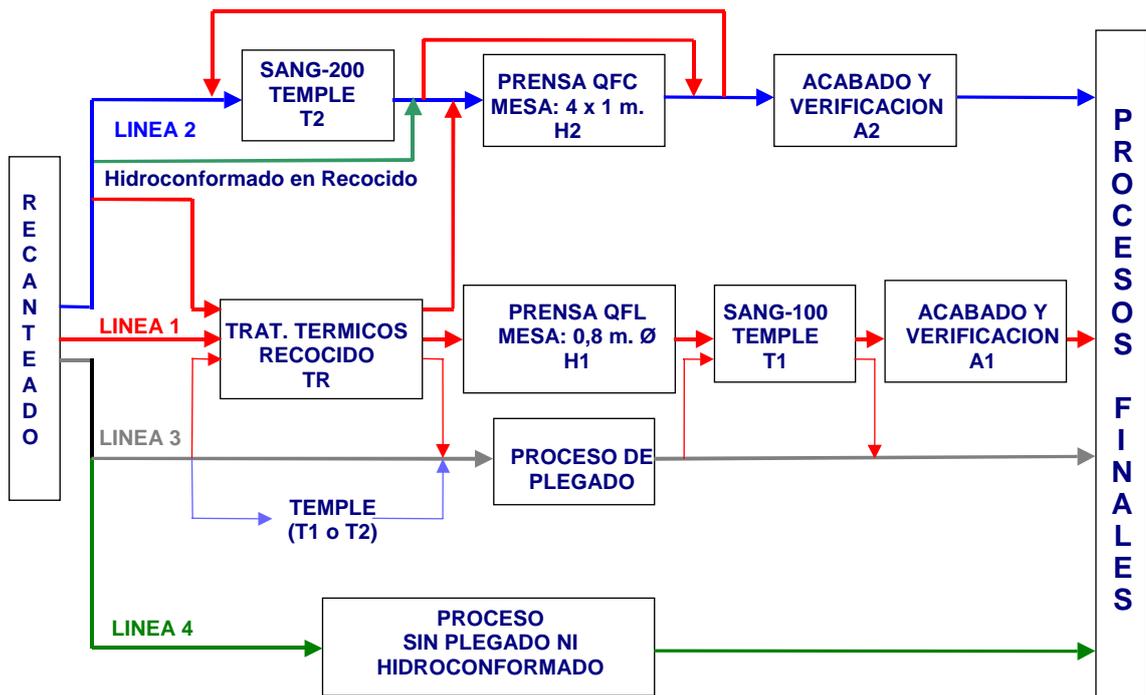
Líneas de producción a considerar en el Centro:

- a) Línea 1: Línea de Hidroconformado para piezas pequeñas ($L \leq 650$ mm)
 - Piezas con operaciones de Hidroconformado en Recocido y posterior proceso de Temple y apagado en Glicol, sin prácticamente ningún conformado manual. También se pueden procesar piezas en su estado (T3, T6, sin TT).

- b) Línea 2: Línea de Hidroconformado para piezas grandes ($L > 650$ mm) y complejas (todos los tamaños)
 - Proceso principal: Piezas con Hidroconformado en temple (est. AQ).
 - Piezas con operaciones de Hidroconformado en el estado de material de suministro (T3/T6...)
 - Piezas con operaciones de Hidroconformado en Recocido y posterior proceso de Temple

- c) Línea 3: Fabricación de piezas con proceso de Plegado
 - Piezas con proceso de plegado en estado de suministro (T3/T6 ...)
 - Piezas con proceso de plegado en estado AQ (con Temple anterior)
 - Piezas con proceso de plegado en Recocido (con Temple posterior)

- d) Línea 4: Chapistería Convencional. Piezas sin proceso de Hidroconformado ni de Plegado, con o sin tratamientos térmicos.
 - Piezas planas: sin ningún tipo de conformado
 - Piezas con operaciones en máquinas convencionales (Prensas excéntricas, Taladros...)
 - Piezas con conformado exclusivamente manual.



El área de Recanteado es común para todas las Líneas y consta de una máquina de corte para paquetes de chapas (CRENO) y otra de corte chapa a chapa (LASER TRUMPF).

Existe una célula para Tratamiento Térmico de maduración (MA) por la que pasan las piezas que proceden según su tipo de material, y otra para Medición de Dureza y Conductividad (DC) previas a Procesos Finales.

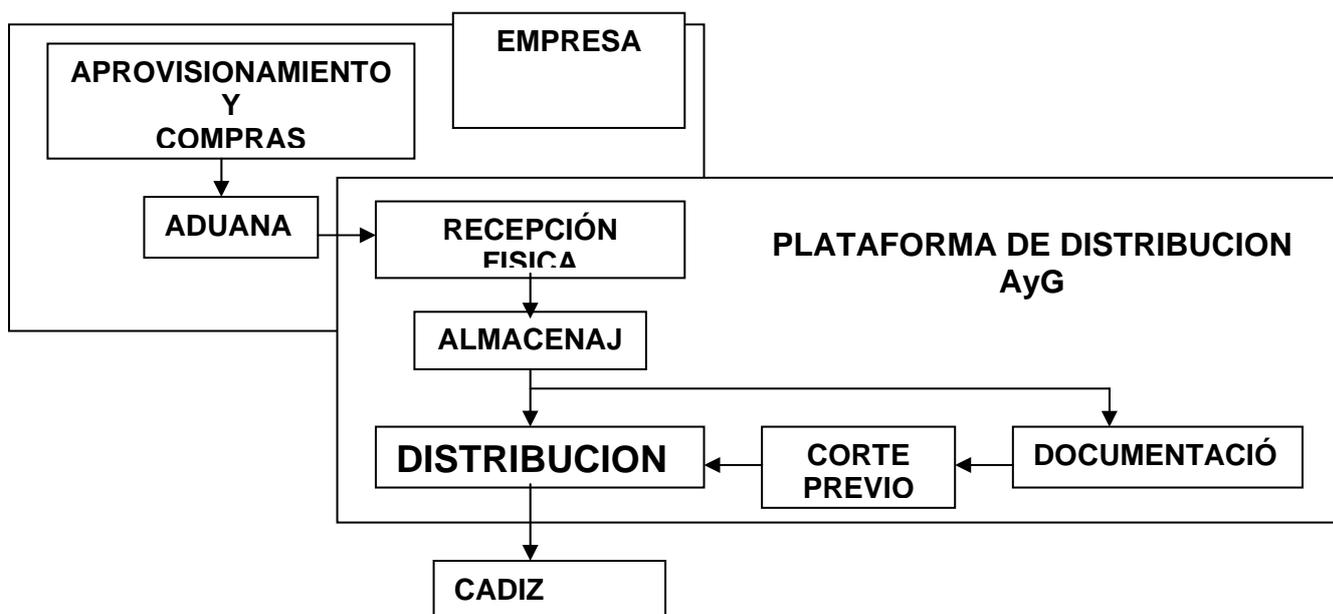
El área de Procesos Finales consta de 3 células de TTSS (S1, S2, S3), 2 células de Pintura (PA y PM) y 1 célula para Terminación y verificación final (TE).

3.1.2. APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES

La gestión de planificación del aprovisionamiento de materia prima para producción se realiza mediante los sistemas corporativos de la Empresa: MRP / SAP y es responsabilidad de la Planificación de Materiales del Centro.

A partir de la gestión de compras (Ofertas, Pedidos) sea compra central (Dirección de Materiales) o compra local (Dto. Compras del centro), la Recepción técnica, el almacenamiento y la distribución de la materia prima se centralizan en Sevilla para toda la zona Sur, y es proporcionada por una Plataforma de distribución de materiales (a partir de ahora las llamaremos AyG)

Esquema de gestión:



3.1.2.1 Criterios para la distribución de materia prima a máquina de corte por paquetes CRENO

Estandarización de materiales y formatos:

- Se utilizarán fundamentalmente 5 formatos estándar en producción (en mm.): 1220 x 610; 1220 x 1220; 2440 x 610; 2440 x 1220 y Formato máximo de 3660 x 1220
- No se puede descartar la utilización de formatos especiales en ciertos casos que lo puedan requerir pero se debe evitar en lo posible.

Características de la distribución del material:

- Existe en la planta un Almacén de Nestings de recanteado como pulmón de la máquina de corte
- Se dispone de automatización tanto del almacenamiento como del servicio de Nestings a las máquinas.
- Se disponen de útiles estándar para transporte y carga/descarga de paquetes de chapas (Nestings) que llamaremos "cassettes".
- El envío se realizará por parte de AyG según las necesidades de mantenimiento de stocks en el almacén de formatos. AyG dispone de un módulo del sistema de control que le programará los despachos.

- El almacenamiento de chapas - Nestings en el almacén de formatos es directo sin necesidad de ninguna recepción técnica.
- Todas las operaciones necesarias para garantizar el almacenamiento y la alimentación directa del Nesting a la máquina, sin ninguna necesidad previa de preparación o recepción técnica, serán efectuadas en AYG.
- Criterio de calidad concertada: Sistema de aseguramiento de que se trata de la materia prima correcta, en la recepción y almacenamiento en el centro con un sistema de identificación de los Nestings por "Mobys" (chips de identificación controlados por el sistema de Control de Planta)

3.1.3. AREA DE RECANTEADO

Esta área consta de la Célula de Recanteado (RE) y la Célula de Tratamientos Térmicos de Recocido (TR)

3.1.3.1. Célula de Recanteado (RE00)

Distribución en planta:

- Sistema de alimentación a maquina Recantadora CRENO. Zona de transporte y manipulación
- Zona de Recanteado en Maquina CRENO. Características de la máquina:
 - Corte de paquetes de chapas hasta 12 mm. de espesor máximo.
 - Regulación automática de espesores a recantar desde 1 a 12 mm.
 - Atornillado de chapas a una base de madera.
 - Sistema "Bridge Cut" (corte de puentes) que elimina cualquier operación de remachado.
- Zona de salida para retirada de paquetes de Nestings recantados.
- Máquina de Rebarbado COSTA. Proceso de Rebarbado para piezas > 125 mm.
- Bombo de Rebarbado y Limpieza para piezas de pequeñas dimensiones (< 125 mm.)
- Zona de Operaciones manuales: Rebarbado manual (Bancos de trabajo) y Fresadora especial para chaflanes.

- Zona de Recantado en máquina LASER TRUMPF. Características de la máquina:
 - Corte chapa a chapa. Mesa de 3 m. x 1 m.
 - Almacén convencional de materia prima disponible (estanterías)
 - Manipulador con “chupona” para transporte de chapas a la máquina.

Descripción del proceso de Recantado en máquina CRENO:

- En el momento en que se precisa el material para un Nesting concreto (según programación) el CIC envía una orden al Almacén y el elevador mediante las horquillas retira el cassette correspondiente (asociado al Nesting), de su ubicación y lo entrega en el transportador de alimentación al carro transferidor. Existe a la salida del almacén una verificación automática del despacho (lectura del Moby identificador) para cubrir errores de funcionamiento
- El carro transfiere el cassette a un mecanismo donde se separa la carga: una mesa elevadora de cadenas que se eleva entre los travesaños del cassette levanta la placa base con el paquete de chapas y lo transfiere a otra mesa de cadenas que lo traslada a la maquina Recantadora CRENO para la operación de corte.
- El cassette vacío es devuelto, después de la descarga de las chapas, al almacén de formatos a la espera de volver a ser despachado para carga de retales.
- El programa de recantado (Nesting de CN) se ha enviado previamente por CN directo al control de la maquina.
- Para la operación en maquina CRENO: se necesita la confirmación del programa de CN por parte del operario responsable de la máquina.
- Una vez recantadas las piezas se descarga el Nesting desde la máquina y se traslada automáticamente a la zona de salida, donde los operarios de forma manual recogen los paquetes de piezas recantadas (lotes) correspondientes a las distintas órdenes integradas en la agrupación.
- Existe un sistema de identificación por puntero luminoso láser que señala automáticamente sobre el paquete de piezas cortadas, el lote de piezas a retirar: la orden, PN, cantidad de piezas del lote y modelo gráfico plano, se muestran simultáneamente en un monitor anexo al puesto de descarga.

- Identificación por orden: El sistema requiere el responsable del Nesting, el operario retira todos los paquetes de una orden y graba Moby de identificación. La operación de Recantado en CRENO pasa a estado T (terminada) tras esta acción, capturando el responsable introducido y le fecha/hora de terminación.
- Cuando se termina la identificación de todos los lotes se confirma la retirada de los retales (botón de confirmación en el control del sistema de manipulación) y la base de madera con los retales se desplaza hacia la zona del mecanismo de separación de carga de los cassettes.
- Un cassette vacío se despachará desde el almacén para recoger la base de madera con los retales sobrantes en proceso inverso en la mesa elevadora.
- Los cassettes con los retales de materia prima pasan a la posición de descarga/salida del sistema de manipulación y se retiran por AyG para su reciclado y nuevo uso del cassette.

Descripción de procesos auxiliares:

- Al terminar cada orden el sistema indica el destino siguiente: proceso de Rebarbado posterior (máquina donde se procesa el lote) o proceso de realización de Chaflán en el recurso de Fresa auxiliar.
- *Máquina de Rebarbado COSTA:* El operario cogerá el lote de piezas (orden) y lo deposita, pieza a pieza, en la mesa de entrada de la Rebarbadora o en un carro auxiliar en espera. Posteriormente a cada orden retirada de forma completa desde el puesto de descarga y su identificación por Moby, el puntero luminoso pasará a marcar el siguiente lote a retirar de la zona de salida de Recantado.
- Una vez que se han colocado todos los lotes posibles (órdenes) en la mesa de Rebarbado, el operario dará la orden de procesarla en máquina. El proceso se repetirá para la cara inferior de las piezas, volteándolas en la misma posición de la mesa (al retorno del ciclo)
- *Bombo de Rebarbado:* En el caso de piezas de muy pequeñas dimensiones se atarán mediante un alambre o similar para mantener el lote unido y controlado. Este "rosario" de piezas estará identificado por el Moby identificador de la orden. Si las piezas del lote se introducen separadas, a una de ellas se le ata el Moby.
- Existen bancos de trabajo para realizar las operaciones manuales que procedan: Rebarbado manual para piezas de grandes dimensiones (no procesables en máquina), cortes de uniones entre piezas...

- Una vez finalizado el proceso de Rebarbado de los lotes, se clasificarán y manipularán dependiendo del proceso a seguir:

El operario irá tomando las piezas a la salida de la máquina de rebabar que proceda hasta completar el lote y leerá con un escáner el Moby de la orden, el monitor le facilita el modelo gráfico de la pieza desarrollada para su identificación, el nº de orden, el PN y la cantidad de piezas de la orden, y requiere el responsable de la operación (clave y password) antes de actualizar la grabación en el Moby. La operación pasa a estado T tras esta acción, capturando fecha y responsable. El sistema informa del destino y flujo a seguir:

- Flujo de hidroconformado en Recocido (para cualquier línea de destino, piezas grandes o pequeñas): Almacenamiento directo de los lotes de piezas en estanterías apilables del Horno de Recocido. En este caso el Moby no se vuelve a grabar y deja de utilizarse para la orden porque la identificación se transfiere al control de las bandejas de la estantería.
 - Flujo de Hidroconformado en Línea 2: Carro - estantería de transporte para su traslado de forma manual al área de preparación de Tratamientos Térmicos o directamente a Prensa QFC.
 - Flujo de piezas con proceso de Plegado, piezas de Línea 4 o piezas planas con destino directo a TTSS: Carro - estantería para su traslado a la Célula correspondiente.
- Si la operación a terminar es en Fresa auxiliar: realización de chaflanes, igualmente el sistema captura fecha y responsable de la operación, informando del destino siguiente a continuación.

Descripción del proceso de Recantado en máquina Láser TRUMPF:

- El operario prepara la máquina Láser y deposita una chapa (la correspondiente a la agrupación a fabricar) en la mesa de trabajo y efectúa la operación de Recantado.
- Salida de máquina: Por Reporting rápido, grabando Moby (orden a orden) de acuerdo a la identificación facilitada por la documentación del Nesting generada por el Software de la máquina. El sistema captura **responsable** y **fecha de terminación**.
- Las operaciones de repaso manual que fueran necesarias se efectúan en la zona de repaso anexa a la máquina y dentro del área de Recantado
- El sistema informa de la siguiente operación del proceso que, en principio, siempre es la célula CV00 para repaso en Lijadoras.

- Posteriormente a este paso por CV el sistema informa de destino según la Línea de fabricación a seguir.

3.1.3.2 Célula de Tratamientos Térmicos de Recocido (TR00)

Distribución en planta:

- Horno de Recocido con capacidad para una estantería de carga de 3 m. x 1,5 m. útiles
- 4 soportes para bandejas apilables de carga/descarga con su sistema de manipulación: Dos soportes se ubican en la zona de carga de piezas desde salida de Rebarbado y otros dos próximos a la zona de entrada de piezas en el Almacén de útiles/piezas de la Línea 1 de Hidroconformado en QFL. Se dispone de 2 juegos de 8 bandejas apilables.

Descripción del proceso en la célula

- Un juego de 8 bandejas como máximo conforman una estantería disponible para la carga de piezas. Por medio de un polipasto sencillo los operarios depositan una bandeja vacía en el soporte más próximo a la salida de Rebarbado.
- Las órdenes (lotes de piezas completos) se cargan manualmente por parte de los operarios en la bandeja depositada en el soporte. Se sigue un sistema de carga lógico de piezas en las bandejas para conseguir una identificación de lotes (Órdenes/PN) que permita la manipulación y posterior identificación a la salida sin errores.
- Cada bandeja tiene una división en 8 ubicaciones, que será mostrada en el monitor de control de carga para el Horno de Recocido. Para la identificación de los lotes, el operario que efectúa la operación de carga asigna las órdenes a su correspondiente ubicación en la bandeja de una forma simple y gráfica en el monitor de control.
- Una vez cargada una bandeja de piezas, se ubica encima otra vacía y se repite el proceso, hasta tener apiladas todas las bandejas cargadas de piezas.
- Cuando la carga está completa (8 bandejas) o se decide realizar el proceso de Recocido con las bandejas que se decida, el operario de la zona efectúa la transacción de envío al SCADA de control del horno de la agrupación creada, en la pantalla del CIC. El sistema requiere el responsable de la operación en este punto (clave y usuario). El Horno queda listo, con los parámetros necesarios para iniciar el proceso y mediante el carro transportador, el operario recogerá la estantería con todas las

bandejas apiladas y la introducirá en el horno de Recocido y efectúa el Inicio del proceso.

- Una vez finalizado el proceso, mediante el transportador se extrae la estantería del Horno y la sitúa en uno de los soportes de descarga. Tras su enfriamiento y con un sistema similar al de carga, se utiliza el polipasto para situar la bandeja superior (cargada de piezas) en el soporte próximo a la entrada de piezas al Almacén de la zona.
- Operaciones a realizar en la descarga:

- Descarga de órdenes desde cada bandeja y carga directa en el almacén automático de útiles y piezas, de la Línea 1 de Hidroconformado:

El operario situado a la salida del horno de Recocido, descarga las bandejas del horno por ordenes (lotes completos) guiado por el sistema CIC, de modo que éste le va indicando el lote de piezas que debe de coger desde cada ubicación de cada bandeja de la estantería del horno y le muestra en el monitor el modelo gráfico de la pieza para su identificación.

El sistema le exige grabar un Moby para la identificación de la orden y al mismo tiempo envía al almacén de útiles la orden de extracción del contenedor (KLT) con el útil correspondiente a esa pieza, mostrándole en este caso la foto del útil asignado a la pieza.

Una vez despachado el KLT con el útil, el sistema exige la lectura del código de barras del KLT del almacén y la lectura del código de barras del útil para garantizar la asignación de las piezas al útil correcto.

El lote de piezas (orden) identificado por el Moby se introduce en el KLT que espera en la cabecera del puesto de entrada al almacén de útiles. Los contenedores constan de 1, 2, o 4 ubicaciones para útiles/piezas dependiendo del aprovechamiento de espacio (según tamaño de los útiles ubicados) por lo que en el caso de 2 o más útiles, el sistema mostrará en el monitor de forma gráfica la ubicación exacta donde se ubica el útil a usar. El KLT retornará al almacén una vez confirmada la operación de carga como terminada (botón de confirmación en el puesto de almacén).

- Descarga hacia la Línea 2 de piezas grandes y complejas. El sistema CIC requiere la grabación de un Moby para identificación de la orden y solicita el nº de carro, estantería y posición donde ubicar la orden.

- Descarga hacia la Célula de Plegado: El sistema requiere la grabación de un Moby para identificación de la orden y las piezas se colocan en las estanterías de Plegadoras.

Control del proceso de tratamiento térmico

El horno consta del SCADA que está conectado al CIC. Los datos de proceso son informados directamente desde el CIC al SCADA antes de comenzar el proceso y a su vez el SCADA controlará el proceso y reportará al CIC los datos a capturar.

3.1.4. AREA DE HIDROCONFORMADO DE LINEA 2

Esta Línea se define para la fabricación por Hidroconformado de piezas con útiles > 650 mm. de longitud máxima o para piezas varias de cualquier tamaño pero cierta complejidad y la llamaremos Línea de Conformado de piezas Grandes y Complejas. Consta de la Célula de Hidroconformado QFC (H2), Célula de Tratamientos Térmicos de Temple (T2) y Células de Acabado y verificación (A2)

3.1.4.1 Generación de agrupaciones de para la prensa de Hidroconformado

En este área se planifican los trabajos de acuerdo a las agrupaciones de piezas a conformar a la vez en un palet de prensa: existe una función en el CIC para agrupar las piezas teniendo en cuenta el tipo de proceso de Temple, la cantidad de las órdenes, las dimensiones del útil de conformar y el tipo de proceso (pasadas en el útil).

Logística de órdenes para su clasificación

- En salida del área de Recanteado, los carros y sus bandejas deben estar perfectamente identificados (Area Destino- N° carro – Bandejas – ubicaciones en bandejas)
- Salida de Recanteado hacia L2 (proceso de doblado en Temple o en su estado): las órdenes se colocan en CARRO – BANDEJA – UBICACIÓN (opcional) y se registra en CIC
- Salida de Horno de Recocido hacia L2 (proceso de doblado en Recocido): las órdenes se colocan en CARRO – BANDEJA – UBICACIÓN (opcional) y se registra en CIC

Gestión de Agrupaciones. Acciones a seguir por Control de producción de la zona

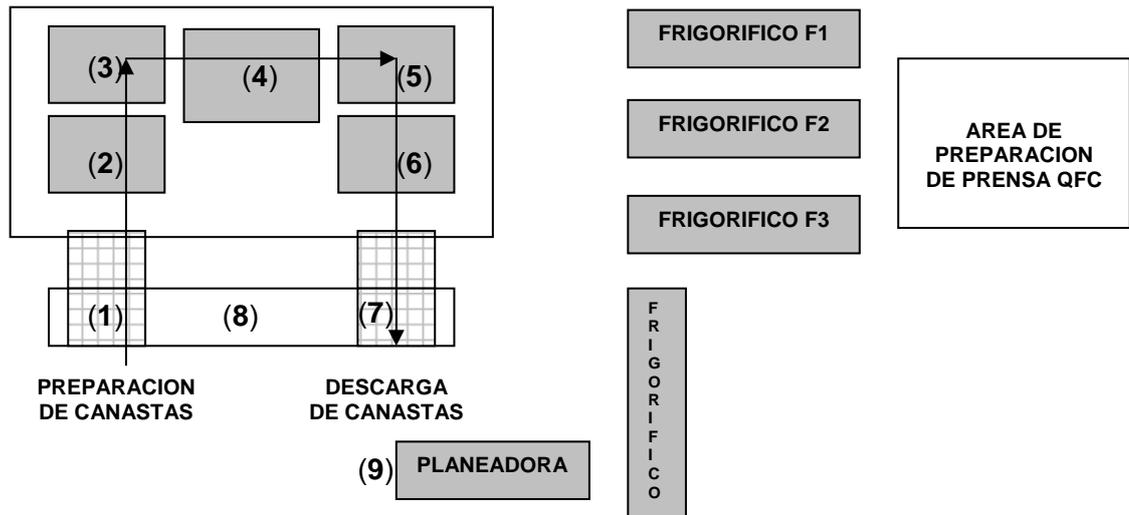
- El sistema informa de las ordenes disponibles y su localización en Carros – Bandejas – ubicaciones.

- Ordenes Disponibles en T200 (Célula de tratamientos térmicos de L2) con rutas R2x
- Ordenes Disponibles en H200 (Célula de Hidroconformado) con rutas R2x
- Selección general de ordenes para agrupaciones por proceso de conformado (Temple, en su estado o Recocido).
- Generación de las agrupaciones teniendo en cuenta la ocupación de la mesa de prensa (se dispone de las dimensiones Largo x Ancho de los útiles de conformar) mediante un sistema gráfico de asignación de útiles al palet.
- Confirmación (Agrupación Disponible) y asignación a un Puesto de preparación determinado: define la Nevera (caso de conformado en Temple) o el Puesto donde se sitúan las piezas (Recocido o en su estado):
 - En el caso de conformado en Temple, las agrupaciones Disponibles son las que están preparadas para realizar el proceso en la célula T200. Para templar cualquier orden en T2, tiene que estar incluida en alguna agrupación Disponible
 - Las agrupaciones formadas solo con órdenes para doblar en su estado se colocan en estanterías próximas a la zona de preparación de H2, listas para su proceso en cuanto esté el palet preparado.
 - Las agrupaciones formadas con órdenes para doblar en Recocido se colocan en estanterías próximas a la zona de preparación de H2, listas para su proceso en cuanto esté el palet preparado.
- Impresión de la documentación específica de la agrupación, localización de las órdenes en las estanterías y agrupación física de las piezas a disposición de los operarios del área de TT.

3.1.4.2 Célula de Trat. Térmicos de Temple Línea 2 (T200)

Distribución en planta:

Todos los elementos están ubicados en un foso excepto la zona de preparación de bastidores que está en cota 0.



- Zona 1: Zona de Preparación de canastas (carga de bastidores y entrada en canastas).
- Zona 2: Zona de instalaciones de Limpieza (Desengrase en Fase vapor)
- Zona 3: Plataforma de carga de canastas a Hornos.
- Zona 4: Horno de dimensiones adecuadas para la línea. De carga vertical.
- Zona 5: Tanque de Glicol para el apagado.
- Zona 6: Instalación de enjuague y secado para la limpieza de las piezas apagadas en glicol.
- Zona 7: Zona de descarga de las canastas. En este área las piezas se descargan de la canasta.
- Zona 8: Carril por donde circula el carro transportador de la canasta.
- Zona 9: Planeadora (para piezas con deformaciones en planitud tras el apagado)
- Almacenes frigoríficos (para mantenimiento de estado AQ de las piezas).

Descripción del proceso en la célula:

El procedimiento a seguir en la célula depende del tipo de proceso de hidroconformado de las piezas de las ordenes.

Piezas con proceso de doblado en Temple fresco (proviene de la Célula RE)

- Las agrupaciones de prensa formadas con piezas con proceso de Temple anterior se colocan disponibles para su tratamiento en T2.
- Los operarios, a partir de la agrupación disponible para tratar, seleccionan las órdenes que van a agrupar para el TT. El CIC le muestra el modelo de la pieza, el código de proceso de TT y los datos principales. Una vez localizada la orden, lee el Moby para identificarla.
- Las piezas de una orden se colocan en uno o más bastidores o directamente en la canasta. Los bastidores una vez llenados con diversos lotes completos y del mismo proceso (controlado por el CIC), se deslizan por unas guías hasta una canasta que será el medio de transporte por la cadena de TT. En el CIC se valida que la canasta tenga asignada ordenes con el mismo código de proceso. Se procurará asignar siempre agrupaciones completas de prensa para facilitar la logística posterior.
- A partir de la confirmación de la canasta, se envían los datos al SCADA de control del horno, el sistema exige responsable de la operación (clave y usuario) y una vez efectuado el comienzo del proceso, todos los movimientos serán automáticos, controlados por el sistema de manipulación y el SCADA de control del Horno. La entrada de una canasta preparada en el horno tendrá lugar cuando el operario del área de preparación haya confirmado que está preparada, el horno haya terminado el trabajo anterior y el sistema de gestión de planta envíe los datos de la hornada al SCADA de control.
- Se emite una documentación por agrupación que consta de una hoja por cada orden y que muestra la imagen de la pieza y los datos principales de la orden para su fácil identificación y descarga de la canasta hacia las neveras. Los Mobys identificadores de cada orden se controlan por hoja para su asignación al final del proceso.
- Salida del proceso: Mantenimiento del estado AQ. El criterio es almacenar las piezas lo antes posible en el almacén frigorífico y someterlas a un enfriamiento rápido (a -28° C aproximadamente). Un Nesting de prensa completo debe quedar almacenado en el frigorífico asignado (al lado del puesto de preparación de prensa correspondiente). En el caso de que necesiten operación de planeado, esta se realizará previamente a su introducción en la nevera.
- Una vez vaciados totalmente todos los bastidores de la canasta, y con todas las piezas almacenadas en el frigorífico, el operario recopila las hojas de cada agrupación y procede a asignar los Mobys identificadores por orden (hoja de cada orden) y efectúa la Terminación de la Agrupación (terminación masiva de

operaciones en T2 de todas las ordenes de la agrupación). La documentación de control se archiva en el Puesto de preparación correspondiente, para el control posterior por parte de los operarios de prensa.

Piezas que provienen de doblado en Recocido (en prensa QFC)

- Son piezas con forma, procedentes de la operación de doblar en prensa, que una vez tratadas térmicamente, con el mismo procedimiento que el descrito anteriormente, excepto en el tema de guardar las piezas en frigorífico, se trasladan y colocan en el palet de prensa donde están los útiles de doblar (han permanecido en espera del Tratamiento térmico de las piezas en el puesto)

Control del proceso de tratamiento térmico:

El horno consta del SCADA que está conectado al CIC. Los datos de proceso son informados directamente desde el CIC al SCADA antes de comenzar el proceso y a su vez el SCADA controlará el proceso y reportará al CIC los datos a capturar.

3.1.4.3 Células de prensa de Hidroconformado QFC (H200)

Distribución en planta

- Una prensa QFC con dos mesas de carga de 4 x 1,2 m. para operación de hidroconformado.
- Almacén automático de útiles para servicio de esta área con dos puestos, uno para carga de útiles en palet y otro para descarga hacia el almacén.
- 3 Puestos de preparación de palets para 1 mesa de prensa
- Frigoríficos (uno como mínimo para cada puesto) al lado de los puestos de preparación.
- Sistema de paletización de prensa para una mesa (manipulación integrada entre almacén de útiles, puestos de preparación y carga/descarga a mesa de prensa)
- Se disponen de 6 palets de Aluminio como palets de prensa en todo el circuito.

Descripción del proceso en la célula

Para facilitar la organización de la producción en esta área se generan las agrupaciones de Prensa (piezas que forman una prensada) tal como se explicó anteriormente.

Toda esta área está cubierta por un sistema de paletización que controla todos los movimientos de palets hacia la prensa, almacén automático de útiles y Células de

Acabado y verificación. Solo una de las mesas de prensa tiene este tipo de manutención automática, reservándose la 2ª prensa para operaciones de Puesta a Punto de piezas y fabricación excepcional (urgencias, piezas especiales...) en las que se operará de forma manual.

Puesto de E/S en almacén de útiles:

- El sistema CIC envía las ordenes de despacho según las agrupaciones disponibles al almacén automático, de los útiles que conforman una Agrupación de prensa. Esta orden se activará a petición de los operarios cuando procedan a Iniciar una agrupación determinada (CIC).
- Al operario se le presenta, en una línea de rodillos un palet de prensa vacío. Por el lado del almacén, se van presentando los palets de madera del almacén con útiles de conformar y el sistema CIC indicará cual debe extraer según indicación en el modelo gráfico del palet de almacén y donde lo debe colocar según información gráfica de la agrupación de prensa que le muestra también el monitor de la zona: representación gráfica de la agrupación, foto del útil de conformado y lista de útiles auxiliares a despachar.

Para facilitar el proceso de carga de los útiles, que pueden llegar a ser bastante pesados y voluminosos, están equipados con unos enganches para la sujeción rápida de las eslingas por un manipulador que existe en la zona de carga/descarga. La ubicación de estos enganches debe ser tal que no interfiera con ninguna de las superficies sobre las cuales se conforma la pieza y existen actualmente para todos los útiles mayores de 25 kg.

En este mismo puesto se despacharán igualmente (depositándolos en el palet) los útiles auxiliares que se requieran posteriormente en el proceso de acabado.

- Una vez el palet esté completo con todos los útiles necesarios, el operario confirma la terminación de la preparación del palet (botón de confirmación) y se traslada de forma automática mediante una cadena de rodillos y un carro transferidor hasta el puesto de carga de piezas asignado.

Puesto de preparación de palets de prensa:

En este puesto se colocan las piezas sobre los útiles para abastecer a los palets de prensa. Existen distintos flujos de acuerdo al proceso de Hidroconformado: en AQ (posterior a Temple), en Recocido o en el estado de material de partida (T3, T6..).

Piezas que se conforman en estado AQ

- El operario del puesto retira los útiles auxiliares del palet (ubicándolos en una mesa/estantería auxiliar de espera)
- El CIC muestra la agrupación gráficamente en el monitor del puesto. El operario extrae los lotes de las piezas correspondientes a la agrupación desde el frigorífico situado en su puesto de preparación con ayuda de la documentación (hojas de cada orden con la figura de la pieza) y coloca cada pieza sobre su útil correspondiente y una vez acabado este proceso, valida el primer proceso de carga del palet.
- Cuando se ha producido la validación, el carro transferidor recogerá el palet de prensa cargado de piezas sobre útiles y lo enviará al transportador de rodillos para efectuar la carga en prensa QFC mediante el dispositivo elevador que desciende y lo sitúa en cabecera de carga de la mesa de prensa. En el momento en que la mesa de prensa se libera, el palet inicia el ciclo de prensa.
- Una vez terminado el ciclo de prensa de un palet, con las piezas ya conformadas, se retira por la parte opuesta de la mesa de prensa y se dirige hacia el transportador de rodillos de salida para proceder a su carga en el carro transferidor.
El palet se traslada al mismo puesto de preparación del que salió, para que los operarios retiren las piezas de los útiles, las descarguen en la nevera o estantería auxiliar y carguen un nuevo grupo de piezas en los útiles de prensa. El proceso de prensa se repite tantas veces como sea necesario hasta que todas las piezas pertenecientes al mismo lote se hayan conformado.
- Después del último ciclo de prensa de la agrupación y una vez extraídas las últimas piezas, se depositan los lotes completos de piezas conformadas junto con los útiles auxiliares en el palet y se efectúa la orden de traslado a la zona de Acabado y Verificación. El sistema, en este momento, requiere el responsable de la operación (clave y usuario) y la acción que desencadena el transporte a la célula A2 significa la TERMINACION de la operación en célula H2 de prensa, masiva para todas las ordenes del Agrupación.
- El palet se sitúa en el carro transferidor y se dirige al transportador de rodillos que debe entregarlo a la lanzadera que efectúa la distribución a las diferentes células de Acabado y Verificación A2.

Piezas con proceso de Hidroconformado en Recocido

Las órdenes/lotos de piezas proceden de la Célula de Tratamientos Térmicos de Recocido TR y estarán ubicadas en una estantería de la zona: "buffer" desde donde el CIC considera disponibles las órdenes para formar las Agrupaciones de prensa.

El proceso es idéntico al anterior excepto en dos operaciones:

- En el palet se despachan útiles de conformado mas los auxiliares que se necesiten posteriormente, que se retiran en el puesto a la estantería de espera.
- Carga de piezas: Las piezas de todos los lotes del Agrupación se encuentran en un carro – estantería que se coloca al lado de la mesa de preparación.
- Terminación de piezas: Los lotes de piezas, una vez terminada la operación de conformado, se trasladan a la zona de Tratamientos Térmicos T2 para su proceso de Temple.
- El palet con los útiles de conformado y auxiliares se queda en posición de espera de las piezas procedentes de Temple.
- Los lotes de piezas ya templadas se envían posteriormente a la zona de espera donde se encuentra el palet con los útiles, para ubicarlas en el palet y enviarlo al área de Acabado y Verificación A2.

Piezas con proceso de Hidroconformado en su estado (T3/T6...)

Las órdenes/lotos de piezas proceden del área de Recantado. Se deben formar las agrupaciones de prensa con piezas de este proceso y el flujo es muy similar al anterior:

- En el palet se despachan útiles de conformado mas los auxiliares que se necesiten posteriormente, que se retiran en el puesto a la estantería de espera
- Carga de piezas: Las piezas de todos los lotes de la Agrupación se encuentran en un carro – estantería que se coloca al lado de la mesa de preparación.
- Terminación de piezas: Los lotes de piezas, una vez terminada la operación de conformado, se colocan en el palet (con los útiles de prensa y auxiliares que se hayan despachado) y se envían a las Células de Acabado y verificación.
- El sistema permite agrupar ordenes con conformado en su estado junto con órdenes con proceso de conformado en Temple. Las piezas de ordenes en su estado, en este caso, esperarían a las piezas de órdenes con proceso de Temple una vez procesadas en el horno. Los útiles se despacharían conjuntamente a un palet.

Procedimiento especial de ordenes que terminan su proceso en prensa sin necesidad de conformado manual:

Este es el caso de piezas que una vez conformadas en prensa, no necesitan ningún tipo de conformado manual, es decir salen completamente terminadas de prensa y solo necesitan la verificación una verificación. Este procedimiento está en desarrollo (no está actualmente operativo) y se implantará próximamente:

- Estas partes tienen un parámetro de control especial, que se carga en la ruta (CAPP) que indica esta circunstancia, se carga previamente al generar la ruta o posteriormente tras la puesta a punto.
- Si la orden tiene este parámetro recogido en la operación de H2, el sistema CIC informa al operario de prensa, en el momento del envío a células A2 de que inspeccione las piezas para terminarlas directamente.
- El operario verifica las piezas y si son correctas las confirma como terminadas. El sistema termina las operaciones en célula A2. Las piezas son retiradas del palet (solo van los útiles para su devolución posterior al almacén) y las envía al destino siguiente (informado por el sistema).

3.1.4.4 Células de Acabado y Verificación de Línea 2 (A200)

En estas células se reciben los palets de prensa procedentes del área de prensa QFC (Célula de hidroconformado de piezas grandes y complejas) con los útiles de conformado, útiles auxiliares necesarios para el proceso y piezas conformadas. Las operaciones que se realizan en estas células son generalmente:

- Acabado según plantillas y útiles de conformado o auxiliares.
- Operaciones auxiliares: Embebido, Trazado y Taladrado, Corte, Lijado y Rebarbado...
- Verificación dimensional según plano.

Distribución en planta

- Existen 4 puestos de ubicación de palets procedentes de Conformado en prensa.
- Las máquinas existentes en el área son: Embebedoras, Taladros, Cizallas, Sierras de cinta, Lijadoras, ...etc.
- Las lijadoras se encuentran ubicadas en un recinto cerrado
- Bancos de trabajo y mármoles para comprobación de planitud
- Existe un Almacén manual para calibres CLFA, CLCO, .. y útiles especiales en la zona.
- Instalación de Desengrase en fase vapor para limpieza de piezas, cuando fuese necesario.

Descripción del proceso en las células

- El monitor de control del puesto informa de todas las piezas incluidas en la Agrupación ubicada en el puesto. Si alguno de los lotes recibidos constan de información (parámetro del proceso) que implica su almacenamiento inmediato en Nevera (mantenimiento de estado AQ) deberá realizarse prioritariamente esta operación por parte de los operarios de la zona (existe una alarma luminosa proporcionada por el sistema de control)
- El operario selecciona un lote (orden), efectúa la lectura del Moby identificador y el sistema le muestra el modelo de la pieza y le informa de todas las operaciones específicas a realizar y medios necesarios (útiles).
- Una vez terminado el proceso de acabado y verificación en una orden completa, el operario procederá a la grabación del Moby para terminación de la operación y actualización del proceso, el sistema requiere siempre usuario y password en esta operación. El lote de piezas se ubica en las estanterías de salida dependiendo de su destino.
- Devolución de útiles a Almacén: Todos los útiles (DBPG y auxiliares) correspondientes a la orden terminada deben situarse en el palet correspondiente donde se recibieron y que está en espera. Cuando se termina la última orden de la Agrupación, el sistema CIC solicita la confirmación al sistema de manipulación integrada de la zona de la orden de traslado del palet con útiles (de conformar y auxiliares) para su devolución al almacén automático. Siempre se debe confirmar que todos los útiles (conformado y auxiliares) están en el palet.
- Proceso de retorno de palets con útiles al Puesto de E/S en almacén de útiles: al efectuar la orden de devolución de palet, el carro traslada el palet con los útiles al transportador que los transferirá a la zona de descarga de útiles. En este punto los útiles se devuelven al almacén y una vez vacío el palet está disponible para volver a ser cargado con útiles de una nueva agrupación e iniciar un nuevo proceso de conformado.
- En cualquier momento se podrán desasignar órdenes/útiles de un palet para facilitar la logística en la zona: fundamentalmente para evitar retenciones de palets por falta de devolución de algún útil, por ejemplo en ordenes con mucho tiempo de proceso en A2, se desasigna el útil de ese palet para permitir su devolución y se podrá asignar a otro cualquiera cuando proceda; también es posible devolver este útil de forma individual al almacén.

3.1.5. Célula de Chapistería convencional (CV00)

Distribución en planta

- 1 Prensa Excéntrica de 80 Ton
- 1 Prensa Excéntrica de 30 Ton
- 1 cuarto de Lijadoras
- 1 Sierra de Cinta
- 1 Taladro de columna
- 1 fresadora convencional (para ajuste de utillaje)
- Cizallas y Taladros de sobremesa en bancos de trabajo

Descripción del proceso

- En esta célula se procesan las siguientes órdenes
 - Ordenes de piezas con alguna operación en máquinas convencionales o con conformados manuales especiales, procedentes de la Célula de Recanteado (Línea 4 de fabricación)
 - Ordenes con operaciones adicionales en CV procedentes de cualquier otra Línea de fabricación
- El operario de la zona efectúa la lectura del Moby identificador para cada orden,: el sistema le muestra el modelo de la pieza y las instrucciones así como medios auxiliares (útiles, planos...) necesarios para su proceso en la célula.
- Al terminar la operación en la célula se efectúa el Reporting rápido en CIC, el sistema siempre requiere responsable y captura la fecha/hora de terminación.

Los lotes de piezas (órdenes) completamente terminados se trasladan a la zona de salida, organizándolos según el destino que informa el CIC.

3.1.6. CELULA DE MADURACION (MA00)

Distribución en planta

- 2 Hornos de Maduración, inmediatamente después de la Célula de Chapistería convencional.

Descripción del proceso:

- A esta célula llegarán las piezas con proceso de Maduración artificial, procedentes de cualquier célula de Acabado de Chapistería (A1, A2, PL, CV).
- Las órdenes/lotos de piezas recepcionadas constituyen el buffer de entrada (estanterías) y se clasificarán de acuerdo a su Código Tipo de proceso (el sistema CIC se lo indica a través del monitor de la zona al efectuar la lectura del Moby)
- En el CIC, menú de Tratamientos Térmicos de Maduración, se generará la agrupación de Maduración asignando las órdenes del mismo tipo de proceso. Los lotos se cargarán en las estanterías de entrada a hornos para su proceso agrupados por CTP.
- Cuando la estantería de carga del horno que corresponda, está completa o se decide realizar el proceso de Maduración, el operario de la zona efectúa la transacción de envío a SCADA de control del horno de la agrupación creada, en la pantalla de control del CIC.

El sistema requiere la introducción de las probetas necesarias para validar el proceso de Maduración (ver capítulo de “Control de Tratamientos Térmicos”), además requiere el responsable de la operación (clave y usuario).

Control del proceso de tratamiento térmico

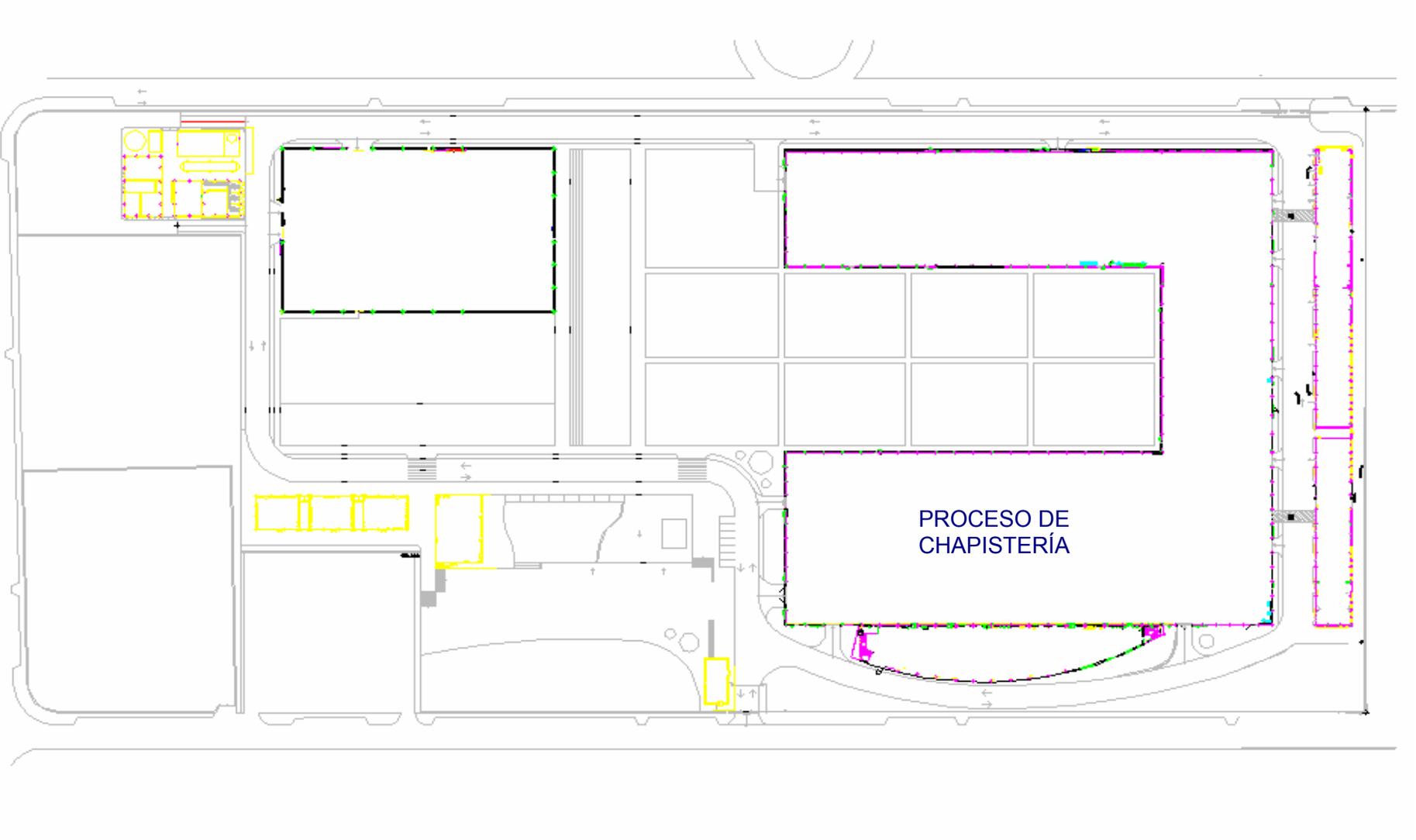
El horno consta del SCADA que está conectado al CIC. Los datos de proceso son informados directamente desde el CIC al SCADA antes de comenzar el proceso y a su vez el SCADA controlará el proceso y reportará al CIC los datos a capturar.

3.2. LAY-OUT INICIAL

En este apartado se perseguirá la realización del Lay-Out de la zona objeto de estudio, comenzando por su localización a nivel de factoría y finalizando por la Línea concreta objeto de estudio. También se incluirá un Lay-Out que refleje los distintos flujos de producción que tienen lugar, junto con la ruta que siguen.

3.2.1. Lay-Out planta

El Lay-Out del centro de producción es el siguiente:



3.2.2. Lay-Out nave chapistería con flujos

En el área de chapistería se distinguen cuatro líneas fundamentales:

- Línea de Hidroconformado en Recocido

También llamada Línea de Piezas pequeñas y sencillas. En ella se procesan las piezas con un tamaño inferior a 700 mm, y el proceso de tratamiento térmico que siguen es el de Recocido.

- Línea de Hidroconformado piezas grandes y complicadas

Se procesan piezas de tamaño superior a 700 mm, y existen distintas rutas cuyos tratamientos térmicos pueden ser tanto Temple como Recocido.

- Línea de Plegado

En ella se procesan aquellas piezas cuyos ángulos sean muy cerrados y, por tanto, muy difíciles de conseguir por alguno de los procedimientos anteriores.

- Línea de piezas sin Hidroconformado ni plegado

Se trata de piezas planas que, tras su salida de Recanteado, tan solo necesitan de determinadas operaciones en la Línea de Conformado Convencional antes de pasar a Procesos Finales.

Los citados flujos, así como su recorrido en el área de Chapistería, se muestran a continuación en el siguiente Lay-Out:

-  LINEA DE HIDROCONFORMADO EN RECOCIDO (PIEZAS <math>< 700 \text{ mm}</math>)
-  LINEA DE HIDROCONFORMADO PIEZAS GRANDES Y COMPLEJAS
-  LINEA DE PLEGADO
-  LINEA DE PIEZAS SIN HIDROCONFORMADO NI PLEGADO



En él se observan las siguientes células:

- Recanteado

Es la célula común para todos los procesos de Chapistería. Esta consta, a su vez, de una máquina de Recanteado Creno y dos rebarbadoras.

- Plegadoras

Se encuentran en la zona de la línea 1. En total hay cuatro, cada una para piezas de características dimensionales diferentes.

- Prensa QFL

Es el núcleo principal de la línea 1. Consta de dos mesas de carga para el hidroconformado de piezas con útiles de $L < 650$ mm (mesa circular con dimensión útil de 700 mm.) y con 800 BAR de presión máxima.

- Prensa QFC

Célula principal de la línea 2. Consta de una prensa QFC con dos mesas de carga de 4 x 1,2 m. para operación de hidroconformado, y una presión máxima de 1400 bares.

- Chapistería Convencional

Piezas sin proceso de Hidroconformado ni de Plegado, con o sin tratamientos térmicos.

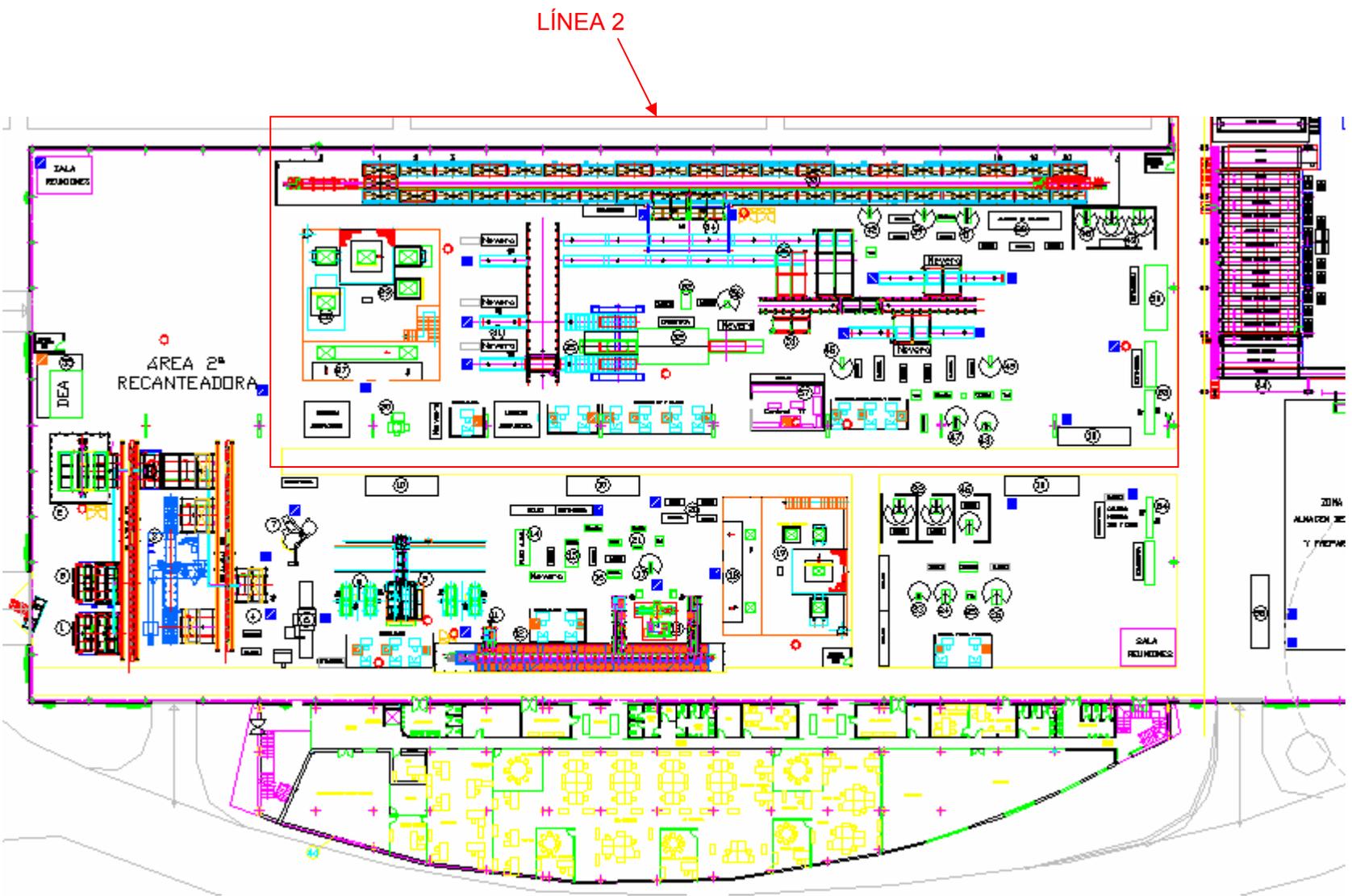
- Piezas planas: sin ningún tipo de conformado
- Piezas con operaciones en máquinas convencionales (Prensas excéntricas, Taladros...)
- Piezas con conformado exclusivamente manual.

- Procesos Finales

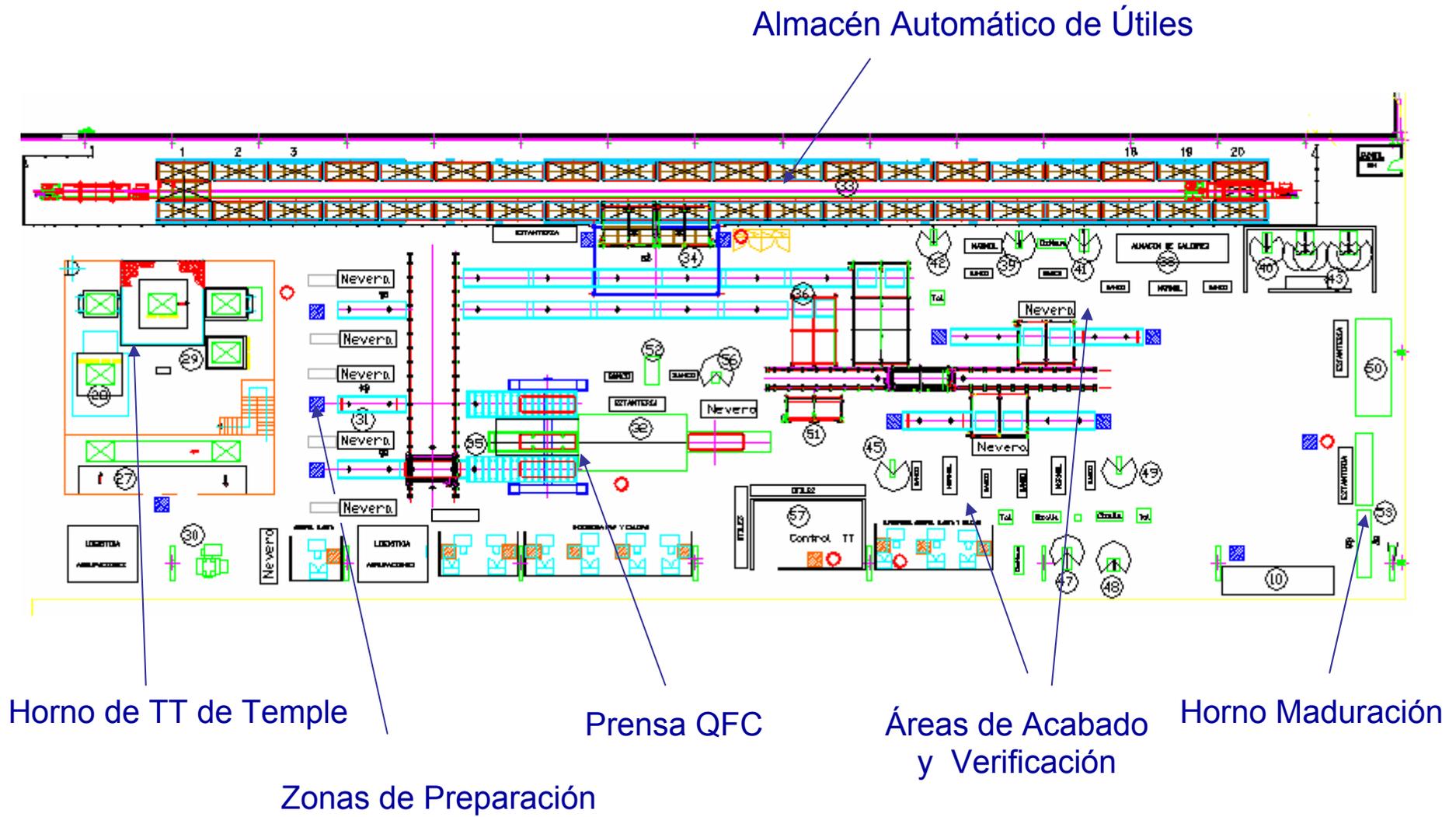
El área de Procesos Finales consta de 3 células de TTSS (S1, S2, S3), 2 células de Pintura (PA y PM) y 1 célula para Terminación y verificación final (TE).

3.2.3. Lay-Out Línea 2

A continuación se ofrece un nuevo Lay-Out de la nave de chapistería incidiendo en la ubicación de la línea 2 dentro de la citada área:



A continuación se mostrará el Lay-Out en detalle de la Línea 2 para compararlo con el Lay out final:

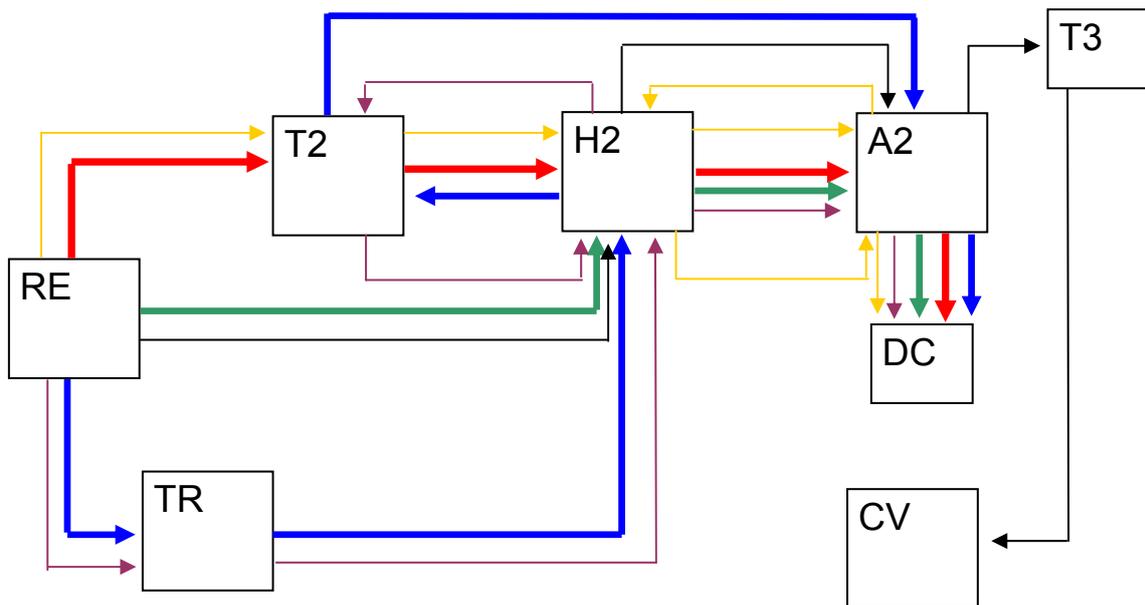


3.3 SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA 2

Antes de proceder al estudio de las mejoras que incrementarán la eficacia de la línea 2 se realizará un estudio de la situación de partida de la citada Línea de cara a identificar las áreas sobre las que se han de centrar los esfuerzos, aunque antes se ofrecerá un análisis de la situación, a nivel productivo, en la que se encontraba la Línea 2 (Línea de piezas grandes y complicadas) de la nave de Chapistería. Se tomarán, como datos de partida, los correspondientes a Enero de 2006, ya que es en esa fecha cuando comienza el proyecto Lean Manufacturing. Previo al estudio de estos datos se realizará una breve introducción de los distintos estados en los que se pueden encontrar las órdenes de producción, ya que dicha información será vital para la comprensión e identificación de algunas de las gráficas, así como una gráfica en la que aparezcan cada uno de los flujos y rutas de cara a comprender mejor los resultados de los análisis.

3.3.1. Introducción

3.3.1.1 Línea 2: flujos



La línea 2 está compuesta por las siguientes rutas: Las rutas que la componen son las siguientes:

R21	RE	T2	H2	A2		
R22	RE	TR	H2	T2	A2	
R23	RE	H2	A2			
R24	RE	TR	H2	T2	H2	A2
R25	RE	H2	T2	A2		
R26	RE	T2	H2	A2	H2	A2
R27	RE	H2	A2	T3	CV	

3.3.1.2 Evolución de las órdenes

El MRP o Plan Maestro de Producción genera, basándose en las previsiones de la demanda a partir de estudios de mercado, las órdenes a ejecutar. Estas órdenes nacen en estado 0, y no se trata de órdenes en el sentido estricto de la palabra, sino proposiciones que serán analizadas posteriormente para confirmar o no su ejecución. Estas órdenes son conocidas como **PREVISIONALES**. Tras el nacimiento de las mismas en el MRP, estas deberán ser analizadas para confirmar o descartar su ejecución. En ocasiones, ciertas órdenes generadas por el MRP no llegan a ejecutarse debido a que se trata de errores o a posibles cambios de la demanda de las mismas. Si al final se confirma su ejecución, esta orden es liberada, pasando a estado 1. A estas órdenes se las conoce como **ABIERTAS**. En el momento en el que el sistema cuenta con una serie de órdenes liberadas, la persona encargada de realizar el encajado de las órdenes disponibles configura el Nesting sobre la chapa en la que se realizará el recanteado. En ese momento, cuando el Nesting de la orden ya está configurado y el material correspondiente aún no ha sido despachado, la orden se encuentra en estado 2, que significa que está pendiente de material, y se denomina **LIBERADA**. Cuando dicho material es despachado, el camión con las chapas parte de la empresa suministradora (AYG) hacia el centro donde se procesará la orden. La orden pasa entonces, desde el momento en que el material es despachado, a estado 4. Esto significa que la orden llega al taller en dicho estado, que permanece igual hasta que la orden finaliza su tratamiento en el taller, es decir, cuando finaliza su Lead Time. Cuando esto ocurre, la orden pasa al estado 5 o **TERMINADA**. Haciendo un resumen de los distintos estados por los que pasa, tenemos los que a continuación se muestran:

- Estado 0: ORDEN PREVISIONAL
- Estado 1: ORDEN ABIERTA
- Estado 2: LIBERADA (pendiente de material)
- Estado 4: MATERIAL DESPACHADO (orden camino de taller y/o en taller)
- Estado 5: TERMINADA

Estas órdenes son generadas por el MRP. Sin embargo, en algunos casos, las órdenes no son generadas por el MRP, sino que son lanzadas manualmente. Esto puede ser debido a órdenes que pertenezcan a programas nuevos cuya estructura no está aún definida, o a reprocesos de órdenes defectuosas.

3.3.2. Foto piezas por ruta

A continuación se presentará una tabla-resumen donde se mostrará la distribución de las piezas y las órdenes para cada una de las rutas.

3.3.2.1 Piezas terminadas en Diciembre de 2005

La tabla que muestra la terminación de piezas por ruta es la mostrada a continuación:

RUTA	ÓRDENES	PIEZAS
R21	53 %	43 %
R22	34 %	45 %
R23	6 %	9 %
R24	1 %	0 %
R26	5 %	2 %
R27	1 %	0 %

Donde se observa que las rutas que mayor número de piezas terminadas tienen son R21 y R22, que ostentan el 53 y 34 % de las órdenes que deben ser procesadas en la Línea 2.

3.3.2.2 Estados 0 y 1

En una foto correspondiente a Diciembre de 2005 nos encontramos con la siguiente distribución de órdenes en estado 0 y 1 para cada una de las rutas:

RUTA	ÓRDENES	PIEZAS
R21	49 %	36 %
R22	42 %	56 %
R23	6 %	7 %
R24	0 %	0 %
R26	2 %	1 %

De acuerdo a esta tabla se extrae como conclusión que las dos rutas que, en un futuro, tendrán una mayor carga serán las correspondientes a R21 y R22.

Conclusiones

A partir de las dos tablas anteriormente presentadas se extrae como conclusión que las rutas R21 y R22 son las que, al comienzo del proyecto, ostentaban la mayor carga a procesar y las que, al mismo tiempo, tenían la mayor carga futura. Será en estas dos rutas, por tanto, donde deberemos centrar nuestros esfuerzos.

3.3.3. Ordenes / Piezas con código S por célula y ruta

A continuación se ofrecerá una tabla para ilustrar la distribución de piezas con código S para cada una de las células de la Línea 2 y para las rutas R21 y R22, ya que, según el apartado anterior, estas serían las dos rutas sobre las que tendríamos que centrar nuestros esfuerzos:

RUTAS		R21	R22
RE	TODAS	59%	41%
	CÓDIGO S	25%	75%
TR	TODAS	0%	100%
	CÓDIGO S	0%	100%
H2	TODAS	23%	61%
	CÓDIGO S	74%	13%
T2	TODAS	92%	4%
	CÓDIGO S	74%	21%
A2	TODAS	55%	41%
	CÓDIGO S	59%	34%

A continuación se ofrecerá un estudio detallado de la situación por célula:

- Recantado (RE)

Un gran porcentaje de las piezas que pasan por Recantado pertenecen a la ruta R21. Sin embargo, de todos los Part Numbers de Recantado que tiene código S, solo un 25% pertenece a la citada ruta. Por otro lado, un gran porcentaje de las piezas con código S que surgen en Recantado pertenecen a la ruta R22, lo que lleva plantearse la implantación de acciones de mejora centradas en la citada ruta.

- Recocido (TR)

La única ruta que pasa por recocido es R22, por tanto, todas las piezas con código S que pasen por Recocido pertenecerán a R22. De todos modos, ya se estableció en el apartado anterior que se tomarían medidas para agilizar el flujo de la ruta R22.

- Hidroconformado (H2)

Un alarmante porcentaje de piezas con código S pertenecen a R21 en la célula de hidroconformado. Esto significa que tendremos que realizar un estudio a fondo de los posibles fallos a los que está sujeta la prensa de Hidroconformado para minimizar este porcentaje, así como acciones que agilicen el flujo de esta ruta.

- Temple (T2)

La mayoría de las piezas que pasan por Temple pertenecen a R21, con lo cual es lógico que los mayores porcentajes de piezas con código S pertenezcan también a esta ruta.

- Acabado (A2)

La célula de Acabado posee unos porcentajes de piezas críticas bastante elevados para las dos rutas principales objeto de estudio. En el proyecto se establecerán acciones para reducir la criticidad en Acabado.

Conclusiones

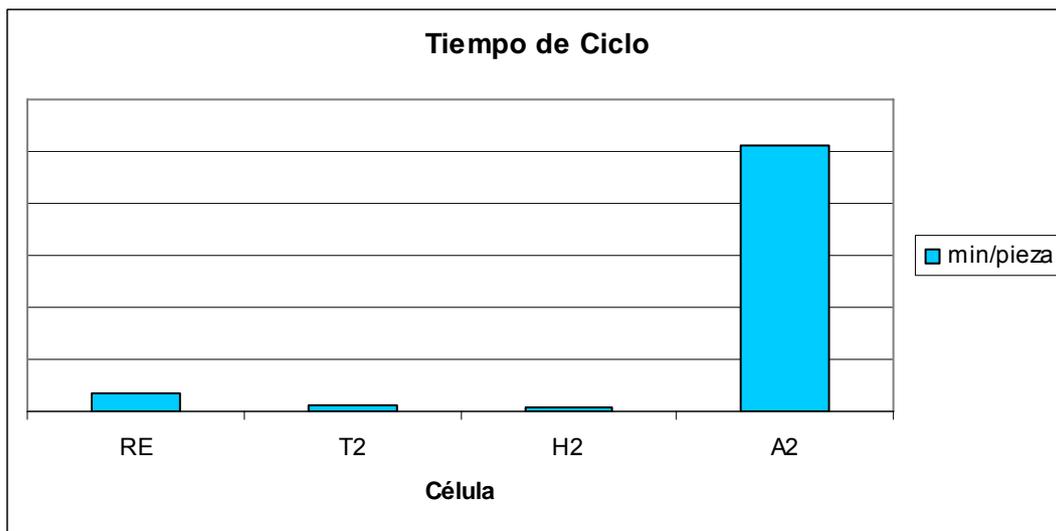
Del estudio se desprende que se deben tomar medidas en forma de acciones de mejora para reducir el número de órdenes urgentes y críticas en la planta, ya que, atacando célula a célula se reducirán de forma global en la línea de producción.

3.3.4. Ciclo/Capacidad

A continuación se ofrecerán los tiempos de ciclo y la capacidad de cada una de las células que componen la Línea 2.

3.3.4.1 Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo mide el tiempo que, por término medio, tarda cada célula en fabricar una pieza. La representación gráfica sería la siguiente:

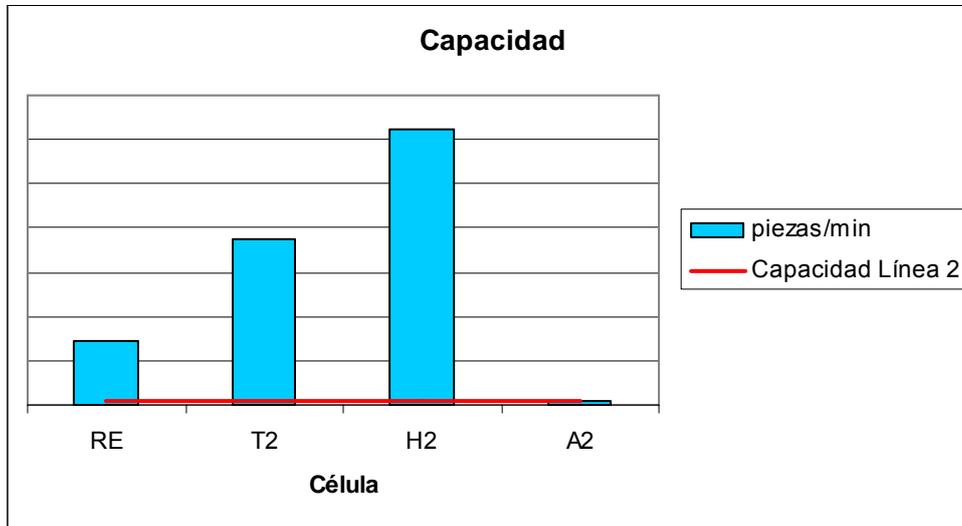


Donde se observa que la célula mayor tiempo de ciclo posee, es decir, la que más tiempo tarda en fabricar una pieza, es Acabado.

3.3.4.2 Capacidad

La capacidad de una célula mide el número de piezas que son fabricadas en la unidad de tiempo. Matemáticamente se corresponde con la inversa del tiempo de ciclo, y es un factor muy importante, ya que la célula que posee menor capacidad de todo el proceso es la que marca el ritmo de producción de la línea completa. Dicha célula es

denominada “cuello de botella” o “marcapasos”, y la identificación de la misma es muy importante, porque cualquier aumento de su capacidad hace que se produzca un aumento de la Línea completa. Se obtiene la siguiente gráfica:



Así, observamos que la célula que menor capacidad tiene es Acabado, y es esta, por tanto, la célula que marca el ritmo de la línea completa.

Conclusiones

Del estudio del Tiempo de ciclo/ Capacidad se obtiene como dato relevante que la célula marcapasos es Acabado (A2). Esto significa que se tendrá que centrar gran parte de los esfuerzos en la realización de tareas que aumenten la capacidad de dicha célula, ya que un aumento en la capacidad de Acabado es también un aumento en la capacidad de la Línea 2.

4. INTRODUCCIÓN TEÓRICA: PRINCIPIOS DEL LEAN MANUFACTURING

4.1. Introducción

Según Boeing, el Lean Manufacturing no es más que 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, cuándo 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. El Lean Manufacturing se apoya en tres pilares fundamentales:

1. Necesidades de los clientes

El Lean Manufacturing considera cliente a todo proceso que recibe los productos de un proceso anterior, con lo cual, no hace distinciones entre **clientes internos** y **clientes externos**. Promueve la creencia de que hay que satisfacer a todos los clientes, y para ello es necesario conocer las actividades que aportan valor al producto. Por tanto, las dos cuestiones a plantearse son:

- Satisfacción al cliente, interno y externo.
- ¿Qué aporta “Valor” para el cliente?

2. Busca la eliminación de los desperdicios.

Una vez que se tiene claro que hay que satisfacer tanto a los clientes internos como a los externos, se plantea la duda de cómo se les debe satisfacer. Anteriormente se dijo que la satisfacción al cliente pasa por el aporte de valor al producto en cuestión, y para aportar valor hay que eliminar todo lo que no aporte valor, es decir, los desperdicios. Por tanto, las cuestiones que se plantean en esta etapa son las siguientes:

- Identificar los desperdicios y sus causas.
- ¿Cómo pueden eliminarse los desperdicios?

3. Para hacer más con menos.

Finalmente, una vez eliminadas las actividades que no aportan valor al producto, se plantea la cuestión de cómo se debe incrementar el valor del producto consumiendo los mínimos recursos posibles. Cabe plantearse, por tanto, las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo se puede incrementar el “Valor”?
- ¿Cómo se pueden consumir menos recursos?

4.2. Historia

El sistema Lean, o Lean Manufacturing, está basado en su totalidad en el Sistema de Fabricación de Toyota (TPS).

Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y otros responsables de Toyota, en los años 30, implementaron una serie de innovaciones en sus líneas de modo que facilitarían tanto la continuidad en el flujo de material como la flexibilidad a la hora de fabricar distintos productos. Esto se hizo aún más necesario a finales de la 2ª Guerra Mundial, cuando surgió la necesidad de fabricar pequeños lotes de una gran variedad de productos. Surgió así el TPS.

El TPS se fundamenta en la optimización de los procesos productivos mediante la identificación y eliminación de desperdicios (MUDA en japonés, o WASTE en inglés), y el análisis de la cadena de valor, para finalmente conseguir un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que sea necesario. Es decir, tener la flexibilidad y fiabilidad necesarias para fabricar en cada momento lo que pide el cliente. Ni más, ni menos.

Toyota llegó a la conclusión de que adaptando los equipos de fabricación a las necesidades de capacidad reales, la introducción de sistemas de calidad integrados en los procesos (poka-yokes), la disposición de equipos siguiendo la secuencia de fabricación, innovando para conseguir cambios rápidos de modelo para que cada equipo pudiera fabricar muchos lotes pequeños de distintas piezas, y haciendo que cada máquina avisara a la máquina anterior cuando necesitaba material (sistema pull), haría posible el fabricar con bajos costes, con una amplia variedad, alta calidad y con tiempos de proceso (lead times) muy rápidos para responder de manera efectiva y eficaz a las variaciones en las demandas de los clientes. E igualmente, la gestión de la información se facilitaría y se haría más precisa.

4.3. Principios del pensamiento Lean

El pensamiento Lean se fundamenta en 5 principios:

- Especificar qué se entiende por “valor”

Es el concepto principal que sustenta la filosofía Lean. El valor se entiende únicamente desde el punto de vista del consumidor final. Es el producto de cualquier bien o servicio de consumo el que debe adaptarse a las necesidades del cliente y no a la inversa.

Por valor se entiende todo aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar.

- Identificar el flujo de valor (Value Stream)

El flujo de valor lo forma el conjunto de todas las actividades requeridas para diseñar, gestionar y producir un producto o servicio. Éstas deben ser entendidas para detectar la *muda* (desperdicio) asociada.

- Flujo

El producto debe moverse a lo largo del flujo de valor sin ninguna interrupción. Una vez determinado el valor y conocido el flujo de valor, el objetivo es conseguir que el valor fluya realmente. Para ello, hay que focalizarse en el producto o servicio que se está ofreciendo, hacer el ejercicio de obviar los límites relativos a los puestos de trabajo, las divisiones departamentales y finalmente replantear o revisar los procedimientos y técnicas utilizadas hasta el momento para poder eliminar reprocesos, esperas, interrupciones y flujos hacia atrás.

- Pull

El sistema de fabricación Pull se basa en que el cliente es que “atrae” la producción según sus necesidades, mientras que en el clásico sistema Push es el productor el que “empuja” su producción hasta el cliente o consumidor. Mediante el sistema Pull se reducen inventarios y se aumenta la versatilidad y reactividad de cara a la demanda.

- Nivelado

La nivelación del flujo de materiales implica distribuir la fabricación de distintos productos de manera uniforme a lo largo de un periodo. Para poder nivelar el flujo de materiales es necesario aumentar la flexibilidad de los procesos, esto es, la capacidad para realizar cambios entre referencias con mayor frecuencia.

4.4. Los 7 desperdicios

En Lean Manufacturing se identifican 7 grandes desperdicios a eliminar mediante las anteriores herramientas. Es importante conocerlos y saber identificarlos para que su eliminación se produzca de la forma más eficientemente posible:

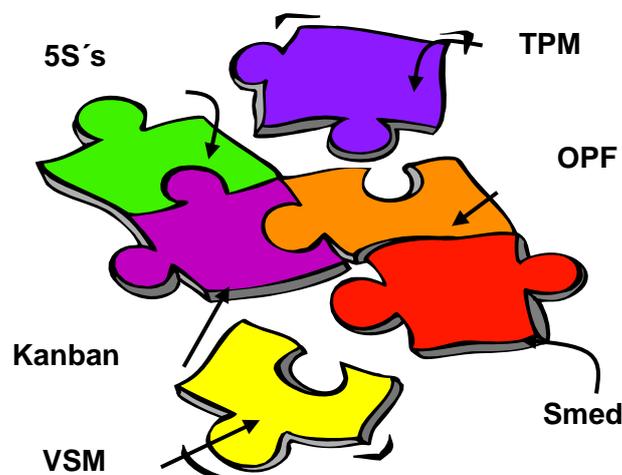
1. Sobreproducción: Producción de productos antes de que sean requeridos. Penaliza el flujo de materiales y genera inventarios.
2. Tiempos de espera: Recursos sin utilizar esperando a poder realizar una actividad. Repercute en una menor productividad y en un mayor lead time.
3. Transporte y almacenaje: Tiempo invertido en transportar y almacenar materiales. Repercute en un mayor coste y lead time.

4. Tiempos de proceso innecesarios: Procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido. Repercute en una menor productividad.
5. Inventarios: Acumulación de materia prima, producto en curso o producto terminado. Repercute en un mayor coste, defectivo y mal servicio al cliente.
6. Movimiento: Cualquier movimiento (método) que no es necesario para completar una operación de valor añadido. Repercute en una menor productividad.
7. Defectos: Utilizar, generar o suministrar productos que no cumplan las especificaciones. Repercute en un mayor coste, retrasos, mala calidad y un mayor lead time.

4.5. Herramientas Lean

Para la eliminación de los desperdicios se cuenta con una serie de herramientas:

- Análisis de una cadena de valor: VSM.
- Análisis de un proceso: Trabajo estandarizado.
- 5S's y gestión visual.
- TPM: Mantenimiento total productivo.
- OPF: One piece flow. Flujo pieza a pieza.
- Smed: Reducción de tiempos de preparación.



En el presente proyecto se escogerán alguna de estas herramientas para la eliminación de los desperdicios, acercándose, de esta forma, al concepto de “Manufactura ajustada” que promueve la filosofía Lean.

5. HERRAMIENTAS LEAN

Las herramientas Lean utilizadas en este proceso son:

- Análisis de una cadena de valor: VSM
- 5S's y Gestión Visual
- TPM: Mantenimiento Total Productivo
- OPF: One Piece Flow (Flujo pieza a pieza)
- Kaizen-Blitz

5.1. VALUE STREAM MAPPING

Definición

Es una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados (Procesos).

Justificación

→ *Es la base para establecer un plan de acciones de mejora continua mediante la **identificación de desperdicios***

De esta forma, ya que las actividades que no aportan valor al producto (desperdicios) están claramente identificadas, podremos actuar sobre ellas de manera contundente y rápida.

→ *Sirve para tener una visión global del proceso, entendiéndolo en su conjunto y **priorizando los objetivos globales** sobre los de cada actividad.*

De esta forma no perdemos de vista los objetivos globales

→ *Establece las métricas para la **mejora**.*

Se visualizan gráficamente los puntos conflictivos (VSM inicial) y las soluciones aportadas (VSM final), estableciéndose como "herramienta guía" a lo largo del proyecto.

→ *Promueve el **trabajo en equipo**, ya que aporta la visión de distintas personas implicadas en el mismo proceso (cadena de valor).*

Los trabajadores se sienten implicados en el proyecto, tomando la conciencia de "mejora continua" desde el principio.

→ *Facilita la comprensión de las **causas de los problemas principales**.*

De esta forma se encuentran soluciones más rápidamente.

→ *Muestra la relación entre **el flujo de materiales y el flujo de información**.*

De esta manera observamos en qué medida influye la información en la evolución del proceso.

→ *Utiliza **símbolos estandarizados** para establecer un lenguaje común en el análisis de procesos.*

Esto implica que esta herramienta es de fácil utilización

5.2. 5S's Y GESTIÓN VISUAL

Definiciones

Gestión visual

La gestión visual busca la eliminación de actividades sin valor añadido por medio de la simplificación máxima del trabajo. Su objetivo es que lo realizado en un puesto de trabajo esté originado por una **orden visual**, de tal forma que, a simple vista, alguien que no conozca el puesto de trabajo sea capaz de distinguir entre situaciones normales y anormales.

5S's

Proceso para mantener y mejorar el orden visual en el puesto de trabajo. Su nombre proviene de las siguientes siglas japonesas:

- Seiri: Separar y eliminar.
 1. Separar los artículos necesarios de los no-necesarios
 2. Dejar sólo los artículos necesarios en el lugar de trabajo
 3. Eliminar los elementos no-necesarios
 4. Verificar periódicamente que no haya elementos no-necesarios
- Seiton: arreglar e identificar.
 1. Identificar los artículos necesarios
 2. Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades

3. Poner todos los artículos en su lugar definido
 4. Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”
- Seiso: proceso diario de limpieza
 1. Limpiar cuando se ensucia
 2. Limpiar periódicamente
 3. Limpiar sistemáticamente
 4. Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo
 - Seiketsu: Seguimiento de los primeros tres pasos, asegurar un ambiente seguro
 1. Definir métodos de orden y limpieza
 2. Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo
 3. Desarrollar un estándar específico por cada puesto de trabajo
 4. Verificar que exista un estándar actualizado por cada puesto de trabajo
 - Shitsuki: Construir un hábito.
 1. Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
 2. Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
 3. Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
 4. Crear un sistema de auditoria permanente de Planta Visual y 5S's

Justificación

La utilización de esta herramienta persigue reducir el tiempo empleado en la localización de piezas y la rápida detección de anomalías, al distinguirse con mayor facilidad las situaciones normales de los problemas. Esto implica una agilización del flujo continuo al reducirse las paradas por búsqueda de piezas y al actuar con mayor rapidez sobre posibles anomalías, acercándose al modelo de “fábrica ideal” que propone la filosofía Lean.

5.3. TPM

Definición

El TPM o Mantenimiento Productivo Total es el mantenimiento de los índices productivos con total participación de todos los departamentos, análisis total de las pérdidas en las instalaciones productivas y control total del entorno del trabajo. En el TPM se identifican una serie de pérdidas de eficiencia relacionadas con la **disponibilidad del equipo, velocidad de proceso y calidad de los productos**, medidas a través del OEE o Eficiencia Global del Equipo (Overall Effectiveness Equipment, en inglés).

Justificación

Dado que en la Línea 2 del proceso de chapistería la prensa de Hidroconformado es el proceso clave (por ella pasan el 100 % de las piezas fabricadas en la citada línea), una optimización en su funcionamiento contribuiría muy positivamente al flujo de producción, contribuyendo, de esa forma, a su continuidad.

5.4. OPF (one piece flow)

Definición

Es la fabricación de productos uno a uno, pasando cada uno de ellos inmediatamente al proceso siguiente sin interrupciones. Se implementa mediante la creación de células para reducir la necesidad de transporte, tiempos de espera y niveles de inventario consiguiendo que se mejore la calidad y los costes. Para máquinas que funcionan por lotes (y que, por tanto, no siguen un flujo continuo de producción, tales como baños, hornos, pinturas...) se separan los procesos por lotes del flujo continuo y se conectan por medio de un **Supermercado Pull** o línea **FIFO**.

Justificación

Esto lleva las siguientes ventajas:

- Mejora el nivel de calidad: detección de defectos y feedback inmediato
- Lead Time más bajos. Mejora en servicio.
- Reducción de inventario
- Minimiza la utilización de recursos por medio de la eliminación de desperdicios
- Simplifica la gestión: flujos orientados a productos

5.5. KAIZEN

Definición

Kaizen es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva.

Justificación

→ *Involucra a todos los niveles y funciones de la empresa.*

Con esto se aprovecha al máximo la capacidad e inteligencia de todos los empleados de la fábrica, aprovechando al máximo las capacidades del individuo.

→ *Creatividad antes que inversión.*

Se persigue la mejora del proceso con los medios existentes

→ *Pequeñas mejoras continuas e incrementales.*

Continuas sugerencias equivalen a un volumen importante de propuestas de mejora a lo largo del tiempo

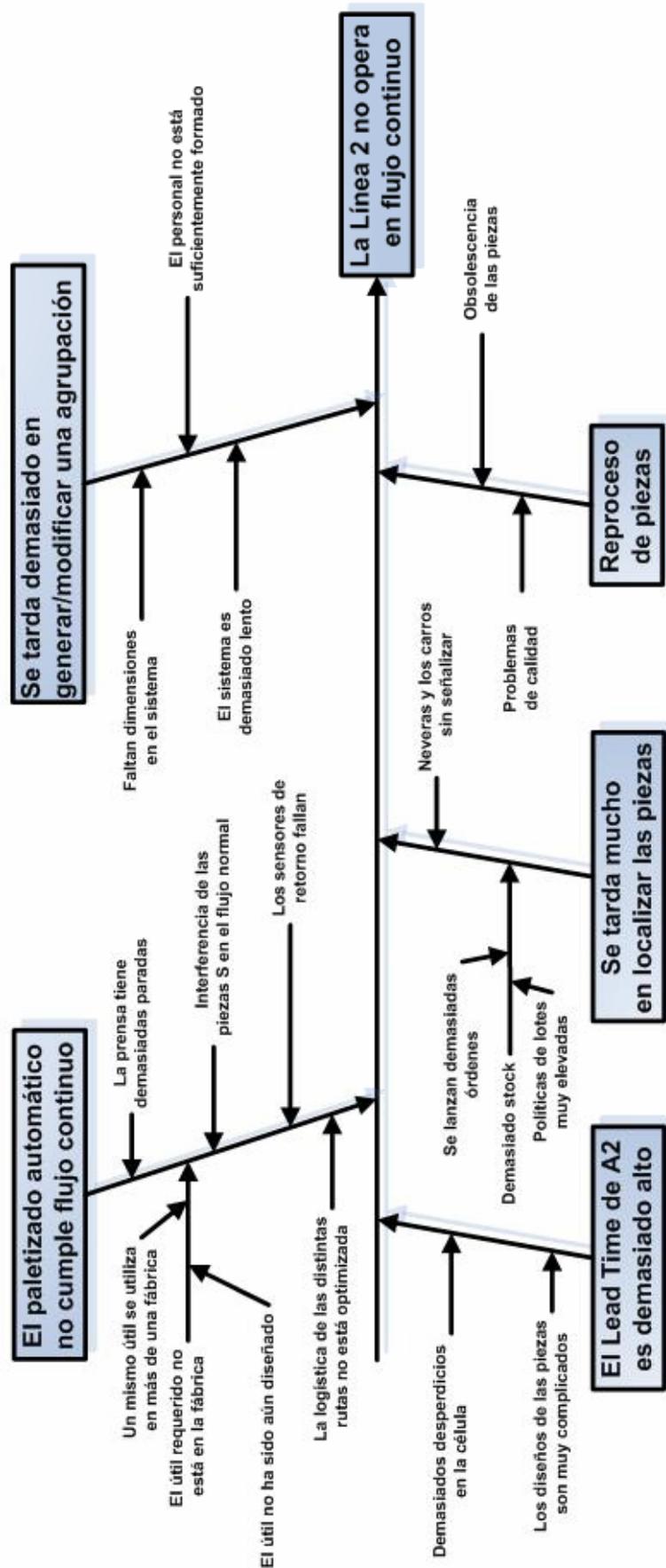
6. ANÁLISIS PREVIO DE LA LÍNEA 2

Previa aplicación de las herramientas Lean a la Línea 2 de cara a buscar soluciones que mejoren la productividad de dicha línea se convocó una reunión donde se discutieron los aspectos más destacados que provocaban paradas y ralentizaban la continuidad del flujo de producción. En dicha reunión estuvieron presentes:

- Jefe de Chapistería
- Jefe de la Línea 2
- Jefe Departamento de Planificación
- Encargado de calidad
- Encargado de desarrollo de Software (IT)
- Operario de Conformado Manual
- Operario de prensa
- Becaria

Para coordinar a todas estas personas es necesaria la figura del Lean Manufacturing manager, una persona externa a estos departamentos que tenga la perspectiva necesaria para entender la cadena de suministro. El Lean Manufacturing manager es que el organiza las propuestas de mejora, así como los objetivos a conseguir. También es el encargado del seguimiento de la acciones durante un periodo de tiempo determinado.

Con la finalidad de organizar las ideas y propuestas se decidió realizar un diagrama de espina de pescado donde se mostraran los motivos por los cuales la Línea 2 no opera en continuo. El resultado fue el siguiente:



A raíz de este diagrama causa-efecto se obtiene que existen cuatro causas fundamentales que son las responsables de las numerosas paradas que impiden que se desarrolle el flujo continuo en la Línea 2. Dichas causas son las siguientes:

- El palletizado automático no opera en continuo
 - El útil requerido no está en la fábrica
 - La logística de las distintas rutas no está optimizada
 - La prensa tiene demasiadas paradas
 - Interferencia de las piezas S en el flujo normal
 - Los sensores de retorno fallan
- Se tarda demasiado en generar/modificar una agrupación
 - Faltan dimensiones en el sistema
 - El sistema es demasiado lento
 - El personal no está suficientemente formado
- El Lead Time de A2 es demasiado alto
 - Demasiados desperdicios en la célula
 - Los diseños de las piezas son muy complicados
- Se tarda mucho en localizar las piezas
 - Demasiado stock
 - Neveras y carros sin señalar
- Reprocesos de las piezas
 - Problemas de calidad
 - Obsolescencia de las piezas

Una vez realizado un pequeño análisis de los problemas fundamentales de la Línea 2, responsables de las numerosas paradas que acontecen en la citada línea y que impiden que se desarrolle el flujo continuo, aplicaremos las herramientas Lean para solucionarlos y optimizar el funcionamiento de la línea, eliminando desperdicios y fomentando la excelencia productiva.

7. APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN

7.1 VSM

7.1.1. Elaboración del Value Stream Mapping (VSM)

El Value Stream Mapping es una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados. Es, además, la base para establecer un plan de acciones de mejora continua, ya que permite detectar e identificar los desperdicios. En el proceso de elaboración del mismo intervienen una serie de pasos, pero antes, es necesario introducir algunos conceptos.

7.1.1.1. Parámetros empleados

- Cycle Time (C/T): tiempo de ciclo

Frecuencia en la que un proceso fabrica un producto. También es el tiempo que necesita un operador para completar todas sus tareas antes de repetirlas.

- Value Added (VA): Tiempo de valor añadido

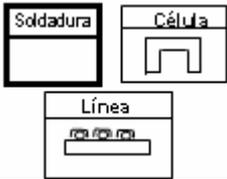
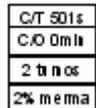
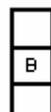
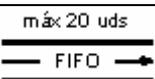
Tiempo de trabajo dedicado a tareas que transforman el producto. Aporta al producto algo por lo que el cliente está dispuesto a pagar.

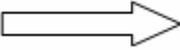
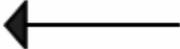
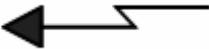
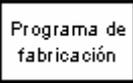
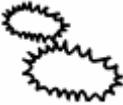
- Lead Time (LT): Tiempo de suministro

El tiempo necesario para que una pieza recorra un proceso o una cadena de valor

7.1.1.2. Símbolos empleados en el VSM

Los símbolos estandarizados que son utilizados en la cadena de valor son los siguientes:

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	Proceso origen o destino de la cadena de valor. Normalmente, el proveedor o el cliente.	
	Proceso de fabricación dedicado a la familia de productos analizada Puesto – Célula - Línea	Representa un <u>área de flujo continuo</u> . Puede incluir una máquina o una célula.
	Proceso de fabricación compartido con otras familias de productos que no se estén analizando.	Las conclusiones que se adopten sobre este proceso hay que contrastarlas con el resto de productos.
	Proceso de fabricación con 3 operarios asignados por turno.	
	Caja de parámetros. Se incluye la información que define el proceso. -C/T (Tiempo de ciclo), -C/O (Tiempo de cambio). Turnos, mermas, disponibilidad, tamaño de lote...	Se representa en la parte inferior del proceso.
	Inventario. Un punto de acumulación de material por interrupción de flujo.	Se anota la cantidad de unidades y los días de stock.
	Punto de acumulación de material: BUFFER Es una protección a variaciones EXTERNAS: Variación en la demanda.	Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo variaciones. Se puede eliminar con flexibilidad en capacidad productiva.
	Punto de acumulación de material: STOCK DE SEGURIDAD. Es una protección a problemas INTERNOS: Defectos, Averías,...	Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo problemas internos. Se puede eliminar resolviendo las incidencias internas.
	SUPERMERCADO. Dispone de una cantidad por referencia que se repone en función del consumo registrado.	Se utiliza en los puntos de la cadena de valor en los que no se puede establecer un flujo continuo.
	Punto de acumulación de material. Sale lo primero que ha entrado. Está limitada la capacidad, si se alcanza el tope de capacidad se interrumpe el proceso de cabecera.	Alta variedad de productos. No se puede establecer un Super. Protege el proceso de salida.

	Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.	
	Flujo de materiales PUSH.	El material avanza independientemente del consumo registrado.
	Envío por transporte de carretera.	Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.
	Flujo de información suministrada de forma manual (Papeles, documentos,...)	
	Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, e-mail...)	
	Proceso de Control. Recibe información (previsiones, consumos...), la procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.	
	Información. Previsiones, órdenes de fabricación...	
	Acción KAIZEN.	

7.1.1.3 Pasos en la elaboración del VSM.

Para la elaboración del VSM seguimos los siguientes pasos:

1. Seleccionar una familia de productos y recoger los datos necesarios.

Hay varios motivos que hacen necesario centrarse en una familia de productos. En primer lugar, dibujar todos los flujos diferentes de productos podría ser complicado y no daría una imagen clara. En segundo lugar, lo que importa a los clientes son productos específicos, no todos los productos que se fabrican en la planta, y para una empresa lo más importante es satisfacer al cliente. Por tanto, es lógico centrarse en una familia concreta de productos.

En nuestro caso, nos centraremos en la Línea 2 del área de Chapistería.

Los datos necesarios para la construcción del VSM (Lead Times, inventario, Changeover Time...) son facilitados por el departamento de **Planificación.**

2. Dibujar los clientes

El mapeo comienza con las necesidades del cliente, es decir, la demanda. Se representará el cliente con el icono de una fábrica que se situará en la parte derecha del mapa. Debajo de este icono se dibujará una caja de datos donde se escribirán los requerimientos del cliente. Aunque la demanda no sea constante a lo largo del año, en la caja de datos aparecerá el volumen medio y su distribución. En nuestro caso:



El icono muestra un edificio de fábrica con un signo de interrogación en la parte superior. Debajo del icono hay una caja de datos con el título 'Cliente Medio' y una tabla con los siguientes datos:

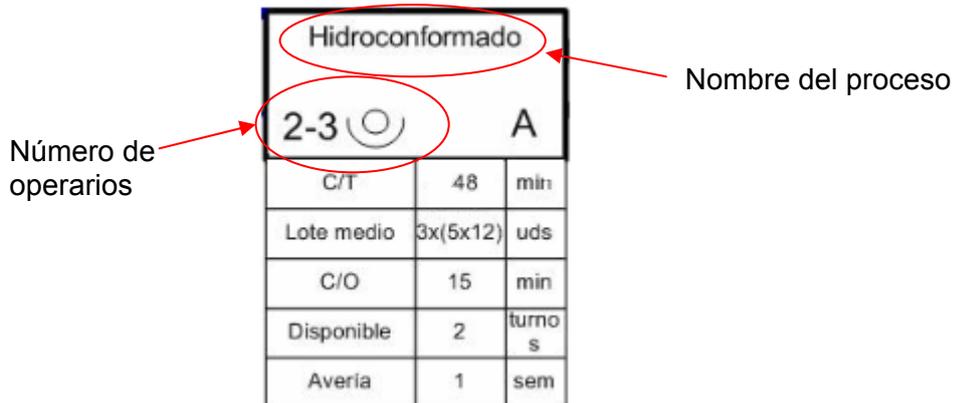
Cliente Medio		
350	uds	día
Ltr	12	Unit

Donde se puede observar que los datos que aparecen en la caja son los siguientes:

- 350 uds/día: es el número de unidades que, por término medio, recibe el cliente diariamente.
- 12 Unit: es el lote medio de transferencia de la demanda diaria.

3. Dibujar los procesos productivos

El siguiente paso es dibujar los procesos principales de producción. Para indicar un proceso se utiliza una caja de proceso. Éstas se sitúan normalmente una detrás de otra, de izquierda a derecha. Si dos procesos no son consecutivos, sino que se distribuyen paralelamente, se dibujan uno encima del otro. Debajo de cada caja de proceso se dibuja una caja de datos donde se escribe la información necesaria para definir y entender cada proceso como el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio de formato, el número de operarios necesarios y la productividad. Un ejemplo de esto en este proceso sería:



Los datos que aparecen en la caja son los siguientes:

- C/T: Tiempo de ciclo. En nuestro caso, es igual a 48 minutos.
- Lote medio: Nuestro lote medio diario es de 3 agrupaciones con 5 órdenes de 12 unidades cada una.
- C/O: los operarios tardan una media de 15 minutos en preparar el pallet con una agrupación para su pasada por la prensa.
- Disponibilidad: la prensa de Hidroconformado se trabaja en dos turnos diarios.
- Avería. Es un dato adicional. En el presente caso se producen averías con una frecuencia de una vez por semana.

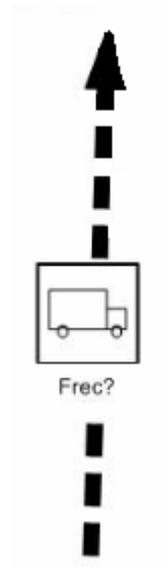
4. Representar los puntos de stock.

Normalmente entre los procesos existen puntos donde se acumula el inventario y, por tanto, puntos donde el material deja de fluir. Para representar estos puntos de inventario se utiliza el icono de un **triángulo**. Este icono sirve también para dibujar el almacén de producto terminado y el de materias primas y, normalmente, suele llevar debajo una inscripción que indique el número de días de inventario. Un ejemplo del proceso de Chapistería sería el que a continuación es mostrado:

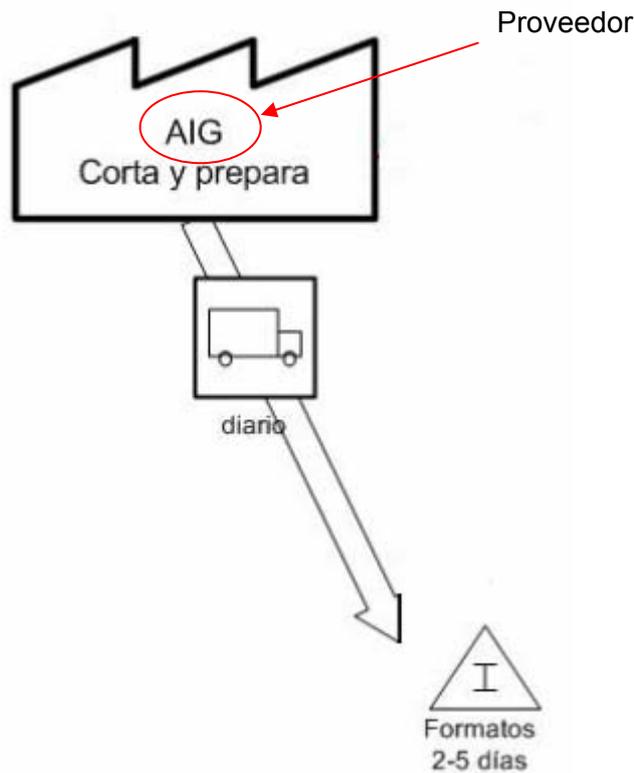


5. Dibujar entrada y salida de material

Para representar el flujo de materiales desde el almacén de la planta hasta el cliente se utiliza el icono de una flecha y un camión con la frecuencia de envío de materiales:



A continuación se dibuja el flujo de material entre los proveedores de materias primas y la planta. Aquí también se usa el icono de una flecha y del camión para representar este flujo. El icono para representar a los proveedores es también una fábrica. En el presente proceso:



6. Dibujar los flujos de información

El segundo aspecto del Value Stream Mapping son los **flujos de información**. Estos pueden ser previsiones de ventas, planes de producción, planes de envío de material terminado, requerimientos de inventario, etc. Para representarlo se utilizan flechas estrechas. Si la información fluye electrónicamente, la flecha hace un pequeño zig-zag. Para describir las diferentes flechas de información se usan cajas de datos donde se especifica la frecuencia o la vía por la que fluye la información.

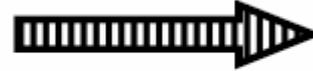


7. Dibujar la relación entre procesos

Para representar la relación entre los distintos procesos se utilizan flechas ralladas o circulares, en función de si trabajan en modo "pull" o "push".



Pull



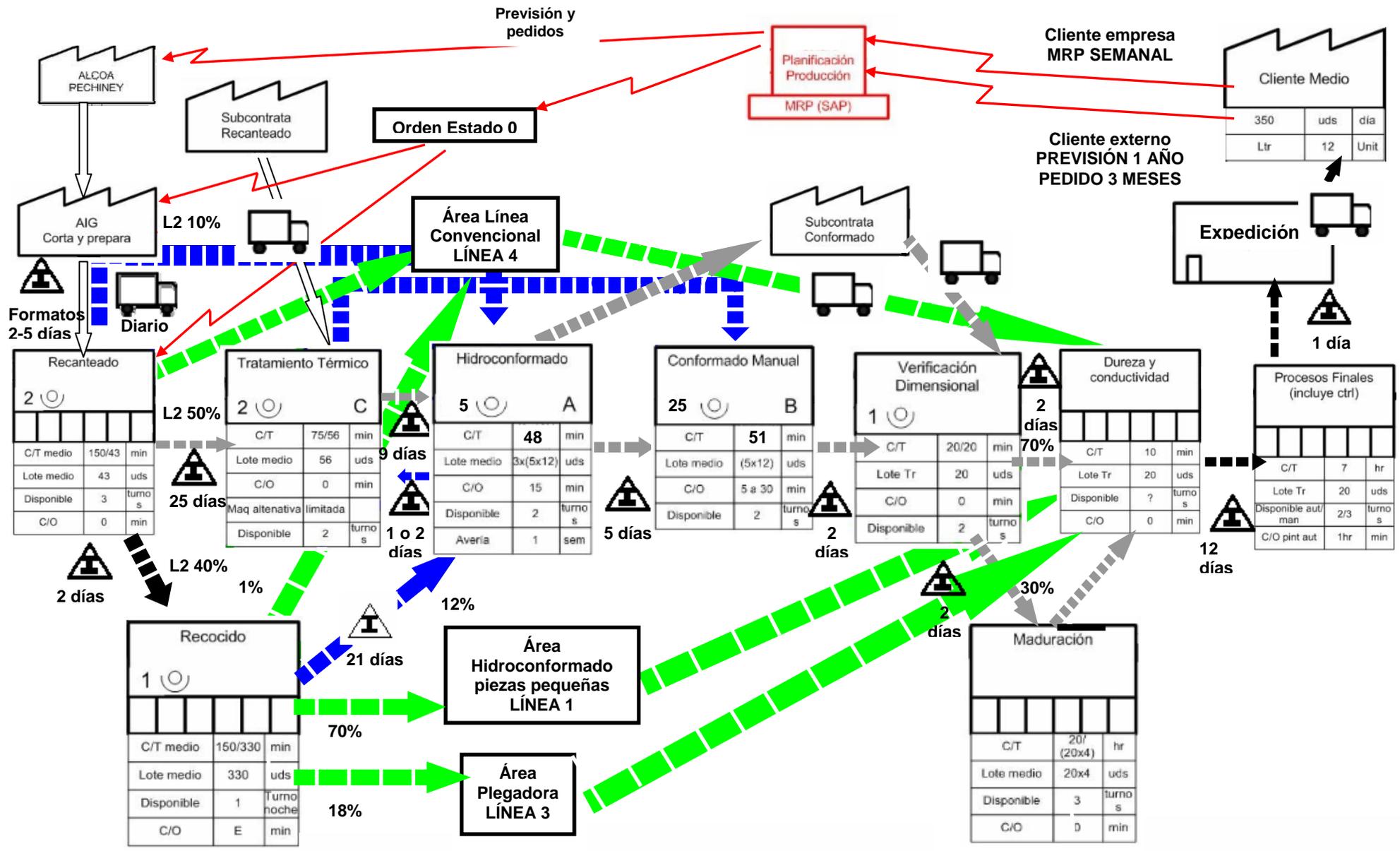
Push

Trabajar en modo “push” significa que un proceso no se preocupa de lo que necesita el proceso que viene más tarde, sino que produce y “empuja” los materiales hacia delante creando inventario. Por el contrario, el modo “pull” es el siguiente proceso el que “tira” de la producción hacia delante, por lo que se produce estrictamente lo que es necesario sin crear inventario.

8. Dibujar las líneas de tiempo

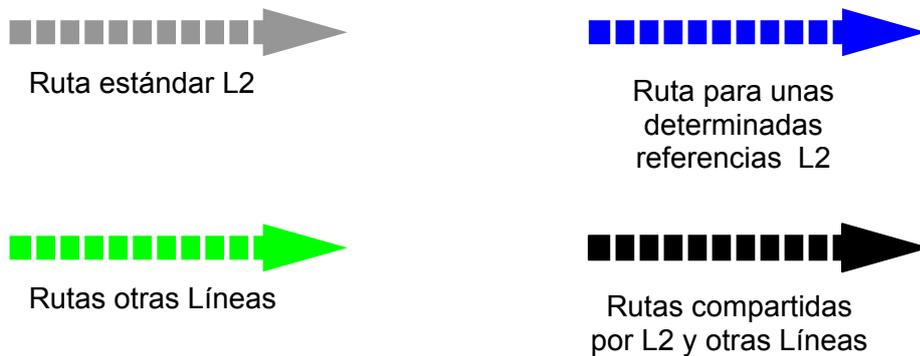
Debajo de los procesos se ponen los tiempos de ciclo y debajo de los triángulos de inventarios, los tiempos de inventario de cada material. Sumando todos los tiempos se consigue el Lead Time o tiempo de suministro. Debido a problemas de espacio, en el Value Stream Mapping no aparecerán las líneas de tiempo, sino que los datos se situarán en un recuadro aparte.

El Value Stream Mapping resultante de la Línea 2 del área de Chapistería es el siguiente:



Desarrollo e implantación de las herramientas LEAN MANUFACTURING en la Línea 2 del área de chapistería de una planta aeronáutica

Donde los flujos mostrados son los siguientes:



Y los datos de Lead Time y VA (valor añadido) son los siguientes:

- VA: 1359 minutos, con maduración
- VA: 159 minutos, sin maduración
- Lead Time: 103 días

También hay que tener en cuenta los parámetros relacionados con tiempo:

mes	semana	día	turno
4	5	2	474
semana	día	turno	min

7.1.2. Diagnóstico: Identificación de desperdicios

Una vez conocidos los procesos de producción y los datos asociados a cada paso del proceso, y después de haberlos plasmados en el Value Stream Mapping, se procederá al análisis de las pérdidas existentes.

Para identificar y cuantificar estas pérdidas se responderá a una serie de preguntas. Estas preguntas nos servirán, a la vez, para optimizar la cadena de suministro según los principios del Lean Manufacturing y establecer la situación objetivo, que será plasmada en el Value Stream Mapping futuro.

1^{er} desperdicio: SOBREPDUCCIÓN

La sobreproducción significa producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. Para analizar si existe sobreproducción en la cadena de suministro hay que calcular el Lead Time del proceso.

Pregunta 1ª: ¿Cuál es el Takt Time de L2?

El takt time es un parámetro que indica la frecuencia con la que un producto debería ser fabricado, atendiendo al ritmo de ventas para satisfacer la demanda del cliente y al tiempo disponible de trabajo. Se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Takt Time} = (\text{Tiempo de trabajo disponible al día}) / (\text{demanda del cliente al día})$$

En nuestro caso no tiene sentido utilizar este parámetro, ya que se deben tener en cuenta dos circunstancias que acontecen a la línea 2:

- El Takt Time se calcula en base a la fabricación de un **único producto**. Aplicar este concepto a Línea 2 o a la nave de Chapistería en general supondría calcular el Takt Time de más de 2000 Part Numbers distintos que, cada día, son fabricados en la Línea 2, cada uno con una demanda diferente, lo cual sería muy complicado.
- La línea 2 es una línea de producción intermedia en el proceso de chapistería, y los cálculos se establecen en base a las necesidades del cliente final, que es el que marca el ritmo de producción, según la definición del sistema **PULL** de fabricación, con lo cual, no tiene sentido hablar de sobreproducción en un paso intermedio del proceso de chapistería.

Debido a esta característica de la Línea 2 (gran variedad de Part Numbers diferentes) y a su situación en la nave de Chapistería, concluimos que no tiene sentido hablar de sobreproducción.

2º Desperdicio: INVENTARIO

El inventario o stock es otra de las principales pérdidas comunes en las cadenas de suministro, ya que, entre otros, conlleva los siguientes problemas:

- pérdida de espacio en la planta
- capital inmovilizado para la empresa
- coste de almacenaje y manipulación.
- pérdidas por obsolescencia de materiales

Por tanto, el objetivo es maximizarlo o eliminarlo siempre que sea posible. Existen tres tipos de stock:

1. Stock de producto terminado
2. Stock de materias primas
3. Stock de producto intermedio

A continuación, pasaremos a analizar los distintos tipos de stock en el proceso objeto de estudio (Línea 2).

Stock de producto terminado

El stock de producto terminado es el producto que se almacena una vez que sale de Procesos Finales hasta que es enviado a los clientes. En el caso de la Línea 2 no tiene sentido hablar de este tipo de stock, ya que se trata de un proceso intermedio de la nave de Chapistería.

Stock de materias primas

Del análisis de la cadena de valor se desprende que el proceso que la materia prima sigue desde que el cliente detecta una necesidad hasta que llega a la planta es el siguiente:

- El cliente detecta una necesidad. Para cubrirla, manda un aviso al departamento de producción de la empresa a través de una señal electrónica que es procesada a través de SAP.
- A continuación, se hará una distinción entre clientes de la propia empresa y clientes externos:
 - En el caso de estar ante un cliente de la propia empresa la señal recibida es enviada electrónicamente al suministrador de materia prima (Alcoa Pechiney) que, a través de un flujo tipo **PULL**, envía el producto a la factoría AIG, donde la materia prima recibida es cortada y preparada para su suministro. Dicho suministro es también realizado a través de un flujo tipo **PULL** con una frecuencia diaria.
 - Si el cliente no es de la empresa, se forzará la señal electrónica recibida a pasar al estado 0 para, a continuación, y también de manera electrónica, pasar a AIG o directamente a la planta, en función de la materia prima disponible que se tenga en ese momento.

Del análisis de la cadena de valor se desprende que el proceso de llegada de materia prima a la factoría cumple un flujo tipo **PULL** (la demanda tira de la producción) y que,

por tanto, este proceso está en armonía por los principios emitidos por la filosofía Lean. Aún así, observamos que existe un stock de 2 a 5 días en Recanteado, pero éste es debido a que la línea 2 está sujeta a un flujo tipo PUSH y a numerosas paradas, que son el objeto de estudio de este proyecto. Por tanto, y a modo de resumen, se concluye que **el stock de materias primas es debido a problemas intermedios**, y, por tanto, es **en el stock intermedio donde se deben centrar los esfuerzos**.

Stock de producto intermedio

El stock de producto intermedio es el que se acumula entre los diferentes procesos productivos. A continuación se analizará dónde existe este tipo de stock en la cadena de suministro.

Según el mapa de la cadena de valor, tenemos 3 puntos importantes de acumulación de material:

1. Entre Recanteado y Tratamientos Térmicos
2. Entre Tratamientos Térmicos/Recocido e Hidroconformado
3. Entre Recocido y Hidroconformado
4. Entre Hidroconformado y Conformado Manual

Una vez identificados los puntos de acumulación de material estudiaremos cada caso individualmente, eliminando el inventario siempre que sea posible o introduciendo un flujo continuo donde no pueda eliminarse.

1. Stock entre Recanteado y Tratamientos térmicos

El stock existente entre Recanteado y Tratamientos Térmicos asciende a 25 días. Esta cantidad tan elevada de stock es altamente perjudicial, ya que provoca retrasos en las piezas y obsolescencia en algunos casos. Para atacar esta acumulación de material se estudiará, en primer lugar, la posibilidad de eliminarlo y, en el caso de que no fuera posible, estudiar la viabilidad de establecer flujo continuo entre ambas células. Para ello, se responderán las siguientes preguntas:

¿Es posible la eliminación del stock existente entre ambas células?

Para responder a esta pregunta es necesario estudiar las causas de tan elevadas cantidades de stock. Hay principalmente dos causas fundamentales de acumulación de material:

- Se recantea demasiado

La solución a implantar sería recantear menos, pero ese es un factor sobre el que no se puede actuar, ya que la carga de Recantado responde a las necesidades del cliente gestionadas a través de un sistema PULL de producción, con lo cual, no se puede modificar la carga.

- La célula de Tratamientos Térmicos tiene un tiempo de ciclo mayor que la de Recantado

Afirmación que no es cierta, ya que, según el VSM, el tiempo de ciclo de la célula de Tratamientos Térmicos es de 75 minutos de media, mientras que el de Recantado es de 150 minutos de media. Además, se debe tener en cuenta que una disminución del tiempo de ciclo en los Tratamientos térmicos disminuiría el tiempo de stock entre ambas células, pero aumentaría el existente entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado.

Tras este estudio, se concluye que **no es posible la eliminación del stock existente entre Recantado y Tratamientos Térmicos**. A continuación se estudiará si será posible implantar flujo continuo entre ambas células.

¿Es posible implantar flujo continuo entre ambas células?

Si observamos con detenimiento el mapa de la cadena de valor extraemos que un 50% de lo que se recantea pasa a la línea 2 a través de temple, mientras que la otra parte pasa a las demás líneas a través de Recocido, lo cual implica que la célula de Recantado no trabaja únicamente para la línea 2, sino también para el resto de las líneas. Además, hemos de tener en cuenta que ambas líneas trabajan por lotes, lo cual, unido a la gran cantidad de Part Numbers diferentes que se procesan en la nave, eliminan la posibilidad de establecer de un flujo continuo entre ambas células.

A modo de resumen, se establece que las causas que han hecho imposibles la implantación de un flujo continuo entre ambas células son las siguientes:

1. La materia prima que llega a Recantado es generada a través de una señal PULL, y por tanto, debe ser procesada.
2. La gran cantidad de Part Numbers procesados, cada uno con una demanda diferente, sugiere que es mejor procesar según CRITICIDAD y Lead Time del Part Number en cuestión.
3. Ambas células trabajan por lotes y tienen tiempos de ciclo diferentes.

Para minimizar el stock existente entre ambas células se planteará la aplicación de otras herramientas en apartados posteriores.

2. Entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado

El stock entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado asciende a 9 días, lo que significa que las piezas que, tras salir de Temple, esperan a la prensa, lo hacen dentro de las neveras ese periodo de tiempo. A continuación se estudiará la posibilidad de eliminarlo o, en caso contrario, de aplicar un flujo continuo entre ambas células.

¿Es posible la eliminación del stock existente entre ambas células?

Se puede minimizar pero no eliminar, ya que ambas células trabajan por lotes.

¿Es posible implantar flujo continuo entre ambas células?

No es posible el establecimiento de un flujo continuo entre estas dos células ya que ambas trabajan por lotes. Más adelante se estudiará la posibilidad de la aplicación de un supermercado tipo PULL o de una línea FIFO.

3. Entre recocido e Hidroconformado

El inventario entre estas dos células asciende a 21 días, lo cual significa que la carga de la ruta que, de Tratamientos Térmicos pasa a Hidroconformado (R21) y la carga de las piezas que, de Recocido, pasan a Hidroconformado (R22) no están balanceadas, ya que, según el sistema, tenemos una demanda similar de piezas R21 y R22. Esto sugiere que se le da prioridad para pasar a Hidroconformado a las piezas R22, dando como resultado un stock considerable de las otras. Se propone, da cara a reducir el stock entre estas dos células, realizar, en primer lugar, un estudio del equilibrado de estas dos rutas según datos del sistema y estudiar la implantación de un sistema de Gestión Visual para evitar que se acumulen las piezas de Recocido.

4. Entre Hidroconformado y Conformado Manual

Entre ambas células existe un inventario de 5 días. A continuación se estudiará la posibilidad de eliminar o reducir totalmente el stock entre ambas células mediante el análisis de las distintas posibilidades.

¿Es posible la eliminación del stock existente entre ambas células?

No es posible, ya que el Hidroconformado trabaja por lotes.

¿Es posible implantar flujo continuo entre ambas células?

No, ya que, como dijimos antes, la célula de Hidroconformado trabaja por lotes y, además, el ciclo de conformado manual es mayor que el de Hidroconformado. Como consecuencia, se estudiará la posibilidad de implantar una línea FIFO un supermercado PULL entre estas dos células.

3^{er} desperdicio: ESPERAS

La espera es una pérdida que hace disminuir la productividad de las unidades y causa mal estar en los trabajadores de la planta. Para eliminar esta pérdida se debe optimizar la relación y la compenetración entre procesos y unidades. Para lograrlo, el Lean Manufacturing propone crear un sistema de supermarkets.

En la actualidad, esta circunstancia no se da en la línea 2, sino que, por el contrario, tenemos exceso de producción y Lead Time demasiado altos provocados por las continuas paradas que serán objeto de estudio. Por tanto, el objetivo en los próximos apartados será eliminar en la medida de lo posible las citadas paradas. Sin embargo, se pueden dar esperas dentro de cada una de las células propiciadas por una logística que no esté optimizada. Por tanto, se propone la revisión de las rutas logísticas de todas las rutas de la línea 2 para eliminar las posibles esperes que existiesen u optimizar los tiempos en los demás casos.

4^o desperdicio: TIEMPOS DE PROCESO INNECESARIOS

Hacer procesos que no son necesarios es claramente una actividad que no da valor añadido y, por lo tanto, una pérdida que debe se eliminada. Hay muchas actividades que se hacen diariamente en la Línea 2 que realmente son innecesarias y podrían ser eliminadas o simplificadas. Planificar la producción en cada uno de los procesos por separado es innecesario y causa trabajo y problemas de compenetración entre las distintas células. Lo óptimo sería planificar en un solo punto para, a partir de él, y en función se su capacidad, establecer los objetivos de producción para los restantes procesos. Llegados a este punto, cabe plantearse la siguiente pregunta:

¿Qué proceso puede establecerse como marcapasos?

En un Value Stream Mapping se planifica en un solo punto llamado “Pacemaker Process” o Marcapasos, que, como indica este nombre, es el proceso que marca el ritmo de producción de los otros procesos. En la Línea 2 de la nave de Chapistería el conformado manual, A2, es el último paso que se realiza en la Línea 2 antes de pasar a Procesos Finales. Según los datos extraídos del sistema, este proceso es el cuello de botella de la Línea 2 o Marcapasos, con lo cual, éste es el paso que limita la capacidad de la Línea, es decir, la etapa controlante del proceso. La capacidad en cualquier proceso viene dada por la etapa controlante del mismo, que es la de menor capacidad. En nuestro caso, la etapa controlante o Marcapasos de la Línea 2 es la célula de Acabado A2, con lo cual, se hace evidente la necesidad de aumentar dicha capacidad para aumentar la capacidad global de la Línea 2. Los procesos por debajo del marcapasos ocurren de modo continuo y los procesos por encima de él en modo PULL. Por tanto, una tarea fundamental a analizar en el apartado de mejoras sería el de aumentar la capacidad de la célula de Acabado para, de esa forma, aumentar la capacidad global de la línea 2. Una forma del aumento de la capacidad de Acabado sería mediante la disminución del tiempo de ciclo de la célula. Para ello, se realizará

un estudio de las piezas que se procesan en esta célula para intentar reducir los tiempos de conformado mediante modificaciones en el proceso o, siempre que sea posible, en el diseño.

5° desperdicio: DEFECTOS

Los desperdicios son aquellas pérdidas ocasionadas por la fabricación de productos que no cumplen con las especificaciones deseadas o cuyas características no los hacen aptos para la finalidad para la que están destinados. Estas pérdidas ocasionan reprocesos, que a su vez provocan:

- Aumento del coste

Ya que se invierte tiempo y dinero en volver a procesar lo que ya fue procesado

- Retrasos

Perdemos tiempo en volver a procesar el producto defectuoso

- Mala calidad

No se cumplen con las especificaciones ni con las fechas de entrega fijadas.

- Aumento del Lead Time

El tiempo de procesado del producto aumenta debido al reprocesamiento

Debido a las consecuencias que acarrea este tipo de desperdicio es necesario atacar las causas principales que ocasionan los defectos. Fundamentalmente, se deberá hacer un análisis de las causas responsables de la mayoría de las HNC's (Hojas de No Conformidad) y, en especial, de las pérdidas ocasionadas por los bordones, ya que los defectos originados por este elemento estructural son los responsables de, aproximadamente, el 85 % de las HNC's.

6° desperdicio: MOVIMIENTOS

En este apartado se estudian todos aquellos procesos que no aportan valor añadido al producto, como pueden ser desplazamientos innecesarios, doble manipulación de piezas o componentes, movimientos de alcanzar algo, agacharse... Para eliminar este tipo de movimientos que no aportan valor al producto se propondrá el estudio de las tareas realizadas en Conformado Manual A2, dado que es la célula con menor capacidad y, por tanto, el "marcapasos" de la línea completa.

7º desperdicio: TRANSPORTE Y ALMACENAJE

Este desperdicio constituye el tiempo invertido en transportar y almacenar materiales. Repercute en un aumento del coste y del Lead Time. En el caso de la línea 2 este problema no es de trascendental importancia, ya que las diferentes celdas no están muy separadas unas de otras. Sin embargo, estudios posteriores revelaron que los sensores que transportan los pallets cometen fallos continuamente, ya que, bien en su recorrido de la prensa a Acabado, o bien en el correspondiente de Acabado al almacén de utillaje, son objeto de numerosos fallos que provocan cuantiosas paradas que, en ocasiones, solo se salvan mediante un transporte manual llevado a cabo por los propios operarios de la prensa. Por tanto, se propondrá en el apartado de mejoras propuestas una revisión de los sensores del sistema automático de retorno.

7.1.3. Acciones propuestas

Se han propuesto las siguientes acciones con la finalidad de establecer un flujo en la línea 2 acorde con los principios del Lean Manufacturing:

- Estudiar posibilidad de establecer una línea FIFO o supermarket PULL entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado
- Estudiar equilibrado entre las Líneas R21 y R22
- Implantar un sistema de Gestión Visual para piezas de Recocido
- Estudiar posibilidad de establecer una línea FIFO o supermarket PULL entre Hidroconformado y Conformado Manual.
- Revisar logística de todas las rutas de la Línea 2
- Estudio de los part Numbers procesados en A2
- Eliminación de las HNC`s
- Eliminación de fallos por bordones
- Estudio de tareas en Conformado Manual (A2)
- Revisar sensores del sistema de retorno de los pallets.

7.2. 5S's Y GESTIÓN VISUAL

7.2.1. Diagnóstico

La gestión visual es una herramienta Lean que persigue los siguientes objetivos:

- 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.

Teniendo en cuenta estos objetivos se deduce que esta herramienta Lean se aplicará a aquellos puestos de trabajo donde se produzcan esperas y retrasos a consecuencia de una mala organización provocada por un desorden del puesto. Igualmente, se aplicará también a aquellos procesos que han sufrido retrasos debido a que las piezas a procesar no contaban con una localización específica, amontonándose, por tanto, a lo largo de toda la fábrica. Si trasladamos estas reflexiones al área de trabajo objeto de estudio, se localizan los siguientes problemas cuya resolución se obtendrá a través de la aplicación de la Gestión Visual:

- En el diagnóstico realizado a través del VSM se obtuvo que había una gran cantidad de material acumulado (inventario) entre Recantado y Tratamientos Térmicos. Debido a que se dedujo, a través de un estudio realizado, que no era posible el establecimiento de un flujo continuo entre ambas células, se estableció solucionar este problema mediante la aplicación de otra herramienta. Puesto que, tras observación directa en planta, se estimó que se empleaba gran cantidad de tiempo en localizar las piezas recantadas, se decidió aplicar las herramientas de la Gestión Visual a este problema.
- Los problemas de localización de determinadas piezas provocaban amplias búsquedas que ralentizaban el flujo, provocando paradas. Así, se decidió establecer una localización específica para las siguientes piezas que sufrían este problema:
 - Piezas 05
 - Organización de material en el suelo
 - Previos

- Una buena herramienta para agilizar el flujo de producción es emplear un tablón de información que sea el indicador de la marcha de la producción. Dicho panel debe ser construido de acuerdo a los principios de la Gestión Visual
- Dado que uno de los objetivos de la Gestión Visual es que lo que se realice en un puesto de trabajo esté originado mediante una orden visual, se propone implantar un sistema Supermarket o una línea FIFO entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado a través de una serie de órdenes visuales que sean las que autoricen la continuidad o la parada en la producción.

7.2.2. Acciones propuestas

Tras el diagnóstico anteriormente realizado se decidió aplicar los principios de la Gestión Visual a las siguientes acciones:

- **Detallar ubicación a la salida de Recanteado y reorganizar stock**

A salida de Recanteado, y antes de pasar a los correspondientes Tratamientos Térmicos, se colocarán las piezas en unos carros junto a la citada célula. La gran cantidad de órdenes procesadas retrasaban la labor de búsqueda de piezas para su identificación.

- **Ubicación de piezas 05**

Las piezas 05 (sin útil) se amontonaban a lo largo de la superficie de la fábrica, dificultando el tránsito y aumentando el Lead Time de las mismas, ya que, al no conocerse con certeza los PN de las piezas afectadas por esta circunstancia, no se procedía al diseño y encargo de los útiles necesarios para su procesado.

- **Marcar ubicación de material en el suelo**

En ocasiones, los útiles se colocaban en cualquier parte de la fábrica, dificultando su localización.

- **Organización de zona de previos**

Los previos son operaciones de Conformado que no aparecen en la rutas convencionales. El problema de estas piezas era que los operarios de la prensa debían ser los encargados de realizarlas, ya que, al tratarse de operaciones no registradas, la labor de los chapistas no constaba en el sistema, quedando sin justificar el tiempo empleado en ellas. Aplicando el concepto de "Control Visual" podría eliminarse este problema, ya que se

advertiría la cantidad de PN parados por este problema, y se actuaría en consecuencia.

- **Colocar tablón de información**

El tablón de información es un sistema de Mejora Continua utilizado para crear una zona de trabajo "Visual". Utiliza los principios de la gestión visual para mostrar indicadores del funcionamiento de la cadena de producción, actuando en consecuencia.

- **Implantar carril FIFO o Supermarket PULL mediante Gestión Visual**

Mediante esta acción se persigue que la producción se inicie mediante un conjunto de órdenes visuales.

7.3. TPM

7.3.1. Diagnóstico

En el TPM se identifican **6 grandes pérdidas de eficiencia** en los Equipos que afectan a:

- la **disponibilidad** del Equipo,
 - Averías
 - Cambios y ajustes
- la **velocidad** de proceso
 - Microparos
 - Pérdida de velocidad
- la **calidad** de los productos.
 - Defectos de calidad y reprocesos
 - Mermas

Es importante conocer el origen y la localización de las citadas pérdidas para, mediante el diagnóstico realizado a través del estudio del OEE (Overall Effectiveness Equipment), se puedan tomar las medidas necesarias para aumentar la producción del equipo objeto de estudio. En la línea 2 se comprobó que la prensa de Hidroconformado (célula por la que pasan el 100% de las piezas que se procesan en la línea 2) era objeto de numerosas paradas que ralentizaban el flujo de producción. Debido a esto, se decidió realizar un estudio de seguimiento del OEE en la citada célula. La manera de proceder será la siguiente: en primer lugar, se definirán e identificarán las diferentes pérdidas que contribuyen a las paradas en el equipo para, posteriormente, definir el OEE, el seguimiento y los parámetros a controlar. Se concluirá con una serie de conclusiones que actúen como clave para identificar las oportunidades de mejora.

7.3.1.1. Pérdidas en los equipos

Comenzaremos definiendo las pérdidas más comunes que afectan a los equipos:

1. Averías: Tiempo de parada originado por deterioros en el equipo que tienen que ser reparados.

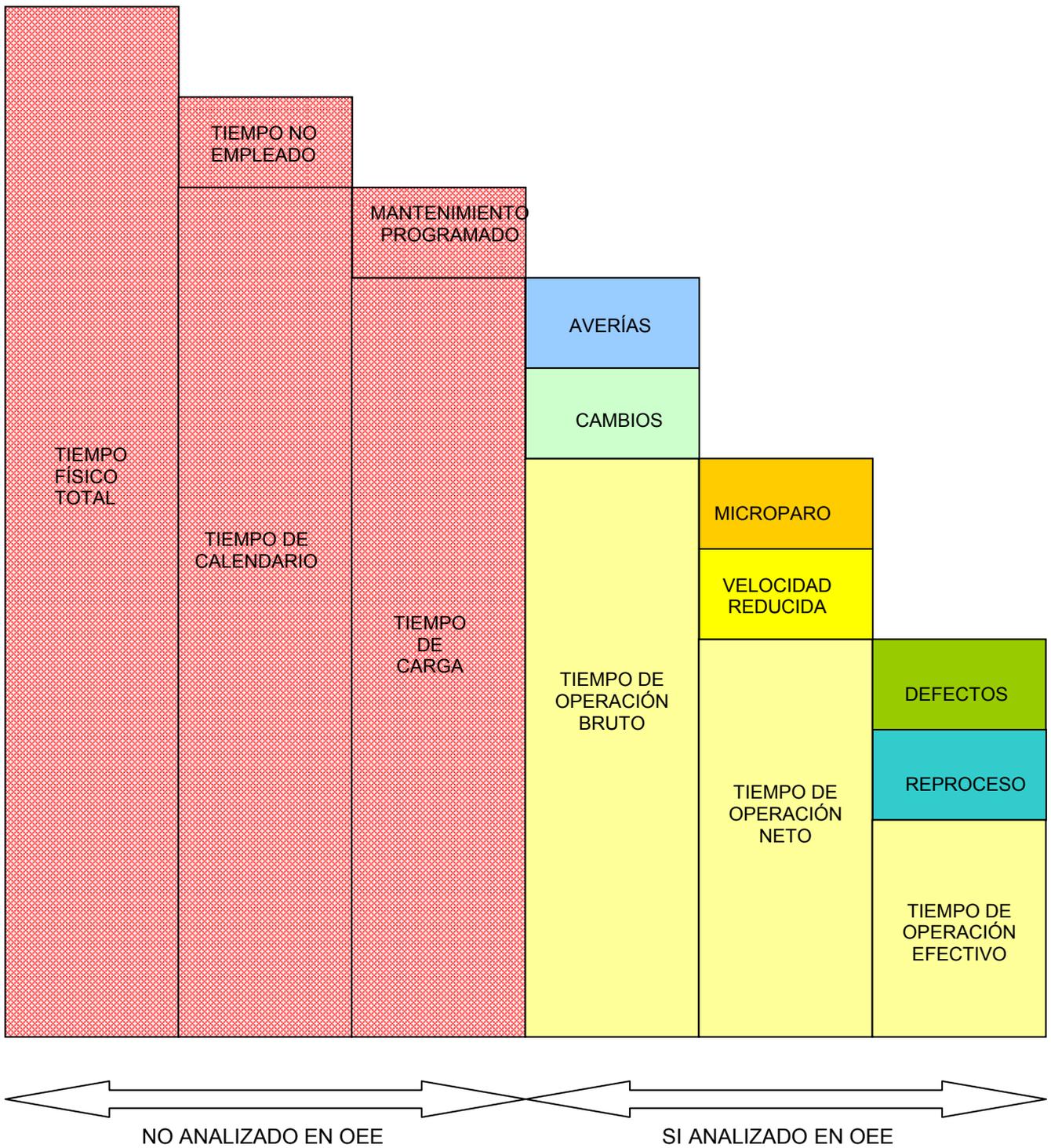
2. Cambios y ajustes: Tiempo de parada causado por cambios en las condiciones de operación, tales como los cambios entre referencias, carga y descarga de materiales e inicios de turno.
3. Microparos: Paradas asociadas a equipos automáticos. Básicamente son pequeñas paradas que se resuelven en poco tiempo con la restitución por parte del operario de las condiciones normales de funcionamiento.
4. Pérdida de velocidad: Reducción de la velocidad de operación teórica causada por deterioro del equipo o problemas de materiales.
5. Defectos de calidad y reprocesos: Fabricación de productos que no cumplen las especificaciones de calidad o tiempo invertido en la recuperación de productos defectuosos.
6. Mermas: Pérdida de material causada por:
 - a) Diseño del producto-proceso o restricciones del equipo.
 - b) Establecimiento de las condiciones normales del equipo en el ajuste de un cambio o en una puesta en marcha.

Una vez definidas las distintas pérdidas a las que está sujeto un equipo, procederemos a cuantificar su importancia a través del OEE.

7.3.1.2 Cálculo del OEE en la prensa de Hidroconformado

El Overall Equipment Effectiveness (OEE) o la *Eficiencia Global del Equipo* es un indicador Lean que estudia la disponibilidad del equipo en estudio, es decir, nos indica **qué está haciendo la máquina en relación con lo que realmente podría hacer**. Para ello, al tiempo físico total le quitamos el tiempo no empleado para quedarnos con el tiempo de calendario, que es el tiempo previsto para trabajar. Si al tiempo de calendario le restamos las pausas debidas al mantenimiento programado nos queda entonces el tiempo de carga, y es a partir de aquí donde empieza el análisis del OEE.

Durante el tiempo de carga (que es el tiempo destinado **única y exclusivamente** a trabajar) aparecen averías y cambios que hacen que el ciclo de producción normal se paralice momentáneamente. Estos dos factores constituyen un tiempo no productivo. Por tanto, si descontamos este tiempo del tiempo de carga obtenemos el llamado tiempo de operación bruto. Este tiempo, sin embargo, no es totalmente efectivo, ya que durante el transcurso de la jornada aparecen los llamados *microparos* y, en ocasiones, *velocidad reducida*. Por *microparos* se entienden aquellas paradas de producción necesarias para el buen funcionamiento de la misma, aunque de escasa duración (apenas unos segundos, pudiendo llegar a 2 ó 3 minutos). Por otro lado, se dice que trabajamos a *velocidad reducida* cuando, debido a factores tales como insuficiencia de carga de trabajo junto con los citados microparos o equipos deteriorados, ralentizan el flujo normal de producción. Por tanto, si al tiempo de operación bruto le descontamos estos dos factores, obtenemos el tiempo de operación neto. Este tiempo, a pesar de ser totalmente productivo, no es del todo efectivo, ya que pueden aparecer reprocesos debidos a la salida de piezas defectuosas. Por tanto, si al tiempo de operación neto le restamos el tiempo consumido en defectos y reprocesos obtenemos el tiempo de operación efectivo, que es el tiempo durante el cual la productividad del equipo es aprovechada completamente.



Cálculo del OEE

Para calcular el OEE necesitamos tomar una serie de datos, que son los que a continuación se muestran:

- MDPR

El MDPR (Maximum Demonstrated Production Rate) o el tiempo de ciclo mínimo del equipo en estudio (en nuestro caso, de la prensa de Hidroconformado), es el tiempo transcurrido entre una pisada y la siguiente. Dicho tiempo de ciclo es igual a 4,2 minutos en nuestro caso para el paletizado automático.

- Paradas

Para registrar las paradas producidas tomamos los datos de hora de inicio y finalización de las mismas para facilitar la labor de los operarios de la prensa. Dichas paradas se clasifican en 14 grupos, a saber:

1. Preparación

Se refiere al tiempo dedicado a la preparación de los pallets, englobando la búsqueda de útiles, de piezas, la correcta disposición de éstos para optimizar el espacio en los pallets...

2. Ajuste de parámetros

Tiempo dedicado a modificar los posibles parámetros del equipo en consonancia con la situación en la que nos encontremos. En nuestro caso, este tipo de paradas no se da con mucha frecuencia.

3. Buscar material

Se refiere al tiempo empleado en la búsqueda de piezas en las distintas áreas de localización (este tiempo se ha reducido considerablemente debido a la aplicación del carril FIFO entre nevera y prensa y a la colocación de carteles en los carros de recantado) y de útiles.

4. Falta de información.

Nos encontramos ante paradas generadas por el desconocimiento total o parcial por parte del operario de datos necesarios para la generación de la agrupación. Esta parada tampoco es representativa de los problemas principales de la prensa.

5. Falta de útil.

En ocasiones, cuando se comienza con la preparación de la mesa para su paso por la prensa, el útil no se encuentra disponible. Esto es debido a varios motivos, entre los que se encuentran: útil aún no fabricado porque estamos ante programas nuevos, útil se encuentra en subcontratación, útil extraviado...estos motivos provocan paradas considerables, y es importante que queden registradas para el análisis de la repercusión en el OEE.

6. Avería: fallo enconder

Esta avería es debida a desajustes existentes entre la posición real de la manta al enrollarse en el tambor y la que ha sido programada en el lector de posición. Puede ser debido a la dilatación de la manta.

7. Avería: mesa cogida (se queda dentro de la prensa)

La mesa con el pallet no puede salir de la prensa a pesar de que la operación de prensado haya terminado.

8. Avería: traslo.

El traslo es el sistema de enganche que transporta el pallet a la mesa de la prensa. En ocasiones, este sistema falla, no pudiéndose enviar el pallet a la mesa, con lo cual, no puede completarse el ciclo.

9. Avería: Otros.

En este apartado quedan registradas otro tipo de averías que no han sido recogidas en los demás apartados, como averías en el sistema de retorno de los pallets, salida de aceite en la prensa...

10. Avería: salida taco cabecera mesa.

Esta avería se produce porque las piezas de goma que rodean periféricamente al pallet y que se encuentran atornilladas al mismo, debido al rozamiento y a la presión que soportan caen al espacio existente entre el pallet y la mesa, generando averías y paradas,

11. Pruebas

Normalmente, las paradas por pruebas suelen deberse a pruebas de PAP (puesta a punto) por parte de ingeniería para nuevos Part Numbers o utillaje.

12. Cambio de útiles a bandeja manual por cambio de prioridades.

Esto es debido a un cambio de prioridades (normalmente, porque una pieza ha pasado a ser crítica). Entonces, para agilizar el proceso dicha pieza se desagrupa y se pasa a manual. Éste es un método que cada vez se hace menos debido al tiempo que consume.

13. Limpieza

Paros debidos a limpieza para optimizar el funcionamiento del equipo.

14. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se realiza para evitar posibles averías en un futuro, adelantándonos a los acontecimientos.

- Microparos

Para medir los microparos, que en la mayoría de los casos suelen ser del orden de segundos, se ha procedido a clasificarlos en tres grupos, asignándoles a cada uno un tiempo aproximado concreto. Para facilitar la labor de los operarios, se decidió que contasen los microparos en grupo, anotándolos mediante barras. Posteriormente, para el cálculo del OEE bastaría con contar el número de barras y multiplicarlas por el tiempo asignado. Es así como se obtendría el tiempo debido a cada microparo. Dichos microparos se clasifican en tres grupos:

1. Poner talco en transmanta.

Éste microparo se realiza para prevenir posibles fallos en el encoder. El tiempo asignado a este microparo es de 300 segundos.

2. Poner aceite.

Este microparo tiene la finalidad de evitar la salida del taco de la cabecera de la mesa. Se le ha asignado una duración de 120 segundos.

3. Eliminar paletizado cuando no detecta pallet.

Este microparo es debido a la curvatura existente en los pallets, que hace que los sensores de posición ubicados en la mesa no sean capaces de detectarlos. Esto provoca un desplazamiento del operario hacia el lugar donde se encuentra el botón de cambio para arranque en manual. Dicho operario selecciona el arranque en manual para que el pallet sea detectado por el sensor. Una vez detectado, el pallet entra en la prensa, y es entonces cuando se vuelve a seleccionar la opción de palatizado en automático, para que el ciclo siga su curso normal. Este

microparo se debía efectuar para cada pisada, coincidiendo el número de microparos con la PRODUCCIÓN REAL BRUTA, que veremos más adelante, pero, debido a la enorme cantidad de tiempo que suponía este factor por la frecuencia con la que se realizaba, se decidió puentear el sensor para que siempre detectase el pallet en automático, teniendo este microparo mayor incidencia al comienzo de la recogida de datos que más adelante, cuando se implantó esta solución. A dicho microparo se le asignó un tiempo de 120 segundos.

- Nº de pisadas totales.

El número de pisadas totales, a partir de la eliminación del microparo debido a la selección del palatizado manual, coincide con la PRODUCCIÓN REAL BRUTA, y se divide en cuatro grupos:

1) Pisadas

Son las pisadas efectivas.

2) Reproceso

Son pisadas para reprocesar piezas defectuosas.

3) Piezas con defecto de salida de fijas

Las fijas son utilizadas para unir las piezas a los útiles. En ocasiones, debido al rozamiento provocado por la enorme presión a la que están sometidas, se salen, con lo cual las piezas salen defectuosas. Esto da lugar a que tengan que volver a producirse dichas piezas.

4) Piezas con defectos debidos a grietas

Esto ocurre principalmente con bordones. Estas piezas salen defectuosas, constituyendo scrap, con lo cual, han de volver a fabricarse.

La PRODUCCIÓN REAL BRUTA abarca, por tanto, las pisadas defectuosas, de reproceso y efectivas.

- Problemas específicos.

Tenemos un apartado dedicado a comentarios del día que, si bien no influyen matemáticamente en el cálculo del OEE, sí pueden servirnos para el estudio y la resolución de problemas anexos asociados con la prensa. Dichos comentarios se clasifican en tres grupos:

1. Averías repetitivas

2. Problemas con útiles
3. Problemas por falta de asistencia
4. Otros.

Una vez que tenemos todos estos datos, pasamos al cálculo del OEE, que se realiza como a continuación se muestra:

Partimos del dato de que el tiempo de ciclo, o el MDPR (ya comentado anteriormente) era de 4,2 minutos. A partir de ese dato, rellenamos los demás en la hoja de cálculo correspondiente:

- Producción real bruta.

Es la suma de las pisadas efectivas, pisadas de reproceso y pisadas con defectos (de salida de fijas y de grietas). Por tanto:

$$\text{PRODUCCIÓN REAL BRUTA} = \text{Pisadas} + \text{Reproceso} + \text{Piezas Defecto fijas} + \text{Piezas Defecto Grietas}$$

- Producción real neta.

La Producción Real Neta es la diferencia entre la Producción Real Bruta y las pisadas por reprocesos y por defectos. Así:

$$\text{PRODUCCIÓN REAL NETA} = \text{Pisadas} - \text{Reproceso} - \text{Piezas Defecto fijas} - \text{Piezas Defecto Grietas}$$

- Tiempo de carga.

El Tiempo de Carga lo calculamos a partir de los siguientes datos recogidos:

➤ TURNOS

Pueden ser 1 ó 2, en función del día.

➤ TIEMPO TOTAL

El tiempo total es el producto del número de turnos que se halla trabajado ese día en concreto por las horas trabajadas en ese turno, que normalmente son 8 horas (480 minutos).

➤ PAUSAS PERSONAL

Se considera que el personal realiza una pausa de 6 minutos por turno.

➤ MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este dato se toma directamente de la hoja de recogida de registro de paradas.

➤ PAROS POR FALTA DE DEMANDA

Este dato se toma también directamente de la hoja de recogida de registro de paradas.

A partir de estos datos procedemos al cálculo del Tiempo de Carga, que será igual a:

$$\text{TIEMPO DE CARGA} = \text{Tiempo Total} - \text{Pausas Personal} - \text{Mantenimiento Preventivo} - \text{Paros por falta de demanda}$$

- Tiempo de operación bruto.

Para el Tiempo de Operación Bruto necesitamos los datos de las paradas efectuadas.

A partir de ellas procederemos al cálculo del mismo, que será igual a:

$$\text{TIEMPO DE OPERACIÓN BRUTO} = \text{TIEMPO DE CARGA} - \text{SUMA (PARADAS / AVERÍAS)}$$

- Disponibilidad.

Para el cálculo de la disponibilidad partimos de los datos de Tiempo de Operación Bruto y Tiempo de Carga. Así, para calcular la disponibilidad aplicaríamos la siguiente fórmula:

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\{\text{Tiempo de operación bruto}\}}{\{\text{Tiempo de carga}\}} \times 100$$

- Tiempo de operación neto.

Para calcular el tiempo de operación neto aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{TIEMPO OPERACIÓN NETO} = \text{PRODUCCIÓN REAL BRUTA} * \text{TIEMPO DE CICLO}$$

Recordamos que, en nuestro caso, el Tiempo de Ciclo es igual a 4,2 minutos.

- Velocidad reducida.

Para el cálculo de la velocidad reducida necesitamos previamente calcular el tiempo empleado en los microparos, que es igual al producto del número de veces que se produce cada uno por el tiempo asignado en función del tipo de microparo que estemos calculando. Así, para calcular la Velocidad Reducida, empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{VELOCIDAD REDUCIDA} = \frac{\text{Tiempo operación neto}}{\text{Tiempo operación bruto} - \sum \text{Microparos}} \times 100$$

- Rendimiento.

El Rendimiento se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{Tiempo operación neto}}{\text{Tiempo operación bruto}} \times 100$$

- Tiempo efectivo.

El tiempo efectivo obedece a la siguiente fórmula:

$$\text{TIEMPO EFECTIVO} = \text{PRODUCCIÓN REAL NETA} * \text{TIEMPO DE CICLO}$$

- Tasa de calidad.

Para calcular la tasa de calidad empleamos la siguiente fórmula:

$$TASADECALIDAD = \frac{\text{Tiempoefectivo}}{\text{Tiempooperaciónneto}} \times 100$$

- OEE – Eficiencia.

Por último, y a partir de todos los datos anteriormente recogidos, procedemos al cálculo del OEE, que se realiza a través de esta fórmula:

$$OEE - EFICIENCIA = DISPONIBILIDAD \times RENDIMIENTO \times TASACALIDAD$$

Ejemplo de Cálculo

Datos tomados en la hoja de registro de paradas:

Turno Mañana

Hora inicio parada	Hora fin parada	Tiempo total parada	Clave
7:30	7.50	20 min	9
9:45	10.05	20 min	1
10:30	10:55	25 min	1
11:20	11:35	15 min	1
12:40	12:50	10 min	2

Microparos	Cantidad
Tipo 1	II
Tipo 2	III
Tipo 3	

	Nº Pisadas Totales
Pisadas	46
Reproceso	
Salida Fijas	1
Grietas	1

Turno Tarde

Hora inicio parada	Hora fin parada	Tiempo total parada	Clave
15:45	16:00	15 min	1
16:42	17:16	34 min	12
20:11	20:17	6 min	7
20:55	21:15	20 min	1
21:50	22:10	20 min	1

Microparos	Cantidad
Tipo 1	1
Tipo 2	1
Tipo 3	

	Nº Pisadas Totales
Pisadas	43
Reproceso	
Salida Fijas	
Grietas	

- Producción Real Bruta = 46+43+2 = **91 unidades**
- Producción Real Neta = 91-2 = **89 unidades**
- Tiempo de carga
 - Turnos = 2
 - Tiempo total = 480 * 2= 960 minutos.
 - Pausas Personal = 6 * 2 = 12 minutos.
 - Mantenimiento Preventivo = 0 minutos
 - Paros por falta de demanda = 0 minutos

Con lo cual, a partir de estos datos obtenemos que el tiempo de carga es igual a:

$$\text{Tiempo de carga} = 960 - 12 - 0 - 0 = \mathbf{948 \text{ minutos.}}$$

- Tiempo de Operación Bruto

Para el Tiempo de Operación Bruto necesitamos sumar previamente los datos de las paradas efectuadas, que en nuestro caso son 185 minutos.
Por tanto:

$$\text{Tiempo de Operación Bruto} = 948 - 185 = \mathbf{763 \text{ minutos.}}$$

- Disponibilidad = $\frac{763}{948} \cdot 100 = \mathbf{80 \%}$

- Tiempo de Operación Neto = 91*4,2 = **382 minutos.**

- Velocidad Reducida = $\frac{382}{763 - \sum[(3 \cdot 5) + (4 \cdot 2)]} \times 100 = \mathbf{52 \%}$

- Rendimiento = $\frac{382}{763} \times 100 = \mathbf{50 \%}$

➤ Tiempo Efectivo = $89 * 4,2 = 374$ minutos

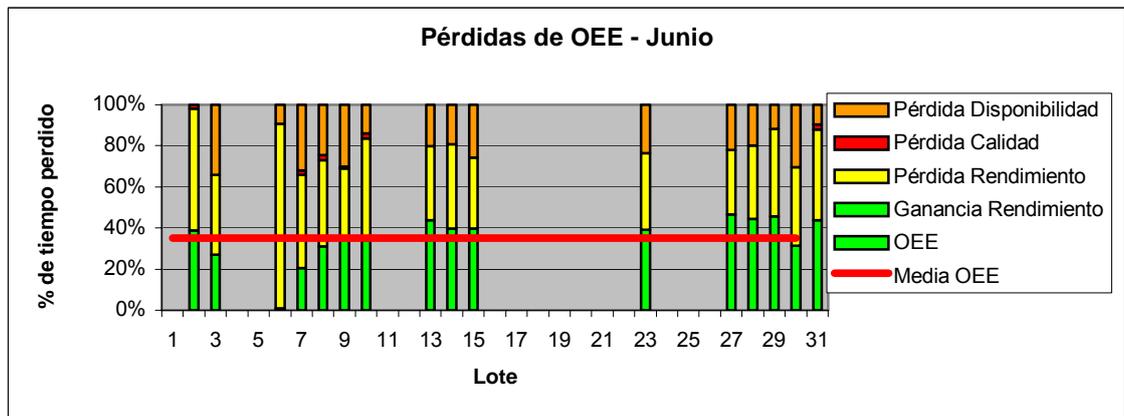
➤ Tasa de Calidad = $\frac{374}{382} \times 100 = 98 \%$

$$OEE = 80 * 50 * 98 = 39 \%$$

1.3 Análisis e interpretación de los resultados.

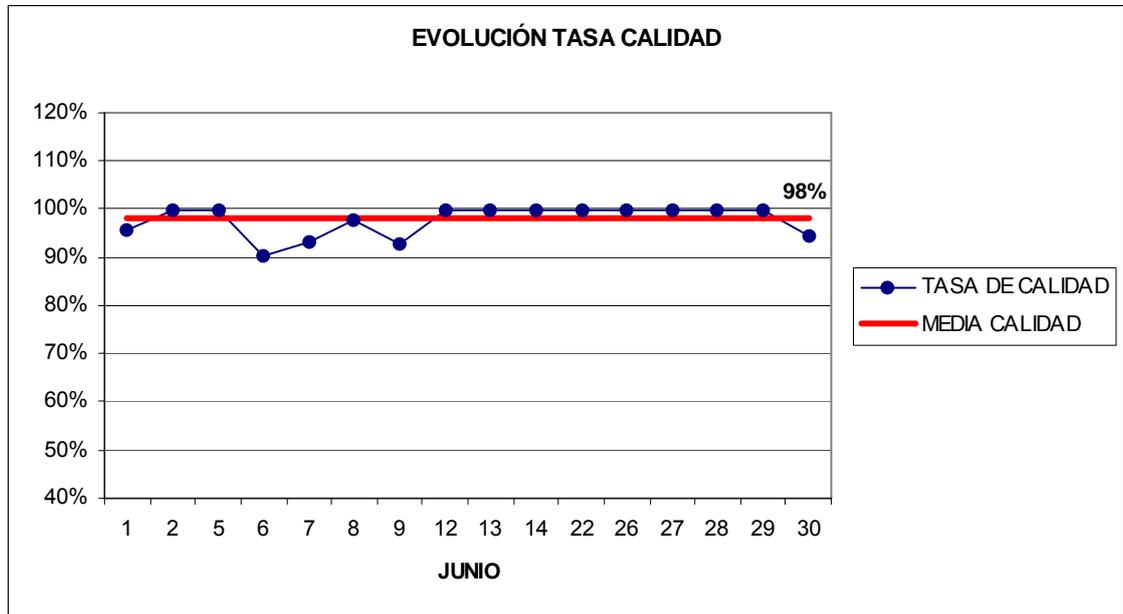
Gracias al cálculo del OEE y de todos los demás parámetros necesarios para su obtención podemos conocer las áreas que más influyen en los problemas. Con esto, podremos descubrir con mayor facilidad las causas raíz de los problemas y, por consiguiente, podremos atacar y centrarnos en los mismos para solucionarlos más eficazmente. Para ello, contamos con un análisis realizado a partir del seguimiento del OEE durante los meses de Junio Julio y Agosto. Dicho análisis y las conclusiones obtenidas a partir de él son los que a continuación se muestran:

Durante el mes de Junio los resultados obtenidos se ilustran en la siguiente gráfica:



Este gráfico nos muestra los valores del OEE contrastados con las pérdidas producidas por disponibilidad, calidad y rendimiento, dando como resultado una media del OEE durante el mes de junio situada en torno al 35%. Puede observarse que los factores que más influyen en la disminución del valor del OEE son la disponibilidad y el rendimiento, mientras que la calidad, debido a su elevada tasa, hace que las pérdidas correspondientes a este factor sean despreciables en la evaluación del valor del OEE. De esta forma, si evaluamos cada factor por separado, obtendremos que,

efectivamente, la calidad posee unas tasas muy elevadas que se mantienen durante todo el mes de Junio:



La tasa de calidad, durante el mes de junio, logró una media del 98 %. Recordemos que la tasa de calidad es directamente proporcional al tiempo efectivo e inversamente proporcional al tiempo de operación neto. Teniendo en cuenta que el tiempo efectivo es, a su vez, directamente proporcional a la producción real neta y al tiempo de ciclo, y que el tiempo de operación neto depende de la producción real bruta y del tiempo de ciclo, obtenemos que la tasa de calidad depende únicamente de la producción real neta y de la producción real bruta. Así

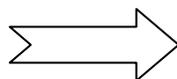
$$TASADECALIDAD = \frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{Tiempo operación neto}} \cdot 100 \equiv \frac{\text{Producción Real Neta} \cdot \text{Tiempo de Ciclo}}{\text{Producción Real Bruta} \cdot \text{Tiempo de Ciclo}} \cdot 100$$

$$TASADECALIDAD \equiv \frac{\text{Producción Real Neta}}{\text{Producción Real Bruta}} \cdot 100$$

En nuestro caso, la tasa de calidad presenta un valor muy elevado (98 %). Esto significa que la Producción Real Neta presenta unos valores muy parecidos a la Producción Real Bruta :

Producción Real Neta

≈



TASA DE CALIDAD ↑↑

Producción Real Bruta

Analizando en profundidad los factores de los que depende la tasa de calidad, observamos que la Producción Real Neta depende de las pisadas por reprocesos debido a defectos en las piezas. Como este valor es elevado, tenemos que:

$$\text{PRODUCCIÓN REAL NETA} = \text{Pisadas} - \text{Reproceso por defectos}$$

Análogamente, la Producción Real Bruta es la suma de TODAS las pisadas que da la prensa, tanto las efectivas como las correspondientes a reprocesos por defectos de piezas. De esta forma:

$$\text{PRODUCCIÓN REAL BRUTA} = \text{Pisadas} + \text{Reproceso}$$

Volviendo a la definición de Tasa de Calidad, y teniendo en cuenta que dicha tasa presenta unos valores muy levados (cercanos al 100%), llegamos a la conclusión que numerador y denominador presentan valores muy parecidos. Así:

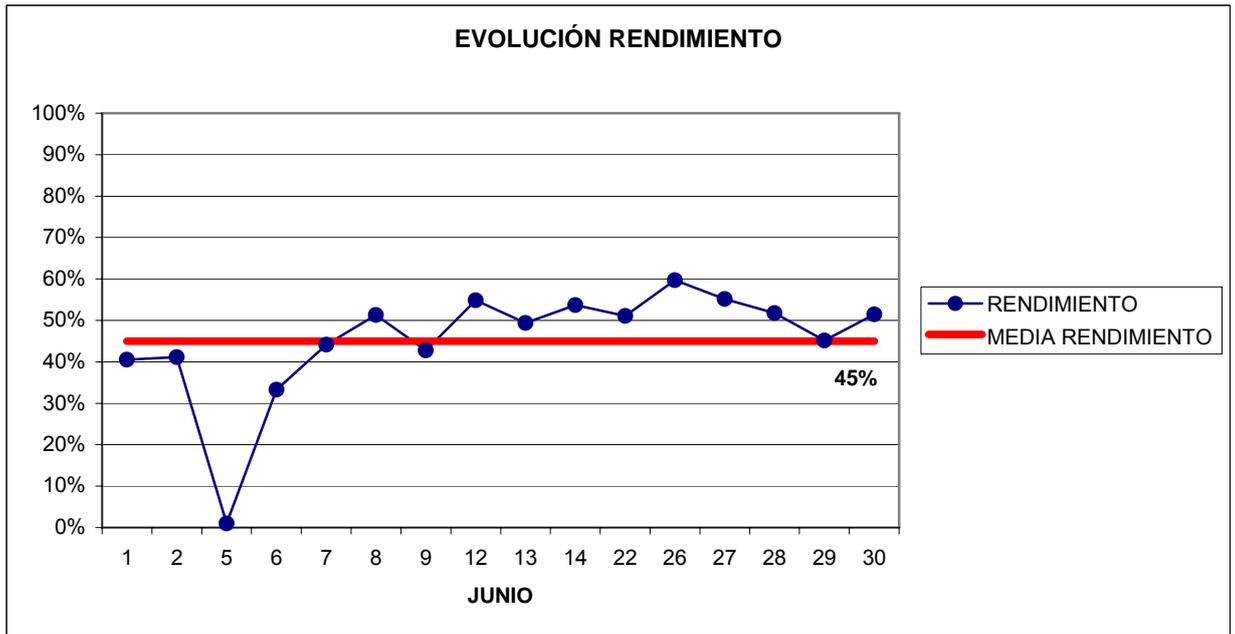
$$\text{TasadeCalidad} \cong \frac{\text{Pisadas} - \text{Re procesos}}{\text{Pisadas} + \text{Re procesos}} \cdot 100 \cong 100\%$$

con lo cual, para que se cumpla lo anterior, debe verificarse que:

$$\text{Pisadas} - \text{Re procesos} \cong \text{Pisadas} + \text{Re procesos}$$

lo que implica que, para que se cumpla lo anterior, es necesario que las pisadas por reprocesos presenten unos valores muy bajos, lo que implica que apenas se dan casos de piezas defectuosas, o estos son despreciables, reforzando, por tanto, el análisis de los resultados que mostraban una tasa de calidad muy elevada.

Pasando al análisis del siguiente factor que influye directamente en el valor del OEE, tenemos que el rendimiento supone un porcentaje muy elevado de las distintas pérdidas estudiadas. De esta forma, analizando la evolución que ha experimentado el rendimiento durante el mes de Junio, obtenemos la siguiente gráfica:



Observamos que el rendimiento posee una media del 45 %, que nos indica que, efectivamente, las pérdidas producidas por este factor son considerables. En la gráfica también se puede apreciar que los valores de rendimiento en ocasiones presentan fluctuaciones importantes a tener en cuenta para el futuro análisis de los problemas, de cara a la búsqueda de posibles soluciones. Con la intención de poder aumentar la disponibilidad de la máquina y, en consecuencia, disminuir las pérdidas producidas por este factor, debemos conocer cuáles son los parámetros sobre los que debemos actuar.

Teniendo en cuenta la definición de Rendimiento ya mostrada en páginas anteriores:

$$RENDIMIENTO = \frac{\text{Tiempooperaciónneto}}{\text{Tiempooperaciónbruto}} \times 100$$

Para que el rendimiento sea lo más elevado posible, debe cumplirse que el Tiempo de Operación Neto y el Tiempo de Operación Bruto sean lo más parecidos posible:

$$\text{Tiempo Operación Neto} \cong \text{Tiempo Operación Bruto}$$

Con lo cual:

$$\text{Producción Real Bruta} \cdot \text{Tiempociclo} \cong \text{TiempoCarga} - \sum \text{Paradas / Averías}$$

El rendimiento persigue obtener el mayor número de pisadas en el menor tiempo posible. Como el tiempo de ciclo (4,2 min. en nuestro caso) es un parámetro sobre el

cual no podemos actuar, se perseguiría disminuir el tiempo de carga para, de esta forma, aumentar el tiempo disponible para dar pisadas. Considerando el cálculo del tiempo de carga:

TIEMPO DE CARGA = Tiempo Total – Pausas Personal – Mantenimiento Preventivo – Paros por falta de demanda

Comprobamos que no podemos hacer nada por disminuirlo, ya que las pausas del personal son tiempos oficialmente establecidos por la empresa, el mantenimiento preventivo (aunque escaso) es necesario para el buen funcionamiento de la prensa, y, como tal, no podemos eliminarlo, y los paros por falta de demanda son irreparables cuando no hay faena.

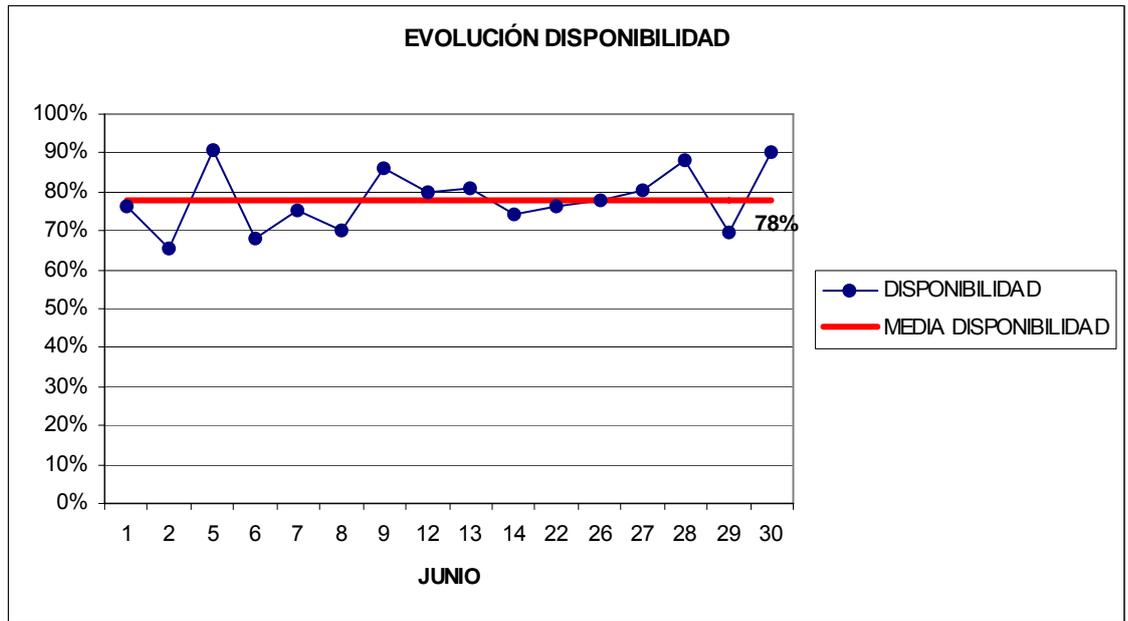
Una forma de aumentar el rendimiento sería disminuyendo el tiempo de ciclo. Esto podría ser posible trabajando a la vez en manual y en automático, ya que ahorra el tiempo que le toma al transfer en sacar una bandeja y meter otra. El problema que tendríamos ahora es que la prensa estaría trabajando al máximo de su capacidad, no ocurriendo lo mismo en el caso de los operarios, que tendrían tiempos de espera.

Esta sería una solución en el caso de tener una necesidad imperiosa de fabricar piezas como, por ejemplo, en el caso de que se presentara un aumento inesperado de la demanda. Sin embargo, es muy difícil que se presente esta situación en un futuro, ya que la prensa, en el flujo de la Línea 2 no es cuello de botella, y presenta un exceso de capacidad (la prensa no trabaja a su máxima capacidad). Esto se refleja en la hoja de cálculo del OEE a través de los datos de la Velocidad Reducida, que en el mes de Junio presentó una media del 48 %, y que responde a la siguiente fórmula:

$$VELOCIDADREDUCIDA = \frac{\textit{Tiempooperaciónneto}}{\textit{Tiempooperaciónbruto} - \sum \textit{Microparos}} \times 100$$

Su relativamente elevado valor implica que no todo el tiempo que se dispone para producir se emplea en ello, ilustrándose, de esa forma, nuestro exceso de capacidad. Esto implica que, a pesar de disponer de medios para aumentar el rendimiento, no es necesario hacerlo, con lo cual, las posibles actuaciones encaminadas a la disminución de las pérdidas de rendimiento no provocarían un cambio drástico en el valor del OEE.

El siguiente factor a analizar en el estudio de la optimización del OEE sería la disponibilidad, que se mantuvo constante, aunque con ligeras fluctuaciones, durante el mes de Junio:



Observamos que la disponibilidad durante el mes de Junio fue del 78 %, con lo cual no representa un porcentaje importante de pérdidas para el OEE. Para conocer los factores de los cuales depende la disponibilidad, utilizamos su definición:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\{Tiempodeoperaciónbruto\}}{\{Tiempodecarga\}} \times 100$$

Al igual que en los casos anteriores, debemos actuar encaminando nuestras acciones con el fin de que numerador y denominador sean lo más parecidos posibles, ya que en ese caso la disponibilidad será mayor. Por tanto, debe cumplirse que:

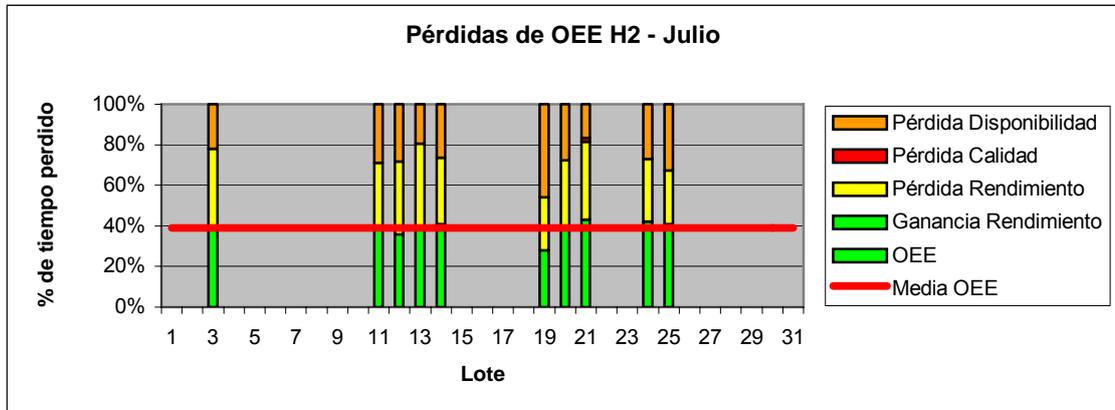
$$TiempodeOperaciónBruto \cong TiempodeOperaciónNeto$$

Teniendo en cuenta las definiciones de ambos factores:

$$TiempodeCarga - \sum \text{paradas / averías} \cong TiempodeCarga$$

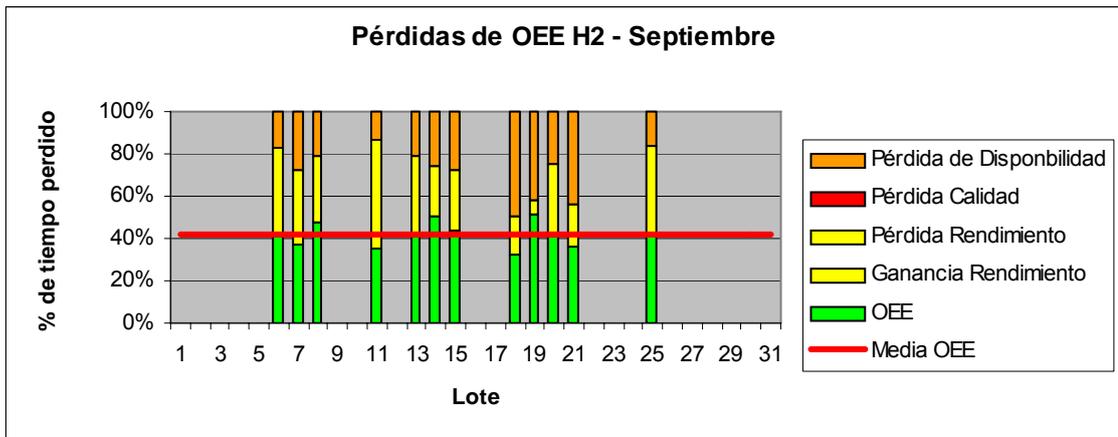
Sobre el tiempo de carga, tal y como dijimos anteriormente, no se puede actuar, ya que depende del número de horas establecidas para cada turno, de las pausas del personal y de los paros por falta de demanda y mantenimiento preventivo, los cuales son tiempos establecidos por la empresa. Dicho esto, y teniendo en cuenta la fórmula anterior, observamos que la única forma que tenemos para aumentar los valores del OEE es ACTUAR SOBRE LAS PARADAS, tanto si están provocadas por averías como si se trata de microparos.

Este análisis es el correspondiente al mes de Junio. Analizando posteriormente las gráficas de Julio y Septiembre, se observa exactamente la misma tendencia que en Junio:



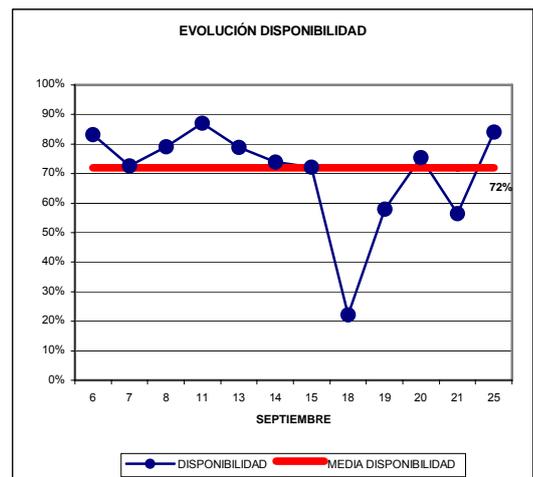
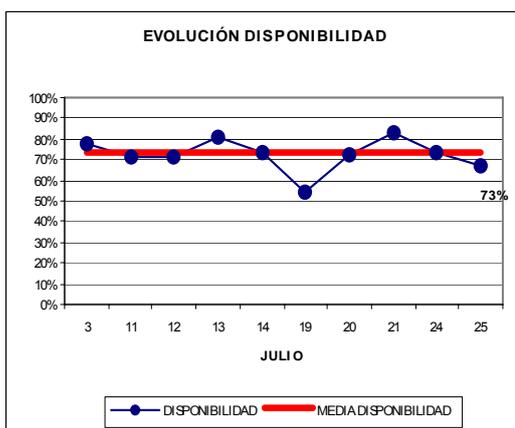
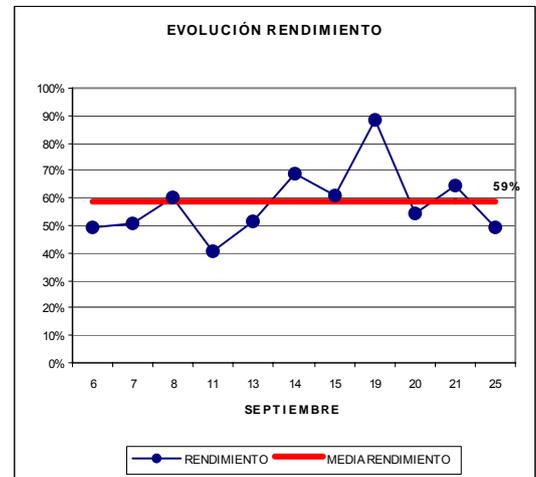
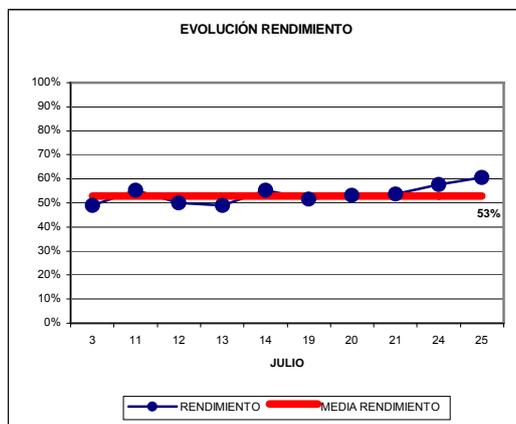
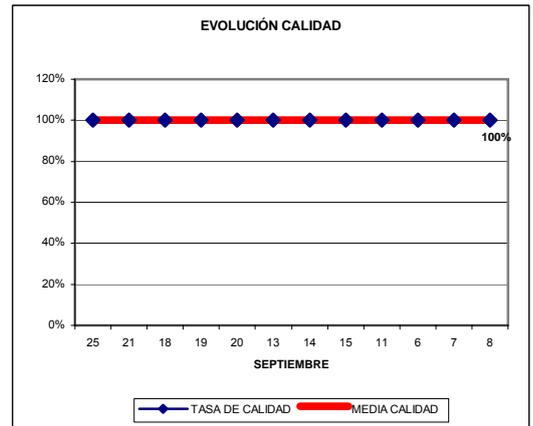
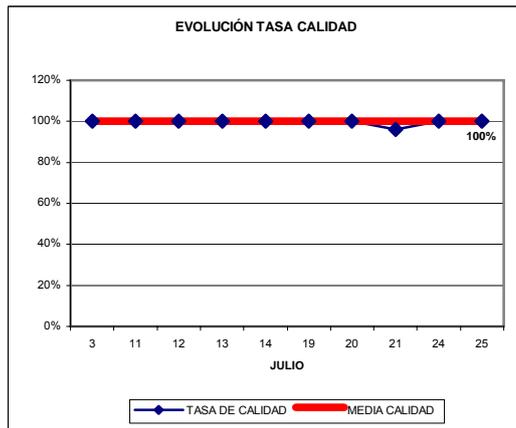
con una media del OEE de, aproximadamente, el 40 %.

Análogamente, y para el mes de Septiembre:



verificando así que, efectivamente, se mantiene la tendencia. Con respecto a los factores que intervienen en las pérdidas del OEE, tenemos las siguientes gráficas para los mismos meses:

Desarrollo e implantación de las herramientas LEAN MANUFACTURING en la Línea 2 del área de chapistería de una planta del sector aeronáutico



verificándose finalmente que, efectivamente, los meses de prueba mantienen la misma tendencia y, en consecuencia, el análisis realizado en el mes de Junio puede extrapolarse a los demás meses.

7.3.1.4 Conclusiones

En vista de los resultados obtenidos a partir del análisis anteriormente expuesto se pueden sacar una serie de conclusiones con la finalidad de aumentar el valor del OEE y, de esta forma, la productividad de la prensa de Hidroconformado. Dichas conclusiones se muestran a continuación:

- No tenemos problemas de calidad. Aproximadamente el 100 % de las pisadas realizadas por la prensa dan lugar a piezas sin defectos, con lo cual, el número de pisadas realizadas para reprocesarlas o repetirlas puede omitirse en el estudio de su repercusión en el valor del OEE. Perseguimos mantener este excelente nivel de calidad.
- Dentro del flujo de la Línea 2 la prensa de Hidroconformado no es cuello de botella. Es en el área de Acabado (paso siguiente a Hidroconformado) donde se acumulan las piezas provenientes de la prensa. Esto significa que no tenemos necesidad de aumentar considerablemente el rendimiento de la misma. En el hipotético caso de que se produjese un pico en la demanda de piezas, tal y como dijimos anteriormente, podríamos trabajar a la vez en manual y en automático para, de esta forma, disminuir el tiempo de ciclo, porque no podemos actuar sobre los demás factores (pausas de personal, horas de trabajo...), extrayendo como conclusión que no podemos actuar sobre el rendimiento para mejorar el OEE.
- La disponibilidad se ve muy afectada por todos los tipos de paros, tanto por los debidos a averías como a los producidos por microparos. Si consiguiésemos eliminar las paradas, el tiempo de operación bruto se igualaría al tiempo de operación neto, apreciándose un aumento considerable en el valor el OEE.

Con ello, concluimos que es importante atacar la disponibilidad y los microparos, ya que el tiempo perdido por estos factores es excesivo.

7.3.2. Acciones propuestas

Para disminuir las paradas del equipo realizaremos un estudio in situ de los problemas de la prensa (Blitz) y un Brainstorming que nos permita identificar las causas más comunes de de las paradas en la prensa de Hidroconformado.

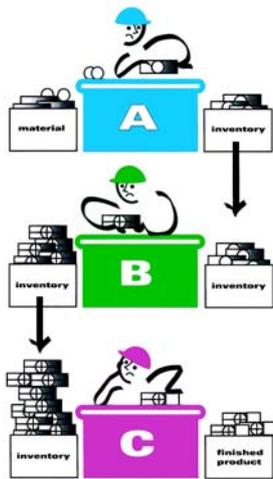
7.4. OPF (One piece Flow)

7.4.1. Diagnóstico

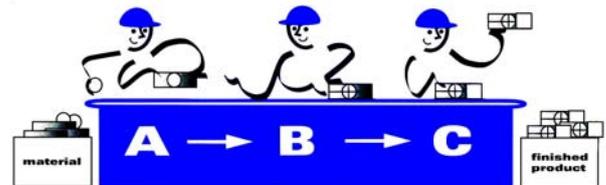
Crear un flujo pieza a pieza (One Piece Flow) implica que:

- Se pueda establecer flujos pieza a pieza (OPF) entre procesos de manera que no existan interrupciones del flujo.
- Trabajar al ritmo de la demanda: Takt Time.

Trabajar por lotes sería lo contrario a trabajar en flujo continuo:



Flujo intermitente (lotes)



Flujo continuo pieza a pieza (OPF)

Distinguiremos dos situaciones de creación de flujo continuo: en general (mediante la aplicación de las distintas herramientas) y en aquellas células donde se trabaje por lotes.

7.4.1.1 Herramientas para crear flujo continuo en general

Se basa en la creación de células independientes para reducir tiempos de esperas. Para establecerlas es necesaria la utilización de algunas herramientas:

- 5S's

Evita tiempos de esperas y otros desperdicios provocados por una mala organización del puesto. Será aplicado en los puestos de Recantado y para la identificación de aquellas piezas cuya ubicación no estuviera del todo clara, como piezas con código 05, zona de previos...

- Control de los equipos: TPM

La eficiencia de los equipos es el objetivo del TPM, ya que no es posible conseguir un flujo continuo con equipos que no sean eficientes. En nuestro proceso, el TPM es aplicado a la célula de Hidroconformado.

- Takt Time

El Takt Time de un proceso que fabrique productos de uno en uno a un ritmo constante durante el tiempo neto disponible es el tiempo que transcurre entre la fabricación de dos productos consecutivos para poder coincidir con el ritmo de la demanda. Este parámetro no es susceptible de aplicación en nuestro proceso, ya que la mayoría de las células que intervienen en el mismo (Recantado, Temple, Recocido, Hidroconformado...) trabajan por lotes de cara a optimizar la máquina energéticamente.

- One Piece Flow – celulación

Es una secuencia de trabajo basada en los requerimientos de la demanda. Para ello es necesario que exista un flujo pieza a pieza dentro de la célula, circunstancia que no se da en el proceso objeto de estudio. Por tanto, donde no pueda establecerse flujo continuo, ¿cómo se va a gestionar el flujo de materiales?

- Supermercado
- Líneas FIFO

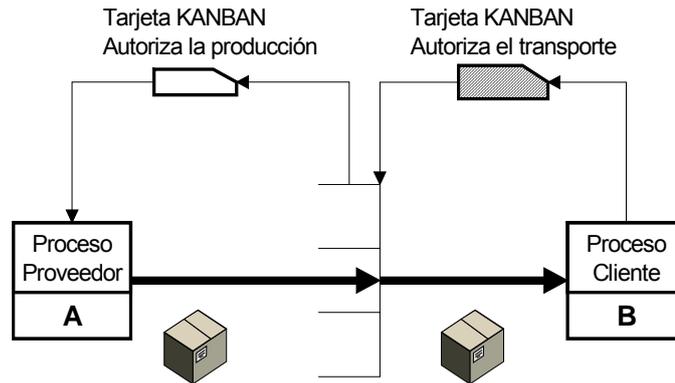
Por tanto, y dado que trabajamos por lotes en la mayoría de los procesos, aplicaremos los llamados “sistemas tipo PULL” para conectar las células que trabajen por lotes.

7.4.1.2 Herramientas para crear flujo continuo en células que trabajan por lotes.

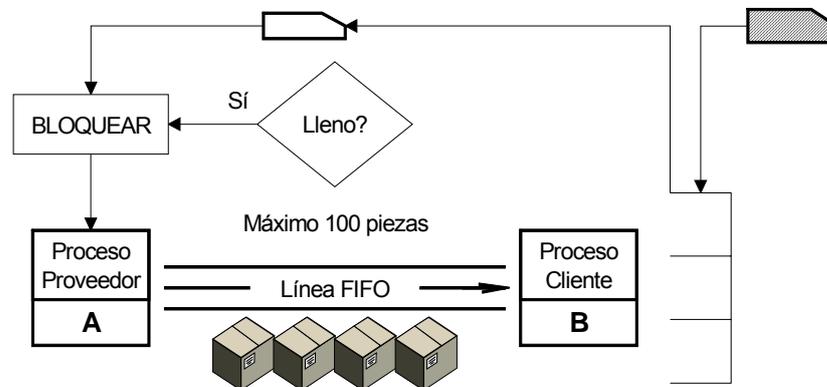
Cuándo no sea posible establecer flujos continuos, será necesario adoptar puntos de almacenaje que ayuden a gestionar el flujo de materiales:

- Limitando el stock en curso máximo
- Generando señales pull que regulen el flujo de materiales en función de consumos reales

Las dos opciones que tenemos son:



Supermercado PULL



Línea FIFO

A continuación, estudiaremos la viabilidad de aplicación de estas dos opciones entre las distintas células del proceso bajo estudio.

Entre Temple e Hidroconformado

En nuestro caso, el proceso proveedor sería la célula de Tratamientos Térmicos y el proceso cliente, la prensa de Hidroconformado. Dado que cada agrupación es diferente, ya que la célula de Tratamientos Térmicos procesará según criticidad y la prensa de Hidroconformado procesará por orden de entrada, se establecerá un stock máximo en las neveras de Hidroconformado, de manera que Tratamientos Térmicos sólo templará cuando el stock de las neveras sea inferior al máximo establecido, dando lugar a un carril FIFO entre ambas células. Un sistema Kanban no sería factible, ya que la prensa procesa por agrupaciones, y este sistema es empleado cuando se trata de una única referencia (individual o por lotes).

Entre prensa y Conformado Manual

Entre ambas células existe un inventario en las neveras de 5 días. El establecimiento de un sistema Kankan o de un carril FIFO entre prensa e Hidroconformado disminuiría el stock existente pero, al mismo tiempo, aumentaría el stock entre Tratamientos Térmicos e Hidroconformado debido a que la célula de Conformado Manual es el cuello de botella de la Línea 2, disminuyendo la capacidad global de la Línea. Por tanto, el objetivo primordial será aumentar la capacidad de Conformado Manual.

7.4.2. Acciones propuestas

Las acciones que se proponen desde esta herramienta Lean es la creación de un carril FIFO entre Temple e Hidroconformado para agilizar el flujo de producción de la Línea 2.

7.5. CICLO KAIZEN

Kaizen es una herramienta básica para la mejora continua de la empresa. Al usar Kaizens, las empresas mejoran sus procesos teniendo en cuenta los conceptos de Flujo, Pull y flexibilidad para mejorar el tiempo de entrega y respuesta al cliente.

En las sesiones de Kaizen las empresas se apartan de los tradicionales proyectos faraónicos y se concentran realizar pequeñas pero constantes mejoras de sus procesos. Gran parte del tiempo se dedica a "hacer que las cosas se realicen". En estas sesiones Kaizen los participantes tienen facultades no solo para determinar o sugerir la mejora; sino, lo que es más importante; para efectuarla.

7.5.1. Kaizen en el Lean Manufacturing

7.5.1.1 Principios del kaizen

Hacer posible la mejora continua y lograr de tal forma los más altos niveles en una serie de factores requiriere aparte de constancia y disciplina, la puesta en marcha de seis sistemas fundamentales:

1. Control de calidad total / Gerencia de Calidad Total

Hacer posible la visión estratégica de la calidad requiere de numerosas herramientas y metodologías, entre las cuales tenemos:

- Orientación hacia el proceso, antes que simplemente orientación al resultado

Al estar orientados hacia el proceso, podemos influir sobre el resultado en una etapa preliminar. Al mejorar la calidad del proceso se mejora la calidad del resultado y, debido a ese factor, hemos centrado gran cantidad de nuestros esfuerzos en mejorar la línea de producción a través de la identificación de desperdicios y de la aplicación de las herramientas Lean.

- Iniciar la puesta en práctica desde arriba e involucrar a todos.

La gestión de calidad debe ser instrumentada previamente en los altos niveles gerenciales y fluir a través de la estructura de la organización como una cascada. Mediante la elaboración del "Despliegue Estratégico" o "Despliegue de políticas" se garantiza que los ingenieros y demás mandos superiores puedan comprender, demostrar y enseñar los principios y métodos de la gestión de calidad, antes de esperar encontrarlos y evaluarlos en su personal. El efecto de cascada también debe alcanzar a los proveedores.

➤ Compromiso de los altos niveles gerenciales

Este liderazgo asegura un firme y envolvente compromiso hacia el mejoramiento sostenido. Una demostración de este compromiso es el hecho de operar sobre la base de sugerencias para hacer posible los cambios. Por ello, se tendrá en cuenta las sugerencias de los operarios, ya que el kaizen parte de la idea de que **nadie conoce mejor una tarea, un trabajo o un proceso que aquel que lo realiza cotidianamente.**

➤ Una comunicación vertical y horizontal eficaz y sin trabas

Los métodos de la gestión de calidad apuntan a eliminar las trabas en la comunicación, facilitando el flujo de información bidireccional entre los líderes y sus subordinados.

➤ Mejoramiento continuo de todos los productos y procesos, internos y externos

En la gestión de calidad el énfasis está puesto en la prevención de los fallos, a través de herramientas de identificación de problemas y de resolución de los mismos. En este proyecto se ha empleado el Value Stream Mapping como herramienta de identificación de desperdicios.

➤ Constancia de los objetivos y una visión compartida

Un conjunto de principios o un objetivo común debe guiar a toda organización. Cualquiera que sea su objetivo, todo el personal debe conocerlo y trabajar en pos de él. En el despliegue estratégico se definirán distintos objetivos, algunos referidos a niveles superiores de la empresa y otros a nivel de taller.

➤ El cliente manda.

El cliente es lo que más importa, ya se trate de un cliente interno o un cliente externo. Cada trabajador es, de algún modo, un cliente. Los consumidores o usuarios deben ser identificados, y sus necesidades, aspiraciones, expectativas y deseos claramente delineados y satisfechos. En Lean Manufacturing se establece en el Value Stream Mapping que cada proceso individual es el cliente del proceso anterior, estableciéndose las pautas y acciones necesarias para satisfacerlo plenamente.

➤ La inversión en personal.

Los trabajadores constituyen el componente esencial para el proceso de mejoramiento continuo. La capacitación, la formación de equipos y el mejoramiento de las condiciones de trabajo son elementos importantes para crear una situación en la cual los empleados puedan prosperar, obtener experiencia y capacidad, y contribuir al crecimiento de la empresa en escala progresiva. En el lean Manufacturing la cooperación del personal es clave para el desarrollo del proyecto, y sus sugerencias muy valiosas para elaborar el despliegue de acciones.

- La gestión de calidad se inicia y concluye con la capacitación.

Es necesario capacitar permanentemente a todo el personal. Puede resultar conveniente promover las habilidades de índole afectiva, como la comunicación verbal o escrita y los conceptos de formación de equipos; o incrementar las habilidades cognoscitivas, como el control estadístico de la calidad. En el lean Manufacturing se potenciarán las reuniones eficientes para tratar un tema en concreto (Workshop) y aquellas in situ, directamente en contacto con el problema (Blitz).

- Dos cabezas piensan mejor que una.

Sin trabajo en equipo, la gestión de calidad está destinada al fracaso antes de que pueda ser puesta en práctica. El Lean Manufacturing promueve el trabajo en equipo a través de distintos eventos (Workshop, Blitz, cadena de blitzes), donde la participación de los operarios y demás mandos es esencial en el proceso de mejora continua.

- Todos participan en la determinación y comunicación de las metas

Los empleados tienen que compartir las metas que se han fijado. Los demás deben estar al tanto de las metas que pueden afectarles.

2. Un sistema de producción justo a tiempo

Dicho sistema se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, y al logro de un sistema de producción ágil y suficientemente flexible que dé cabida a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes. Este sistema está sustentado por herramientas y conceptos tales como takt time, kanban, celdas en formas de U, autonomación y reducción de estructuras, algunas de las cuales han sido aplicadas en este proyecto.

3. Mantenimiento productivo total

El mantenimiento productivo total está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. Dicho concepto fue

aplicado con anterioridad en el proyecto a través del cálculo del OEE en la prensa de Hidroconformado.

4. Despliegue de políticas

El despliegue de la política se refiere al proceso de introducir las políticas para Kaizen en toda la compañía, desde el nivel más alto hasta el más bajo. Esta herramienta está en consonancia con uno de los principios que promulga el Kaizen, y que es la comunicación entre los distintos mandos y el compromiso e involucración por parte de los distintos niveles de la empresa (alta dirección, mandos intermedios, operarios) como factores claves para la consecución del Lean Manufacturing.

5. Un sistema de sugerencias

El sistema de sugerencias funciona como una parte integral del Kaizen orientado a individuos, y hace énfasis en los beneficios de elevar el estado de ánimo mediante la participación positiva de los empleados. Los gerentes y supervisores deben inspirar y motivar a su personal a suministrar sugerencias, sin importar lo pequeña que sean. Debido a esto se realizarán reuniones de grupos especializados en un tema en concreto (círculo de calidad) para poner en práctica algunos de los principios y mejorar la cadena de suministro, de cara a lograr los objetivos Lean marcados.

6. Actividades de grupos pequeños

Entre las estrategias del Kaizen se encuentran las actividades de grupos pequeños, siendo el más común el Círculo de Calidad. Un círculo de calidad es un pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas semejantes y se reúnen para identificar, analizar y solucionar problemas del propio trabajo, ya sea en cuanto a calidad o a productividad. Desde la herramienta Kaizen se fomentará la creación de grupos de calidad en determinados departamentos para aumentar la eficacia de los mismos y contribuir a una disciplina y mentalización Kaizen de los empleados.

7.5.1.2. Conclusiones

La gestión de la calidad para el kaizen implica tanto el despliegue de políticas, como la construcción de sistemas de aseguramiento de calidad, estandarización, entrenamiento y educación, administración de costos y círculos de calidad.

“La calidad es primero, no las utilidades”. Este refrán quizá revele la naturaleza del CTC (Control Total de Calidad) y del Kaizen mejor que cualquier otra cosa que revele la convicción en la calidad por el bien de la calidad y de Kaizen por el bien de Kaizen. El CTC incluye cosas tales como seguridad en la calidad, reducción de costos,

eficiencia, cumplir con los programas de entrega y seguridad. La calidad se refiere al mejoramiento en todas las áreas.

7.5.2. Aplicación del kaizen al Lean Manufacturing

Con el objetivo de introducir la filosofía Kaizen en la empresa e involucrar a todos los miembros de la misma se han propuesto las siguientes acciones:

- Elaborar el Despliegue Estratégico o Despliegue de Políticas
- Establecimiento de Círculos de Calidad

Se comenzará, en primer lugar, con el desarrollo del Despliegue de Políticas para involucrar e informar a todo el personal de las acciones y objetivos a realizar.

7.5.2.1 Despliegue estratégico

El Despliegue estratégico es un proceso de gestión del negocio que pretende convertir la estrategia en acción. Es un proceso cíclico:

- *De arriba abajo: Despliega objetivos.*
- *De abajo arriba: Reporta resultados.*

Busca alinear los objetivos de más alto nivel con las acciones de mejora realizadas en los niveles inferiores, orientado a resultados cuantificables.

7.5.2.1.1 Herramientas del Despliegue Estratégico

El despliegue estratégico consta de las siguientes herramientas:

Matriz de despliegue

1. Objetivos de nivel superior (D. Fábrica).

Son objetivos *Financieros*. En nuestro caso, dado el tipo de proceso y características del mismo, nos planteamos los siguientes objetivos de nivel superior:

INDICADORES CLAVE	OBJETIVOS
Terminación (Piezas terminadas)	Según célula y mes
Lead Time	Según célula y mes
Desviación	Según célula y mes

2. Indicadores asociados a las acciones desplegadas

Como medición de la mejora que ha supuesto la implementación de las acciones proponemos una serie de indicadores con unos objetivos concretos:

INDICADORES	OBJETIVOS
Lead Time medio sección	20 días
Desviación respecto tarifa H2	<0
Desviación respecto tarifa A2	<0
Terminación	95 %
OEE prensa	90 %

3. Acciones identificadas para realizar en este nivel o desplegar a niveles inferiores

Son las acciones de mejora propuestas a través de la aplicación de las diferentes herramientas Lean y agrupadas según las áreas de actuación donde se implemente (Mantenimiento, Logística, Calidad...)

4. Indicadores asociados a las acciones identificadas

En este caso no para todas las acciones tenemos fijado un objetivo concreto, sino que, por el contrario, todas las acciones en su conjunto contribuirán a cumplir los objetivos marcados en el apartado 2.

5. Chequeo correlación con objetivos de nivel superior

Los indicadores se relacionan con las acciones desplegadas según el grado de relación que tengan. De acuerdo a esto, tenemos tres grados de relación:

- 1: Relación fuerte
- 2: Relación media
- 3: Relación baja

6. Agrupar en planes de actuación

A cada una de las áreas en las que las acciones desplegadas están agrupadas se le asigna un objetivo (hito), tal y como se muestra en la siguiente figura:

ÁREAS DE ACTUACIÓN	HITOS
Revisión de procesos productivos	Aumentar productividad
Mantenimiento	Aumentar OEE
Orden y limpieza	Organización del producto en curso de manera clara e inequívoca
IT	Simplificar los procesos informáticos en Hidroconformado
Flujo de materiales	Reducir el Lead Time y aumentar la terminación
Mejora continua	Mejorar la comunicación entre mandos y plantilla: añadir información y aumentar frecuencia
Calidad	Atacar las causas raíz de las HNC's

7. Asignación de acciones a cada plan

Cada una de las acciones está relacionada con un hito, el cual es el descrito en el apartado anterior.

8. Relación entre planes e indicadores

Los planes de actuación se relacionan con los indicadores, y dicha relación es reflejada mediante una cruz (X)

9. Otros indicadores

Pueden establecerse otros indicadores que se crean representativos de la evolución del proyecto, aunque es recomendable no utilizar demasiados, ya que se perdería la visión global de proyecto al correr el riesgo de quedar reducido al seguimiento de una serie de indicadores.

Plan de acciones

Se incorporan las acciones asignadas al plan y otras acciones de mayor nivel de detalle. Están agrupadas según áreas de actuación, y en cada área de actuación debe aparecer, de izquierda a derecha, la siguiente información:

1. Tipo de acción: tenemos tres tipos de acciones:

- Evento: Es una acción rápida y sencilla, que no requiere grandes esfuerzos ni colaboración de personal especializado.
- Proyecto: Es una acción que requiere mayor esfuerzo y cuya implementación se prolonga en el tiempo.
- Acción: Es una mejora cuyo periodo de duración se encuentra entre un evento y un proyecto, aunque puede tener una dificultad similar al a la que podría esperarse de un evento.

2. Mejora: nombre de la acción

3. Responsable: persona encargada de realizar la acción correspondiente

4. Fechas: son fechas aproximadas de inicio y fin programadas para la consecución de las actividades.

5. Perfil de fondos: constituido a su vez por dos columnas, una para indicar la inversión y otra para indicar los ahorros. Se ha de puntualizar que no siempre se dará el caso de que para cada acción halla una inversión o un ahorro, ya que no todas las acciones presentan inversiones y, debido a que determinadas acciones (sobre todo, aquellas ubicadas en el área de Housekeeping) son muy difíciles de valorar desde el punto de vista económico, se evaluaron en grupo, careciendo de sentido su evaluación individual.

6. Cronograma: indica gráficamente la evolución temporal de la acción.

Distinguiremos las siguientes áreas de actuación:

- Producción/ Ingeniería/ Utilaje
- Mantenimiento
- Housekeeping
- IT
- Logística
- Mejora continua
- Calidad

Cada una de las áreas tendrá asignadas una serie de tareas obtenidas a partir del análisis de la situación realizado con las herramientas Lean.

Monitorización de resultados

Aquí se procede al seguimiento de los indicadores. En nuestro caso, los indicadores seleccionados fueron los siguientes:

- Lead Time medio L2
- Desviación respecto tarifa H2
- Desviación respecto tarifa A2
- Terminación H2
- Terminación A2
- Lead Time A2
- Lead Time T2
- Lead Time H2
- HNC's
- ICP/ICG
- Permanencias piezas grandes y varios

Su significado y el valor que representan serán ilustrados más adelante.

Para cada uno de estos indicadores se medirá:

- Situación objetivo: es el valor a alcanzar
- Situación actual: es el valor que representan en el momento de medición
- %: indica el porcentaje del valor conseguido

En algunos casos:

- Acumulado: es la sumatoria del valor conforme los meses van pasando.

El despliegue estratégico quedaría como sigue:

Desarrollo e implantación de las herramientas LEAN MANUFACTURING en la Línea 2 del área de chapistería de una planta del sector aeronáutico

Fecha inicio plan.	ene-06	Aumentar productividad																					
		Revisión de Procesos Productivos																					
		#	TAREA	Grupo de trabajo	pendiente		en curso		terminado		Observaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inicio	Fin				Inversión/Gasto	Ahorro																	
X		1	Cargar dimensiones de todos los útiles. Poner un campo de comentarios. El proveedor debería entregar las dimensiones en un formato Excel. Campo con la fecha																				
X		1.1																					
X		1.2	Dimensiones corte previo + 100 mm en ancho y 100 mm en largo																				
X		1.3	Útiles que por altura o complejidad no entran en la prensa. Por ejemplo utilizar el campo tipo de proceso para decir qué piezas llenen que ir a la bandeja manual con el fin de no agruparlas con el resto.																				
		2	Formación al personal de Control de Planta para optimizar las agrupaciones.																				
X		3	Utilizar ruta alternativa para piezas S																				
X		3.1	Ruta piezas S																				
X		3.1.1	Hacer un análisis de carga de piezas S respecto a la capacidad de la bandeja manual. 5 turnos disponibles en bandeja manual																				
X		3.1.2	ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN TURNOS S (5 TURNOS) PARA 20 PASADIZAS, UNA DE 10 y una de 5, buscando el óptimo entre hacerlas juntas o una a una). Con ese dato se analiza su capacidad de carga.																				
X		3.1.3	Idem para ruta R22 (3.1.1 y 3.1.2 eran referentes a R21)																				
X		3.2	Si la criticidad aparece cuando la agrupación está montada en la bandeja, ya no se saca del recorrido estándar																				
		4	Realizar procedimiento de actuación de R22 (incluida logística)																				
		4.1	Identificar carros de recocado																				
X	X	5	Ahorro en conformado manual																				
		5.1	Comentar con Justo Ferreras primero																				
		5.2	Análisis de las piezas con más de 30 min																				
		5.2.1	Extrapolación del análisis al resto de las piezas																				
		5.3	Platabandas 340 500/600																				
		5.3.1	Realizar las pruebas sobre los p/n que fallan																				
X		6	Análisis de Tareas en Conformado Manual																				

		Aumentar OEE										Fecha inicio plan.	ene-06											
Evento	Proyecto	Acción	TAREA	Grupo de trabajo	Fechas		Inversión/Gasto	Perfil de fondos	Ahorro	Observaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
					Inicio	Fin																		
X			1	Estudio fallos prensa hidroconformado																				
		X	1.1	Entrada Palets. Mesa en automático																				
		X	1.1.1	Diseño y solicitar oferta de nuevo palet																				
		X	1.1.1.1	Adquirir 1 ó 2 nuevos palets (en cualquier caso compatibles con el resto)																				
			1.1.1.2	Comprobar el buen funcionamiento de la acción anterior																				
		X	1.2	Estudiar sistema alternativo de sensor																				
			1.2.1	Implantar solución a corto plazo (puentear sensor)																				
		X	1.3	Sistema de Cogida Goma da problemas																				
		X	1.3.1	La manita que haga 3 a partir de la actual estará modificada por el proveedor																				
		X	1.3.2	Probar esa tercera manita antes que las dos en stock para comprobar que el nuevo diseño funciona bien																				
			1.4	Calción: estudio rentabilidad teniendo en cuenta los dos días de la última reparación y que en el coste del cassette de repuesto hay incluidos componentes que ya compramos actualmente. Calcular con piezas a la mano fabricadas a la ría.																				
		X	1.5	Encoder Falla: incluir en mantenimiento preventivo el recorte de gomas (mantenimiento necesitará la guía de producción para saber cuánto y dónde hay que recortar). Frecuencia 3 meses																				
		X	1.6	Poner goma en lugar de pieza metálica en palets prensa																				
		X	1.7	Revisión Mantenimiento Preventivo: Mantenimiento, Maestro, operarios																				
		X	2	Estudio OEE de la prensa de hidroconformado para minimizar paradas por avería. 5S y TPM.																				
		X	2.1	Formación a operarios																				
		X	2.2	Análisis primeros resultados (OEE)																				
			2.3	Análisis resultados (OEE)																				
			2.4	Análisis resultados (OEE)																				
			2.5	Reunión periódica de seguimiento disponibilidad según OEE																				
			2.6	Proponer una toma de datos representativa de forma periódica (semanal, quincenal,... --> Pactar con los operarios) + revisión por parte de los responsables --> SEGUIMIENTO																				
			3	Revisar sensores sistema automático de retorno de palets desde conformado manual a peón y de peón a posiciones 1-2-3.																				
			4	Habilitar comunicación entre operarios de prensa y operarios de mantenimiento de la empresa externa																				

Evento		Proyecto		Acción		Fecha inicio plan:		Organización del producto en curso de manera clara e inequívoca															
#	TAREA	Grupo de trabajo	Fechas		pendiente	en curso	terminado	Inversión/ Gasto	Alhorro	Observaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
			Inicio	Fin																			
X	1	Detallar ubicación de orden a la salida de RE y organizar Stock.																					
X	1.1	Marcar carros de piezas -> Carros de recanteado para horno																					
X	1.2	Formación a operarios para la utilización de la opción que ya está incluida en el sistema.																					
X	2	Ubicación piezas 05, según procedimiento Logistical/2.1, Marcar en el suelo																					
	2.1	Marcar carros con ordenes de código 05 (sin útil). Una para temple y otra para recocido.																					
X	3	Material obsoleto en estanterías (piezas no efectivas). Revisar procedimiento de scrap de material obsoleto.																					
X	4	Marcar ubicación del material en el suelo, si no lo está ya, carros de recanteado y recocido																					
X	6	Organizar zona de Previos (son ritas no establecidas en sistema en que antes de H2 hay un contenedor manual)																					

		pendiente		en curso		terminado		Mejorar la comunicación entre mandos y plantilla: añadir información y aumentar frecuencia												Fecha inicio plan:	ene-06			
Evento	Proyecto	Acción	#	TAREA	Grupo de trabajo	Fechas		Perfil de fondos		frecuencia														
						Inicio	Fin	Inversión/ Gasto	Ahorro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
X			1	Instauración reunión semanal																				
		X	2	Colocar Tablón de Información																				
		X	2.1	Comentar experiencias en uso tablón / SEGUIMIENTO																				

		pendiente		en curso		terminado		Atacar las causas raíz de las HNC's											
		Fechas		Perfil de fondos		Observaciones		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		Inicio	Fin	Inversión/ Gasto	Ahorro														
Calidad		Grupo de trabajo		TAREA															
Evento	Proyecto	#	TAREA	Inicio	Fin	Inversión/ Gasto	Ahorro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
X		1	Reducción HNC's (el 95% son inutilidades)																
		1.2	Modificación útiles para evitar grietas bordón (Bordón → Rigidez las piezas mediante hendidura) → IMPLANTACIÓN																
		1.2.1	Sacar listado de piezas con grietas debido a bordones																
X		1.2.2	Pedir presupuesto y ver viabilidad modificación útiles																
X		1.2.3	Análisis piezas con defectos de este tipo (vinculado a 1.2.1)																
X	X	1.2.4	Grietas/Roturas de origen desconocido y aparición aleatoria																
X		1.2.5	Actualización de las piezas (autorización para modificar piezas s/CAN 16059) (vinculado a 1.2)																

SEGUIMIENTO		ene-06											
ÁREAS DE ACTUACIÓN		ENLACES CON PLAN DE ACCIONES											
Revisión de Procesos Productivos	HITOS	Enlace con plan de acciones 1 Enlace con plan de acciones 2 Enlace con plan de acciones 3 Enlace con plan de acciones 4 Enlace con plan de acciones 5 Enlace con plan de acciones 6 Enlace con plan de acciones 7											
Mantenimiento	Aumentar productividad												
Orden y Limpieza	Aumentar OEE												
IT	Organización del producto en curso de manera clara e inequívoca												
Flujo de Materiales	Simplificar los procesos informáticos en hidroconformado												
Mejora Continua	Reducir el Lead Time y Aumentar la Terminación												
Calidad	Mejorar la comunicación entre mandos y plantillas; añadir información y aumentar frecuencia												
	Ancar las causas raíz de las HNC's												

INDICADORES	OBJETIVOS	ene-06	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jun-06	jul-06	ago-06	sep-06	oct-06	nov-06	dic-06
LEAD TIME MEDIO L2	30 días	plan											
		actual											
		diff +/-											
		acumulado											
	<0	plan											
		plan acumulativo											
		actual											
		actual acumulativo											
	105%	% acumulativo											
TERMINACIÓN H2		plan											
		plan acumulativo											
		actual											
		actual acumulativo											
	105%	% acumulativo											
TERMINACIÓN (A2 + CV)		plan											
		plan acumulativo											
		actual											
		actual acumulativo											
		% acumulativo											

OTROS INDICADORES	OBJETIVOS	ene-06	feb-06	mar-06	abr-06	may-06	jun-06	jul-06	ago-06	sep-06	oct-06	nov-06	dic-06
LEAD TIME A2		plan											
		actual											
		acumulado											
LEAD TIME T2		plan											
		actual											
		acumulado											
LEAD TIME H2		plan											
		actual											
		acumulado											
HNC's		plan											
		actual											
ICP/ICG		plan											
		actual											
PERMANENCIAS PZAS GRANDES Y VARIOS		plan											
		actual											

Conclusiones

El despliegue estratégico es una potente herramienta que guía la consecución de las acciones y establece un plan de actuación al ponderar cada una de ellas con los objetivos de dirección. Es también una herramienta que trata de involucrar a los distintos niveles de la cadena productiva, de tal forma que todos se sientan identificados con el proyecto en cuesti

7.5.2.2 Creación de círculos de calidad

Entre las estrategias del kaizen se encuentran las actividades de grupos pequeños, siendo el más común el Círculo de Calidad. Los mismos no sólo persiguen temas atinentes a la calidad, sino también cuestiones relativas a costos, seguridad y productividad.

Cabe pues preguntarse: ¿qué es un círculo de calidad?

1. Un círculo de calidad es un pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas semejantes y se reúnen para identificar, analizar y solucionar problemas del propio trabajo, ya sea en cuanto a calidad o a productividad.
2. Los círculos de calidad son grupos de trabajadores con un líder o jefe de equipo que cuenta con el apoyo de la organización de la empresa, cuya misión es transmitir a la dirección propuestas de mejora de los métodos y sistemas de trabajo.
3. Los círculos de calidad se reúnen para estudiar un problema de trabajo o una posible mejora del producto, pero no basta con identificar los fallos o los aspectos a mejorar. La misión del círculo es analizar, buscar y encontrar soluciones, y proponer la más adecuada a la Dirección.
4. Los círculos de calidad suponen que los trabajadores no sólo aportan su esfuerzo muscular, sino también su cerebro, su talento y su inteligencia.

De acuerdo a estas definiciones se deciden establecer el siguiente Círculo de Calidad:

Círculo de Calidad de Mantenimiento

El círculo de calidad de mantenimiento se creó debido a las numerosas averías que se producían constantemente en la línea 2, y que mantenía ocupado gran parte del tiempo a los responsables de mantenimiento, llegando un punto que no daban a vasto con la cantidad de trabajo que tenían, desocupándose de las demás áreas. Debido a esto, se pensó en establecer unas reuniones periódicas (una vez por semana) en las que estaban presentes:

- Ingeniero encargado de mantenimiento
- Subordinado de mantenimiento
- Encargado de la línea 2
- Operario perteneciente a máquina conflictiva, normalmente, prensa de Hidroconformado.

Normalmente se realizaba a finales de semana (los viernes) y se trataban los siguientes temas:

- Resumen de los acontecimientos destacados a lo largo de la semana
- Debate sobre los problemas existentes (si los hubiera), y aporte de soluciones
- Evolución de los proyectos establecidos en reuniones anteriores
- Plan de acciones para la siguiente semana

Estas reuniones son convocadas por el ingeniero jefe de mantenimiento, y podrán ser anuladas o cambiadas en función de su disponibilidad.

Aquellas propuestas que salgan de la reunión y que requieran un esfuerzo mayor o cierta inversión económica deberán hacerse saber al jefe de Chapistería a través del Ingeniero jefe de Mantenimiento, para que el primero le de su autorización o denegación.

8. ELIMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS

8.1. Resumen actividades propuestas

Una vez empleadas las herramientas Lean para solucionar los problemas detectados en la línea 2 y eliminar los desperdicios existentes en la misma, se presenta un resumen de las actividades propuestas ante una gestión lean, y que son la respuesta a los problemas detectados en la reunión inicial:

PROBLEMA	SOLUCIÓN
Faltan dimensiones en el sistema	Cargar dimensiones de útiles
El personal no está suficientemente formado	Formación al personal de control para optimizar agrupaciones
El sistema es demasiado lento	Agilizar sistema de generación de agrupaciones Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salte en Temple.
Se tarda demasiado en localizar las piezas	Detallar ubicación a la salida de Recanteado
	Ubicar piezas 05
	Marcar ubicación de material en el suelo
	Organizar zona de previos
Demasiado stock	Estudiar porque hay tanto stock antes del horno
	Rebajar stock de la nevera antes de H2 mediante carril FIFO
Políticas de lotes demasiado altas	Estandarizar lotes
Un mismo útil se utiliza en más de una fábrica	Evitar que un útil se utilice en dos fábricas
El útil aún no ha sido diseñado	Analizar porqué en nuevos diseños llegan las piezas sin útil
Interferencia de las piezas S en el flujo normal	Revisar criterios de criticidad
	Utilizar ruta alternativa para piezas S
Los sensores de retorno fallan	Revisar sensores de retorno
El Lead Time de A2 es demasiado alto	Análisis de tareas en conformado manual
	Análisis de las piezas en Conformado Manual
La logística de las rutas no está optimizada	Revisar logística de las distintas rutas
	Romper agrupación después de prensa
	Cierre de operaciones de A2 desde H2
La prensa tiene demasiadas paradas	Estudiar fallos H2
	Colocar tablón de información
	Instaurar reunión periódica de 5 minutos.
Problemas de calidad	Reducción HNC's
Pérdidas por obsolescencia de las piezas	Revisar procedimiento de scrap de material obsoleto

A continuación se procederá, para cada una de las mejoras propuestas, a la descripción de la situación inicial en la que se encontraba y la descripción de la situación tras la aplicación de la mejora Lean detectada (situación final).

8.2. Mejoras para eliminar las pérdidas

En este apartado se detallarán las mejoras propuestas según la aplicación de los principios Lean, agrupando las acciones de acuerdo a las distintas áreas de actuación, tal y como se vio durante el desarrollo del despliegue estratégico.

8.2.1. Producción/ Ingeniería/ Utillaje

8.2.1.1. Cargar dimensiones de todos los útiles. Poner un campo de comentarios.

Diagnóstico

Esta acción, ubicada en el área de Producción/Ingeniería/Utillaje, surgió como consecuencia de un problema frecuente de la prensa, y que repercutía en numerosas paradas que alteraban el ciclo normal de Hidroconformado. Estas paradas eran el resultado de la desasociación de algunas de las órdenes de una agrupación ya formada, debido a los siguientes factores:

- Cuando se formaba una agrupación en el sistema, al no disponer el mismo de datos de dimensiones de utillaje, éste pasaba a formar parte de la agrupación sin problemas, resultando, en algunas ocasiones, que algunas órdenes agregadas a la agrupación a procesar no eran aptas por sus dimensiones o tipos de proceso, teniendo que ser desasociadas, lo cual conllevaba una gran cantidad de tiempo.
- En otras ocasiones el problema era justo el contrario: se iban agregando órdenes a una agrupación, resultando, al final, que quedaba espacio en el pallet disponible para el procesamiento de otra orden, con lo cual se hacía necesaria la introducción de otra orden en la agrupación.

Todas estas paradas de producción provocaban graves atrasos en las piezas e importantes alteraciones en el Lead Time de las mismas, siendo necesaria su actuación inmediata.

Solución propuesta

Las deficiencias productivas anteriormente mencionadas residían en una causa principal, que es el problema raíz de la cuestión, y cuya eliminación supondría la eliminación de todos los demás problemas que surgen como consecuencia del mismo: las agrupaciones para la prensa son generadas tras su paso por recantado, cuando en el sistema aparecen como disponibles piezas para H2. Es en este paso cuando se deciden las órdenes que conformarán las distintas agrupaciones, junto con el utillaje correspondiente. El problema reside en que, en la mayoría de los casos, las dimensiones del utillaje no están disponibles, y se generan agrupaciones aún a riesgo de que, posteriormente, algunas de sus órdenes deban ser desasociadas. La solución reside, por tanto, en la disponibilidad de datos de dimensiones de utillaje para que, en futuras ocasiones este problema sea evitado.

Las acciones que se llevarán a cabo para eliminar el problema raíz residen en la medición de los útiles para que, posteriormente, estas dimensiones sean cargadas en el sistema. De esta forma, se tendrá en cuenta el tamaño de las dimensiones a la hora de generarse las agrupaciones, evitando la creación de agrupaciones que no cabrían en el pallet. En el caso de que el útil, por altura o complejidad no entre en la prensa, será eliminado de la ruta, debiendo ser estudiada la reubicación de la pieza en el flujo productivo por parte de Ingeniería.

Conclusiones

Este problema, derivado de una mala organización, afectaba gravemente a la productividad de la prensa, ya que suponía una fuente continua de paradas que afectaban a la productividad y aumentaban la criticidad de las piezas, repercutiendo incluso en problemas de mantenimiento y seguridad, derivados del procesamiento de piezas no aptas para la prensa H2. Sin embargo, no debemos olvidar que su resolución, afortunadamente, es sencilla, precisando de forma primordial la colaboración por parte de los operarios de la prensa para la identificación de las piezas cuyos útiles deban ser eliminados o aquellas cuyas rutas deban ser igualmente modificadas. El rigor y la colaboración son, por tanto, imprescindibles para la eliminación de este problema

8.1.1.2. Utilizar ruta alternativa para piezas S (críticas).

Diagnóstico

Las piezas críticas S o piezas “S” son aquellas piezas que sufren retrasos. Las pautas de dichas órdenes se incluyen en un plástico rojo para que puedan ser diferenciadas más fácilmente del resto, facilitando, al mismo tiempo, la gestión visual de las mismas. Estas piezas deben ser procesadas rápidamente para disminuir en la medida de lo posible el retraso al que están sujetas, disminuyendo las penalizaciones. En este apartado estudiaremos la necesidad de introducir una ruta alternativa destinada únicamente a las piezas S, así como su implantación en el caso de que sea necesario.

Inicialmente, el procedimiento de actuación sobre las piezas S consistía en procesar las piezas a través de la bandeja manual, modificando, si fuera preciso, su ruta estándar. El problema residía en aquellos casos en los cuales la criticidad saltaba cuando la agrupación estaba montada en la bandeja automática, ya que entonces tenía que procederse a la desasociación de la orden de la agrupación, y a la posible asociación de la misma con otra agrupación en manual. Esto conllevaba una gran cantidad de tiempo por todo lo que suponía la desasociación por parte de informática y la utilización y preparación de la mesa manual.

Solución propuesta

Debido a la gran cantidad de tiempo que suponía desasociar la orden crítica de la agrupación cuando ya estaba montada en la bandeja, tanto por parte del departamento de Informática como por parte de los operarios de la prensa (que deben preparar la agrupación manual, transportar el útil de automático a manual, a través de la grúa, y reorganizar la agrupación automática), se concluyó que, en aquellos casos en los que la criticidad de la pieza saltase cuando la agrupación ya estaba en la bandeja, entonces YA NO SE SACA DE SU RECORRIDO ESTÁNDAR, con todas sus consecuencias, ya que la cantidad de tiempo que suponía cambiarla a la bandeja manual no compensaba la disminución de la criticidad de la misma. Esta acción fue implantada de manera continua, de forma que, cada vez que una pieza pasaba a ser crítica en la bandeja, se continuaba en esa posición hasta que terminaba el proceso. Igualmente se decidió que, para acelerar el proceso y disminuir las posibles criticidades, sería muy favorable facilitar las agrupaciones manuales cuando la criticidad saltase en temple, modificando las pantallas a tal efecto. Esta acción estaría ubicada en el área de Informática, donde es tratada más en profundidad. Una vez analizada la situación inicial, y vistos los condicionantes derivados de las características logísticas del proceso, se decidió realizar un estudio de la capacidad del sistema para hacer frente a la carga de las piezas críticas, en el caso de que hubiera un pico de sobreproducción. Para ello, partiendo de datos extraídos del sistema, realizaremos un estudio para comprobar si el sistema tiene capacidad

suficiente para hacer frente a la carga de piezas críticas. En caso de que la capacidad sea insuficiente, estudiaremos una ruta alternativa para paliar esta falta de capacidad.

Estudio de capacidad para piezas S

Para realizar este estudio realizamos una extracción de datos del sistema para comprobar, en diferentes días, el número de piezas críticas que se encontraban en el taller. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

En una foto realizada el 3 de mayo de 2006:

Nº de órdenes	Urgencia	Cantidad	Ruta
1	S	9	R21
2	S	12	R22

Esta tabla nos indica que tenemos una orden perteneciente a la ruta R21 de 9 Part Numbers que es crítica (tiene código S), y dos órdenes pertenecientes a la ruta R22 de 12 Part Numbers cada una que tienen igualmente código S. Teniendo en cuenta que esta extracción de datos es referida a un momento concreto en un día concreto, podríamos afirmar que, dadas las características del pallet y del ciclo en automático del proceso, tendríamos capacidad suficiente para hacer frente a la criticidad. Para corroborar que este hecho no es puntual, sino que se repite de forma habitual en el proceso, realizaremos otra extracción de datos en dos fechas diferentes:

Nº de órdenes	Urgencia	Cantidad	Ruta	Fecha
1	S	12	R21	19/05/06
1	S	20	R22	
1	S	9	R21	8/01/07
1	S	10	R22	

Esto implica que **tenemos capacidad suficiente para hacer frente a las piezas críticas**, lo cual significa que las piezas críticas no interfieren en las agrupaciones ya elaboradas.

Conclusiones

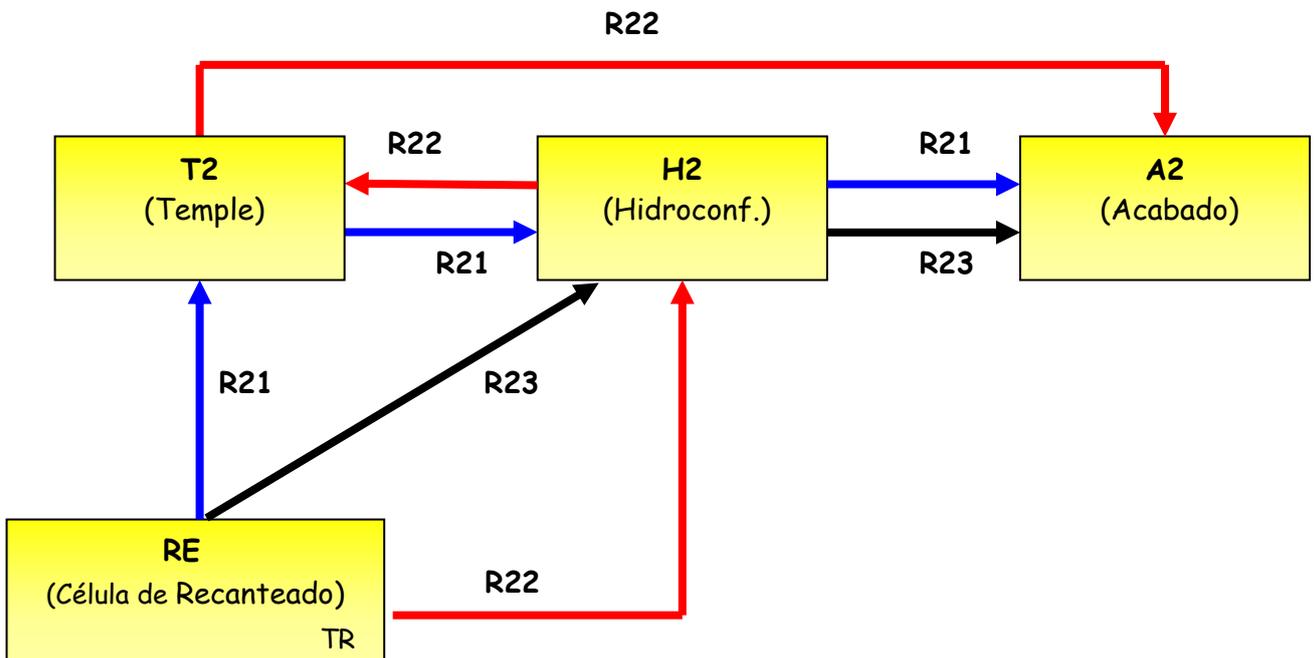
A través de datos extraídos del sistema se ha podido demostrar que se tiene capacidad suficiente para hacer frente a las piezas críticas, no siendo necesaria la creación de una ruta adicional a tal efecto. Sin embargo, y de cara a no intervenir en el flujo normal de las demás rutas, se decidió no cambiar dichas piezas cuando su carácter crítico saltase en Temple. Con esta acción (que, como se especificó anteriormente, se realiza de forma continua), nos aseguramos de que no perdemos tiempo como consecuencia del cambio de las piezas a la bandeja manual.

8.2.1.3. Procedimiento de actuación sobre las rutas de la Línea 2

Dentro de la Línea 2 nos encontramos con diferentes rutas, que son las que a continuación se muestran:

- R21: RE → T2 → H2 → A2
- R22: RE → TR → H2 → T2 → A2
- R23: RE → H2 → A2
- R24: RE → TR → H2 → T2 → H2 → A2
- R26: RE → T2 → H2 → A2 → H2 → A2

Esquemáticamente, el proceso quedaría representado como a continuación se muestra:



Las actuaciones realizadas sobre estas rutas están enmarcadas fundamentalmente en los ámbitos logísticos, informáticos y en Housekeeping. Aquí nos centraremos en lo concerniente a las modificaciones logísticas efectuadas, ya que afectan al flujo de

producción, desarrollando con mayor profundidad las demás acciones en sus grupos correspondientes. En este espacio distinguiremos 5 áreas de actuación, a saber:

- Salida de recantado
- Proceso de generación de agrupaciones
- Tratamientos térmicos
- Célula de Hidroconformado H2
- Célula de Acabado

Para cada una de las áreas se estudiará el funcionamiento actual y se propondrán e implantarán modificaciones de tipo logístico u operativo que repercutirán en el flujo de producción.

8.2.1.3.1 Salida de Recantado

Situación inicial

Las piezas, una vez recantadas y antes de pasar a los tratamientos térmicos correspondientes, que serán Temple o Recocido dependiendo de la ruta, son colocadas sobre unos carros a la espera de que se generen las agrupaciones para la prensa de Hidroconformado. Dichas piezas se colocaban al azar, sin que quedara registrado en ningún sitio la ubicación correspondiente. Además, debido al gran número de piezas con el que se contaba, su localización para la asignación de la orden se prolongaba a horas hasta poder localizar la referencia buscada.

Situación propuesta

Se estableció que los carros y sus correspondientes bandejas estuviesen perfectamente identificados. Concretamente, en dicha identificación debía constar el número de carro, el número de bandeja y la ubicación dentro de la bandeja. Esta actuación, concerniente al área de Housekeeping, es tratada en mayor profundidad más adelante.

Una vez implantada esta solución, se estableció que dichos datos debían figurar como obligatorios en el sistema, de forma que la ubicación de las piezas quedara registrada para su posterior consulta. Esta actuación es ubicada en la sección de Informática.

8.2.1.3.2. Generación de agrupaciones para H2

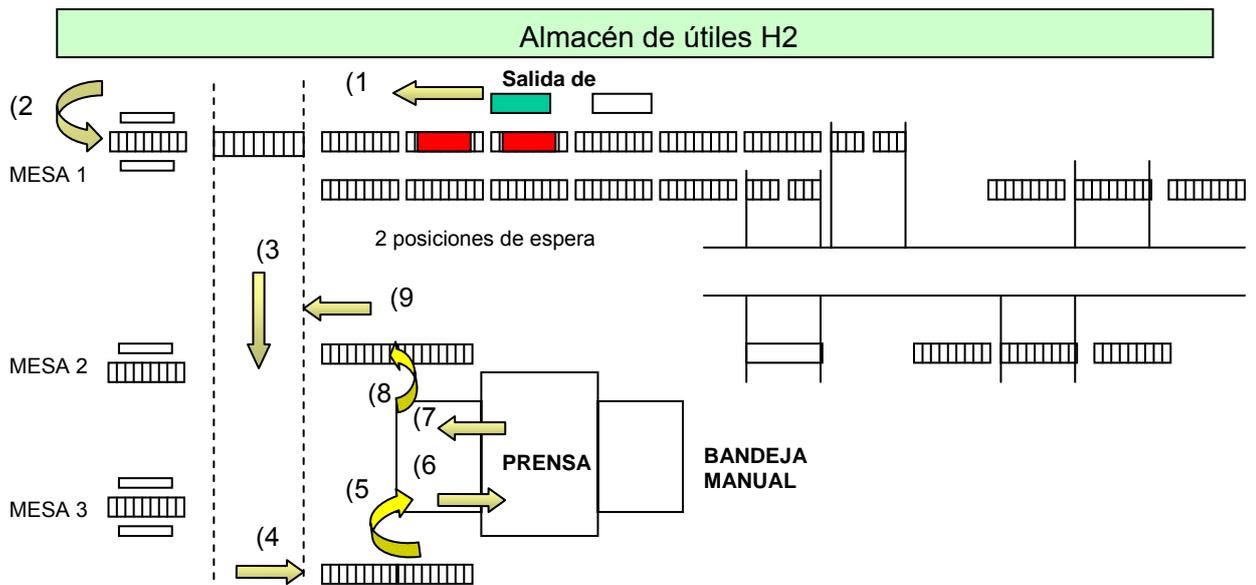
Situación inicial

En el proceso de Hidroconformado pasan por la prensa todas las piezas que son procesadas en la Línea 2. Las agrupaciones se generan a partir de las órdenes que

salen de Recanteado y antes de pasar a los tratamientos térmicos posteriores. En Hidroconformado distinguimos dos tipos de agrupaciones:

- Por paletizado automático
- Por bandeja manual

En el paletizado automático, las agrupaciones recorren, en cada una de las pasadas, el ciclo de paletizado automático (que, en nuestro caso, se corresponde con 4,2 minutos). Dicho proceso es representado a continuación:



El ciclo comienza con la descarga de los útiles desde el almacén hasta el pallet correspondiente (1), para recorrer el circuito que les llevará hasta la mesa de la prensa. En su recorrido, el movimiento es inducido por los rodillos sobre los que circulan los pallets, que los transportarán a la mesa seleccionada (2). A través de un carro móvil (que circula mediante raíles), el pallet sigue avanzando a través del circuito (3) hasta llegar a la mesa de entrada a la prensa (4). Un transfer agarra el pallet por los laterales y lo deposita sobre la mesa de paletizado automático (5). Inmediatamente, el sensor situado debajo de la mesa detecta dicho pallet, y entonces la mesa entra en la prensa (6). Tras finalizar las pisadas, el pallet sale de la prensa (7), y en ese momento otro pallet que se encontraba esperando al otro comienza su recorrido estándar de 4,2 minutos, volviendo, de esta forma, a completarse el ciclo. El pallet anterior es transportado mediante un transfer a la mesa de salida de la prensa (8) para comenzar de nuevo su recorrido (9).

Las agrupaciones por bandeja manual se preparan sobre la mesa situada en la parte opuesta al paletizado automático. Es una vez preparadas cuando se debe presionar el botón de la bandeja manual para que la mesa detecte el pallet y lo introduzca en la prensa. Normalmente, este tipo de paletizado suele utilizarse en el caso del

procesado de piezas críticas, cuando su ejecución es urgente, y también para todas aquellas piezas que presenten determinadas cualidades que hacen que no puedan procesarse mediante el sistema automático, como, por ejemplo, aquellas cuyo útil sea demasiado alto para la mesa automática, tal y como fue explicado en el primer punto del área de producción.

Situación propuesta

Para mejorar el flujo logístico, se propuso que aquellas piezas cuya criticidad saltaba en temple, ya no se sacasen de su recorrido estándar para, de esa forma, ahorrarnos tiempo. Esta propuesta será tratada más en profundidad en el apartado de logística del conjunto de áreas sobre las que actúa el Lean Manufacturing.

A la hora de generar las agrupaciones debemos tener en cuenta dos factores muy importantes, como son:

- Homogeneización de las órdenes que forman la agrupación
- Ruta que sigue cada pieza
- Dimensión de los útiles

La primera condición es esencial de cara a la reducción de permanencias de las órdenes en Hidroconformado, ya que, debido a que la finalización de la agrupación sólo se produce una vez que se hallan terminado todas las pasadas correspondientes a todas las órdenes, la homogeneización en el tamaño de las órdenes conllevará de igual modo una homogeneización en el tiempo de terminación de las órdenes en Hidroconformado y, en consecuencia, una disminución de las permanencias en H2 (por ejemplo, si tengo una orden de 100, otra de 50 y otra de 5, la orden de 5 terminará en H2 cuando halla finalizado la orden de 100, mientras que si agrupamos 2 órdenes de 5 con otra tercera de 10, las órdenes de 5 terminarán cuando halla terminado la de 10, reduciéndose considerable ente la permanencia de dicha orden en Hidroconformado).

El segundo factor a tener en cuenta (ruta que sigue cada pieza) viene encaminado también a la reducción de las permanencias en H2. Algunas rutas, debido a que poseen un mayor número de operaciones, poseen un mayor Lead Time, que podría verse agravado por una mala gestión logística de las operaciones. En consonancia con lo dicho anteriormente, se permitirá realizar agrupaciones con órdenes que sigan los proceso de Temple (R21) y “En su estado” (R23), ya que el Lead Time de ambas rutas es muy similar.

Con respecto a la tercera condición, la dimensión de los útiles será otro factor clave a la hora de seleccionar las órdenes que formarán parte de las agrupaciones. Para ello, se estableció una acción, ubicada en el área de producción/ Ingeniería/ Utillaje, en la

que se contemplaba cargar las dimensiones de todos los útiles en el sistema, con la finalidad de optimizar al máximo el espacio existente en el pallet.

8.2.1.3.3. Célula de tratamientos térmicos T2.

Situación inicial

El proceso de temple en la Línea 2 (T2) forma parte del recorrido estándar de dichas piezas, aparte de estar incluido en otras rutas menos comunes de las piezas. Físicamente, es el paso anterior a la prensa de Hidroconformado, con lo cual, una actuación eficiente en el ámbito logístico sobre esta célula podría actuar muy favorablemente en la agilización del flujo de producción. Para ello, no sólo será crucial actuar sobre la logística en sí, sino también modificar algunas acciones en el sistema a la hora de generar las agrupaciones. Los dos ámbitos sobre los que se actuarán, por tanto, de cara a obtener un mayor rendimiento del equipo son en la generación de agrupaciones y en la propia célula de tratamientos térmicos T2.

Generación de agrupaciones: Situación propuesta

A continuación se presentan las siguientes acciones a tener en cuenta a la hora de generar las agrupaciones:

- Para templar órdenes de L2 en T2 debe existir una agrupación de H2, siempre que la operación siguiente sea H2.
- Se pueden añadir órdenes de L2 a una agrupación de temple, que no vayan a seguir el flujo normal en la mesa paletizada, siempre que pertenezcan a una agrupación manual de prensa (función CIC).
- Se puede añadir cualquier orden perteneciente a rutas de L1, L3 y L4 de forma individual e incluso órdenes de carga.

Con la primera actuación evitamos que se templen piezas con operación de H2 que no hallan sido requeridas por ningún cliente, reduciéndose de esta forma stock (al no fabricarse piezas que no hacen falta) y permanencias de las piezas en T2 (ya que, debido a que no se procesan piezas que no hacen falta, ganamos tiempo en el procesado de las demás, e incluso nos permite, al haber más hueco, templar más piezas al mismo tiempo). Esta actuación, en definitiva, cumple con dos objetivos primordiales: reducir stock y disminuir permanencias de las órdenes.

Atendiendo a la segunda opción, y teniendo en cuenta las condiciones especificadas, las órdenes de L2 que puedan añadirse con otras de temple requerirán forzosamente un despacho manual de útiles y un proceso manual de prensa, para que no interfieran el flujo normal de las rutas habituales.

Por último, se estableció que se podían añadir órdenes de otras Líneas, e, incluso, órdenes de carga a T2, siempre y cuando en sus respectivas rutas apareciese este paso e, igualmente, no interfiriesen en el procesado de las piezas de L2.

De este modo, y para facilitar la ejecución de estas acciones, se estableció que en CIC deberá aparecer la siguiente información, a fin de facilitar el procesado de las mismas por parte de los operarios:

- Modelo de la Pieza (Imagen)
- Código proceso TT
- Documentación de la agrupación H2. Se debe de emitir la orden de producción.
- Identificación para la selección: se deberá ver la documentación por orden
- A la salida deberá aparecer una documentación por cada orden, identificándose la agrupación de temple.
- El “Moby” identificador se espera en la pauta actual.

Con respecto a la carga introducida en el horno de temple, cuyo transporte hacia el interior del mismo se efectúa mediante unos carros previa carga en unos bastidores o canastas, se estableció que:

- Siempre se procesasen lotes completos
- Validación de la agrupación de temple con el mismo proceso
- Agrupaciones completas de prensa (si es posible)

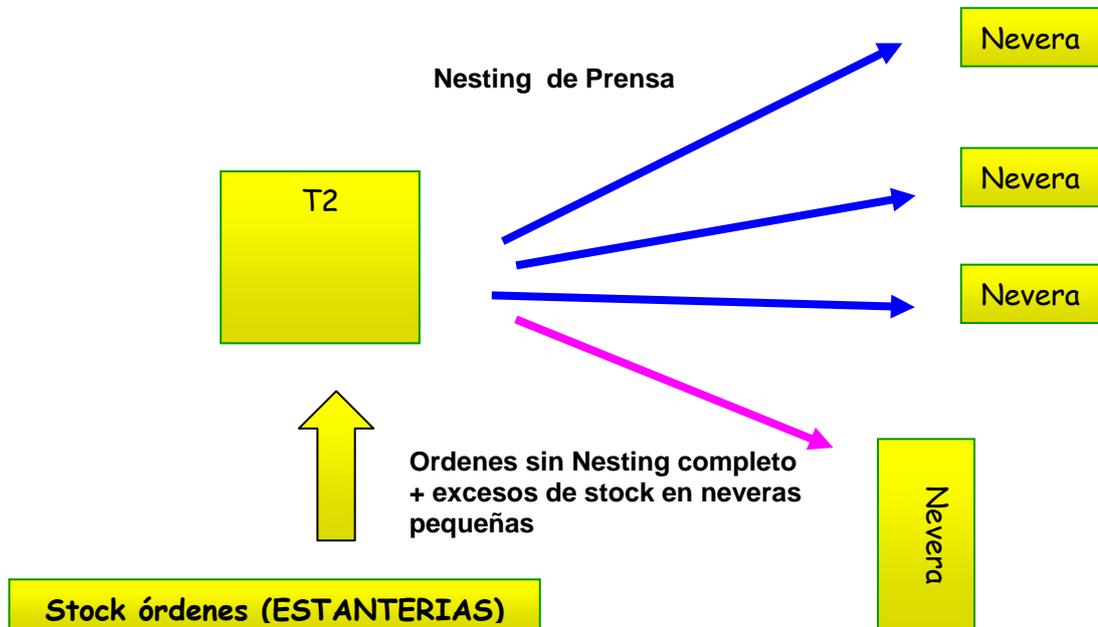
Con la primera propuesta se persigue como objetivo que las órdenes se procesen completas, evitando la fragmentación de las mismas que originaría retrasos, pérdidas e incluso obsolescencia de las mismas.

Con la segunda propuesta se persigue homogeneizar las órdenes que son templadas según el tipo de proceso que cumplan, para reducir el Lead Time y las permanencias que podrían llegar a sufrir aquellas órdenes de Lead Time menor que son agrupadas con otras de Lead Time mayor.

Finalmente, con la última propuesta se perseguiría, en la medida de lo posible, templar agrupaciones de prensa completas para agilizar el flujo productivo, aunque esta acción, debido a las características del proceso, no siempre es posible.

Logística célula tratamientos térmicos T2: Situación propuesta

Al horno de Temple pasan todas las piezas situadas en los carros de recantado, tanto las que han salido directamente de esa operación como las provenientes de la ruta de recocido, que, tras su paso por la prensa, son situadas de nuevo en dichos carros a la espera de ser templadas. Esquemáticamente, el proceso podría representarse como a continuación se muestra:



Tal y como se estableció anteriormente, se procurará, a la hora de cargar los bastidores y canastas, cargar agrupaciones completas de prensa, siempre que sea posible, con lo cual, las piezas resultantes del proceso de temple, tras su paso por el horno, se ubican de la siguiente forma:

- Aquellos conjuntos de piezas que conformen un Nesting completo de prensa serán ubicadas en una de las tres neveras pequeñas que se encuentran junto a las mesas de la prensa. En cada nevera se colocarán SOLO agrupaciones completas, nunca órdenes sueltas.
- Las órdenes sin Nesting completo (órdenes sueltas sin agrupación) y aquellos excesos se stock en las neveras pequeñas pasarán a la nevera grande situada paralelamente al horno.

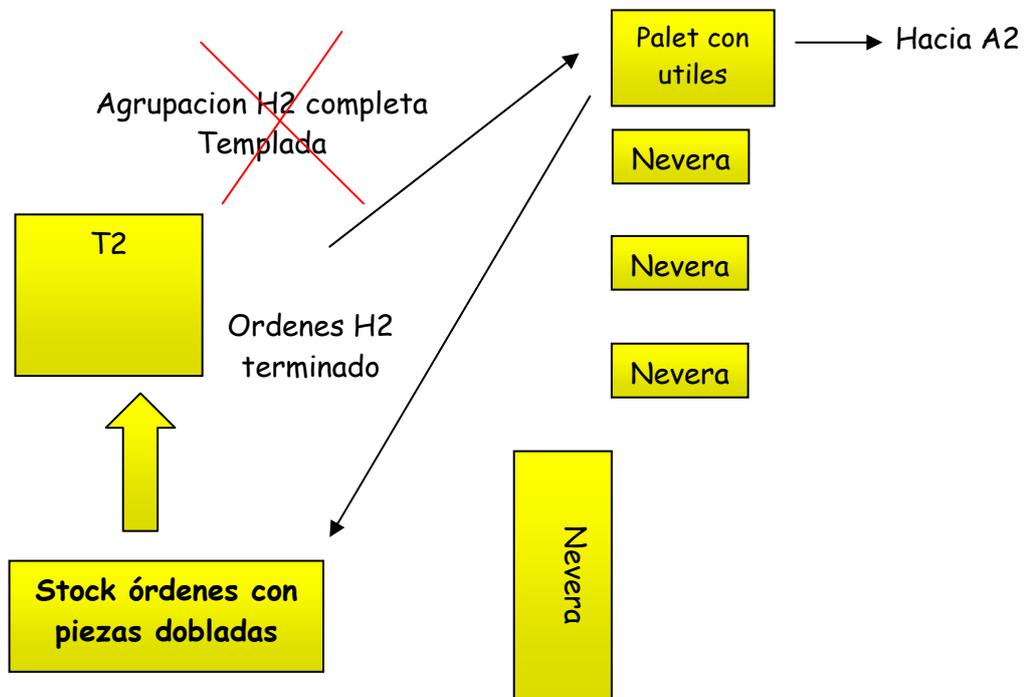
De esta forma se persigue, con la primera acción, destinar una agrupación a una única nevera, reduciéndose el tiempo que invertían los operarios en la búsqueda de órdenes para conformar los pallets de prensa, que podían encontrarse en cualquier nevera. Para las órdenes que queden sueltas se empleará la nevera grande, de tal forma que también estarán localizadas en caso de demanda para la prensa.

8.2.1.3.4. Célula de tratamientos térmicos TR

El recocido es el otro tratamiento térmico que siguen las piezas de la Línea 2. Hay que tener en cuenta que todas las piezas que son recocidas deben pasar posteriormente por temple, con lo cual, este es un factor importante a la hora de diseñar la logística de recocido.

Situación inicial

Una vez que las piezas provenientes de Recocido pasaban por Hidroconformado eran transportadas de nuevo a los carros de recanteado mientras que el pallet con los útiles correspondiente se quedaba esperando a que terminasen de ser templadas para su transporte a A2. Se formaba entonces, sobre los carros de recanteado, un stock de órdenes dobladas que pasan al horno para ser templadas. Tras finalizar su paso por temple, son transportadas a su pallet correspondiente que, a su vez, le servirá de transporte hacia la célula de acabado A2.



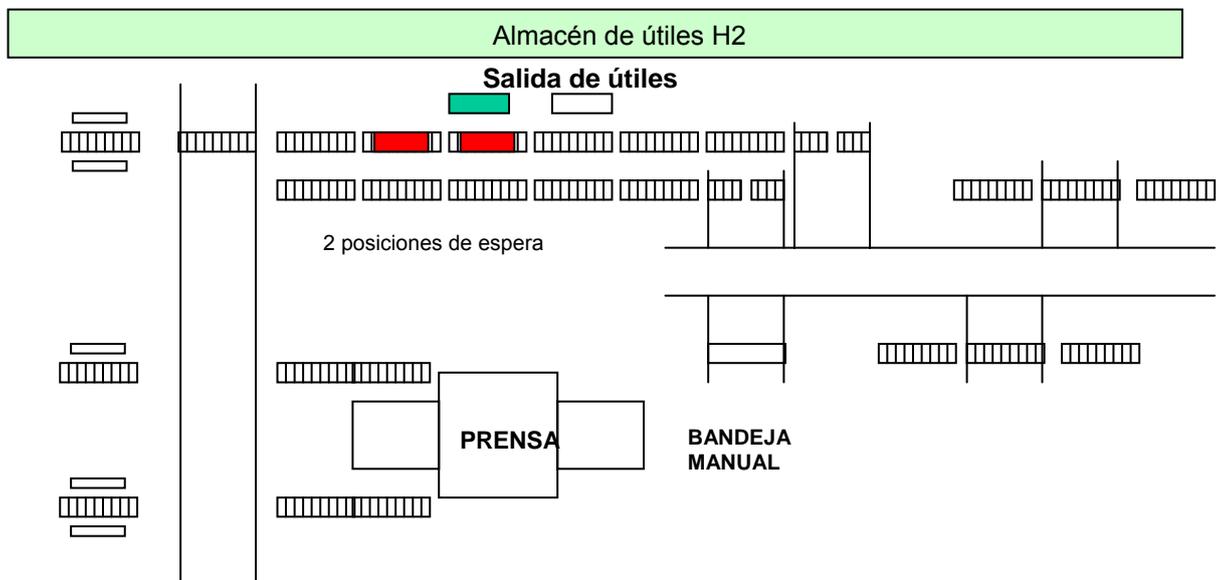
Propuestas

Debido a que se generaban esperas por la falta de disponibilidad que suponía tener un pallet esperando a que la agrupación de recocido finalizase su paso por el horno de temple, se decidió atacar esa falta de disponibilidad haciendo que el pallet de la agrupación no esperase a Temple, sino que las agrupaciones de recocido provenientes de temple sean transportadas directamente a Acabado. Esquemáticamente quedaría como a continuación se muestra:

Este esquema nos explica gráficamente la nueva logística aplicada sobre la célula de tratamientos térmicos de Recocido, en la que se eliminan los tiempos de espera de los pallets a las piezas que, tras ser recocidas, han de volver de nuevo a temple.

8.2.1.3.5. Célula de Hidroconformado H2

La célula de Hidroconformado es el paso fundamental en el proceso de la Línea 2 de la nave de Chapistería. Por la citada prensa pasan, aproximadamente, el 99 % de las piezas conformadas a través de este proceso, ya que las demás piezas, que constituyen un porcentaje muy pequeño, son procesadas a través de una ruta que solo contempla el Recanteado (paso también común para el 100 % de las piezas) y Procesos finales, al tratarse de piezas totalmente planas. Dicha célula podría esquematizarse como a continuación se muestra:



En esta figura se puede apreciar una distribución esquemática de las partes que componen la célula de H2. Así, podemos distinguir el almacén de los útiles correspondientes a H2. Cuando una agrupación de prensa es generada, se produce la descarga de los útiles hacia uno de los dos pallets que esperan junto al almacén. Éstos son transportados a través de los rodillos hacia uno de los tres puestos de prensa que, siguiendo su recorrido estándar, son transportados también mediante rodillos hacia la prensa. Este ciclo deberá repetirse hasta terminar con todas las pasadas de la agrupación del pallet. Cuando este número de pasadas termina, el pallet es transportado hacia la célula de Acabado A2, para finalizar su tratamiento y prepararse para pasar a procesos Finales.

Propuestas

Se plantean una serie de acciones encaminadas a favorecer el flujo continuo de producción incluso cuando se presenten problemas, aportando soluciones para no romper esa continuidad deseada en el flujo:

- Necesidad de una agrupación H2

Debemos procurar que siempre halla una agrupación disponible para la prensa. Si esta acción se cumple, se eliminarán posibles tiempos de espera y el flujo continuo se verá mucho más favorecido.

- Orden automática de despacho de útiles

Deberá aparecer una orden automática de despacho de útiles cuando aparezca en el sistema una agrupación disponible para H2.

- Selección de una mesa de trabajo

Asimismo, se deberá tener una mesa disponible de trabajo cada vez que tengamos una agrupación disponible para H2.

- Posibilidad de agrupar/desagrupar

Esta opción es importante en aquellos casos en los que se generen urgencias, para que las piezas sean tratadas en la mesa manual. No obstante, se estableció que, debido a la gran cantidad de tiempo que se consumía en sacar a las piezas de su recorrido estándar para pasarlas a manual, aquellas piezas cuya criticidad saltaba cuando se encontraban montadas en la mesa, ya no se sacasen de su recorrido estándar. Sin embargo, para aquellos casos en los que la criticidad salte en Temple es muy beneficioso reducir tiempo en desagrupar para, posteriormente, agrupar en bandeja manual.

Dicho lo anterior, pasamos a estudiar los flujos logísticos de las distintas rutas de la Línea 2.

Ruta R21

Situación inicial

Los útiles son despachados desde su almacén hacia uno de los dos pallets que se encuentran esperando la descarga junto al almacén. Una vez colocados todos los útiles sobre el pallet, este es transportado hacia una de las tres mesas seleccionadas a través de rodillos por el circuito que lo llevará al destino seleccionado. Las piezas correspondientes a la agrupación de H2 están esperando en la mesas laterales de los pallets, con lo cual, cuando el pallet con los útiles de la agrupación llega a la mesa correspondiente, éstas son colocadas sobre el pallet, preparándose éste correctamente para su paso por la prensa. La mesa ya preparada con las piezas y los útiles correspondientes es transportada hacia la prensa. Cuando la pisada finaliza, el pallet sale de la prensa y vuelve hacia la mesa inicial. Es entonces cuando las piezas ya dobladas se descargan del pallet y se sustituyen por las siguientes, volviéndose a repetir el ciclo anteriormente descrito. Dicho ciclo se repetirá un número de veces igual al número de pasadas necesarias para finalizar la agrupación. Cuando finalizan todos los lotes, el pallet con las piezas y los útiles es enviado a acabado siendo transportado a través del circuito de rodillos que lo llevará a la mesa de acabado definida por el sistema. Durante la ejecución de las tareas de Acabado el pallet utilizado, junto con todos los útiles correspondientes, espera a que todas las órdenes terminen el proceso de Acabado. En estas circunstancias se permite desagrupar aquellas órdenes que ya han terminado de ser conformadas, así como agrupar otras para acelerar el proceso de Acabado en dicha célula. Cuando finalizan las operaciones en A2 se cierran por Reporting rápido todas las operaciones de las órdenes agrupadas, y es entonces cuando se permite enviar el pallet a almacén, con la consiguiente devolución de útiles. Tendremos, entonces, en la zona de almacén, tres posiciones en espera para la descarga de útiles.

El problema fundamental que nos encontramos con esta logística es que los pallets, al no romper la agrupación cuando finaliza la prensa, sino que lo hace al terminar las operaciones en acabado, sigue vinculado a la agrupación para la que se destinó en Hidroconformado, y no es hasta que finaliza Acabado cuando dicho pallet es desvinculado de la agrupación y, por tanto, enviado de nuevo al almacén de útiles. Esto supone que no podemos contar con el pallet hasta que las operaciones en acabado no hayan finalizado, encontrándonos, en algunos casos, sin posibilidad de trabajar en la prensa debido a que no disponemos de ningún pallet, ya que se ha dado el caso en que tres pallets han coincidido en Acabado, originándose esperas.

Situación propuesta

En el flujo propuesto para órdenes de Temple R21 se proponen los siguientes cambios:

- Al finalizar todos los lotes de la agrupación para H2 y antes que el pallet con los útiles sea enviado a Acabado, se deshace la agrupación. El pallet es enviado entonces a un destino aleatorio definido por el sistema. Dicho destino puede ser el almacén o, incluso, Acabado, si el sistema así lo muestra. Con esta actuación conseguimos disponer del pallet nada más finalizar H2, evitándose, de esta forma, posible tiempos de espera y agilizándose asimismo de manera considerable el flujo continuo de producción.
- Cuando finalizan las operaciones en acabado el pallet es enviado al almacén. Se propone una nueva pantalla para esta actuación en vista de las modificaciones anteriormente realizadas, ya que, al producirse la ruptura de la agrupación cuando finaliza H2 se producen unos cambios en el sistema que afectarán a las pantallas de los mismos.

Dicho esto, el flujo propuesto para las órdenes de Temple R21 resulta como a continuación se expone:

En la zona de despacho de útiles se descargan al pallet en espera los útiles correspondientes a la agrupación que va a ser procesada por la prensa. El pallet con los útiles es trasladado, a través del circuito de rodillos, a la mesa seleccionada por el sistema. Las piezas, que se encuentran colocadas en las mesas adjuntas a los pallets, se colocan sobre el mismo. El pallet es preparado entonces para su paso por la prensa, y a través de los rodillos es transportado hacia la zona de entrada de pallets a la mesa automática. Cuando la pisada finaliza, el pallet es enviado de nuevo a su posición inicial, se descargas las piezas ya dobladas, se colocan sobre las mesas adjuntas a los pallets, y vuelven a cargarse con otras piezas. Este ciclo se repite hasta que hayan terminado de doblarse todas las órdenes que conforman la agrupación. En este momento se deshace la agrupación que transportaba el pallet, quedándose éste desvinculado de la misma. El pallet entonces actúa únicamente como medio de transporte de la agrupación que se dirige a Acabado. Cuando llega a Acabado, el pallet es devuelto a su posición de espera junto al almacén con útiles de la misma agrupación o de otra, devolviéndose los útiles manualmente (uno a uno). Esto se realiza a través del sistema, mediante las pantallas nuevas surgidas a raíz de las modificaciones anteriormente realizadas. Por otro lado, las piezas, una vez finalizada el conjunto de operaciones que componen A2, son devueltas mediante Reporting rápido a Verificación, mejorándose notablemente, de esta forma, el flujo logístico para órdenes de Temple.

Ruta R22

Situación inicial

El pallet se encuentra en la posición de espera junto al almacén. Los útiles correspondientes a la agrupación de recocado son despachados al mismo, y éste, junto con los útiles, se manda a la mesa seleccionada por el sistema. Las piezas, que

esperan en un carro junto a la prensa (ya que, al proceder de recocido, no aguardan su traslado al pallet desde la nevera, como ocurría en Temple), son trasladadas al pallet, y cuando la agrupación está lista para la prensa, se envía a la misma, y es trasladada por el circuito de rodillos hacia la mesa de palletizado automático. Cuando la pisada finaliza, el pallet con las piezas y los útiles correspondientes es enviado de nuevo a la mesa correspondiente. Las piezas dobladas se retiran entonces del pallet, se cargan las siguientes, y se repite el ciclo hasta que terminen de doblarse todas las órdenes que conforman la agrupación. Las piezas entonces, al pertenecer a la ruta R22, son transportadas a Temple, y el pallet que las transportaba se queda esperando en la misma posición (la de la mesa seleccionada al principio por el sistema) hasta que dichas piezas finalicen el proceso de temple. Cuando todos los lotes que conforman el pallet han finalizado el proceso de temple las piezas son devueltas al pallet y éste, junto con las piezas y los útiles, es enviado a la zona de acabado para que las piezas continúen con el proceso. Cuando finalizan las operaciones en A2, el pallet es enviado a la zona de espera junto al almacén, y las piezas son enviadas a Procesos Finales para que sigan su curso.

Situación propuesta

El flujo logístico R22 descrito anteriormente presentaba el gran inconveniente de que el pallet debía esperar a las piezas de la agrupación que transportaba hasta que terminasen el proceso de temple. Esto implicaba que un pallet se quedaba inutilizado durante el proceso de temple, además de una de las tres posiciones de las mesas de carga que, junto a la prensa, transportaban el pallet hacia el proceso de H2. Esto generaba esperas y atrasos en los pedidos, sin contar con un alargamiento de las permanencias medias de las piezas en H2. Por tanto, las medidas correctoras que decidieron aplicarse para mejorar el flujo logístico fueron las siguientes:

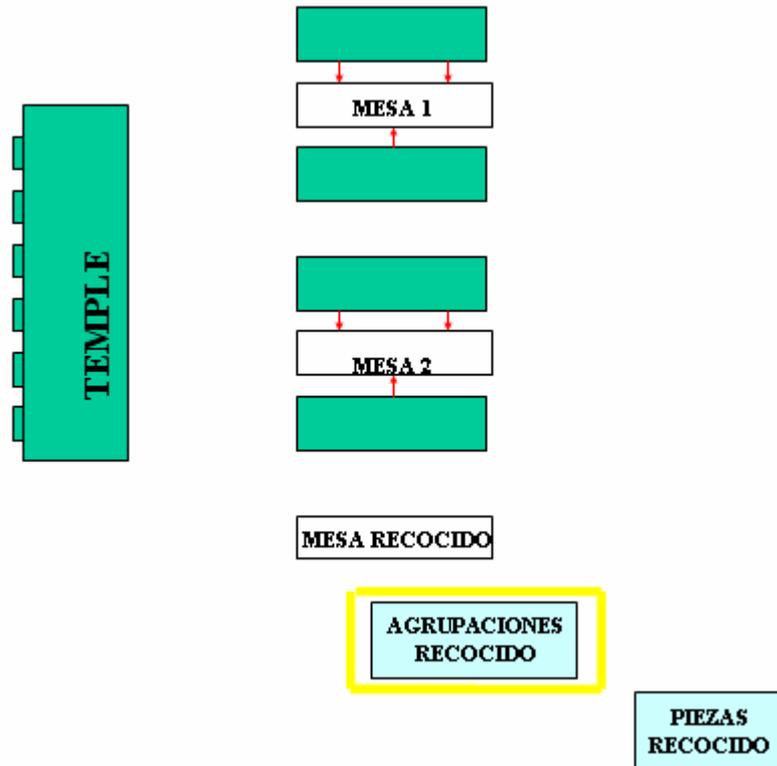
- El pallet no espera a Temple. Esto significa que, una vez que todas las piezas que conforman la agrupación han terminado su proceso de Hidroconformado, el pallet, en lugar de esperar a que terminen temple, es enviado a un destino aleatorio definido por el sistema.
- Al igual que para el caso anterior, y para todas las rutas, se propone la ruptura de las agrupaciones cuando finalicen el proceso de Hidroconformado, sin esperar a que terminen Acabado. Esto implica que el pallet queda desvinculado de la agrupación en H2, antes incluso de que finalice el proceso de Temple. De la misma forma, cuando el pallet llega a Acabado, se propone una nueva pantalla para devolverlo al almacén de útiles, agilizando notablemente el flujo productivo (Informática).
- Por otro lado, y en consonancia con lo establecido en la primera de las propuestas, las piezas que terminan Hidroconformado serán transportadas de temple a Acabado mediante otro pallet en una zona de preparación para enviar

a Acabado, al no esperarlas el pallet que les sirvió de transporte hacia la prensa inicialmente.

- Siguiendo con el cambio de ubicación que presentan las piezas de la ruta de recocido, se propuso que incluyésemos dos carros de recepción de piezas de ruta R22:
 1. El primero de los carros se situaría más alejado de la prensa, destinado a la recepción de PIEZAS DE RECOCIDO tras su paso por Recantado.
 2. El segundo carro, situado junto a la prensa, estará destinado a las AGRUPACIONES DE RECOCIDO, y estará situado más cerca de la prensa, facilitando la labor de los operarios.

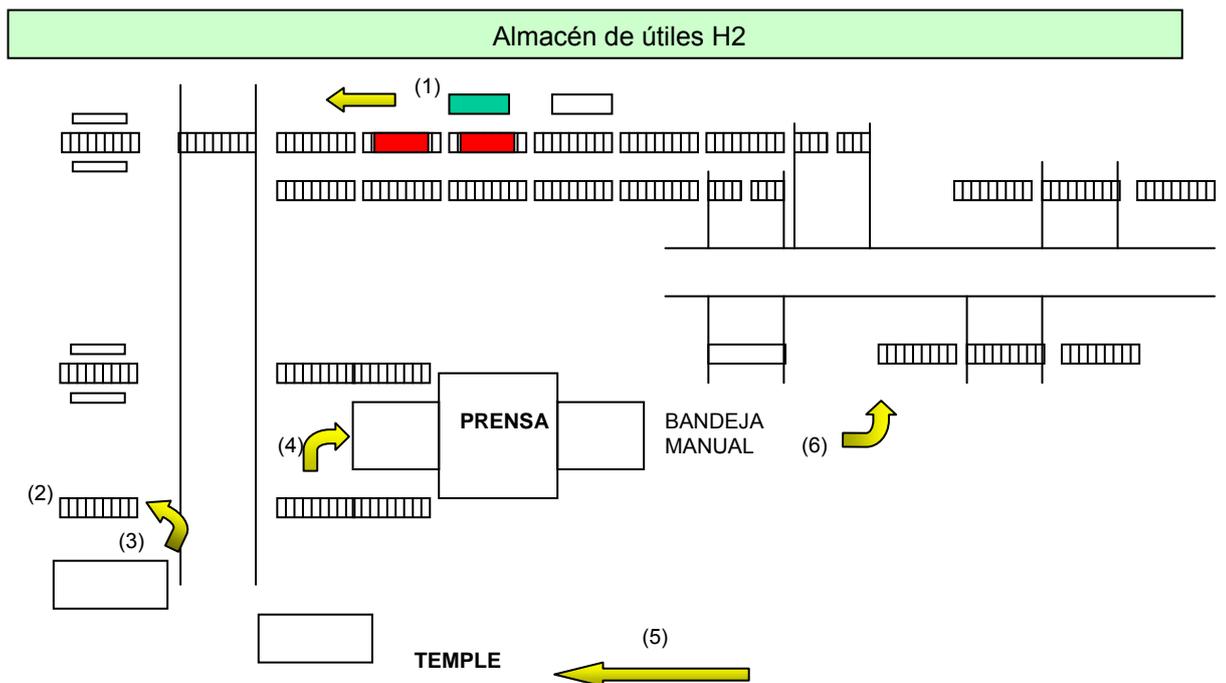
Para llevar a cabo estas dos acciones es necesario marcar los carros correspondientes con carteles para facilitar la labor del operario, favoreciendo, al mismo tiempo, la gestión visual, que hará que conozcamos la carga de recocido en vista de las piezas situadas sobre los carros. Estas dos acciones son tratadas más detalladamente en el área de Housekeeping.

- Asimismo, se decidió que, debido a que, tal y como dijimos anteriormente, las piezas de recocido no proceden de la nevera, sino que aguardan su procesado en los dos carros anteriormente descritos, eliminar la nevera más próxima a los citados carros, y reservar la mesa correspondiente únicamente al procesado de piezas que sigan la ruta R22. Esta medida se ha tomado teniéndose en cuenta la carga de trabajo correspondiente a ambas rutas (R21 y R22), llegándose a la conclusión de que ambas rutas se encontraban balanceadas en el número de órdenes procesadas. La otra nevera permanece en su posición original pero se le da la vuelta para que alimente a la mesa contigua a la destinada a recocido. De esta forma, tras las modificaciones pertinentes, la célula quedaría como a continuación se muestra:



Esta acción será tratada más en profundidad en el apartado de Housekeeping.

Dicho esto, el flujo logístico sería el siguiente:



Al igual que en el flujo anterior, hay un pallet (1) en la zona de descarga de útiles a la espera de recibir los útiles correspondientes de la agrupación de Recocido que va a ser procesada. Al recibirlos, el pallet se traslada a la mesa correspondiente (en este caso, a la mesa más próxima a los carros de recocido, (2)). Las piezas de recocido son trasladadas, bien manualmente o bien con la ayuda de un peón, a la citada mesa desde el carro en el que se encuentran las agrupaciones de recocido (3) (recordemos que las piezas fueron ubicadas inicialmente en el carro de Piezas de Recocido y que después dichas piezas fueron trasladadas al carro de Agrupaciones de Recocido directas para ser procesadas en la prensa). Éstas entonces son transportadas por el pallet a la prensa (4), comenzando el proceso de Hidroconformado, que se repetirá tantas veces como piezas tenga la mayor orden. Tras finalizar el proceso, las piezas son enviadas a Temple (5), y el pallet es enviado a un destino aleatorio definido por el sistema junto con los útiles de la agrupación (6). Para la devolución del pallet sin agrupación se genera, como en la ruta de recocido, una nueva pantalla de devolución de pallets. El pallet es entonces devuelto con útiles de las misma agrupación o de otras agrupaciones (para que, de esta forma, sirva como transporte), y los útiles se devuelven manualmente (uno a uno).

Cuando las piezas de recocido finalizan la operación en temple, son enviadas manualmente o en algún pallet a la zona de acabado, y cuando éstas terminan, son enviadas por Reporting rápido a verificación.

Ruta R23

Situación inicial

Las órdenes que siguen la ruta R23 no necesitan tratamientos térmicos, sino que pasan directamente a Hidroconformado tras ser recanteadas. En este caso, el pallet, una vez que es trasladado con todos sus útiles a la mesa seleccionada por el sistema, recibe la agrupación correspondiente situada en un carro donde están ubicadas las órdenes que siguen esta ruta. La ubicación, así como su señalización, será tratada con mayor profundidad en el área correspondiente a Housekeeping. Su flujo logístico es idéntico al de Temple para piezas de ruta R21, con la diferencia de que las piezas provienen de un carro.

Situación propuesta

El pallet, situado en la posición de descarga de útiles, recibe los útiles correspondientes a la agrupación que va a ser procesada. Cuando llega a la mesa seleccionada por el sistema, se colocan sobre el pallet las piezas de R23 ubicadas en el carro correspondiente. Cuando finalizan todos los lotes, el pallet es enviado a un destino aleatorio definido por el sistema y, al igual que en las rutas anteriores, para la devolución del pallet se propone una nueva pantalla. El pallet sin agrupación se

devuelve entonces con los útiles de la agrupación o de otros pallets, y éstos se devuelven manualmente.

Agrupaciones manuales

Las agrupaciones manuales las forman órdenes con flujo no estándar (ninguno de los tres anteriores) para casos de urgencias o piezas especiales. El flujo logístico que seguían este tipo de agrupaciones era el siguiente:

Situación inicial

Los útiles son despachados en el almacén hacia el pallet que se encuentra en la zona de espera. Éste es trasladado, mediante el circuito de rodillos, hacia la zona de la mesa manual situada en el lado opuesto de la prensa por el que se realiza el palletizado automático. En la mesa manual se prepara la agrupación que va a ser procesada a partir de órdenes provenientes de los carros (si se trata de piezas de recocido o en su estado) o de las neveras (si se trata de órdenes que vienen de temple). Cuando el lote finaliza, las piezas con sus útiles se trasladan al pallet que sirvió de transporte para los útiles de la agrupación, y que se encontraba esperando en una posición junto a la mesa manual. El pallet es entonces enviado a un destino aleatorio definido por el sistema (puede ser acabado o almacén), y las piezas continúan con su ruta.

Situación propuesta

Para el flujo propuesto para las agrupaciones manuales se siguen una serie de pasos y se proponen nuevas propuestas, que son las que a continuación se analizan:

Los útiles correspondientes a la agrupación a procesar son despachados al pallet en la zona de espera junto al almacén. El pallet con los útiles es transportado a través del circuito de rodillos, hacia la zona de la prensa correspondiente a las agrupaciones manuales. Los útiles (procedentes del pallet) y las piezas (procedentes de las neveras o de los carros, según provengan de temple, de recocido o en su estado, respectivamente) se preparan sobre la propia mesa de la prensa. Cuando el lote completo finaliza la operación en H2, se procede a la devolución de los útiles y del pallet. Las piezas, por su parte, continúan con su ruta establecida. Dicha devolución se realiza como a continuación se muestra:

- Los pallets pueden ser devueltos con los útiles o sin ellos. Para ello, se emplea una pantalla de devolución de los pallets en manual. Los útiles, al llegar a la zona de los almacenes, son devueltos manualmente (uno a uno), ya que la agrupación controla el despacho masivo de útiles, pero no la devolución, que ha de hacerse manual, útil a útil. Por el contrario, cuando el pallet se devuelve sin los útiles, éstos se quedan en la zona de acabado, ya que son requeridos

para esta operación. La pantalla para la devolución del pallet (con útiles) transporta el útil desde la mesa manual hacia el almacén QFC.

- Las piezas de recocido son transportadas hacia T2. Por su parte, las piezas en su estado pasarán directamente a Acabado.

8.2.1.3.6. Célula Acabado A2

La agrupación se deshace antes de llegar a la célula de acabado A2, con lo cual, las órdenes se tratan individualmente. Debe existir información de las órdenes/útiles en los pallets (inicial a la llegada), únicamente a efectos de información. La información prioritaria llegará en forma de códigos de colores y estado de operación A2. Los códigos de colores dan información de la urgencia de la pieza:

- Plástico blanco: la pieza no tiene retraso
- Plástico rojo: pieza crítica
- Plástico azul: pieza urgente

La identificación de la pieza se realiza por Moby.

Procedimiento de actuación por los operarios de A2

Seleccionan una orden (lote), y mediante el Moby consultan en trazabilidad la información de proceso (PN, cantidad, instrucciones, útiles, planos...). El criterio de prioridad debe venir informado en Trazabilidad (código rojo, azul o blanco). Cuando las operaciones en Acabado terminan, se envían las órdenes a verificación, y se devuelven los pallets. Se vacía entonces el pallet, y se envía al almacén. Posteriormente se ubican los útiles en almacén, y se envían al almacén correspondiente, con su ubicación correspondiente.

Conclusiones

Este apartado del área de producción ha mejorado notablemente el flujo productivo a través de una serie de acciones que actuaban directamente sobre la logística del proceso. A modo de resumen, y para facilitar la comprensión de las modificaciones efectuadas, mostramos a continuación los cambios efectuados en cada una de las áreas sobre las que se ha actuado:

- Salida de recanteado.

Identificación de carros y bandejas

- Generación de agrupaciones

Se tendrán en cuenta tres factores importantes:

1. Homogeneización de las órdenes

2. Ruta de cada pieza

3. Dimensión de los útiles

- T2

Las órdenes que conforman una agrupación completa para H2 se depositarán sobre una de las neveras pequeñas, mientras que las órdenes sueltas se colocarán en la nevera grande.

- TR

Las piezas provenientes de recocido se depositarán sobre un carro que las recepcionará. Posteriormente, serán transportadas a otro carro adyacente formando agrupaciones para ser procesadas directamente en la prensa.

- R21 (y también para las demás rutas)

Se desasociarán las agrupaciones tras su paso por H2. Asimismo, se proponen pantallas nuevas para su desarrollo informático.

- R22

El pallet no esperará a temple, sino que se asignará un ballet específico para estas piezas.

- R23

Se proponen nuevas pantallas (desarrollo informático) para facilitar la gestión de esta ruta.

- Agrupaciones manuales

Desarrollo de software por parte de informática para facilitar la gestión logística.

- Acabado

Identificación de la criticidad de las piezas según plásticos de colores

8.2.1.4. Ahorro en conformado manual

Diagnóstico

El conformado manual, A2, es el último paso que se realiza en la Línea 2 antes de pasar a Procesos Finales. Según los datos extraídos del sistema, este proceso es el cuello de botella de la Línea 2, con lo cual, éste es el paso que limita la capacidad de la Línea, es decir, la etapa controlante del proceso.

La capacidad en cualquier proceso viene dada por la etapa controlante del mismo, que es la de menor capacidad. En nuestro caso, observamos que la etapa controlante de la Línea 2 es la célula de Acabado A2, con lo cual, se hace evidente la necesidad de aumentar dicha capacidad para aumentar la capacidad global de la Línea 2. Las formas de actuación sobre este problema abarcan dos tipos de acciones:

- Analizar las tareas correspondientes al área de Acabado para reducir tiempos y, de esta forma, disminuir el tiempo de ciclo, aumentándose, al mismo tiempo, la capacidad de la célula bajo estudio. En el análisis de tareas se buscará reducir desplazamientos inútiles, tiempos de espera y, en general, cualquier acción que no suponga un aporte adicional al valor del producto.
- Análisis exhaustivo de las piezas que tengan un mayor tiempo de conformado manual para revisar los procedimientos realizados durante su procesado con la finalidad de reducir los tiempos de conformado de las piezas.

Solución propuesta

Para la primera actuación se llevará a cabo un Blitz (estudio in situ de las operaciones en Acabado) para analizar tiempos. Para la segunda actuación realizaremos un diagrama de Pareto de las piezas que han consumido los mayores tiempos en conformado manual durante el año 2005, y, basándonos en la metodología de dicho diagrama, iremos seleccionando conjuntos de piezas sucesivamente para ir reduciendo, en primer lugar, los tiempos de aquellas que consumieron más horas durante el citado año.

Análisis de tareas en conformado manual

Para llevar a cabo el estudio de las tareas que se dan en conformado convencional es fundamental conocer las dos partes más importantes del proceso, a saber:

- Diagrama de flujo del proceso
- Estudio de tiempos en cada una de las etapas

Para la primera parte del proceso, se convocó a un grupo de chapistas con la finalidad de describir el proceso exhaustivamente, paso a paso, ya que son ellos los que

poseen un mayor conocimiento de los distintos pasos que engloban el proceso de conformado manual. Es entonces cuando, una vez que tengamos el diagrama de flujo elaborado, realizamos un estudio de los tiempos correspondientes a cada una de las tareas. Para ello, un chapista procesará una pieza representativa del proceso (es imprescindible que cumpla todos o la mayoría de los pasos establecidos por el diagrama de flujo), para, de esta forma, evaluar y eliminar (si los hubiere) los desperdicios del proceso.

Elaboración del diagrama de flujo del proceso

Para la elaboración del diagrama de dicho proceso se reunió a varios chapistas para que explicasen, con el mayor nivel de detalle posible, todos los pasos que seguían en el proceso de conformado manual. Dicho proceso es realizado a través de los siguientes pasos:

En primer lugar, se toma la pauta correspondiente a la pieza en cuestión que va a ser conformada. Las pautas estarán colocadas en una estantería o paila en la zona de Acabado, y estarán guardadas en un plástico, que tendrá un color u otro en función de la urgencia de la pieza:

- Blanco (N): son piezas que no sufren retrasos
- Rojo (A): son piezas urgentes que sufren retraso en la entrega
- Azul (S): son piezas críticas, con mayor urgencia que las anteriores

En las pautas debe aparecer toda la información relativa a la orden en cuestión, y abarca los siguientes apartados:

1. Orden de producción

Aquí aparece toda la información referente a las características técnicas de la orden, centrándose fundamentalmente en la ubicación de la orden (entendiéndose como tal la ruta que sigue en su proceso) y datos referentes al programa y cliente al que pertenece la orden. En concreto, la información que aporta este apartado es la siguiente:

- Orden: nos da el código corto de la orden, que nos facilita su consulta en el sistema
- Parte: nos da el código largo de la orden
- Designación : es el nombre de la pieza en cuestión
- Revisión ruta: es la designación de la ruta a la que pertenece

- Revisión CAPP: si el diseño de la pieza ha sido modificado por parte de ingeniería, este dato nos informa del número de veces que ha sido modificada.
- Fecha efectiva de ruta: nos indica la fecha en la que la pieza debía haber comenzado su proceso.
- Localización de la pieza
- Desglose: en el caso de que trate de un desglose de una orden anterior (órdenes que han sido divididas), ésta nos indica la orden a la que pertenecía, y el número de desglose correspondiente.
- Part Number del material
- Tipo de parte
- Tipo de orden
- Cantidad requerida: nos indica la cantidad de Part Numbers que requiere la orden que está siendo tratada.
- Cantidad pendiente: cuantos de los Part Numbers de los que consta la orden deben aún ser procesados.
- U.D.C.: indica el centro en el que la orden debe ser procesada
- P.E.F.: indica el programa al que pertenece la orden
- Línea: nos informa de la Línea de producción a la que pertenece la orden.
- Ruta: dentro de la línea de producción, nos indica la ruta que la orden deberá seguir.
- Estado final del material: es el estado en que deberá salir la orden de la Línea de procesado antes de pasar a Procesos Finales.

2. Lista de materiales

Este apartado nos aporta información referente a las características técnicas del material con el la orden es conformada, de cara a facilitar su posterior procesado atendiendo al tipo de material. La información descrita es la siguiente:

- Part Number/ Código: nos da el Part Number ó código del material
- Descripción: Describe al material de la orden
- Tipo: especifica el material más detalladamente

- P.E.F.: indica el programa ala que pertenece la orden
- Cantidad requerida: nos indica el espesor de la chapa
- Cantidad pedida
- Dimensiones del material : largo, ancho y espesor del mismo
- Otras características técnicas del material
- Nesting: indica el Nesting de Recanteado al que perteneció en ese primer paso
- Dureza máxima/mínima: datos a considerar en Procesos Finales
- Conductividad máxima/mínima: hace referencia al rango de valores en el que el material debe permanecer cuando se comprueben en Procesos Finales

3. Documentación aplicable

Nos aporta información de la pieza que va a ser procesada de cara a facilitar posteriores consultas en el sistema:

- Part Number. Es el Part Number de la pieza
- Célula: es la célula en la que está siendo procesada
- Revisión: nos indica si la pieza ha sufrido modificaciones en procesado.

4. Hoja de ruta de la orden

Nos indica detalladamente y para cada uno de los pasos que la pieza sigue en su procesado las operaciones que deberá seguir según la pieza que estemos procesando. Para cada una de las células por las que pasa la orden, la documentación especificada es la siguiente:

- Operación: nos indica el código de la operación/célula.
- Célula: Si dentro de la célula hay varias operaciones, nos indica todas las que sigue la pieza ordenadas adecuadamente.
- Descripción: Nos especifica el nombre de todas las operaciones que sigue la pieza dentro de la célula en cuestión
- Estado de la orden: nos indica el estado en el que se encuentra, que podrá ser:
 - D: Disponible. La orden se encuentra preparada para su paso por la célula en cuestión

- T: terminada. La orden ya ha terminado en esta célula y se dispone a pasar a la siguiente operación del proceso.
- Cantidad de la orden: número de Part Numbers (piezas) de las que consta
- Responsable: persona encargada de la ejecución de la orden
- Fecha de inicio: fecha en la que la orden comenzó a ser procesada en esta célula
- Fecha de finalización: fecha en la que la orden finalizó en esta célula
- Agrupación: nos indica la agrupación a la que pertenece la orden.
- Descripción del proceso: Nos describe detalladamente los procesos a los que la pieza en cuestión es sometida en su paso por la célula bajo estudio.

Ejemplo: Para una orden determinada, la descripción del proceso que seguiría en Recantado podría ser como el que a continuación se muestra:

1. Recantar en máquina Creno
2. Rebarbar en máquina Costa
3. Atención a irregularidades de contorno
4. Especificación I+D-P206
5. Aseguramiento de la calidad según norma (Recantado por fresado CN). (Rebarbado/Terminación de piezas recantadas)

Esta descripción del proceso, junto con los datos anteriormente aportados, deben aparecer para cada una de las células por las que pasa la pieza en el apartado de "Hoja de Ruta".

Con la información aportada por la pauta podemos consultar en el sistema los útiles necesarios para el proceso de conformado, así como los planos correspondientes a los útiles y al Part Number. En ocasiones esta labor es facilitada, ya que, dentro del plástico en el que está ubicada la pauta, aparece también el plano de la pieza en cuestión, facilitando enormemente la labor de localización del Part Number.

A continuación, se revisan los útiles necesarios para el proceso de conformado manual a partir de la información aportada por las pautas. En este momento, nos encontramos con dos posibilidades:

1. Los útiles no se encuentran junto al pallet que ha transportado las piezas desde H2.

Ésta situación ocurre concretamente con las piezas que proceden de la ruta R22, ya que, en el apartado de logística, se estableció que los útiles de las piezas, tras su paso por H2, fueran devueltos en lugar de esperar a que las piezas terminasen en T2. Este tema será tratado en mayor profundidad en dicho apartado.

Los operarios le piden a Control de Producción (vía maestro) el útil que necesitan, y éste se comunica con los peones para que traigan el útil a la zona de trabajo.

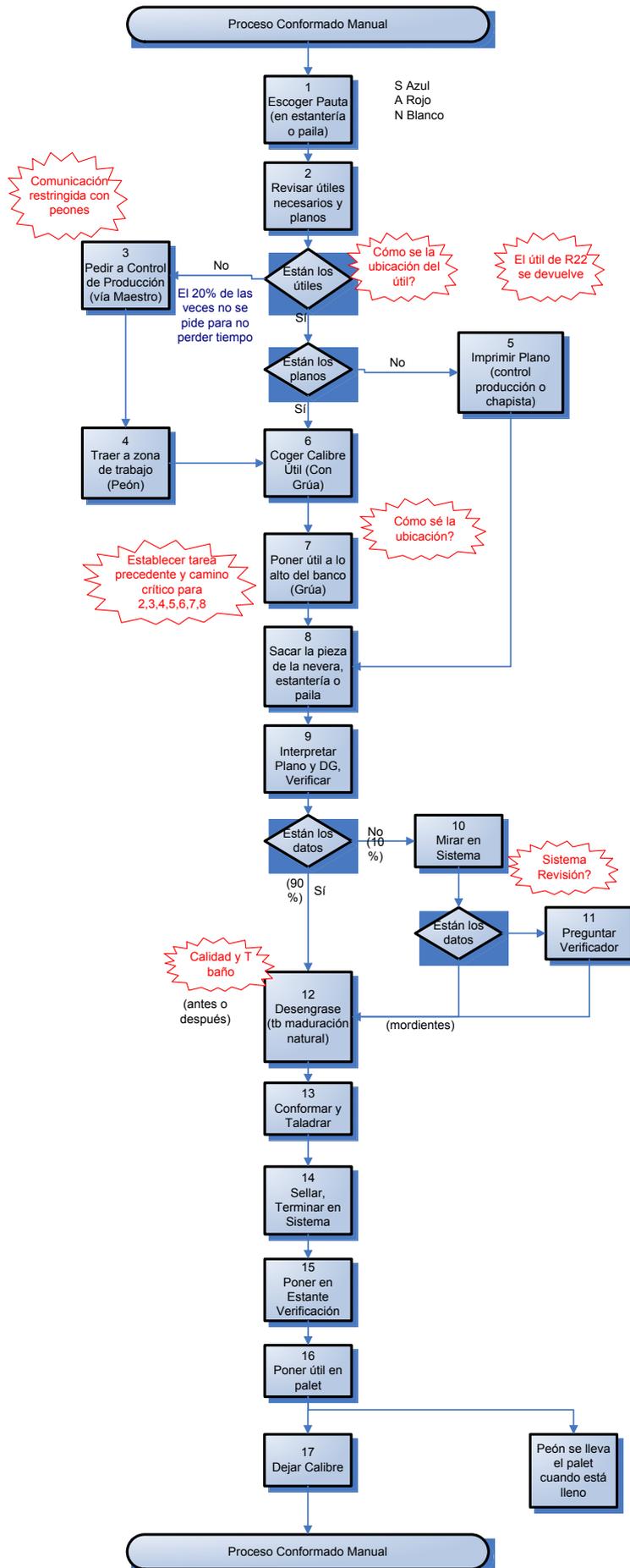
2. Si los útiles se encuentran junto al pallet que sirvió de transporte para Acabado, se procede a la localización de los planos del mismo. En el caso de que los planos no estuviesen junto a los útiles, Control de Producción o el propio chapista son los encargados de imprimirlo.

Una vez que contamos con los útiles y sus respectivos planos, cogemos el calibre del útil con la grúa. Por calibre se entiende al mismo tiempo el instrumento para hacer mediciones exactas y aquellas piezas utilizadas como patrón para comprobar la exactitud de las medidas en la pieza y, de esa forma, actuar en consecuencia. El útil es colocado con la ayuda de la grúa en lo alto del banco correspondiente y, a continuación, se procede a la búsqueda de la pieza, que estará, según ruta de la que proceda, en la nevera, estantería o paila. Posteriormente, el plano y la documentación gráfica asociados a la pieza y al útil deben ser examinados y contrastados con la pieza y el útil en cuestión, verificándose la correspondencia entre documentación e instrumentos. Los planos son examinados y contrastados con respecto a la pieza, y, en función de las especificaciones dadas por la citada documentación, así se procederá en el conformado manual de la misma. De la documentación debemos extraer la información necesaria para el conformado de la pieza. En el caso de que los datos no estuvieran disponibles, habría que comprobarlos en el sistema. En el hipotético caso de que tampoco se encontrasen disponibles en el sistema, habría que consultar con el verificador las características requeridas por la pieza en cuestión para su correcto conformado. De cualquier forma, una vez que se tengan los datos necesarios, se procederá al desengrase y maduración natural para aquellas piezas que lo necesiten:

- Desengrase: se realiza a aquellas piezas que, tras su paso por la célula de Hidroconformado, conservan todavía restos de aceite, y que será necesario eliminar para un correcto conformado de las mismas. Para ello, son transportadas mediante una grúa a un baño grande de disolvente (etilenglicol), hasta que los restos de aceite son eliminados completamente.

- Maduración natural: las piezas, a temperatura ambiente, adoptan sus características naturales que habían sido modificadas tras su paso por la prensa. La ubicación de este paso depende de la pieza que se esté tratando, ya que en algunos casos se situará posteriormente al conformado, y en otros casos, anterior al citado paso.

Tras el paso por maduración y desengrase, se procede el conformado y taladrado de la pieza, cumpliendo las características especificadas en la documentación. Tras finalizar el proceso de conformado propiamente dicho, la pauta que acompañaba a la pieza es sellada, y la operación se da por terminada en el sistema por el chapista encargado de la operación. La pieza conformada debe ser verificada, y es colocada en el estante de Verificación para la comprobación del cumplimiento de las características asociadas a la pieza en cuestión. El útil entonces se coloca en un pallet para ser enviado al almacén en su lugar correspondiente. En el caso de que el pallet se encontrase totalmente lleno, es el peón quien se lo lleva. Posteriormente el calibre se deposita en su lugar correspondiente, finalizando, de esta forma, el proceso completo de Conformado manual. Dicho proceso es representado a continuación mediante un diagrama de flujo:



Este es el diagrama del proceso de conformado manual elaborado con la ayuda de la experiencia de los chapistas. Sin embargo, la información obtenida a partir del diagrama es insuficiente, ya que, para eliminar los desperdicios y todos aquellos pasos que no aportan valor adicional al producto, es necesario realizar un estudio in situ del proceso para medir los tiempos que llevan cada una de estas actividades. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de los mismos para intentar plantear actuaciones encaminadas a reducción de los tiempos en las tareas de mayor duración.

Estudio de tiempos en cada una de las etapas

En esta etapa del estudio llevaremos a cabo un estudio de la duración de cada una de las tareas que engloba el proceso de conformado manual. Para ello, nos desplazaremos al taller para medir el tiempo que tardaría un operario en conformar una pieza. Como dijimos anteriormente, no todas las piezas siguen el mismo camino, estableciéndose pequeñas diferencias en el diagrama de flujo de las mismas. Teniendo en cuenta esto, se hará un seguimiento de una orden que siga la mayoría de los puntos del diagrama de proceso definido anteriormente, sin faltar, en ningún caso, los pasos de:

- Coger útil con grúa
- Coger calibre
- Desengrase
- Taladrado

por ser estos pasos comunes en la mayoría de las piezas y tratarse de las acciones que consumen la mayor parte del tiempo y, por tanto, tener mayor potencial de mejora. La tabla con la medición de tiempos que se obtuvo en el taller se muestra a continuación:

Proceso	F	Elemento de trabajo	Observación			Mínimo repetido	TO VA	TO NVA	TO VAM	T VAM	Notas
			+	-	1						
Conformado Manual	8	Sacar pieza de nevera, estantería o paila	120								Coge sólo 1 y no las 9. 60" comentamos
			120	60	60		X				
	5	Pedir documentaición (lo imprime el maestro)	380								
			260		260		X				
	6	Encontrar calibre	600								Identificar zonas útiles
			220		220		X				
	6	Transportar calibre (entre 2)	710								
			110		110		X				
		Vaciar mesa	765								esto no lo haría, estaba a medio hacer otra cosa
			55	55	0		X				
	13	Explicación y ángulo	930								
			165		165		X				
	12	Desengrase	1320				X				En realidad son 10': 30"ir, 30" carga, idem descarga
			390	-210	600						
	12	enfriar	1330								
			10		10		X				
	13	embeber	1590				X				La máquina tiene ruedas pero está fija
			260		260						
	13	aplanar	1940				X				
			350		350						
	13	embeber+aplanar	2115				X				Atasco en máquina de embeber
			175		175						
		Comprobar forma	2175								
			60		60		X				
	13	Ajustar forma	2550				X				Útil de ayuda lejano
			375		375						
		Comentarios	2760								
			210	210	0		X				
	13	Cortar	2880				X				Reorientar neveras?
			120		120						
	13	Limar	2940				X				
			60		60						
	13	Taladrar	3120				X				
			180		180						

En la siguiente tabla se representan los pasos que daría un operario durante el proceso de conformado de una pieza característica del proceso de chapistería. En dicha hoja se pueden apreciar varias columnas, que nos aportan distinta información del proceso:

- La columna “Elemento de trabajo” describe el paso del proceso que se está realizando. Así, junto a dicha columna, aparece otra columna que relaciona el elemento de trabajo con el número que dicho proceso posee en el diagrama de flujo. Así, podemos comprobar que varios elementos de trabajo poseen el mismo número de proceso. Esto es debido a que estos distintos elementos de trabajo están englobados en el mismo paso. (Por ejemplo, los elementos de trabajo correspondientes a “Explicación y ángulo”, “Embeber”, “Aplanar”, “Ajustar forma”, “Cortar”, “Limar” y “Taladrar” pertenecen todos ellos al proceso número 13 de “Conformar y taladrar”).
- En la siguiente columna son plasmadas las observaciones que tuvieron lugar durante el Blitz de conformado manual. Dentro de la citada columna pueden distinguirse, a su vez, 3 columnas:
 - 1) La columna cuya cabecera es “+” indica el tiempo real medido durante el desarrollo del proceso. Esta columna, a su vez, está dividida en dos subdivisiones horizontales: la parte superior (en blanco) es el tiempo real total acumulado desde el momento en que se comenzó a medir, y la de abajo (en amarillo claro), es el resultado de restar el tiempo acumulado en cada actividad con el tiempo que transcurrió hasta que la primera actividad finalizó, es decir, el tiempo que dura cada uno de los pasos del proceso.
 - 2) La siguiente columna, cuya cabecera es “-“, indica el tiempo invertido en comentarios, aclaraciones... y, dependiendo del caso, tendrán que sumarse o restarse del tiempo total invertido en cada actividad (columna amarilla clara). Así, podemos comprobar que, en algunos casos, este tiempo es positivo por tratarse de comentarios o aclaraciones que, posteriormente, tendrán que ser descontados del tiempo que dura cada actividad. Por el contrario, los tiempos que aparezcan en esta columna con valores negativos son los correspondientes a aquellas actividades cuyo tiempo de ejecución no es representativo del proceso debido a factores tales como complejidad de la tiempo, falta de tiempo durante el Blitz..., estableciéndose un valor aproximado aditivo, basándonos en la experiencia.

- 3) La siguiente columna, cuya cabecera aparece como “1” indica el tiempo real invertido en cada actividad, con los valores de aclaraciones, comentarios...retados o sumados, según proceda.
- La siguiente columna “Mínimo requerido”, indica el número de veces que se repite cada actividad. En nuestro caso, no contamos en el proceso con ninguna actividad repetitiva.
 - A continuación, nos encontramos con la siguiente columna, cuya cabecera se muestra como “TO” (tiempo de operación). En la celda justamente inferior al primer “TO” aparecen las iniciales “VA”, que significan “Valor añadido”. Mediante una cruz se señalan aquellas actividades cuya ejecución supone un aporte adicional de valor al producto (en nuestro caso, la pieza que está siendo conformada). Observamos que actividades como “desengrase”, “embeber”, “aplanar”, “ajustar forma”, “taladrar”, “cortar” y “limar” suponen un aporte adicional de valor al producto.
 - La siguiente columna, cuya cabecera es “NVA”, recoge aquellas actividades que, sin suponer un aporte adicional de valor al producto, son necesarias para una correcta ejecución del mismo. Éstas son, entre otras, “pedir, documentación”, “encontrar y transportar calibre”, “vaciar mesa” y todas aquellas correspondientes a la comprobación del cumplimiento de las características del producto.
 - Las otras dos columnas (cuya cabecera coincide, siendo ésta “VAM”), significa “Valor añadido con máquina”. La diferencia entre ambas columnas reside en que, en la primera, hablamos del tiempo durante el cual el operario está utilizando una máquina, participando en el proceso, mientras que en la segunda columna, hablamos del tiempo empleado por una máquina en aportar valor al producto, pero que, mientras está siendo ejecutado, el operario está parado, apareciendo esperas. Estos dos tiempos, tal y como pude observarse en la hoja de toma de datos, no suponen un aporte significativo en el estudio de los tiempos de las tareas, al no darse en ninguna de las dos columnas casos.
 - La última columna, cuya cabecera responde al nombre de “Notas”, recoge aquellos comentarios surgidos durante el desarrollo del Blitz, así como posibles propuestas en vista del análisis de las tareas.

A continuación, en vista de los resultados obtenidos, procedemos a realizar un análisis de los mismos para, posteriormente, extraer las conclusiones obtenidas a partir del citado análisis y, de esa forma, actuar en consecuencia.

Análisis de los tiempos

El tiempo total que se ha necesitado para procesar el Part Number elegido ha sido de 50,08 minutos. Este tiempo es el resultado de sumar los tiempos de cada una de las actividades, descontando previamente los minutos dedicados a explicaciones, acciones que no son representativas, y demás. Este tiempo, asimismo, es el resultado de la suma de dos tiempos: aquellos tiempos que aportan valor al producto, y aquellos que no aportan valor. Según lo dicho anteriormente:

Tiempo total = Valor añadido + No valor añadido

$$50.08 = 35.33 + 14.75 \quad (\text{en nuestro caso})$$

Teniendo en cuenta que nuestro objetivo es la disminución de tiempos en conformado manual, las actividades encaminadas al cumplimiento del mismo se clasifican en dos vertientes:

- Eliminación de las actividades que no aporten valor al producto (siempre que sea posible).
- Disminución de los tiempos de aquellas tareas que sí le aportan valor.

Estas dos formas de actuación, que se complementan para alcanzar un único objetivo, serán analizadas en detalle, acción a acción, a continuación:

1) Actividades con valor añadido

Éste grupo lo componen: Desengrase, embeber, aplanar, embeber + aplanar, ajustar forma, cortar, limar y taladrar.

➤ Desengrase

La pieza conserva un poco de aceite tras su paso por la prensa. Es necesario eliminarlo para su posterior procesado. Para desengrasarla, ésta se sumerge en un baño de tricloroetileno durante 5 minutos. Posteriormente se deja secar al aire. Este es un paso que no puede obviarse al tratarse de una actividad que añade valor al producto. Con respecto a las oportunidades de mejora, analizaríamos la forma de transporte de la pieza hacia el baño de tricloroetileno. Este transporte se realiza a través de la grúa, que agarra la pieza, la transporta hacia el baño de tricloroetileno, la sumerge en él, la levanta y la deposita sobre la mesa de acabado donde seguirá siendo conformada. Dado que las distancias entre puestos de acabado y el baño no pueden modificarse, se entiende que la disposición de este puesto está ya suficientemente

optimizada, descartándose, por tanto, las oportunidades de mejora en este punto.

➤ Embeber

En este paso, el operario trabaja con la máquina para quitar las arrugas en aquellas piezas con formas curvas. Este paso no es definitivo, ya que, posteriormente, a la citada pieza se le habrá de aplicar otra operación conjunta de aplanado más embebido, para eliminar totalmente las arrugas. La citada máquina está fija en una posición determinada, pero ésta podría variarse debido a que la máquina en cuestión posee ruedas. No obstante, este paso no sería necesario, ya que se encuentra cerca de la mesa de conformado. Además, dicha máquina es común para los demás puestos en donde se estén conformando piezas que requieran ser embebidas, obteniendo como conclusión que la máquina se encuentra ubicada en el lugar óptimo para su utilización.

➤ Aplanar

Mediante esta operación se persigue eliminar las posibles desviaciones que posea la pieza, persiguiéndose que tenga una forma recta con relación a un patrón determinado, en nuestro caso la propia mesa. Tras la comprobación y posterior verificación de que no se cumple la concordancia anteriormente expuesta, se procede a su aplanado mediante un martillo que incidirá principalmente en aquellas zonas desniveladas. Aquí comprobamos que los utensilios se encuentran cercanos al centro de trabajo, siendo los desplazamientos mínimos y despreciables. Con respecto al tiempo adecuado que requeriría estar conformando la pieza, se entiende que no existe tal tiempo, siendo la pieza conformada hasta que adquiriera la forma deseada. Al igual que en los pasos anteriores, no se encontraron acciones potenciales de mejora.

➤ Embeber + aplanar

Estas dos operaciones se realizan sucesivamente: la pieza vuelve a ser embebida para comprobar la rectitud adquirida en la operación anterior. Entonces, se comprueba sobre la mesa si al fin ha adquirido la forma buscada. En caso contrario, la pieza vuelve a ser embebida hasta adquirir la forma recta en referencia a la mesa. Dado que, como dijimos anteriormente, ambos puestos se encuentran cercanos el uno del otro, los desplazamientos originados para cumplir esta acción pueden ser despreciados sin problemas. Ocasionalmente se detectaron pequeños atascos en la máquina de embeber, pero el tiempo perdido por este problema tampoco suponía una ralentización excesiva del proceso, con

lo cual, también decidimos descartar esta peculiaridad como posible acción potencial de mejora.

➤ Ajustar forma

Con posterioridad a todas las acciones realizadas, debe realizarse una comprobación, a través de un útil que hace de calibre, de que la pieza conformada posee las características especificadas por la documentación correspondiente. En caso de que estas no sean adecuadas, se procederá a un conformado de las mismas para que presenten las citadas características. Aquí comprobamos que el útil patrón necesario para este paso se encuentra lejos del puesto del trabajo. Se barajó la posibilidad de acercarlo al puesto correspondiente, pero comprobaciones posteriores descartaron esta idea, ya que los útiles destinados a esta acción suelen ser de grandes dimensiones, y un traslado de los mismos a la zona de acabado aumentaría el desorden y la desorganización en el área de trabajo, acción que se encuentra en contra con los principios generales del Housekeeping-orden y limpieza. Por el contrario, estos útiles se destinan al área donde se encuentran los demás, facilitando su localización. Además, dado que los desplazamientos en el proceso no son excesivos, éste no supone una gran pérdida de tiempo, ya que la experiencia de los chapistas facilita enormemente la localización del mismo.

➤ Cortar, limar y taladrar

Estas tres acciones se realizan sucesivamente sobre la mesa de trabajo. Son necesarias para el conformado de la pieza, y, por tanto, aportan valor al producto. Necesitamos, en primer lugar, cortarlas para ajustar el contorno de la pieza a las especificaciones. Para ellos utilizamos, según el caso, unas tijeras o una cizalladota. Posteriormente, tras los cortes realizados, se procede a limarlos para dejar la superficie de los mismos lisa. Para ello, disponemos de lijadoras de distintos tamaños que seleccionaremos en función de la pieza que está siendo conformada. Finalmente, procedemos a taladrar aquellas piezas que, según la documentación, precisen taladros para su fabricación. Para estas tres acciones son necesarias una serie de herramientas (taladradora, lijadora, tijeras, cizalladora) que se encuentran alrededor de los puestos de trabajo, en la zona de acabado, al tratarse de herramientas muy utilizadas en los procesos de conformado. Concretamente las taladradoras, usadas en el 95 % de las piezas, hace que, cada uno de los puestos estén dotados de una boca de taladrado por aire comprimido conectada al sistema.

Dado que las herramientas utilizadas son muy demandadas por los procesos de conformado, éstas se encuentran siempre en dicha zona, reduciendo los desplazamientos y el tiempo empleado en la localización de las mismas, extrayendo como conclusión de que tampoco se detectan zonas con un potencial de mejora considerable.

Hemos concluido el análisis de las tareas de conformado manual que aportan valor al producto, extrayendo como conclusión que ya están suficientemente optimizadas en ubicación y procedimiento, siendo descartadas, por tanto, acciones encaminadas a la mejora del proceso. Además, aquellas actividades con valor añadido que, en su transcurso, engloban otras actividades que no le aportan valor, como desplazamientos o localización de las piezas, documentación, utillaje o herramientas, son mínimas o no existen, poniéndose de manifiesto que estas acciones no son fuente de mejoras.

A continuación, procedemos al análisis de las acciones que no aportan valor al producto y que, por tanto, se busca su eliminación, en lo posible, del proceso. Estas son: sacar pieza de la nevera, estantería o paila, pedir documentación (lo imprime el maestro), encontrar calibre, transportar calibre (normalmente, entre dos personas), vaciar mesa, medición de ángulo, enfriamiento y comprobación de la forma. Algunas de estas actividades, a pesar de no aportar valor al producto, son necesarias para el correcto conformado del producto y, por tanto, no pueden ser eliminadas. Con este análisis perseguiremos eliminar aquellas actividades cuya eliminación no suponga problemas en el conformado del producto, y reducir los tiempos de las demás actividades siempre que sea posible.

2) Actividades sin valor añadido

➤ Sacar pieza de la nevera, estantería o paila

La pieza, dependiendo del proceso, se encontrará inicialmente en una nevera, estantería o paila. Concretamente, las piezas que procedan de temple, para la conservación de sus propiedades (el llamado “estado AQ”) se encuentran en una nevera, ya que así se facilita el conformado de las mismas. Resultaría lógico plantearse el desplazamiento de las neveras hacia los correspondientes puestos de trabajo, de cara a disminuir los posibles desplazamientos originados por su búsqueda, pero esta acción, debido al tamaño de las neveras y a la falta de espacio en Acabado, no es posible, descartándose esta posibilidad. Las estanterías se encuentran también todas ubicadas en un lugar, y no pueden ser cambiadas de posición. Realmente, poseen una situación ajustada al espacio existente, y se encuentran bien localizadas. Por otro lado, resulta obvio que este paso no puede eliminarse del proceso, concluyendo que tampoco, en esta acción, son posibles las actuaciones encaminadas a la mejora del proceso.

➤ Pedir documentación

La documentación es necesaria, ya que nos especifica detalladamente las operaciones que seguirá la pieza. Su obtención no supone gran cantidad de tiempo, y, en la mayoría de los casos, ésta es facilitada por el maestro correspondiente. Además, la documentación puede ser extraída desde cualquier puesto de control, sin la necesidad de suponer grandes desplazamientos.

➤ Encontrar calibre

Suele encontrarse cerca de la zona de trabajo, y siempre en las proximidades de Acabado, con lo cual, su localización no genera grandes desplazamientos.

➤ Vaciar mesa

Esta acción no ocurre siempre, ya que depende si, anteriormente, había una operación a medio hacer en el puesto de trabajo.

➤ Medición del ángulo

El ángulo de la pieza, así como otras características, es necesario medirlo previamente para su posterior ajuste a las características especificadas en la documentación correspondiente.

➤ Enfriar

El enfriamiento es necesario tras su paso por el desengrase. Así, la pieza adquiere las características óptimas que la harán óptimas para su posterior conformado. Este paso, a pesar de no aportarle valor al producto (ya que la pieza vale lo mismo tanto antes como después del enfriamiento) facilita su manejo a los operarios en el proceso de conformado.

➤ Comprobar forma

Este paso no aporta valor al producto, pero nos sirve como medio de control para asegurarnos que la pieza cumple con las especificaciones aportadas por la documentación extraída del sistema. En caso de que las dimensiones sean correctas, continuaremos con el proceso. En caso contrario, volveremos atrás en el diagrama de flujo para corregir las posibles desviaciones.

Una vez realizado el análisis de las actividades que no aportan valor al producto, llegamos a la conclusión de que éstas son necesarias y que, por tanto, no pueden

eliminarse del proceso productivo. Además, de cara a su optimización, obtenemos que las esperas y/o desplazamientos son mínimos o inexistentes, descartando las posibles actuaciones encaminadas a la mejora del proceso. A continuación, procedemos a realizar el análisis de la situación del área de Acabado en función del estudio realizado.

Conclusiones

El proceso de conformado manual está, en un principio, suficientemente optimizado. Las actividades que añaden valor al producto no suponen un gran desperdicio de tiempo, y las que no le añaden, están optimizadas en desplazamientos y duración. Además, nos encontramos con el problema adicional de que la mayoría de las máquinas y ubicaciones de utensilios son comunes para la mayoría de los puestos de Acabado, con lo cual, hace imposible la optimización sobre los factores sobre los que se podrían actuar, como desplazamientos, llegándose a la conclusión de que, en un principio, las actividades de Acabado están suficientemente optimizadas.

Dado que esta parte del proceso no posee grandes fuentes potenciales de mejora, procederemos al análisis de las piezas con mayores tiempos de conformado manual.

Ahorro en conformado manual.

En este apartado perseguimos ahorrar en las tareas de Conformado Manual mediante el estudio de las piezas que han consumido un mayor tiempo de procesado durante el año 2005 para poder actuar sobre su diseño o sobre su conformado, con el fin de disminuir los tiempos dedicados a ellas y, de esta forma, ahorrar costes. Para ello, a partir de una extracción de datos a través del sistema, realizaremos un Diagrama de Pareto que recoja las piezas que han consumido mayor tiempo durante el 2005 y, en función de ellas, tomaremos un determinado porcentaje de piezas que supongan la mayor parte del tiempo invertido en Conformado Manual, según la metodología del **Diagrama de Pareto**.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas, de modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada "Ley de Pareto" según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

Entre las utilidades que presenta el citado diagrama se encuentran:

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándolas de otras presentes pero menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos Diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Pueden ser animismos utilizados para analizar tanto efectos como causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

En función de esto, aplicaremos los principios del Diagrama de Pareto a nuestro proceso de Conformado Manual.

Aplicación del Diagrama de Pareto al proceso de Conformado Manual

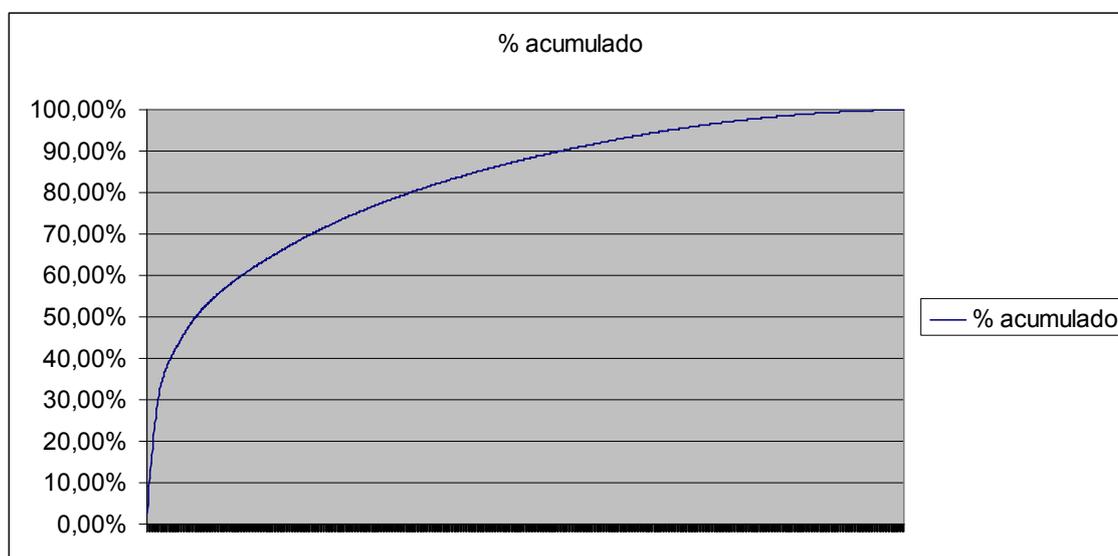
Para realizar un Diagrama de Pareto de las piezas que consumieron los mayores tiempos en Conformado Manual realizamos una extracción de los siguientes datos a través del sistema:

- Part Numbers procesados en la Línea 2 durante el 2005
- Número de piezas que fueron procesadas de cada Part Number en el citado año.
- Minutos, por término medio, que se dedicó a cada uno de los Part Numbers.

A partir de estos datos obtenidos elaboramos los siguientes datos:

- Minutos dedicados en total a cada Part Number durante el año 2005. Es el resultado de multiplicar el número de piezas anuales de cada Part Number por los minutos, en término medio, que se dedicó a cada uno de ellos.
- % que representa cada Part Number. Sumamos el tiempo total que se le dedicó a todos los Part Numbers durante el 2005, y hallamos el porcentaje que representa cada Part Number con respecto el total del tiempo empleado.
- % acumulado. Sumamos cada nuevo porcentaje de un Part Number concreto a la suma de los porcentajes de todos los demás, obteniendo el acumulado.

En función de estos datos, tanto extraídos del sistema como obtenidos a partir de los mismos, elaboramos la siguiente gráfica:



En ella podemos apreciar que representamos el porcentaje acumulativo en función del número de los distintos Part Numbers. Debido al elevado número de Part Numbers diferentes que tenemos (en total son 1177), su frecuencia es representada mediante los denominados **Histogramas**.

Histogramas

Un histograma es un resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos. La naturaleza gráfica del histograma nos permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica. Esta herramienta se utiliza especialmente en la Comprobación de teorías y Pruebas de validez.

El error más común consiste en no utilizar la herramienta porque se supone que los miembros del equipo conocen ya todo lo que necesitan o se piensa que un simple índice numérico puede proporcionar un resumen adecuado de los datos.

El análisis de un histograma es, por un lado, identificar y clasificar la pauta de variación, y por otro desarrollar una explicación razonable y relevante de la pauta. La explicación debe basarse en los conocimientos del equipo y en la observación de las situaciones específicas y debe ser confirmada mediante un análisis adicional. Las pautas habituales de variación más comunes son la distribución en campana, con dos picos, plana, en peine, sesgada, truncada, con un pico aislado, o con un pico en el extremo.

Pasos en la construcción de un Histograma

PASO 1: Determinar el rango de los datos: RANGO es igual al dato mayor menos el dato menor; $R = > - <$

PASO 2: Obtener en número de clases, existen varios criterios para determinar el número de clases (o barras). Sin embargo ninguno de ellos es exacto. Generalmente se recomiendan de cinco a quince clases, dependiendo de como estén los datos y cuántos sean. Un criterio usado frecuentemente es que el número de clases debe ser aproximadamente a la raíz cuadrada del número de datos, por ejemplo, la raíz cuadrada de 30 (número de artículos) es mayor que cinco, por lo que se seleccionan seis clases.

PASO 3: Establecer la longitud de clase: es igual al rango entre el número de clases.

PASO 4: Construir los intervalos de clases: Los intervalos resultan de dividir el rango de los datos en relación al resultado del PASO 2 en intervalos iguales.

PASO 5: Graficar el histograma: se hace un gráfico de barras, las bases de las barras son los intervalos de clases y altura son la frecuencia de las clases. Si se unen los puntos medios de la base superior de los rectángulos se obtiene el polígono de frecuencias.

Ventajas del uso de Histogramas

- El histograma representa un grupo de piezas provenientes de una operación industrial. Esto muestra como se comporta un proceso industrial en un momento determinado.
- La elaboración de un histograma es relativamente simple: no es otra cosa que una distribución de frecuencia hecha en forma ordenada (distribución de valores en barras). Los pequeños cuadros son proporcionales al número de veces que sale una medición determinada. Como cualquier álbum de fotografías, cada histograma tiene una historia por contar.
- El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.

- Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
- Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el Histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

El histograma se usa en el control de la calidad, por ejemplo para:

- Valorar y verificar los procesos
- Indicar la necesidad de acción correctiva
- Medir los efectos de las acciones correctivas
- Comparar el compartimiento de las maquinas
- Comparar los materiales
- Comparar vendedores

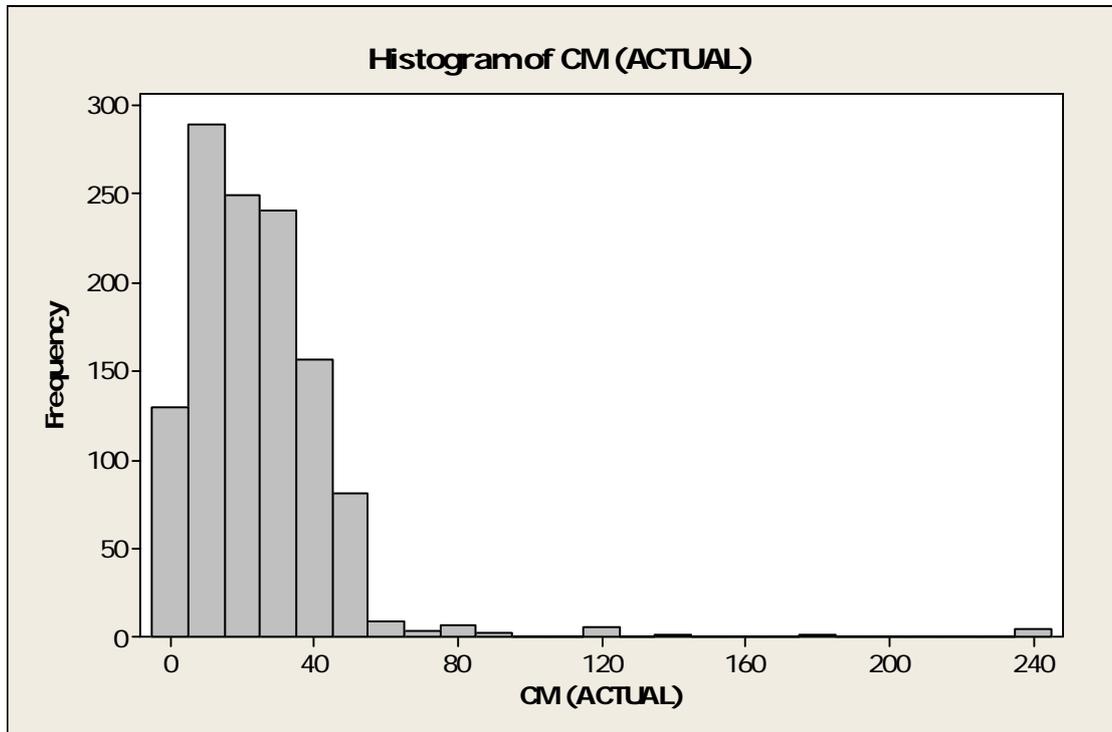
En otras palabras, es un medio para conocer la calidad, por medio de fotografías.

Aplicación del Histograma al proceso de Conformado Manual

Con la aplicación del Histograma al proceso de Conformado Manual pretendemos ilustrar de forma más clara la distribución de las frecuencias con la que se repiten los tiempos de conformado manual, es decir, ilustramos la frecuencia con la que se repite un determinado tiempo de conformado (que equivale al número de Part Numbers que lo componen) frente a dichos tiempos, con la finalidad de ilustrar de forma más clara dónde se encuentran la mayor parte de los tiempos de conformado, y actuar sobre las piezas que los cumplen, ya que, según la filosofía de Pareto, es más efectivo atacar aquellas piezas con tiempos de conformado menores pero con una alta tasa de repetición que aquellas piezas con tiempos de conformado mayores pero con una frecuencia menor, ya que, globalmente, aportan un mayor porcentaje a los tiempos de conformado que vimos en la gráfica anterior (es decir: compensa más centrar nuestros esfuerzos en el estudio de un Part Number con un tiempo de conformado de 20

minutos y que se fabrique con una frecuencia de 200 piezas al año que otro Part Number con un tiempo de conformado de 2 horas pero que se fabrique 1 vez al año).

En función de lo anteriormente expuesto, la tabla resultante es mostrada a continuación:



En el eje de abscisas se ven representados los tiempos de conformado manual que se dedicaron a los distintos Part Numbers a lo largo del año 2005, oscilando entre 0 y 240 minutos. En el eje de ordenadas, y mediante barras, se representa la frecuencia con la que estos tiempos son repetidos, y que aportarán los mayores porcentajes al tiempo global de conformado manual. Según lo dicho anteriormente, podemos observar que las mayores frecuencias se localizan para los tiempos de conformado comprendidos entre 0 y 40 minutos, mientras que, a partir de 45 minutos, dicha frecuencia resulta prácticamente despreciable, debiendo centrar nuestros esfuerzos, por tanto, en el **análisis de las piezas con tiempos de conformado menor a 40 minutos** y que suponen, a la vez, la mayor acumulación de frecuencias.

Metodología

En función del estudio realizado anteriormente, y a partir de los datos arrojados por el Pareto y por el Histograma, escogeremos un determinado número de Part Numbers que supongan los mayores porcentajes en los tiempos globales de conformado para atacar con mayor eficacia y rapidez dichos tiempos.

Selección de los Part Numbers

Inicialmente partimos de 1686 Part Numbers extraídos del sistema. A cada Part Number le asignamos un grado de complejidad comprendido entre A y E, dependiendo

de los minutos necesarios para su correcto procesamiento. Según lo dicho anteriormente, distinguimos entre:

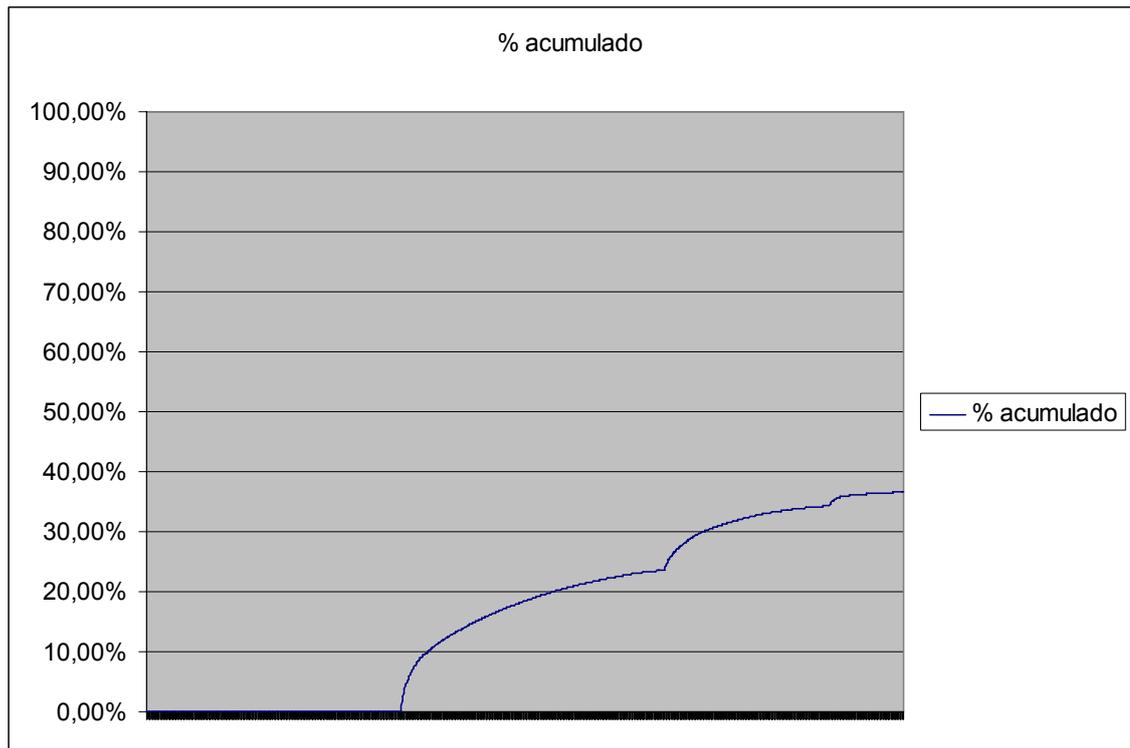
- Complejidad A: Son aquellas piezas que presentan unos tiempos de procesado superior a 55 minutos.
- Complejidad B: se trata de un grupo de piezas muy numeroso con unos tiempos de procesado que oscilan entre 35 y 40 minutos.
- Complejidad C: aquí nos referimos a un grupo de piezas con un tiempo de procesado correspondiente a 20 minutos.
- Complejidad D: todas estas piezas tienen unos tiempos de procesado de 10 minutos.
- Complejidad E: en este caso nos encontramos con piezas cuyos tiempos de procesado son 2 minutos.

A partir de estos datos (junto con los relativos a tiempos de conformado y número de piezas fabricadas al año), eliminamos de nuestro estudio aquellas piezas pertenecientes a programas cuya fabricación ha finalizado. Entonces, a partir de esta consideración, realizamos una nueva criba, en la que tenemos en cuenta las piezas que, por diversos motivos (finalización del programa, con tiempos de procesado ya optimizados anteriormente...) quedan excluidas de nuestro estudio. En base a lo anteriormente expuesto procedemos a clasificar las piezas según el siguiente código:

- 1: Piezas bajo estudio
- 2: Excluidas del estudio
- 3: Hechas por un proveedor no conocido.

De esta forma obtenemos todas las piezas que son objeto de estudio.

De todas estas piezas bajo estudio, realizamos una primera selección de las mismas, tomando como punto de partida para nuestro Pareto el número de piezas que suponen el 37 % del tiempo empleado al conformado manual. El Pareto resultante es el que se muestra a continuación:



De todas ellas volvemos a realizar una clasificación de las mismas, atendiendo esta vez a aquellas piezas que ya fueron analizadas anteriormente, y que se comprende que ya están suficientemente optimizadas. Al final obtenemos 27 piezas que supondrán el comienzo de nuestro análisis a partir de la gráfica del Diagrama de Pareto.

Análisis de las piezas. Resultados del análisis.

Dicho esto, presentamos a continuación la tabla resultado de todas las selecciones que hemos realizado con anterioridad para realizar el estudio de la optimización de los tiempos de conformado:

COMPLEJIDAD	Piezas	min/pieza
A	348	20
A	220	37
A	27	55
A	115	37
A	22	55
A	172	20
A	96	37
A	114	37
A	160	20
A	125	20
B	13	55
B	329	10
B	70	20
B	308	10
A	81	37
A	96	20
A	74	37
B	132	20
B	132	20
B	10	55
A	20	55
A	20	55
A	20	55
B	130	20
A	91	20
A	80	20

Dichas piezas son analizadas por parte del departamento de Ingeniería, de cara a realizar modificaciones en su diseño con la finalidad de ahorrar tiempos de conformado. A continuación presentamos la siguiente tabla con anotaciones acerca de las mejoras realizadas en aquellas piezas cuyo diseño haya sido modificado:

Desarrollo e implantación de las herramientas LEAN MANUFACTURING en la Línea 2 del área de chapistería de una planta del sector aeronáutico

COMPLEJIDAD	Piezas	CM (ACTUAL)	CM mejorado	MOTIVO
A	348	29	10	
A	220	38	15	Se pasa a conformar en recocido ya que conformando en AQ las piezas salen abiertas
A	27	240	240	Ruta Sprint con revisión 07. Se anula útil.
A	115	46	25	
A	22	240	240	Ruta Sprint con revisión 07. Se anula útil.
A	172	27	20	
A	96	46	25	
A	114	35	18	Se elimina taladrado
A	160	23	15	
A	125	28	28	
B	13	240	240	Según Sprint con revisión 08 se elimina Recantado Manual, taladrado previo y otras operaciones. Pendiente de propuestas de mejora.
B	329	9	9	Se proponen taladros para que enganchen en el bastidor de la célula de Tratamientos superficiales.
B	70	40	40	Según revisión 42-eliminar útil DBPG-03
B	308	9	9	Se proponen taladros para que enganchen en el bastidor de la célula de Tratamientos superficiales.
A	81	34	20	
A	96	27	20	
A	74	35	18	Se eliminan taladros
B	132	18	0	
B	132	18	0	
B	10	240	240	Según Sprint con revisión 06 se elimina Recantado Manual, taladrado previo y otras operaciones. Pendiente de propuestas de mejora.
A	20	120	120	Se modifica ruta eliminando Recantado y taladrado Manual. Se proponen propuestas de mejora en Revisión 05.
A	20	120	120	Se modifican útiles a petición de fabricación.
A	20	120	120	Según ruta Sprint
B	130	18	18	
A	91	25	25	Tiene útil de taladrar
A	80	28	28	

Esta tabla representa las piezas escogidas en la primera extracción del diagrama de Pareto. Las columnas de las que la citada tabla consta son las siguientes:

- Complejidad. Ya fue explicada anteriormente. Es función del tiempo de conformado manual inicial destinado a cada pieza.
- Piezas: son el número de piezas de cada Part Number que fueron procesadas durante el año 2005.
- CM actual: es el tiempo de Conformado Manual que, en un principio, necesitaban dichas piezas.
- CM mejorado: es el tiempo de Conformado Manual que poseen los Part Numbers una vez realizadas las modificaciones en el diseño de los mismos.
- Motivos: en esta columna se expone una breve aclaración de las mejoras realizadas en los diseños de cara a la reducción de los tiempos de conformado.

Así, podemos observar que las piezas cuyos tiempos de conformado han sufrido una reducción a consecuencia de las modificaciones en el diseño de las mismas quedan señaladas en rojo. En algunas, las modificaciones han sido tan drásticas, que se ha llegado a eliminar por completo la operación de Acabado, traduciéndose en un tiempo de 0 minutos. Otras en cambio ya estaban suficientemente optimizadas, y una nueva mejora de las mismas no fue posible, no encontrándose nuevas oportunidades de reducción en tiempos de conformado.

Extrapolación al 2007

Si analizamos con atención la tabla extraída a partir del Pareto general y la comparamos con este último, obtenemos los siguientes resultados:

N ° de piezas	Primera extracción	Pareto original
5 piezas	10 %	8 %
10 piezas	20 %	16 %
18 piezas	30 %	24 %
38 piezas	40 %	32 %
77 piezas	50 %	40 %
148 piezas	60 %	48 %

Esta tabla representa la aportación sobre el tiempo total que realizan las piezas analizadas. Se puede observar fácilmente que, a medida que se va avanzando en la extracción de los datos, menor tiempo representa su resolución al Pareto original, reforzando la definición y la filosofía del diagrama de Pareto de que la resolución de una minoría de las partes (en nuestro caso, las piezas) suponen la resolución de la mayor parte de los problemas (en nuestro caso, la mayor disminución de los tiempos). Esto implica que, de cara al 2007, se tendrán que realizar extracciones cada vez con un mayor número de piezas para obtener resultados notables.

Platabandas 340 500/600

Los platabandas son unas piezas que han sufrido una espectacular disminución de los tiempos de procesado. Esto es debido a su proceso de conformado, que consumía demasiado tiempo. Anteriormente, este proceso consistía en realizar un taladro de las mismas con la ayuda de un útil tras el proceso de conformado, lo que ralentizaba demasiado el proceso. Actualmente, las operaciones de las que constan las citadas piezas son las siguientes:

1. Conformar
2. Enderezar
3. Taladrado automático
4. Doblado

Con esta modificación nos ahorramos 20 minutos por Part Number. Las repercusiones económicas que esto conlleva serán tratadas en profundidad en el apartado de "Viabilidad económica".

Conclusiones

El ahorro en Conformado Manual tuvo, en un principio, un peso importante en el conjunto de todos los logros estimados para el proyecto, y que eran derivados de los ahorros por las mejoras establecidas. En conformado manual estos ahorros se diversificaban en dos ramas fundamentales:

- Ahorro mediante una optimización en las operaciones de Conformado
- Ahorro mediante el análisis de cada pieza, realizando, cuando sea posible, cambios en el diseño de alguna de ellas.

El problema fundamental con el que tropezamos durante el transcurso de esta actividad fue que no encontramos grandes oportunidades de mejora de cara a la

optimización de las actividades de Conformado Manual, con lo cual deberemos centrar todos nuestros esfuerzos en la consecución de las extracciones a partir del Diagrama de Pareto, que será fundamental durante el transcurso del año 2007.

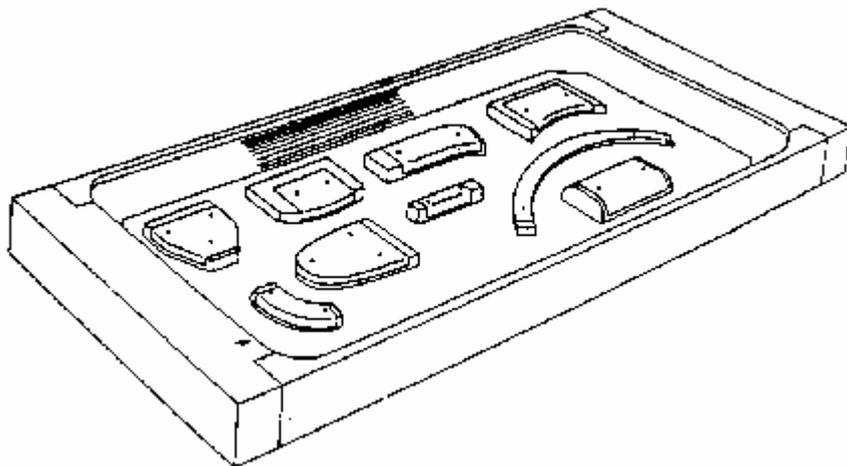
8.2.2 MANTENIMIENTO

8.2.2.1. Estudio fallos de la prensa de Hidroconformado

La prensa de Hidroconformado es el núcleo principal de la Línea 2 del área de Chapistería. Su correcto funcionamiento es vital para el buen funcionamiento de la citada línea y, aunque esta célula no sea cuello de botella, está sujeta a numerosos fallos que hacen que no se alcancen los objetivos diarios. A continuación presentamos las acciones tomadas a tal efecto, comenzando con una explicación de los principios del Hidroconformado mediante los cuales actúa la prensa, así como el funcionamiento de la misma.

Principios del Hidroconformado

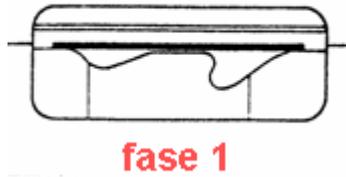
El Hidroconformado se basa en la aplicación de alta presión para adaptar una chapa metálica inicialmente plana a la forma de un útil rígido. Dicha presión es aplicada a la chapa mediante un diagrama flexible de goma. Las piezas, junto con sus útiles correspondientes, son colocadas sobre un pallet metálico, de una forma similar a la que se muestra en la figura:



Es una tecnología indicada para piezas de chapa metálica de medio tamaño, en función de la capacidad de la prensa.

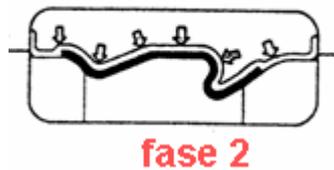
Fases básicas del proceso

- **Fase 1**
 - Se sitúa el útil doblador en la bandeja
 - Se fija la placa plana recantada sobre el útil
 - Se introduce la bandeja en la prensa



- **Fase 2**

- El diafragma flexible de goma baja y se posiciona sobre la chapa
- Se aplica alta presión bombeando aceite en la cavidad que hay detrás de la goma
- La chapa es presionada contra el útil de conformar, adaptándose a él



- **Fase 3**

- Se descomprime la prensa y se extrae la bandeja con los útiles y las chapas conformadas.



Normativa aplicable

La normativa aplicable varía en función de los productos fabricados, distinguiendo entre los Programas Propios y aquellos productos fabricados para Boeing:

- Programas Propios

- I+D-P-212: Conformado y enderezado del aluminio y sus aleaciones

- I+D-P-206: Conformado, enderezado y ajuste de piezas metálicas
- Boeing
 - DPS 4.710-2. Prácticas de fabricación de piezas de chapa
 - BAC 5300. Forming, Straightening and fitting metal parts

Control del proceso

Identificación del producto

Las piezas deberán estar perfectamente identificadas, tanto en la entrada como en la salida. Atendiendo a esto, tenemos un control de ellas en estas dos fases del proceso, que es el a continuación se redacta:

- Entrada

Debemos asegurarnos que las piezas se reciben de la operación anterior correctamente identificadas, acompañadas de la documentación correspondiente (los útiles estarán también correctamente identificados y serán los indicados)

- Salida

Debemos asegurarnos que la identificación se mantiene.

Preparación de la ejecución

La operación de Hidroconformado es precedida de una serie de operaciones que garanticen el correcto funcionamiento de la misma. Estas son las que se indican a continuación:

- Comprobar el estado general de la instalación (pérdidas, deterioro de la manta, controladores...)
- Efectuar una inspección previa del estado general de los útiles, atendiendo a los siguientes factores:
 - Fatal deterioro de casquillos, accesorios, etc
 - Correcto estado de limpieza
 - Ausencia de marcas, incrustaciones, etc
- Asegurar la correcta colocación de las chapas recanteadas sobre los útiles:
 - Introducir las fijas de los diámetros correspondientes.

➤ Colocar gomas sufrideras para evitar la salida de fijas y favorecer el conformado

- Asegurar la correcta colocación de útiles en la mesa. Seguir recomendaciones generales del fabricante.

Condiciones del proceso

Los parámetros que deben tenerse en cuenta durante la ejecución del proceso son los citados a continuación:

- Presión de conformado
- Ángulo de recuperación
- Estados de tratamiento térmico
- Tiempo de retención. Estado AQ.
- Retención del estado AQ a temperatura ambiente.

Dicho esto, pasamos a realizar un análisis de cada una de las condiciones:

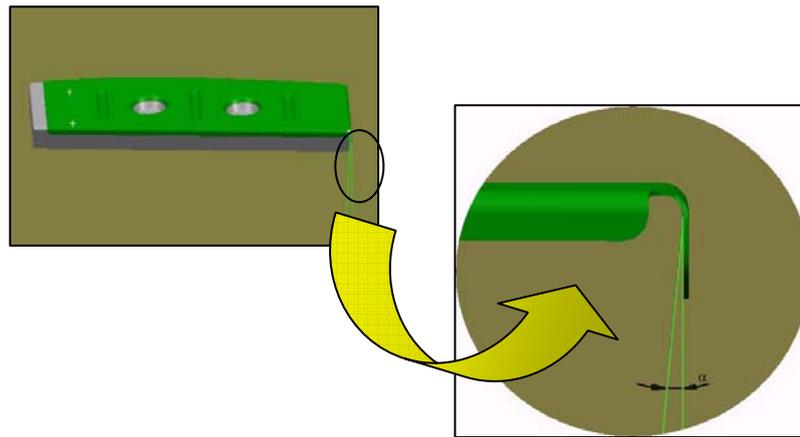
Presión de conformado

Una presión óptima (en torno a los 700 bares) nos garantizará una correcta adaptación al útil, ya que de esta forma se garantizan, al mismo tiempo:

- Adaptación al entorno
- Ángulos de faldillas
- Profundidad de bordones y aligeramientos

Ángulo de recuperación

Un adecuado ángulo de recuperación previsto en la fabricación del útil de conformado nos asegurará un resultado dimensional correcto. El citado ángulo variará en función del estado del material (recocido, AQ, temple...). Un ejemplo de ángulo de recuperación sería el que se muestra en la figura:



Estados de tratamiento térmico

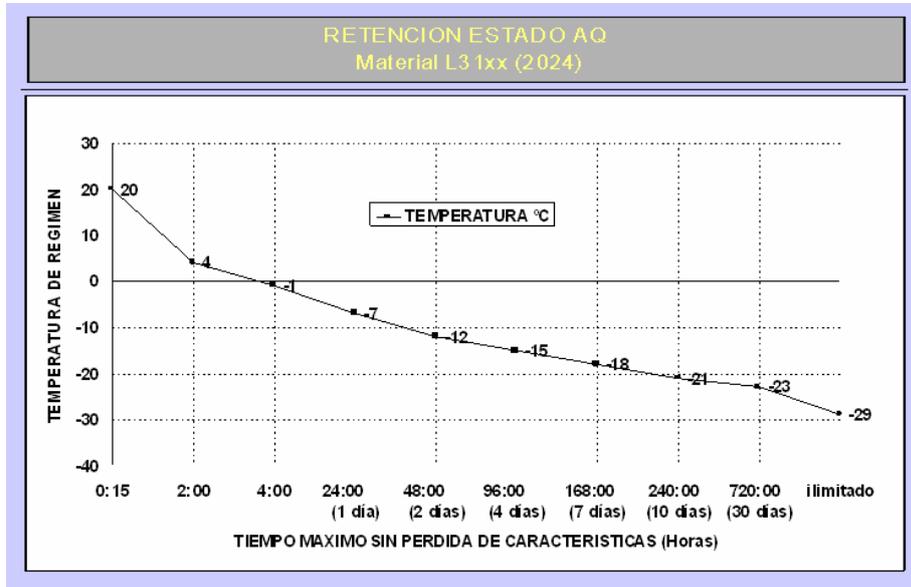
Las piezas pasan por una serie de estados en función del material y del tipo de proceso que sigan. Estos son los diferentes estados que debemos controlar durante el proceso de Hidroconformado:

- Recocido
- Estado de máximo ablandamiento de las aleaciones para forja y laminación
- AQ Recién apagado (as quenched)
- Estado inestable de duración limitada en el que al material no se le aprecia endurecimiento por maduración
- Temple
- Dentro del temple distinguimos, a su vez, diferentes estados:
 - **EA.** Es un estado inestable que cumple el periodo en el que el material se encuentra en AQ, el que transcurre desde que desaparece este estado hasta que alcanza el estado de maduración.
 - **T42. Maduración natural.** El material ha alcanzado las características mecánicas exigibles a temperatura ambiente.
 - **T62. Maduración artificial.** Cuando se requieren ciclos de temperatura y tiempos más elevados para desarrollar las características deseadas.

Tiempo de retención. Estado AQ

Es el tiempo necesario para que los materiales comiencen su proceso de maduración natural. Este tiempo varía en función de la temperatura de almacenamiento. Así, este tiempo varía en función del material tratado y de las condiciones del proceso del

mismo, apareciendo gráficas en las que se representa, para cada temperatura, el tiempo máximo durante el cual el material analizado mantendría sus características. Como ejemplos de gráficas para distintos materiales tenemos las siguientes:



Confirmando de esta forma que dichos diagramas varían en función del material que se esté tratando.

Retención del estado AQ a temperatura ambiente

Todas las piezas que deban ser conformadas en estado AQ deberán ser conformadas dentro de los tiempos máximos establecidos en la tabla 1 de la I+D-P-212, que es la que a continuación se muestra:

RETENCION ESTADO AQ TEMPERATURA AMBIENTE	
L 31XX (2024)	15 minutos
LP 31 XX (2024 C)	
Todas las demás (7075,6061, etc.)	1 hora

Donde podemos observar que, según el tipo de material con que nos encontremos, así necesitará mayor o menos tiempo para la retención del estado AQ a temperatura ambiente.

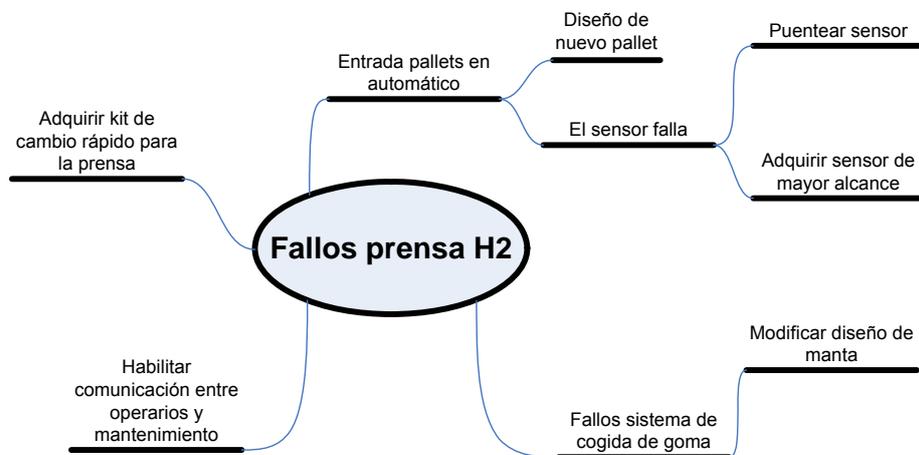
Limitaciones del proceso

El proceso de Hidroconformado consta de una serie de limitaciones que es necesario cumplir para el buen desarrollo de la acción. Dichas limitaciones son las que a continuación se citan:

- Límites de conformado a temperatura ambiente
- Corrección de ángulos

- Corrección de profundidad de estajes
- Bordones y aligeramientos

Una vez visto y estudiado el funcionamiento de la prensa de Hidroconformado, atendiendo a los principios teóricos de las misma, procedemos a realizar un estudio in situ de los problemas principales de la prensa para minimizarlos y, de esta forma, aumentar el rendimiento de la misma. Para ello, realizamos un Brainstorming, en colaboración de los operarios de la prensa y de los encargados de Mantenimiento. El resultado del mismo fue el siguiente:



Obteniendo que los principales problemas de la prensa son los que a continuación se citan:

- **Entrada de los Pallets en la mesa**
 - Diseño de nuevos pallets de madera
 - Sistema alternativo de sensor/puentear sensor
- **Sistema de cogida de goma**
 - La tercera estará modificada por el proveedor
 - Probar la modificada primero
- **Colchón**
 - Estudio de la rentabilidad: kit de cambio rápido para la prensa.

- **Fallos del encoder**

Mantenimiento correctivo

- **Colocar goma en lugar de pieza metálica en los pallets de prensa**

A continuación, pasamos a describir cada una de las acciones ubicadas en el área de mantenimiento.

1.1. Entrada Pallets prensa en automático

1.1.1 Diseño de nuevos pallets de madera

Situación inicial

Durante el Brainstorming que tuvo lugar en la nave de chapistería de la planta de Chapistería, y en el que diversos operarios y encargados de mantenimiento estuvieron presentes, analizamos los motivos por los cuales los pallets tenían dificultades en la entrada a la prensa. Para ello deberá ser explicado, en primer lugar, el funcionamiento de la prensa:



Las partes de las que consta la citada prensa son las siguientes:

1. Mesa automática

A través de esta mesa se procesan las piezas que proceden del circuito de paletizado automático, cuyo ciclo es descrito en detalle en la parte de Producción. Este sistema funciona de la siguiente forma: en la base de la mesa se disponen una serie de sensores que detectan la presencia o la ausencia del pallet. Estos sensores constan de dos partes, una mecánica y otra electrónica. La parte mecánica es activada en el momento en el que el pallet entra en contacto con la misma, cuando se posiciona en la mesa. Esta parte mecánica inicia entonces un movimiento descendente hasta entrar en contacto con la parte electrónica, activándola de esa forma. Cuando la parte

electrónica (la cual se trata de un sensor fotoeléctrico) se activa, le envía la señal a la mesa, poniéndose en funcionamiento para llevar el pallet a la prensa. La mesa no iniciará su marcha hasta que la parte electrónica no se active.

2. Mesa manual

Sobre esta mesa se posiciona el pallet que, junto con los útiles y las piezas correspondientes, será procesado mediante Hidroconformado. Esta vez, la marcha de la mesa con el pallet deberá ser iniciada de forma manual.

3. Manta

La manta protege al pallet y homogeniza, al mismo tiempo, la superficie sobre la que se aplicará la presión, rellenando posibles huecos entre útiles y piezas.

4. Colchón

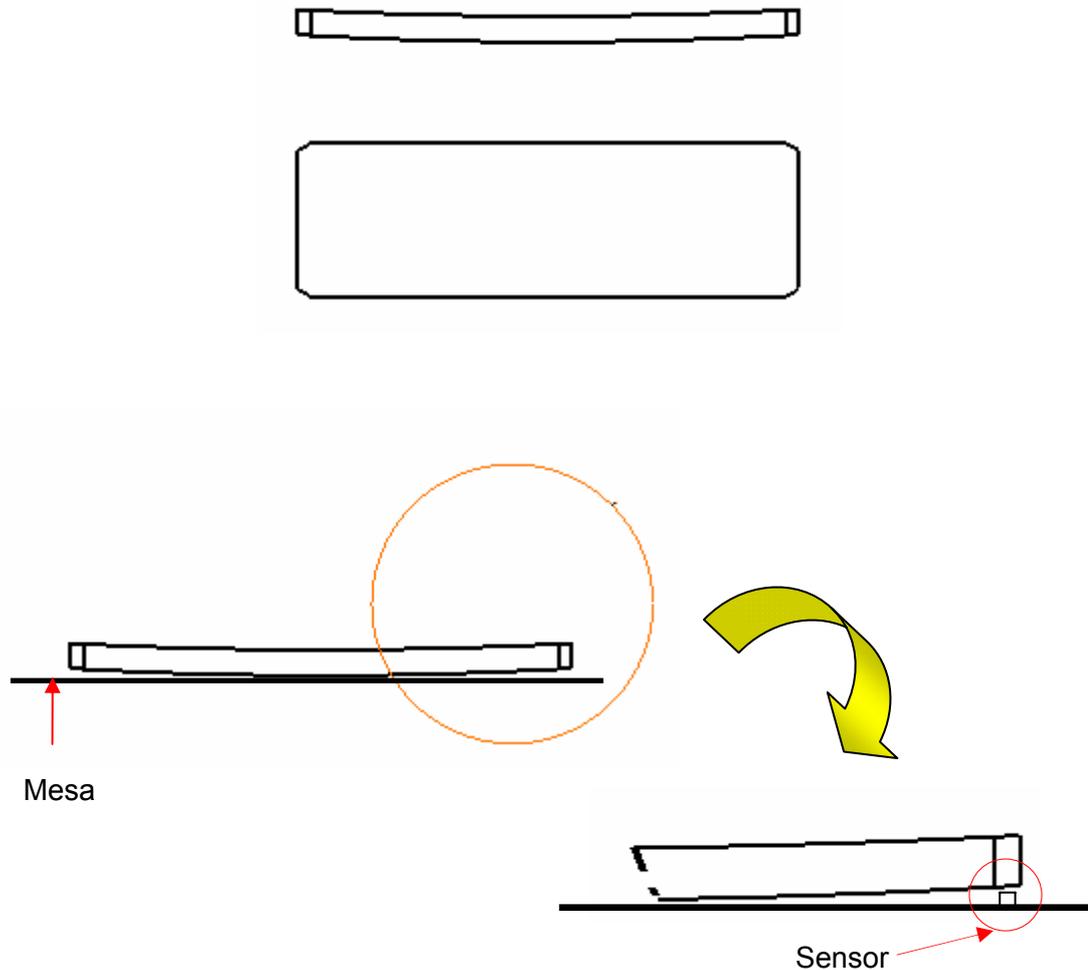
El colchón es la estructura sobre la que se soporta la membrana y la cámara de aceite, protegiendo al pallet de posibles fugas del mismo.

5. Encoder

El encoder es un sensor electrónico que nos informa de la correcta posición de la manta cuando el pallet entra y ésta se enrolla sobre el tambor. Si la manta no está en su posición adecuada cuando el pallet entra en la prensa, el encoder envía una señal de error a la mesa, quedándose el pallet atrapado en el interior de la prensa, y teniendo que ser liberado manualmente.

Una vez estudiadas las partes de las que consta la prensa, nos disponemos a abarcar el problema fundamental de la misma, y es que los pallets, cuando entran en la misma a través del ciclo automático, presentan un problema que se ha repetido en numerosas ocasiones: cuando el pallet con sus útiles y sus piezas se deposita sobre la mesa, ésta no entra en funcionamiento, ya que el sensor no la detecta. Los pallets, que están hechos de aluminio, debido al esfuerzo al que se ven sometidos durante su paso por la prensa, acaban adquiriendo una curvatura que hace que el sensor de posición no sea capaz de detectarlo. Así, si observamos la siguiente figura:

La forma del pallet quedaría así:



Se observa de forma más clara el problema con el que nos encontramos. En función de esto nos planteamos dos posibles soluciones: comprar pallets nuevos, hechos con un material diferente, o comprar otros sensores con un campo de detección mayor. Pasamos a continuación a describir en detalle cada una de estas dos posibilidades:

Situación propuesta

Debido a la curvatura a la que los pallets de aluminio se ven sometidos durante su paso por la prensa, éstos no entran en contacto con la parte mecánica del sensor, no activándose, de esa forma, a parte electrónica del mismo. Esto hace que la mesa no detecte el pallet, y, por tanto, que no comience el desplazamiento hacia la mesa para su procesado. Los operarios, en ese momento, deben desplazarse desde sus correspondientes puestos de trabajo hasta la parte de la prensa donde se encuentran ubicados los mandos de la misma, para cambiar la forma de trabajo de automática a manual en la mesa de automática. En ese momento (cuando el botón es pulsado) la mesa detecta que sobre ella se encuentre al pallet, e inicia el movimiento. Inmediatamente el botón anteriormente pulsado debe ser devuelto a su posición en

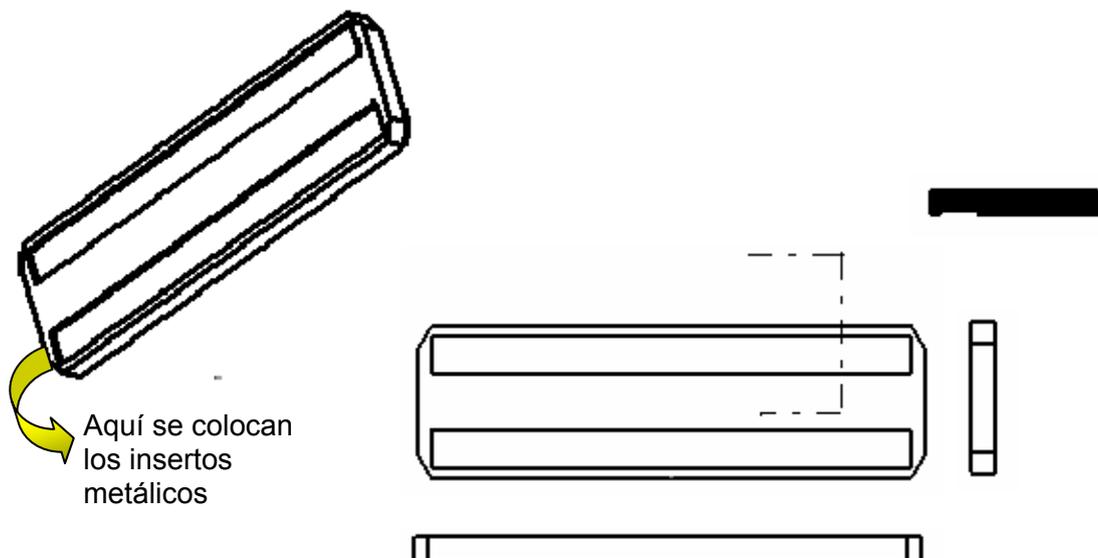
automático, para que el palletizado siga su curso normal, y no se acumulen pallets en una determinada zona.

Debido a que el material con el que están hechos los pallets es aluminio, el cual tiende a combarse con bastante facilidad, se sugirió como material alternativo la haya mejorada, cuyas propiedades químicas y estructurales la hacían apta para su trabajo para la prensa. Por tanto, en primer lugar, y de cara a la consecución de nuestros objetivos, empezamos por realizar un diseño de los pallets con el nuevo material. Posteriormente, y tras la llegada de los mismos a la factoría, se procedería a la realización de las pruebas correspondientes con el objetivo de verificar su adaptabilidad al proceso. Una vez que se demostraran que son perfectamente aptos para su uso, se procedería entonces a la sustitución de todos los pallets de aluminio por los de haya mejorada.

Los pasos de los que constó el diseño fueron los siguientes:

1. En primer lugar, llegaron los pallets de haya mejorada a la factoría. Éstos constaban de unos tabloncillos del citado material
2. Posteriormente a su llegada, y conforme a las características especificadas en los planos, se procedió al inserto de las partes metálicas, necesarias para que el sensor fotoeléctrico pueda reconocerlas.

El diseño de los mismos es a continuación especificado:



Una vez adquiridos los dos pallets, se procederá a realizar las pruebas pertinentes sobre ellos, para verificar la viabilidad de los mismos y su compatibilidad con el proceso. En el caso que dicha compatibilidad sea verificada, se procederá a realizar la sustitución de todos los pallets de aluminio por estos nuevos, aunque ésta es una posibilidad que se llevará a cabo en un futuro y con los presupuestos destinados a los años correspondientes.

Las pruebas que deben superar los pallets para que su compatibilidad con el proceso sea verificada son las siguientes:

- Deberá demostrarse que no provocan problemas durante el recorrido por el palletizado automático, comenzando por su posición junto al almacén de descarga de útiles para su posterior paso por la prensa, y finalizando por su recorrido desde Hidroconformado hasta la zona de Acabado por conformado manual.
- Deberá igualmente verificarse que cumplen con las condiciones mecánicas adecuadas, y que éstas son compatibles con la prensa de Hidroconformado. Deberán resistir la presión de compresión aportada por la misma y la de tracción aportada durante su recorrido hasta la mesa.
- Asimismo, deberán tener el peso y densidad adecuados para no dañar la estructura interna de la prensa.

Una vez comprobadas estas tres características, y tras verificarse que, efectivamente, son aptas para el proceso de paletizado, procederemos a evaluar los presupuestos y el cálculo del tiempo necesario para amortizar la compra de estos pallets, adquiriéndolos de esta forma.

A pesar de que los pallets son la alternativa más segura y rápida, no se trata, por desgracia, de la más barata. Por ello, y al mismo tiempo que se evalúa la citada posibilidad, realizaremos un estudio paralelo del sensor, ya que también está implicado en el movimiento del pallet hacia la prensa.

1.1.2 Sistema alternativo de sensor

Situación inicial

El problema de las paradas de los pallets hacia la prensa quedaría solucionado con el cambio de los pallets de aluminio por los de haya mejorada. El problema es que esta solución es muy cara, y además, se trata de una solución a largo plazo, ya que los pallets se irían cambiando con el tiempo. Con lo cual, y debido a que el sensor es un elemento que interviene también en la entrada de los pallets a la prensa, se barajó la posibilidad de buscar un sensor que tuviera un mayor campo de alcance para que, de esta forma, los pallets, a pesar de su curvatura, pudieran ser detectados sin ningún

problema. Con esta solución ya no tendrían que ser sustituidos los pallets, pero, al mismo tiempo, pero consta de una serie de inconvenientes, que son los que a continuación se redactan:

- Es muy complicado encontrar en el mercado otro sensor que, aún teniendo el mismo tamaño que el actual, tuviera al mismo tiempo un mayor campo de detección. Sí se encontraron en el mercado otros sensores con unos campos superiores y capaces de detectar los pallets a pesar de sus respectivas curvaturas, pero el tamaño aumentaba considerablemente, inhabilitándolos para su instalación en la prensa
- Los sensores, además de cumplir con la función de, una vez detectados los pallets, continuar con el ciclo del palletizado automático, transportándolos hacia el interior de la prensa, cumplen una función de seguridad, ya que, si el pallet no está correctamente posicionado, el sensor no detecta a éste, no iniciándose el transporte del mismo cuando se encuentra ya en la mesa. Por tanto, si adquiriésemos otro sensor con un campo mayor que permitiera detectar el pallet siempre que se encontrase sobre la mesa, reduciría la seguridad del sistema enormemente, aumentando los riesgos de accidente y el deterioro de la máquina, que estaría sometida a constantes averías.

Por estas razones, a pesar de que el citado sensor sería más barato, su implantación no sería muy recomendable, ya que reduciría enormemente la seguridad del sistema. Sin embargo, y dado que el flujo de producción se ralentiza enormemente como consecuencia de los pallets, se decidió implantar una solución a corto plazo para amortizar las pérdidas producidas por los fallos de la entrada de los pallets en la prensa. Dicha solución consiste en puentear el sensor mediante una goma elástica, de manera que siempre está activado.

Situación propuesta

Debido a las pérdidas que surgen como consecuencia de la no entrada de los pallets en la prensa, y dado que la sustitución de los pallets es una solución a largo plazo y cara, se optó por puentear el sensor de detección mientras no se sustituyesen los pallets de aluminio o mientras no se encontrase otro sensor. Para ello, se colocó una goma elástica que hacía que siempre estuviese activado. Esto conlleva asimismo, una serie de ventajas e inconvenientes, los cuales son redactados a continuación:

- Los pallets fluyen sin problemas sobre la mesa, a pesar de la curvatura que presentan, reduciéndose las pérdidas de producción como consecuencia de las continuas paradas a las que los pallets se veían sometidos.
- Los operarios reducen sus esfuerzos durante la producción, al no tener que desplazarse hacia la prensa con la finalidad de cambiar la máquina a manual,

operación que debía repetirse cada vez que un pallet estaba preparado para su paso por la prensa.

- Sin embargo, esta ganancia de productividad repercute en una pérdida de la seguridad del sistema, aumentando la probabilidad de accidentes y posteriores averías.

Por tanto, y a modo de conclusión, se recalca que, a pesar de que la producción y la comodidad de los operarios se ve aumentada en un elevado porcentaje, no es recomendable adoptar esta solución como definitiva, sino como temporal en tanto que no se tengan los pallets de haya mejorada, ya que la adquisición de otro sensor con mayor campo de detección influiría negativamente en la seguridad del sistema.

1.2 Sistema de cogida de goma

Situación inicial

La goma es la parte de la prensa encargada de proteger al pallet, junto con sus útiles y piezas, de posibles deterioros como consecuencia de la presión aplicada sobre la misma. Físicamente consta de un colchón que cubre la totalidad del pallet, y se enrolla sobre el tambor de la prensa cuando éste entra en la misma para su procesamiento, protegiéndolo de esta forma. Dicha manta posee unas posiciones concretas sobre las que se enrolla cuando el pallet entra en la prensa, y dichas posiciones son controladas electrónicamente por medio del encoder, de tal forma que, cuando un punto de la misma no está situado en su posición adecuada, el encoder salta, dando una señal que actúa frenando el movimiento de la mesa hacia el pallet, parando, de esta forma, la producción.

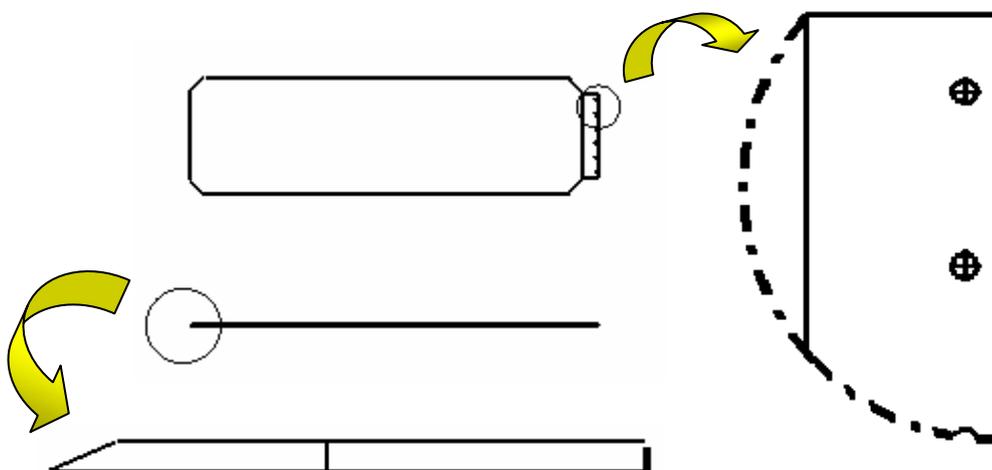
Este sistema está sujeto a numerosos problemas, que son consecuencia de continuos paros en el sistema debido a señales aportadas por el encoder. Estos fallos, a su vez, son consecuencia de un uso prolongado de la manta, ya que esta, debido a que protege al pallet y los útiles y piezas que se encuentran sobre él, recibe la presión aportada por la prensa, con lo cual, tiende a dilatarse, provocando problemas durante su cogida en el tambor. Por tanto, debido a que la manta ha ensanchado por alguno de sus extremos, se atasca en el tambor, provocando que el encoder mande una señal a la mesa para que finalice su movimiento. En función de esto, y de cara a alargar la vida de las mantas, se propusieron nuevos diseños de las mismas para que soportaran más fuertemente las presiones a las que están sujetas. Dichos cambios son redactados a continuación.

Situación propuesta

Debido a los problemas anteriormente mencionados se propusieron una serie de cambios en el diseño de las mismas. Dichos cambios son los que a continuación se describen:

- En primer lugar, se procedió a recortar los extremos laterales de las mismas, de tal forma que, cuando se produjese la dilatación de la manta, esta situación no fuera causante de posteriores atascos en la prensa. Las dimensiones del recorte de las mantas serán discutidas en futuro y se basarán para su puesta en común de la experiencia de los operarios y maestros de taller.
- Otro elemento que influye en los atascos en la prensa es la configuración del canto de la manta. Anteriormente, ésta tenía una configuración rectangular, que ha sido pasada a triangular, facilitándose, de esa forma, la cogida de la goma por parte del tambor.

Dichas modificaciones son a continuación ilustradas gráficamente:



Éste es el diseño de las mantas que será enviado para su construcción. Sin embargo, solo serán fabricadas, por ahora, una manta, ya que deberá verificarse que dicha manta, con su pertinente diseño modificado, sea apta para su uso en la prensa y que, efectivamente, este diseño es más eficaz que el anterior. Por tanto, la manta que se pida en un principio será usada como prueba.

Pruebas de verificación de diseño

La manta pedida con el diseño modificado debe cumplir que no se atasque al ceñirse al tambor durante el proceso de entrada del pallet en la prensa. Asimismo deberá ponderarse el tiempo ganado a la vida útil de la manta gracias al nuevo diseño aplicado sobre la misma, y que nos aportará una visión global de las ganancias obtenidas por esta modificación.

1.3 Colchón: estudio de rentabilidad

El colchón de la prensa, tal y como explicamos al principio del apartado, es la estructura que soporta la membrana y la cámara de aceite. Su mantenimiento es

fundamental para el buen funcionamiento de la máquina, ya que una ruptura de la misma ocasiona, por término medio, 2 días de avería cada, aproximadamente, 2 veces al año, generando un retraso de piezas y un coste adicional de las mismas por la recuperación de los días perdidos en horas extras, con lo cual, se baraja la posibilidad de adquirir un kit de cambio rápido para la prensa que, en caso de adquisición, reduciría el tiempo de avería a 4 horas. Para ello, estudiaremos cómo se producen las averías y la forma actual de solucionarlas en el caso actual y en el hipotético caso de que se adquiriese el citado kit de cambio rápido.

Situación inicial

La prensa de Hidroconformado está formada por una cámara de aceite y un diafragma flexible. Cuando se necesita hacer presión sobre el pallet y los útiles y piezas sobre él, la cámara de aceite se expande y presiona al diafragma flexible que está sobre ella. Esta presión se transmite al colchón, aplicándose sobre el pallet. Estos tres elementos (diafragma, cámara de aceite y colchón) están soportados sobre un carro. Debido al uso prolongado de la misma, el colchón tiende a desgastarse, provocando la rotura inminente del mismo, con todo lo que ello conlleva. Esta frecuencia de rotura suele ser de, aproximadamente, 2 veces al año, provocando una avería de 2 días. Durante esos 2 días, en los que los cuales la máquina queda totalmente inutilizada, se realizan una serie de operaciones con la finalidad de la reparación de la misma. Dichas operaciones constan de los siguientes pasos:

1. En primer lugar, se extrae el carro que soporta al diafragma, cámara de aceite y colchón.
2. Acto seguido, se intercambian los componentes que han sido dañados por otros nuevos. Normalmente, éstos últimos suelen estar de repuesto en los almacenes de la factoría, con lo cual, es muy recomendable que la factoría siempre cuente con un pequeño stock de los mismos de cara a la reducción del tiempo de la avería.
3. El carro con los componentes intercambiados vuelve a introducirse en la prensa.

Esta operación, como explicamos anteriormente, necesita 2 días de reparación.

Situación propuesta

El kit de cambio rápido para la prensa consta de un carro (que posee las mismas características que el anterior) sobre el que se ubican todos los repuestos necesarios para el buen funcionamiento de la prensa. Con la adquisición del citado kit el procedimiento de actuación en caso de avería sería el siguiente:

1. El carro que soporta la cámara de aceite, el diafragma flexible y el colchón se extrae de la prensa.
2. El nuevo carro con todos los repuestos se introduce en la misma.

Dicha operación tiene una duración de 4 horas.

El estudio de viabilidad de dicha adquisición se trató en el apartado de “Viabilidad económica” del proyecto.

1.4 Fallos del Encoder

Situación inicial

El encoder era otra continua fuente de fallos que provocaba continuas paradas de producción en la prensa. Sin embargo, estudios posteriores revelaron que el encoder fallaba por un mal posicionamiento de la manta, con lo cual, en el momento en el diseño de la manta se corrigiera correctamente, el encoder dejaría entonces de provocar paradas. Sin embargo no basta únicamente con modificar el diseño de las mantas, ya que, debido a la presión ejercida sobre ellas, tienden, con el tiempo, a dilatarse, con lo cual, sería muy recomendable efectuar un recorte de las mantas cada cierto tiempo, y de acuerdo con los operarios, para evitar que el encoder provoque paradas de producción.

Situación propuesta

Para evitar que la situación anterior se repita, se decidió establecer una frecuencia de recorte de mantas. Dicha frecuencia se decidió, en un principio, que sería acordada por los operarios y los maestros de la línea para que, basados en la experiencia, establecieran un periodo conveniente entre cada recorte. Dicho periodo resultó ser de 3 meses, y, para ello, mantenimiento debía contar con la guía de producción convenientemente actualizada para saber cuánto y dónde hay que recortar. Sin embargo el equipo se decantó por un mantenimiento correctivo, de forma que, cada vez que el encoder fallara, se procediera al recorte inmediato de la manta, debido a que no existe una frecuencia fija de necesidad de recorte de la misma.

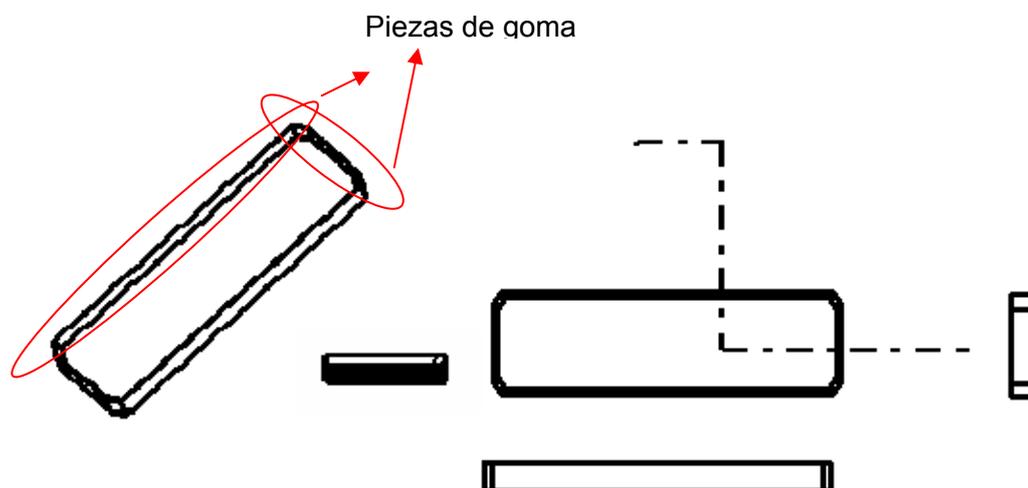
1.5 Colocar goma en lugar de pieza metálica en los pallets de prensa

Situación inicial

Anteriormente, los pallets estaban configurados de tal forma que, en sus laterales, existía una pieza metálica que hacía de agarre para el sistema de cogida de la prensa mediante el palletizado automático. Este agarre metálico dañaba el sistema de cogida al mismo tiempo que ejercía un esfuerzo de compresión sobre el mismo en ambos laterales, contribuyendo enormemente a aumentar la flecha del pallet.

Situación propuesta

Para ello se decidió intercambiar la pieza metálica por unas piezas de goma, que, al mismo tiempo que seguían cumpliendo la función de agarre para el palletizado automático, no ejercen una presión de compresión sobre el mismo. Los cambios en el diseño vienen presentados a continuación:

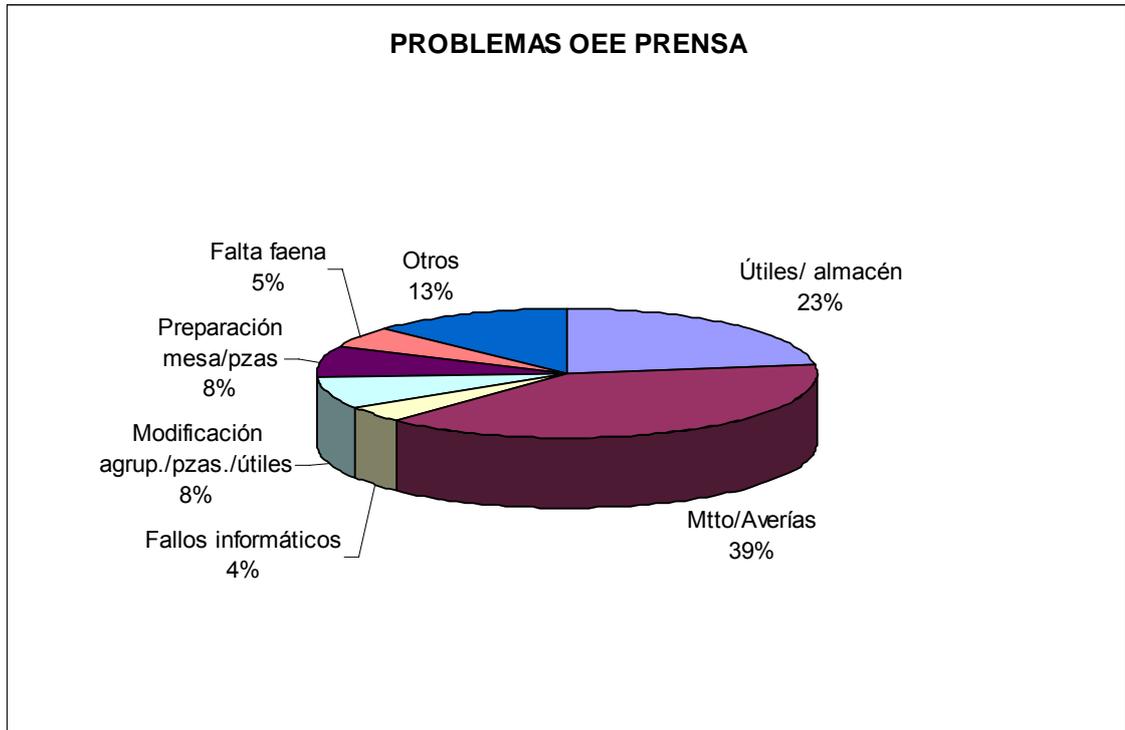


8.2.2.2. Revisión mantenimiento preventivo: Mantenimiento, maestro, operarios.

A pesar de las mejoras conseguidas a través de numerosos estudios (OEE) y del Brainstorming anterior que se llevó a cabo, que sirvieron fundamentalmente para identificar los fallos y atacarlos de manera más contundente, se determinó que, con el tiempo, sería necesario llevar a cabo otro Brainstorming con los operarios de cara a atacar los problemas más significativos y frecuentes. Era imprescindible la presencia de los operarios de la prensa, ya que éstos eran los que se encontraban y se enfrentaban diariamente a los problemas que surgían. Además, resultaban claves porque las posibles mejoras que se aplicarían tras este Brainstorming les afectarían directamente, y aportarían ideas para su implantación y mejora. Por lo tanto, antes de llevar a cabo este nuevo Brainstorming se decidió hacer un estudio de los fallos que se repetían con más frecuencia para que después, en presencia de los operarios, analizar uno a uno por separado y buscar una solución.

Diagnóstico fallos prensa Hidroconformado

Para el estudio de los fallos más comunes que se daban en la prensa, y la frecuencia con la que éstos se producían, se utilizaron las hojas de toma de datos que utilizaban los operarios para el cálculo del OEE. Dichos fallos fueron clasificados de acuerdo al tipo de problema al que pertenecían. Así, obtenemos el siguiente diagrama en el que se muestran los diferentes tipos de fallos y el porcentaje del total de los mismos:



Así, obtenemos que la mayor parte de las paradas que se producen en la prensa son debidas a fallos ubicados en el área del Mantenimiento propio de la misma, con lo cual, centraremos nuestros esfuerzos en la resolución de los mismos. Seguidamente viene el tema de los fallos provocados por el utillaje y el almacén, relacionados, sobre todo, por problemas en el traslado de los pallets a los puestos de prensa correspondientes. A continuación, y con la misma frecuencia de aparición, vienen los fallos provocados por la preparación de la mesa para su procesado y las paradas provocadas por modificaciones de las agrupaciones. En relación al primero de estos dos últimos, los fallos más frecuentes se asocian a preparaciones previas de las piezas de cara a un buen acabado tras la prensa, y cuya resolución es muy complicada, ya que intervendrían factores tales como el propio diseño de las piezas, lo cual, es ocasiones, no se puede modificar, con lo cual, se corresponde con un conjunto de paradas de muy difícil solución. Con respecto al segundo de estos dos fallos (modificación de agrupaciones) se refiere a un conjunto de problemas relacionado con el cambio de agrupaciones debido a cambios en la prioridad de las órdenes, paradas para las cuales ya se ofreció una solución anterior en otro de los apartados del proyecto. El siguiente fallo (falta faena) es una parada de relativa frecuencia cuya resolución no está en nuestras manos, sino que depende, fundamentalmente, de la demanda del cliente y del departamento de planificación. Los fallos asociados a la informática se corresponden con un grupo muy nutrido de fallos cuya resolución puntual es inmediata por parte del departamento de IT, y que

normalmente están asociados a fallos en el servidor de las bases de datos y demás. Por último, y aunque no se trata del grupo de fallos con menos frecuencia, tenemos a un conjunto de fallos muy diferentes entre sí y de escasa frecuencia cada uno y que, por tanto, no se ubican en ninguno de los grupos mencionados anteriormente, constituyendo un 13 % del global de todos los fallos que provocan averías.

A continuación se presenta, de manera más detallada, el conjunto de fallos, junto con las soluciones propuestas por los operarios y los encargados de mantenimiento.

Soluciones propuestas

MATENIMIENTO/ AVERÍAS

Los fallos que se detectaron en esta sección fueron los siguientes:

- **Parada por cambio de la manta.**

Hay un punto abierto en plan. La prueba no ha ido bien porque hay que fundirla modificada en lugar de mecanizar. Primero se debe estudiar si hay que modificar la cogida

- **Cortar sobrante en goma en la manta**

No es proporcional en el tiempo, queda como automantenimiento correctivo, es una operación rápida.

- **Traslo se para varias veces: no lee señal de pallet.**

A analizar por responsable de mantenimiento, avisar cuando falle para ir a ver

- **Se avisa Mantenimiento por fallo encoder**

Avisar a responsable de Mantenimiento cuando ocurra, es un fallo aleatorio

- **Al salir la mesa arrastra una pieza.**

Muy puntual. Los operarios ponen una pequeña gomita en las fijas

- **Arreglar posición de mesas en acabado**

Problema de pallet oblongo, sensor no detecta, se ha probado una fotocélula, tampoco. Probar poner un contraútil fijo de 5mm de altura en la mesa para contrarrestar el efecto del traslo, que se supone que es el causante de la deformación.

- **Salida del taco de goma de la cabecera de la mesa: avisar a empresa auxiliar de mantenimiento.**

Mantenimiento ha propuesto ya un nuevo diseño de las gomas para que esto no ocurra.

- **La máquina no da presión. Se avisa a Mantenimiento. No hay electrónicos. Terminar piezas urgentes en PAP.**

Fallos puntuales. Imprescindible la presencia de Mantenimiento.

- **Llevar pallet manualmente a zona de acabado.**

Revisar sensores de retorno.

- **Pestillo de la mesa no baja y no entra en prensa.**

Fallo puntual. Es necesario bajarlo manualmente.

- **Llevar mesa en manual de acabado a almacén**

Revisar sensores de retorno.

- **Avería en carro CTM-1. Se avisa a subcontrata. El operario no puede contactar con mantenimiento**

Problemas de acceso por parte de los operarios para avisar a mantenimiento cuando hace falta, debido a factores burocráticos rígidos. Intentar dar de alta a alguno de los operarios en el programa para agilizar proceso.

ÚTILES /ALMACÉN

- **Útiles en subcontratación.**

Unificar lugar de fabricación para un útil

- **Dos puestos parados por falta de útiles(avería almacén)**

Problema de los sensores de retorno del circuito de palletizado

- **Útiles no están en almacén.**

Unificar lugar de emplazamiento de útil dentro de la fábrica

- **Preparar útiles adicionales para poder doblar piezas.**

Depende de las especificaciones de diseño. Modificaciones por parte de Ingeniería.

- **En puesto 1 hay un útil que hay que usar puente grúa en cada pasada.**

No depende de producción

- **No se puede hacer carga en almacén porque los útiles son de la QFL.**

Hacer listado de todos los útiles pertenecientes a la QFC

- **Útil que por altura no sirve en paletizado (sacar y desasociarlo de la agrupación)**

Sacar listado de útiles que solo puedan procesarse en la mesa manual.

- **Asociar útiles de piezas de código S**

Ya no se hace desde que se decidió que, si la criticidad saltaba cuando la agrupación se encontraba en la bandeja, ya no se sacaba del recorrido estándar.

- **Pbmas para cargar y descargar útiles en almacén y también con los pallets en acabado.**

Revisar sensores del circuito de retorno desde el almacén hasta el puesto de prensa correspondiente.

PREPARACIÓN DE MESA/PIEZAS

- **Cortamos piezas para separar.**

Operación necesaria para el buen funcionamiento de la prensa.

- **Preparación de pzas de recocido con sus útiles.**

Se ha reducido considerablemente el tiempo empleado en esta operación tras los cambios en la operatividad logística de dicha ruta, y que viene convenientemente explicada en el apartado de logística.

- **Hay que doblar unas pzas. en PAP críticas.**

Se trata de casos muy puntuales en los que, necesariamente, se deben procesar las piezas en manual.

MODIFICACIÓN DE AGRUPACIONES

- **Traslado a mesa manual por piezas críticas.**

Ya no se hace. Se trata de casos muy puntuales.

- **Tenemos que hacer cambios en las neveras**

Esta situación se ha mejorado desde la implantación del carril FIFO entre los tratamientos térmicos y la prensa de Hidroconformado. Viene explicado detalladamente en la sección de logística.

- **Modificar agrupación / Sacar 3 útiles y desasociarlos del pallet.**

Cambios provocados por cambios en las prioridades de agrupación.

FALTA FAENA

- **Falta trabajo para completar pallets /No tenemos material suficiente para rellenar palet /Puesto parado por falta de piezas (previo)**

Situaciones de parada que dependen de la demanda del cliente. Habría que estudiar, por parte de Planificación, la realización de otras órdenes menos urgentes de cara a rellenar esos huecos de paradas productivas.

FALLOS INFORMÁTICOS

- **Sin sistema (no se puede mandar pallet a prensa)**

Problemas con el servidor.

- **Preparación y envío a acabado con modificaciones en informática.**

Se debe hacer forzándolo a través del sistema porque los sensores de retorno del circuito no funcionan.

- **Fallo informático (poner contador de pasadas a "o")**

Es necesario para un control esporádico del ritmo de la productividad de la prensa.

OTROS

Aquí tenemos un conjunto de fallos muy puntuales de escasa o muy escasa aparición, y cuya presencia no entraña grandes problemas para la prensa:

- Interrupción de un puesto de trabajo por estudio de piezas por parte de ingeniería.
- Media jornada un operario solo.
- Ausencia de compañero en máquina
- Trabaja un operario solo (compañero va a botiquín)
- Ingeniería de taller por error de piezas.

- Buscar piezas en nevera del horno para pasarlas a los puestos.
- Se trabaja con dos pallets.
- Apoyo al operario de la mesa B
- Doblar piezas de prueba en PAP.
- Colocar 2º pallet en acabado en manual y llevar otro para almacén.
- Pallet con muchos útiles no operativo.
- Trabajamos solo con un pallet.

Conclusiones

El Brainstorming realizado con el objeto de tratar los problemas que causan las paradas más frecuentes en la prensa ha sido de gran utilidad, ya que se han discutido aquellos problemas que aparecen con más frecuencia, y no se ha dedicado tiempo a decidir cuáles son, realmente, los que provocan las mayores paradas. Por tanto, antes de realizar estas reuniones, es conveniente que se realice un estudio previo de la situación de funcionamiento de la prensa para que, sobre el citado estudio, y con la presencia imprescindible de los operarios y los encargados de Mantenimiento, cada problema sea tratado de forma individual para buscar una solución que propondrán los encargados de Mantenimiento, y que será o no apoyada por los operarios de la prensa, ya que son ellos los que tendrán que convivir diariamente con las posibles modificaciones que se hagan finalmente.

Tal y como se recalcó anteriormente, existe una gran variedad de problemas causantes de las paradas. Algunos no dependen ni tan siquiera de la factoría, tales como aquellos originados por falta de demanda. Otros, sin embargo, son causados por una causa común, como es el caso de todas aquellas paradas ocasionadas por un mal funcionamiento de los sensores, y otras provocadas por una falta de comunicación entre los operarios y las empresas de Mantenimiento. Por tanto, los fallos importantes cuya resolución provocarían el cese de numerosas paradas de producción serían:

- Revisar sistemas de sensores de retorno de los pallets.
- Habilitar comunicación entre operarios de prensa y operarios de mantenimiento de la empresa externa.

Estos dos problemas serán tratados a continuación.

8.2.2.3. Revisar sensores sistema automático de retorno de palets desde conformado manual a peón y de peón a posiciones 1-2-3.

Diagnóstico

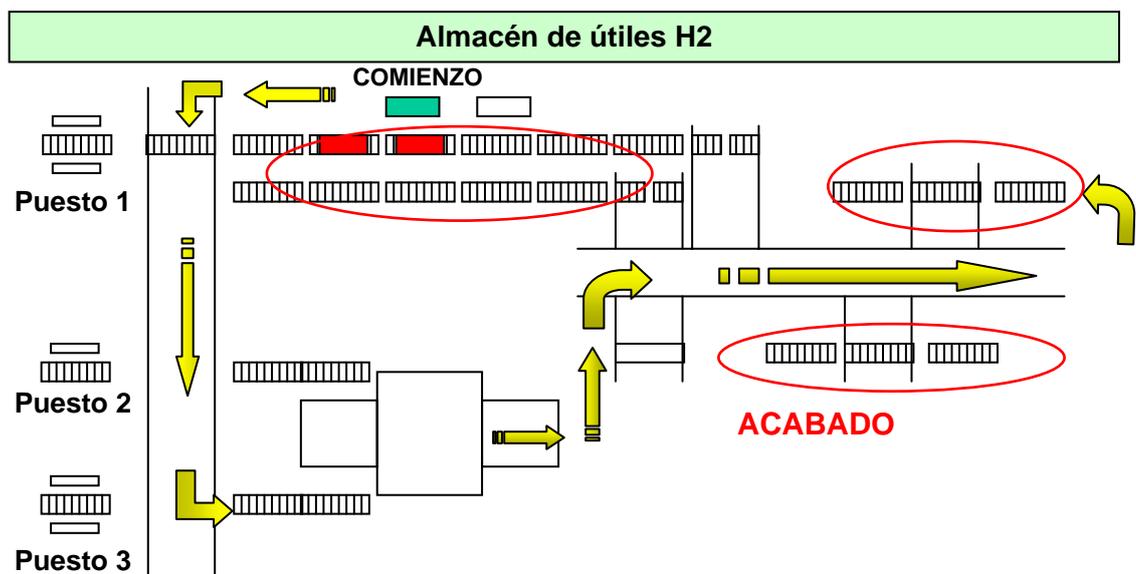
Los sensores que desplazan los pallets a lo largo del circuito de palletizado automático han sido una fuente innumerable de problemas, provocando paradas de producción y todo lo que ello conlleva, como atrasos en las piezas, pérdida de continuidad en el flujo, etc. Debido a estos fallos, los operarios se han encontrado, en más de una ocasión, con el problema de no poder avanzar en la producción y manufactura de los productos, fundamentalmente por estos problemas:

- Trabajar únicamente con dos pallets porque el tercero se encuentra en alguna parte del circuito y no se puede desplazar.
- Imposibilidad de enviar una agrupación ya procesada a Acabado, generándose retrasos en las piezas.
- No se puede trabajar porque el pallet sobre el que se han descargado los útiles automáticamente no puede desplazarse hacia el puesto de prensa asignado por el sistema.

Esto, aparte de paradas de producción, provoca retrasos en el sistema. Por ello, se decidió realizar un estudio del estado de los sensores para reducir las paradas ocasionadas por ellos. Para ello, en primer lugar, se realizó un análisis de la situación inicial en la que nos encontramos para y, posteriormente, estudiar posibles alternativas para eliminar el problema.

Situación inicial

El circuito que recorren los pallets es el que a continuación se muestra:



En el siguiente dibujo se muestra el recorrido que realizan los pallets desde que, en el almacén, son descargados los útiles, hasta que, tras su paso por la prensa, pasan a Acabado. Observamos los puntos del circuito donde las paradas ocasionadas por fallos en los sensores son más frecuentes:

- **Almacén de útiles:** las paradas son frecuentes en esta área del circuito. Esto es grave, ya que se puede dar el caso de que los operarios se queden sin faena y estén esperando a que los útiles sean descargados del almacén y depositados sobre los pallets, y que estos no avancen.
- **Área de Acabado:** En esta área las paradas por fallos en los sensores provocan una acumulación de piezas en la zona de la línea que es cuello de botella, aumentándose igualmente el desequilibrio entre las citadas células.

La solución a este problema tiene dos vertientes fundamentales:

1. Cambiar los pallets, ya que éstos fallan por la curvatura que presentan
2. Adquisición de otros sensores

La primera de las soluciones ha sido ya estudiada con anterioridad, y su implantación está siendo llevada a cabo poco a poco. La segunda solución es tratada a continuación, ya que, a pesar de que el cambio de los pallets solucionaría el problema, es conveniente implantar una solución para que, entre tanto, el circuito funcione correctamente.

Situación propuesta

El problema de la falta de detección de estos sensores reside en la curvatura que presentan los pallets, ya que se escapa del campo de detección de los mismos. En un principio, y dado que el cambio completo de todos los pallets está previsto realizarse en un futuro, de cara a solucionar el problema a corto plazo, se decidió buscar en el mercado unos sensores con las mismas características de tamaño que los actuales pero con un mayor campo de detección. Aquí, a diferencia que en la zona de la prensa, el problema de la seguridad no era tan acuciante, ya que aquí no pasan por la prensa ni pueden causar problemas adicionales. Sin embargo, el problema del tamaño vuelve a aparecer: los nuevos sensores deben tener un mayor campo de detección, pero, al mismo tiempo, conservar el tamaño. Esto es una tarea bastante difícil, ya que en el mercado existen gran cantidad de sensores con mayores campos de detección, pero, al mismo tiempo, con un volumen mayor, lo cual imposibilita su inserción en el lugar correspondiente. Dado que, tras una ardua búsqueda, se concluyó que no existían en el mercado sensores con las características señaladas, se descartó completamente esa posibilidad.

Sin embargo, la otra posibilidad existente que podría paliar dichos problemas es la siguiente: dado que el circuito de palletizado falla por la curvatura de los pallets, que implica que están a una “altura” considerable con respecto a la base de los sensores, es decir, demasiado alejados de los mismos, se decidió cambiar la posición de los mismos para que éstos pudieran detectar a los pallets sin dificultad. Se estableció, por

tanto, modificar la ubicación de los mismos, colocándolos lateralmente a la superficie de los pallets, de tal forma que, de esa nueva ubicación, siempre pudieran localizarlos.

Conclusiones

Dado que no existían en el mercado sensores con un campo de detección capaz de detectar los pallets, se estableció que la solución más rentable al problema, en tanto que no se procediera al intercambio de todos los pallets, fue la de cambiar la posición de los mismos, de tal forma que, desde la nueva posición en la cual fueron instalados, pudieran siempre detectar a los pallets. Además, las pruebas de viabilidad de la acción realizadas con posterioridad a su instalación arrojaron resultados positivos, dado que los sensores, como detectaban, desde su nueva modificación, sin problema a los pallets, ya no producían fallos, con lo cual, el circuito de palletizado transcurría sin paros, facilitando el flujo de producción y fomentando la continuidad del mismo.

8.2.2.4. Habilitar comunicación entre operarios de prensa y mantenimiento de la empresa o de la empresa externa.

Situación inicial

Uno de los problemas que aparecía con bastante frecuencia en el diagrama de los problemas de la prensa, y que era la fuente de numerosas paradas, es el referido a los temas de mantenimiento. Una de las razones que provocaban esta situación era la estricta burocracia existente entre los operarios de la planta y las correspondientes a las empresas externas que tenían sus puestos de trabajo en la misma planta de producción. Entre las numerosas empresas que actuaban in situ en la planta, varias realizaban labores de mantenimiento que no podían ser delegadas al propio departamento de la planta por varios motivos, entre los que se encontraban:

- Dificultad del proceso
- Ausencia de medios para llevar a cabo determinadas actividades por tratarse de áreas dentro del propio mantenimiento demasiado específicas y, por tanto, inabarcables por los integrantes del citado departamento
- Falta de tiempo (el departamento de mantenimiento ya estaba, de por sí, bastante ocupado, y por tanto, algunos trabajos adicionales de menor importancia eran subcontratados).

Todos estos motivos, que propiciaban la existencia de un contacto-en la mayoría de los casos, directa y diaria- con trabajadores de determinadas empresas auxiliares, dieron origen a numerosos problemas que surgían como consecuencia de la organización y los contactos entre los operarios. La forma de actuar dependía de las normas existentes, y una de ellas era que los operarios de las empresas auxiliares no podían recibir directamente órdenes de otros empleados de la propia empresa. Si ocurriera eso, el operario de la empresa auxiliar pasaba automáticamente a formar parte de la empresa, dado que recibe órdenes de ella. Para evitar aquello, se estableció que los operarios auxiliares recibiesen las órdenes que les serían emitidas por un jefe, perteneciente a la empresa auxiliar en cuestión, y que estaba a cargo de los mismos. Esa persona era la mediadora entre la empresa para la que trabajaban (en este caso, la propia empresa), y la empresa auxiliar a la que pertenecían. A su vez, esta persona (el jefe de los operarios de la empresa auxiliar) solo podía recibir órdenes del maestro encargado de la línea sobre la cual se estaba actuando, estableciéndose el nexo de unión entre ambas empresas mediante Maestro línea producción-jefe operarios empresa auxiliar. Además, para que quedara constancia formal de las intervenciones que se llevaban a cabo, las incidencias eran registradas a través del programa Máximo, que podía utilizarse también como comunicación entre la empresa y las correspondientes empresas auxiliares. El problema con este método era que el único usuario dado de alta en el programa era de nuevo el maestro de la línea, con lo cual, era el único que podía dejar constancia de las incidencias producidas.

Todas estas causas originaban una serie de problemas, que son los que a continuación se muestran.

Problemas

El hecho de que la comunicación entre los operarios de la presente empresa y la empresa auxiliar estuviera restringida por motivos burocráticos generaba numerosas paradas (que, en ocasiones, se prolongaban durante horas), debido a que se generaban situaciones como las siguientes:

- En ocasiones, las averías aparecían por la tarde. En determinadas horas, sobre todo en las más cercanas al turno de noche, el departamento de mantenimiento se encontraba fuera de servicio. Además, el maestro de la línea no estaba, y los trabajadores de la empresa auxiliar, a pesar de encontrarse en la planta de producción, al no poder recibir órdenes de los operarios, no podían actuar sobre la avería. Esto ha generado en numerosas ocasiones paradas de varias horas, dándose el caso de averías que, debido a que se han producido sobre las 19:00 horas, no han podido solucionarse hasta el día siguiente, teniendo en cuenta que el turno de tarde finaliza a las 23:00 horas.
- Hay determinadas averías que deben ser solucionadas a través del programa Máximo. A este programa, por temas de licencias, sólo pueden acceder determinadas personas, dificultando, nuevamente, la comunicación entre operarios de la presente empresa y operarios de la empresa subcontratada.

En virtud de los problemas señalados, decidimos actuar en consecuencia.

Situación propuesta

Dado que los problemas principales con los que nos encontramos estaban relacionados con dificultades de comunicación entre los operarios de las distintas empresas, decidimos centrar nuestros esfuerzos en mejorar la comunicación entre ambos a través de dos vías:

- Dar de alta en el programa de mantenimiento “Máximo” a algunos operarios. De esta forma, el acceso a la comunicación con la empresa auxiliar estaría menos restringido.
- Por su lado, Mantenimiento ha propuesto un teléfono de contacto para que, sea la hora que sea, algunos de los integrantes del citado mantenimiento estén siempre localizados para que pueden dar parte de la avería a la empresa auxiliar, reduciéndose el tiempo de actuación.

Con estas dos acciones, las paradas relacionadas por la falta de información, por parte de la empresa subcontratada de las averías producidas, quedaría solventado.

Conclusiones

Estas paradas producidas por las dificultades de comunicación entre ambas empresas generaban pérdidas importantes debido a la cantidad de horas que éstas, por término medio, suponían. Sin embargo, contaban con la ventaja adicional de que su solución tenía una facilidad relativa, dado que, al habilitar la comunicación, el problema quedaba solucionado. Por tanto, esta actividad se trataba de una que generaba numerosas pérdidas pero de fácil solución, y que, sin embargo, una vez solucionada, incurría en un ahorro de costes importante.

8.2.3. LOGÍSTICA

8.2.3.1. Rebajar el stock de la nevera antes de Hidroconformado. Físicamente la nevera debe seguir existiendo.

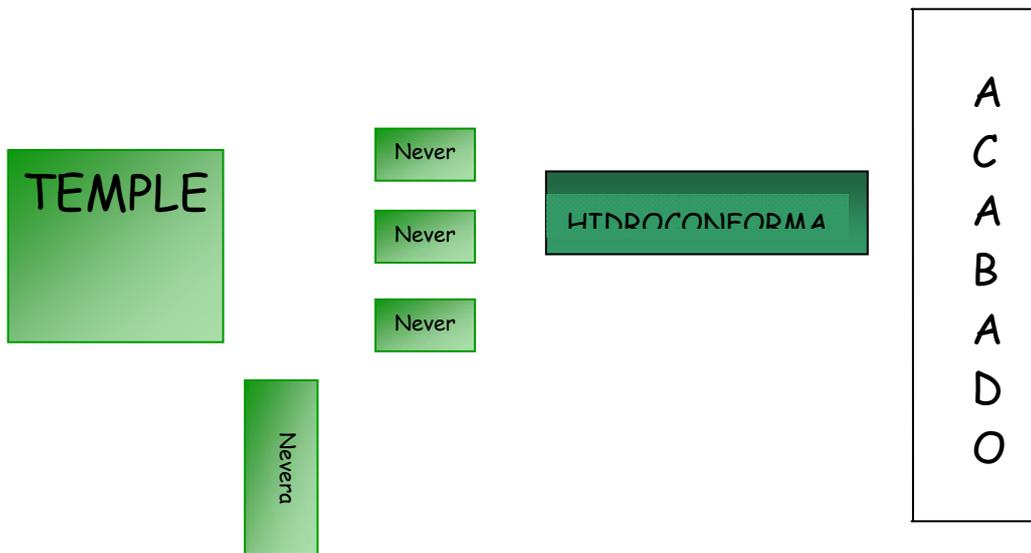
Diagnóstico

El hidroconformado de la Línea 2 (o H2) es el núcleo central de la Línea 2 o “Línea de las piezas grandes y complicadas”. Dicha prensa es capaz de producir una presión de 1400 bares a través de aceite. Éste se encuentra en el interior de una membrana y sobre un colchón, que es el elemento sobre el que se transfiere la presión. Las piezas que se procesan en esta célula tienen una longitud superior a 550 mm y una altura superior a 80mm, ya que sus dimensiones no las hacen aptas para su procesado en H1. Es el paso siguiente al Temple (T2) para la ruta R21, y precede a las tareas de Acabado (A2) en la mayoría de los casos, aunque, en ocasiones, este paso puede duplicarse en determinadas rutas de producción, tal y como vemos a continuación:

Línea Fabricación	Ruta Fabricación	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6
L2	R21	RE	T2	H2	A2		
L2	R22	RE	TR	H2	T2	A2	
L2	R23	RE	H2	A2			
L2	R24	RE	TR	H2	T2	H2	A2
L2	R25	RE	H2	T2	A2		
L2	R26	RE	T2	H2	A2	H2	A2
L2	R27	RE	H2	A2	T3	CV	

De la tabla se desprende que el Hidroconformado, independientemente de su ubicación en el proceso, es un paso común en todas las rutas de la Línea 2, pasando por ella el **100 % de las piezas** que se procesan en la citada línea. Esto implica que H2 es un paso clave en el proceso de Chapistería, y que un correcto funcionamiento del mismo daría lugar a una mejora notable de la Línea 2 globalmente.

Físicamente, se encuentra ubicada entre una nevera grande (que es la que recibe las piezas provenientes de temple), tres neveras pequeñas (que acumulan las agrupaciones de Hidroconformado) y el área de Acabado, tal y como observamos en la siguiente figura:

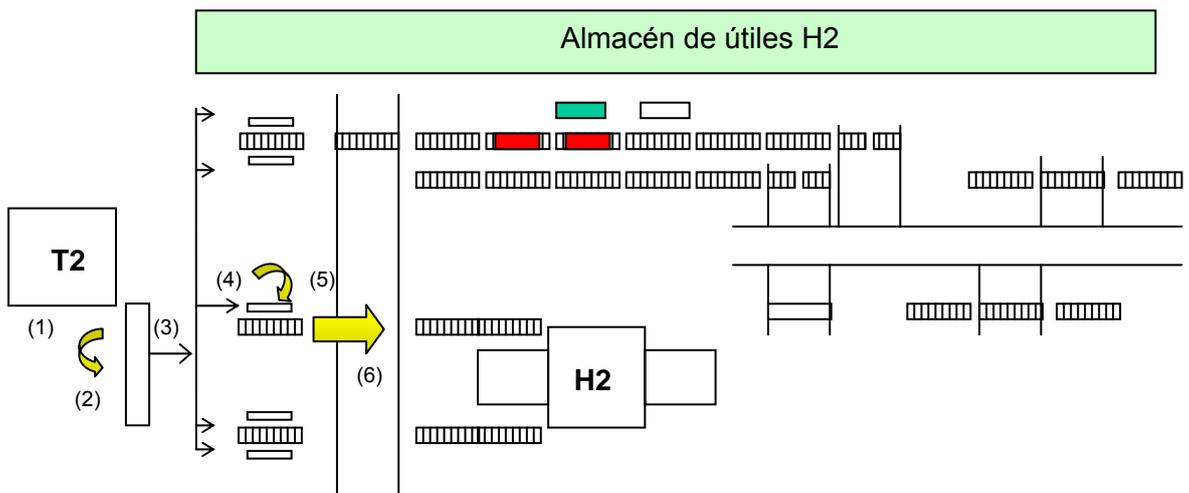


Sobre esta célula recaen una serie de problemas que son consecuencia de una mala gestión logística entre T2 (Temple) y H2 (Hidrodonformado). Por tanto, en vista de lo anteriormente expuesto, actuaremos en consecuencia partiendo de un análisis de la situación inicial para identificar los problemas y las causas raíces que los provocan, posibles propuestas de mejoras y materialización de dichas ideas.

Situación inicial.

Descripción del proceso

Como dijimos anteriormente, el Hidroconformado es el paso intermedio entre T2 y A2. Dicha ubicación puede apreciarse de manera más clara en la siguiente figura:



Las dos células representativas de esta figura son la prensa de Hidroconformado (H2) y el horno de Temple (T2). El flujo logístico se realizaba de la siguiente forma:

Tras su paso por T2 (1) las piezas, para conservar su estado AQ, son colocadas en la nevera grande (2) a la espera de que alguna de las tres mesas esté libre. Recordemos que las agrupaciones para H2 estaban ya formadas desde su paso por recantado, pero, a su vez, dichas agrupaciones de H2 no tienen porqué coincidir con las agrupaciones para temple, por lo tanto, debemos esperar a tener todas las piezas correspondientes a las órdenes que conforman la agrupación para H2. Cuando alguna de las neveras situadas en torno a las mesas se encuentra libre, o cuando la cantidad de piezas almacenadas en la nevera grande exceden los límites de capacidad de dicha nevera, entonces las piezas son transportadas a la nevera pequeña correspondiente (3). En nuestro caso, la nevera elegida ha sido la que se encuentra en la posición (4), y, cuando la mesa correspondiente se encuentra disponible, la agrupación se descarga en dicha mesa (5) para comenzar el ciclo normal de Hidroconformado descrito en el apartado de Producción/ Ingeniería/ Utillaje (6).

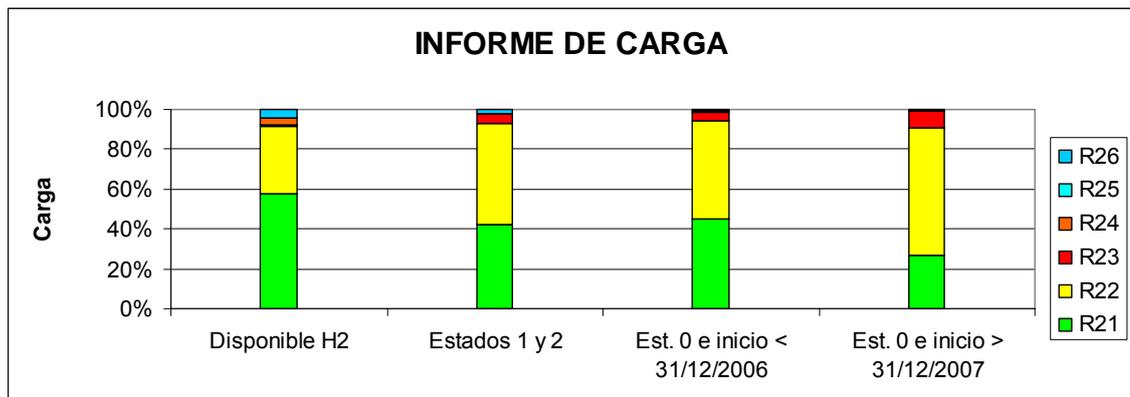
Situación inicial

Antes de proponer soluciones con el objetivo de mejorar y favorecer el flujo continuo de producción, procederemos a realizar un análisis de la situación actual desde el punto de vista de la carga existente en cada ruta y célula, para, de esa forma, adquirir una visión global y detectar con más facilidad las zonas con potenciales de mejora más elevados, actuando en consecuencia.

A partir de datos extraídos del sistema, en una foto realizada el 19 de Julio de 2006, elaboramos la siguiente tabla:

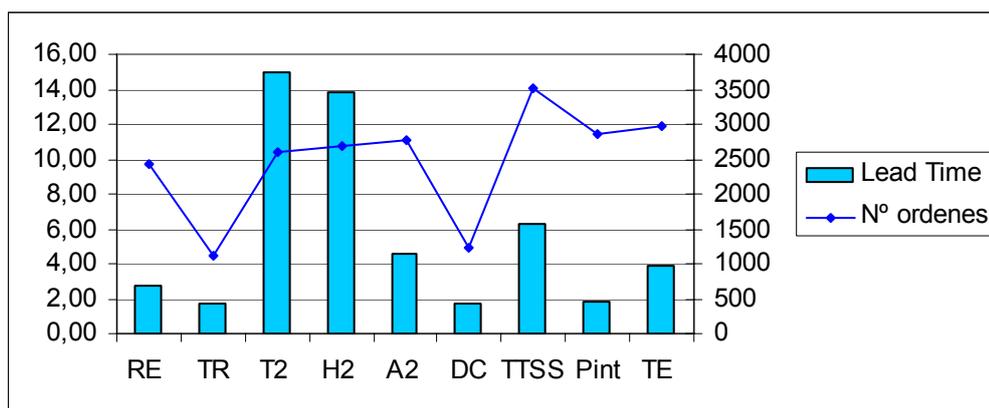
Ruta	Disponible H2		Estados 1 y 2		Est. 0 e inicio < 31/12/2006		Est. 0 e inicio > 31/12/2007	
	Órdenes	Carga	Órdenes	Carga	Órdenes	Carga	Órdenes	Carga
R21	288	3.544	69	789	454	80.19	448	7.395
R22	73	20.95	55	954	279	87.53	573	17.970
R23	3	39	3	93	44	733	96	2.305
R24	4	192	1	1	2	102	4	115
R25	0	0	0	0	3	27	0	0
R26	33	273	3	36	10	91	5	60

Según los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que R21 y R22 son las rutas sobre las que recaen los mayores porcentajes de cargas. Concretamente, R21 (en aquel momento) tenía previsto de forma inmediata para procesar en H2 el 58 % de las piezas que pasan por la línea 2, y R22, el 34 %. Asimismo, y en un horizonte de planificación próximo, contando con órdenes en estado 1 y 2, llegamos a la conclusión de que el 42 % de la carga de las órdenes que en aquel momento se encontraban en esos estados correspondían a R21, y el 51 % a R22. Fijándonos en horizontes de Planificación más amplios, R21 y R22 siguen ostentando los primeros puestos, asomándose tímidamente la ruta R23 (sin tratamientos térmicos), según observamos en la siguiente figura:



Esto significa que, tal y como vemos en la figura, **los mayores porcentajes de carga recaen sobre las rutas R21 y R22**, tanto a corto como a medio plazo, lo cual significa que **tendremos que centrar nuestros esfuerzos en estas dos rutas principales**. Además, a raíz de esta gráfica se desprende también que ambas rutas (R21 y R22) están balanceadas en carga, con lo cual, se barajaría la posibilidad de establecer un camino concreto para R22, cuestión que abordaremos más adelante.

Con respecto al funcionamiento de la célula de Hidroconformado, realizamos un análisis del Lead Time de las órdenes que siguieron las rutas R21 y R22 en las distintas células de la Línea 2 durante el año 2005. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:



De esta gráfica se desprende que las células que durante el 2005 tuvieron mayor Lead Time de sus piezas fueron T2 y H2. Además, debemos considerar el número de órdenes que fueron tratadas, y observamos que, en ambas células, estos números son bastante similares, con lo cual, llegamos a la conclusión de que debemos actuar con la finalidad de agilizar el proceso entre las células T2 y H2, y eso se logra mediante la reducción del Lead Time en ambas. A continuación, estudiaremos los métodos mediante los cuales se pueden llevar a cabo estas acciones, que, a modo de resumen, serían:

- Agilizar el flujo de producción entre T2 y H2
- Establecer una ubicación específica para R22

Solución propuesta

Agilización del flujo de producción entre T2 y H2

Como ya explicamos en apartados anteriores, las agrupaciones para la prensa se forman tras su paso por recateado, y normalmente no suelen coincidir con las agrupaciones para Temple. El horno, entonces, comienza a templar siempre y cuando halla piezas disponibles en los carros de recateado que precisen de un posterior temple. El problema surge cuando las piezas disponibles para H2 comienzan a acumularse, primero en la nevera grande y después en las neveras pequeñas, produciéndose un stock considerable y todo lo que ello trae consigo, como aumento del Lead Time y permanencias de las piezas (que, traducido en términos económicos, supone un gasto de dinero equivalente a la obra en curso que dicho stock representa) y aparición de piezas críticas. También debemos mencionar el tiempo empleado por los operarios en la localización de las piezas, que en ocasiones suele ser considerable, ya que la pieza puede encontrarse en cualquiera de las tres neveras pequeñas o en la grande. Además, hay que considerar que las neveras están normalmente al límite de su capacidad, y a menudo nos encontramos con el problema de que algunas piezas, en ocasiones bastante pesadas, se encuentran al fondo de la

nevera, con lo cual es necesario retirar primero todas las piezas que se encuentran sobre ella, que también suelen ser grandes y pesadas.

Este trabajo suele realizarse entre dos ó más operarios y, a parte de la enorme cantidad de tiempo consumida en esta operación, es una actividad muy molesta desde el punto de vista ergonómico, al producirse el transporte de piezas pesadas. El problema raíz que genera todos los demás problemas mencionados anteriormente es el stock existente entre Temple e Hidroconformado, y ese stock es a su vez generado por el templado indiscriminado de piezas por parte de la citada célula. Por tanto, debemos atacar directamente la producción de piezas en temple adecuándola a las necesidades de Hidroconformado, bajo el lema de **TEMPLAR SOLO LO NECESARIO**. Por ello, y para favorecer el flujo continuo de producción (acorde con la filosofía Lean) se propuso la implantación de un carril FIFO entre Temple e Hidroconformado, cuya implantación es detallada a continuación.

Implementación de las propuestas de mejora: detallar ubicación específica para R22

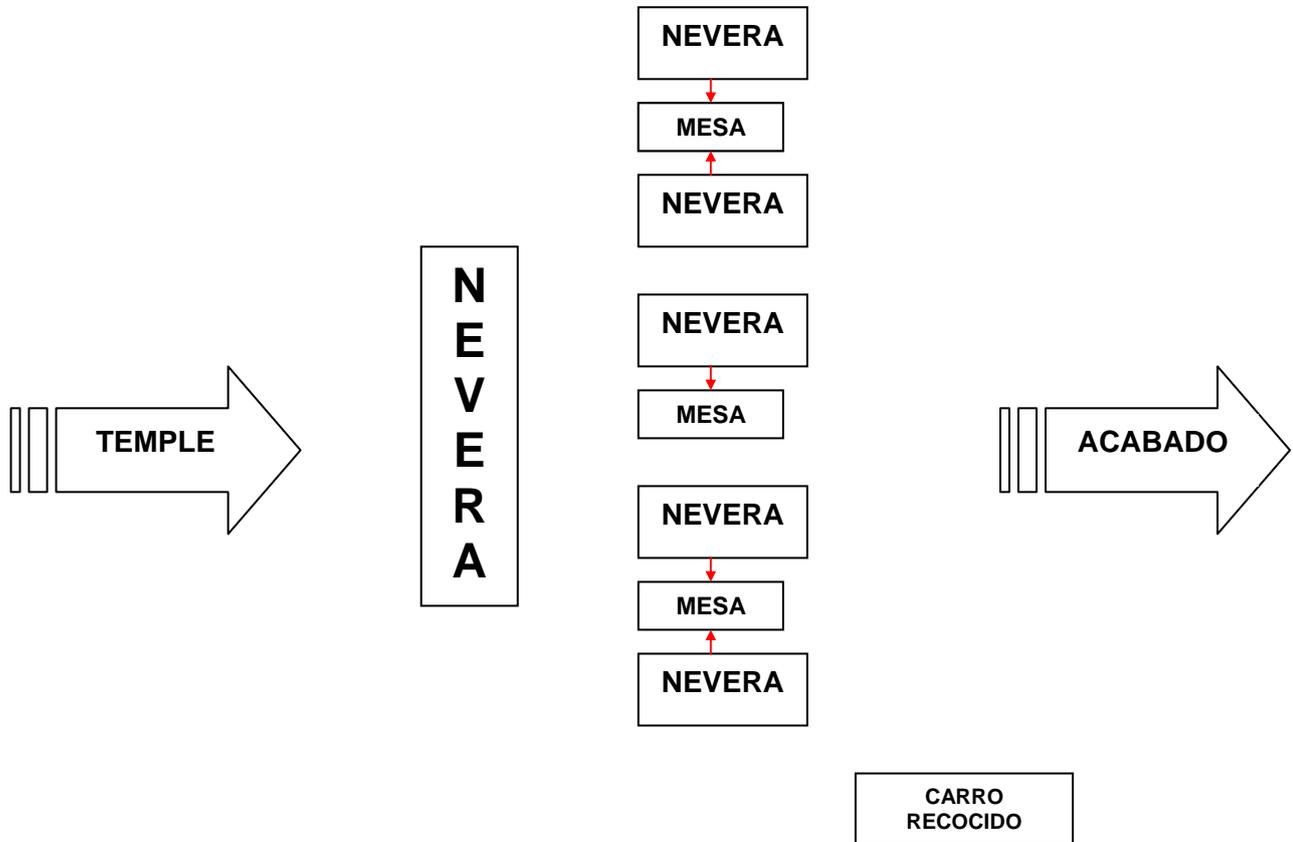
Tal y como vimos en el estudio anterior, las rutas R21 y R22 son las que soportan los mayores porcentajes de carga, estando estas mismas balanceadas. Además, hemos de tener en cuenta que las piezas correspondientes a la ruta R22 pasan de Recocido a Hidroconformado, y que, al provenir de este tratamiento térmico, no necesitan ser depositas en el interior de ninguna nevera. Por ese motivo se decidió reservar una ubicación específica a las piezas de esta ruta, que constaba de dos carros:

- Uno destinado a la recepción de las piezas provenientes de dicho tratamiento.
- Otro carro (más cercano a las mesas de carga) para la recepción de las agrupaciones de recocido.
- Estas actuaciones perseguían dos objetivos fundamentales:
- Organizar las piezas de Recocido en un único punto
- Percibir, con un simple vistazo, la situación de las piezas de Recocido para actuar en consecuencia, basándonos en los principios de la gestión visual.

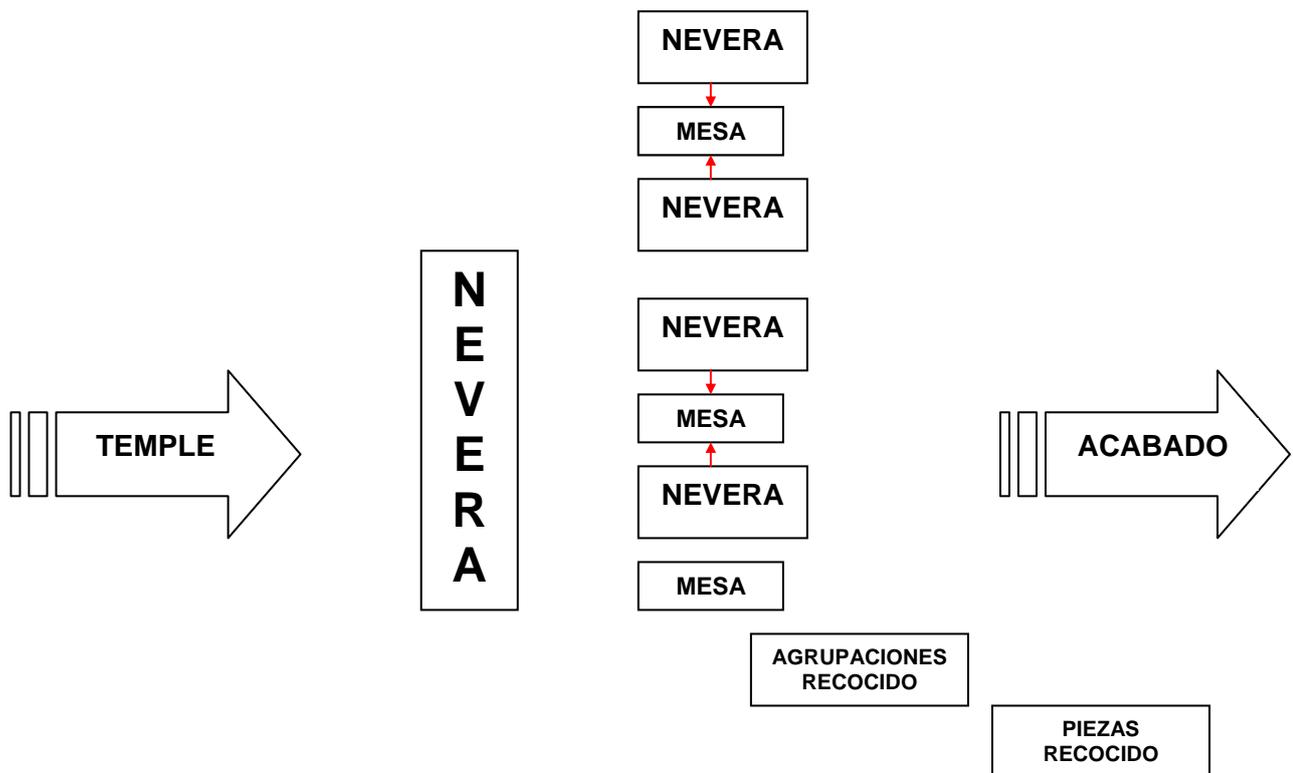
Estas actuaciones son detalladas más en profundidad en el área de Housekeeping.

A raíz de esta modificación, se propuso que, dada que las cargas de R21 y R22 estaban balanceadas, y recordando que las piezas de R22 son menores en tamaño que las de R21, reservar la mesa cercana al carro de recepción de las agrupaciones de Recocido para el procesado única y exclusivamente de ellas. Teniendo en cuenta que, inicialmente, contábamos con 5 neveras, y dado que las piezas de Recocido no necesitan neveras, se acordó retirar la nevera más próxima al carro de Agrupaciones de Recocido, y la otra de la que constaba, destinarla a la mesa situada en medio de las otras dos, dado que las restantes dos mesas se destinarán a las restante rutas de

conformado, afianzándose el flujo continuo. Dicho procedimiento es explicado gráficamente a continuación:



En la cual observamos que tenemos cinco neveras pequeñas y una grande. Tal y como dijimos anteriormente, la nevera más próxima al carro de recocido es eliminada para que la mesa correspondiente se destine a al procesado de las piezas de la ruta R22. Esto es factible debido al menor tamaño de las piezas de R22, a pesar de que R21 y R22 poseen, aproximadamente, los mismos porcentajes de carga. Por tanto, tras las modificaciones efectuadas, el aspecto que presentaría la zona de Hidroconformado sería el que a continuación se muestra:



Con esta modificación de piezas y neveras reservamos la última mesa para el procesamiento de las piezas provenientes de la ruta R22, organizando la carga y favoreciendo, en la medida de lo posible, la continuidad del proceso. Para equilibrar el flujo de producción entre Temple e Hidroconformado, pasamos a relatar la aplicación del carril FIFO y su implementación.

Implementación de las propuestas de mejora: carril FIFO

El carril FIFO es un sistema de gestión de flujo de materiales que se implementa en aquellos casos en los que no pueda establecerse un flujo continuo de materiales, como es el caso del flujo existente entre T2 y H2. El carril FIFO responde a las siglas First In- First Out (lo primero que entra es lo primero que sale). Mediante este método se garantizan dos aspectos fundamentales:

- La criticidad no salta, ya que se van procesando las piezas por orden de llegada, que, a su vez, coincide con el orden de entrega de las mismas.
- Se disminuye el Lead Time de las piezas, ya que se temple únicamente cuando es necesario procesar piezas en H2, y no se acumulan en las neveras a la espera de que se quede una mesa libre.

Tal y como explicamos anteriormente, el horno de temple va realizando el correspondiente tratamiento térmico cuando tiene piezas disponibles que han salido de recantado. Posteriormente a este tratamiento, las piezas, para conservar su estado AQ, se depositan en la nevera grande a la espera de que alguna de las mesas se encuentre libre para comenzar el proceso de Hidroconformado. El problema que se nos plantea es que, debido a que se temple indiscriminadamente, sin tener en cuenta las necesidades de Hidroconformado, las agrupaciones se acumulan en la nevera grande y, cuando exceden el límite de su capacidad, entonces comienzan a acumularse en las pequeñas. Por ello, a través de la implantación del carril FIFO entre temple e Hidroconformado, se restringe la carga de temple destinada a este último, templándose únicamente lo que después sea objeto de Hidroconformado, restringiéndose la carga en la nevera grande a **6 agrupaciones**. Es decir: la célula de Temple sólo templará piezas para Hidroconformado si el número de agrupaciones en la nevera grande es inferior a ese número. En caso contrario, es decir, si en la nevera se encuentran seis agrupaciones para Hidroconformado, el horno de temple no procesará más piezas correspondientes a esa ruta, procesando, en su lugar, piezas y agrupaciones pertenecientes a otras rutas y que siguen otros tratamientos, reservando el procesado de las piezas de Hidroconformado para el momento en el que la nevera grande contenga menos agrupaciones de las estimadas (en nuestro caso, 6). Se han seleccionado 6 agrupaciones debido a que poseemos 4 neveras (dos para cada una de las mesas), con la idea de que, en cada una de las dos neveras pertenecientes a las dos mesas, haya disponibles **dos agrupaciones en espera de ser procesadas**, que serán indicadas mediante un cartel con la indicación “EN ESPERA”. Las otras dos agrupaciones que quedan (recordemos que en la nevera grande había, inicialmente, 6 agrupaciones) se repartirán entre las dos mesas (una para cada una), de manera que, en cada mesa, haya dos neveras:

- Una contendrá dos casilleros:
 1. En uno de ellos rezará la inscripción “EN MESA”, lo cual significa que la documentación que contiene en su interior se refiere a la agrupación que se encuentra **sobre la mesa y que está siendo procesada actualmente, con lo cual**, no se encuentra en la nevera.
 2. El otro casillero, que contiene la inscripción “EN ESPERA”, recoge la documentación de la agrupación que, en ese momento, **se encuentra en la nevera**, y que está a la espera de que la agrupación que está siendo procesada termine para que pase a la mesa y comience con su proceso de Hidroconformado.

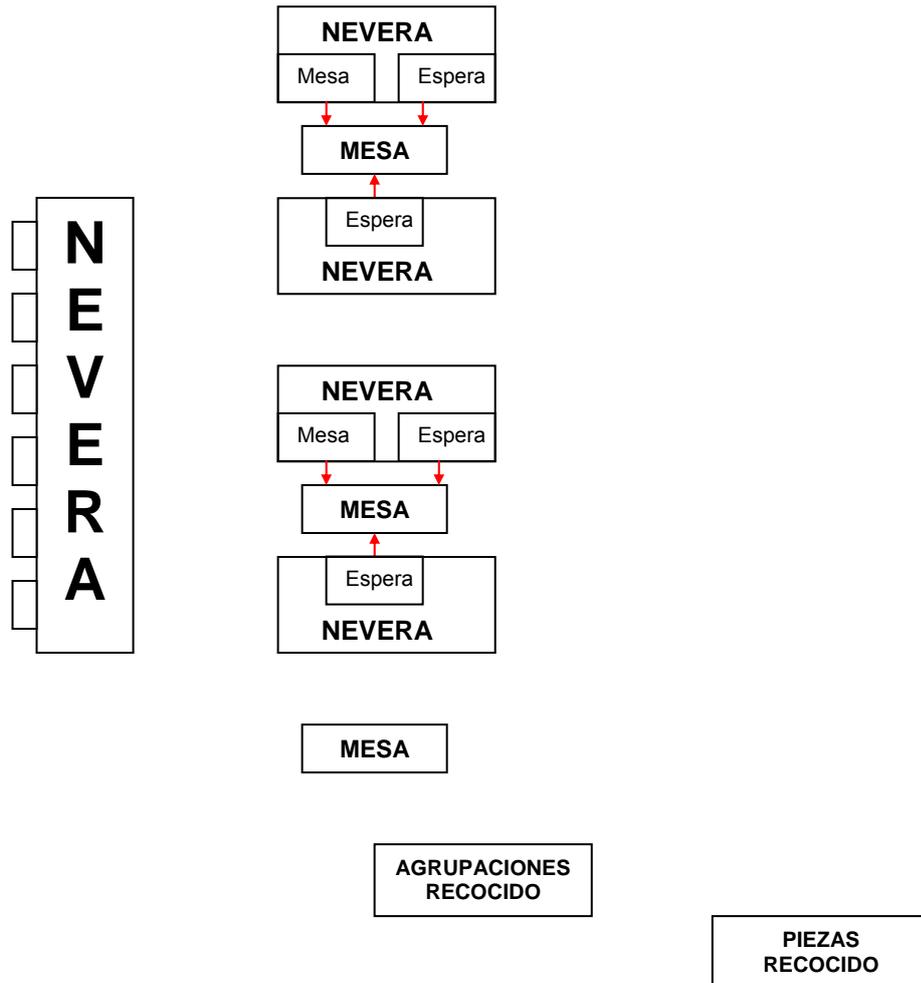
Esto implica, por tanto, que en la nevera siempre habrá una agrupación, a pesar de poseer dos casilleros, ya que uno de ellos contiene la agrupación que está siendo procesada, y no se eliminará del mismo

hasta que la citada agrupación termine en Hidroconformado y pase a la siguiente operación.

- La otra nevera contendrá un único casillero con la inscripción “EN ESPERA”, y alberga en su interior la documentación que se encuentra en el interior de la nevera y que espera a ser procesada tras la finalización de la agrupación que, actualmente, se encuentra en Hidroconformado.

El carril FIFO se implantará por Gestión Visual a través de unos casilleros atornillados a las neveras con el frontal transparente. Cada casillero contendrá la documentación referente a **una agrupación**, bien esté procesándose o bien se encuentre en la nevera a la espera de ser procesada, en función de la inscripción que contenga. Mediante el citado frontal transparente se puede advertir, de un simple vistazo, la situación de carga en las neveras, y se actuará en consecuencia, es decir, trasladando agrupaciones de la nevera grande a las pequeñas cada vez que un casillero se encuentre vacío (con lo cual, pasará al casillero correspondiente con la inscripción “en espera”). Por otro lado, sobre la nevera grande se atornillarán 6 casilleros, correspondiéndose todos ellos con una agrupación cada uno, de tal forma que, cada vez que uno de ellos se encuentre vacío, los operarios del horno de Temple, gracias a la cubierta transparente, advertirán que falta una agrupación, y reaccionarán procesando piezas para hidroconformado. Si todos los casilleros se encuentran llenos, no procesarán nada para dicha ruta.

Los cambios efectuados son esquematizados a continuación:



El funcionamiento es explicado a continuación:

Cuando se necesita procesar en Hidroconformado una agrupación, se extrae de la nevera correspondiente aquella cuya documentación se encuentre en el casillero con la inscripción "En Espera". La agrupación se prepara en la mesa, junto con los útiles correspondientes, para comenzar el proceso, y su documentación pasa al casillero de "En Mesa". A continuación, y debido a que un casillero "En Espera" se encuentra vacío, se traslada, junto con su documentación correspondiente, una de las seis agrupaciones de la nevera grande a la nevera correspondiente. La documentación se traslada al casillero con la inscripción "En Espera" que se ha quedado vacío, y los operarios de Temple, al percibir que uno de los seis casilleros atornillados a la nevera grande está vacío, comienzan a Templar una agrupación para Hidroconformado, y así sucesivamente. También hemos de tener en cuenta que, al tratarse de un carril FIFO (First-In, First-Out), el orden de prioridad se establece en función de la fecha de entrega y del Lead Time de la agrupación, y que dicho dato viene reflejado en el sistema, el cual consultarán los operarios a la hora de seleccionar la agrupación a procesar.

Conclusiones

La aplicación del carril FIFO tiende a disminuir las permanencias de las piezas de las neveras y, por tanto, su Lead Time, disminuyendo el WIP y la obra en curso en la planta. Esto se puede medir también a través de una disminución de la carga disponible para H2, ya que, debido a la agilización del flujo, propiciado por la aplicación del citado carril, la carga disponible disminuye sensiblemente a consecuencia de la no acumulación de piezas. Además, este proceso se ha visto ampliamente facilitado debido a que se ha implantado a través de los principios de la Gestión Visual, persiguiendo percibir la situación de la célula con un simple vistazo para actuar en consecuencia y, de esta forma, agilizar el proceso.

8.2.3.2. Analizar porqué en un nuevo diseño llegan las piezas antes que los útiles. Revisar señal Pull para inicio de fabricación de pieza sin útil de conformado.

Situación inicial

Durante el procesado de las piezas nos encontramos, en ocasiones, piezas en estado 4 (se encuentran en taller) que, en algún punto de su proceso productivo, bien sea en la prensa o en Acabado, no poseen el útil necesario para que puedan ser procesadas. Estas piezas son retenidas, y en el sistema figuran registradas con el código de detención 05, que significa "Falta de Útiles". Esta práctica, ubicada en el área de control de producción de utillaje, provoca la detención de determinadas piezas y, en consecuencia, fomenta la aparición de piezas críticas, generando urgencias y aumento del Lead Time y permanencias. Normalmente esta acción suele ocurrir con programas nuevos, cuyas rutas no están del todo definidas, pero, aún, suelen provocar cuantiosas pérdidas de tiempo.

Piezas con código 05: análisis de la situación inicial

En primer lugar, y antes de proceder a buscar una solución al citado problema, procedimos a analizar el estado de la situación en la que nos encontramos. Estos fueron los resultados:

Durante el despliegue estratégico se comentó, a partir de datos extraídos del sistema, junto con otros datos aportados a partir de la experiencia de los maestros y de los operarios, que, actualmente, había 12 órdenes con código S (críticas) en estado 4 (en el taller, procesándose) que poseían el código de detención 05. Posteriormente se decidió, a modo de cata, volver a consultar en el sistema la situación de las órdenes en estado 4 con código de detención 05, y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El 20 de Junio de 2006, a partir de datos extraídos de las bases de datos de las que consta el sistema, se obtuvieron que, en ese momento, había en el taller 11 órdenes en estado 4 pertenecientes a la línea de fabricación L2, que poseían código de detención 05 (sin útil). Esto estaba en consonancia con lo expuesto durante el despliegue estratégico, poniéndose de manifiesto que el problema se daba con relativa frecuencia.
- Dicha información se contrastó con la aportada por el CIC. En este sistema aparecían 14 órdenes con código de detención 05, de las cuales 3 ó 4 se correspondían con programas antiguos, y ese código era debido a problemas de localización de útil, ya que en ocasiones se detectó que había útiles de la QFL que se encontraban en el almacén de la QFC, y viceversa. También se detectaron casos en los que el útil no se encontraba en la fábrica porque se compartía con otras factorías. Estos dos temas serán tratados más en detalle

en las áreas de Producción/ Ingeniería/ Utillaje y logística, respectivamente. Las demás órdenes se correspondían con programas nuevos cuyas características técnicas no estaban aún totalmente especificadas y que debían ser definidas.

Conclusiones

Con relativa frecuencia se daban en el taller casos de piezas que debían ser retenidas por falta de útil. Dentro de este problema nos encontrábamos con tres casos:

1. La pieza queda retenida porque el útil se encuentra en el almacén erróneo. En este caso los operarios de la prensa elaborarán una lista con los Part Numbers cuyos útiles se encuentren en el almacén de las piezas pequeñas (AQFL), para, posteriormente, trasladarlos al lugar correspondiente. Esta acción será tratada más en profundidad en el área de Producción/ Ingeniería/ Utillaje.
2. La pieza queda retenida porque el útil es compartido por varias factorías. Esto es debido a que, en ocasiones, un mismo útil puede conformar varios Part Numbers diferentes que, a su vez, se procesan en factorías diferentes. Como consecuencia de este problema se estableció sacar una lista con todos los útiles que eran compartidos por varias factorías para decidirse si los Part Numbers se trasladarán a nuestra factoría (para que, de este modo, el útil permanezca siempre en una misma factoría, sin necesidad de ser compartido) o bien, si no es posible esta acción, se procederá a la duplicación de utillaje. Esta acción será tratada más en profundidad en el área de Logística.
3. Piezas con código de detención 05 (sin útil) debido a que se trata de programas nuevos y el útil no está aún fabricado, lo cual pasa con relativa frecuencia. Para ello se utilizará un procedimiento llamado **Señal Pull** o **Sequenced Pull Ball**, que a continuación procederemos a describir.

Situación propuesta

Tal y como dijimos anteriormente, durante el despliegue estratégico se comentó el caso de 12 órdenes críticas sin útil. Comprobaciones posteriores a partir de datos extraídos del sistema corroboraron que no era un hecho puntual, sino que se repetía continuamente, llegando a provocar importantes retrasos en las piezas objeto de esta detención. Por lo tanto, se estableció que era importante llegar a un equilibrio entre los siguientes factores:

- El lanzamiento de piezas sin el útil requerido es una práctica inadecuada, ya que genera sobreproducción e inventario innecesario.

- Si se recantea una pieza urgente mientras se fabrica el útil que hará falta en Hidroconformado se gana tiempo con el fin de poder realizar una entrega lo más rápido posible.

Con el objetivo de poder mantener un equilibrio entre estas dos acciones se decidió aplicar un procedimiento muy utilizado en Lean Manufacturing llamado **Señal Pull** o **Sequenced Pull Ball**. La señal Pull es enviada a un proceso de manera que lo habilita a iniciar las operaciones, en este caso, el forzado de la orden a pesar del código 05. En este caso, la señal Pull se genera en la reunión de piezas críticas (realizada todos los martes), y no tiene forma física. Se acuerda por tanto, para piezas de programas nuevos sin útiles, el siguiente equilibrio:

- **Si no es crítica:** no se recanteará.
- **La pieza es crítica nivel “S” (según listado y reunión) pero existe compromiso verbal del proveedor conforme va a estar el útil:** se puede recantear hasta que se reduzca el Lead time entre las dos fases.
- **A las piezas que al hacer la agrupación no tengan útil se les pondrá código 05 y se situarán en un carro específico de piezas 05, cuya ubicación estará especialmente señalizada.** Dicha actuación es tratada con mayor profundidad en el área de Housekeeping.
- **En ningún caso se hará la agrupación si no hay útil.** Esto se realiza con el objetivo de evitar stock en las neveras. Este punto será flexible en el sistema para los casos en los que el proceso de conformado sea posible sin el útil (por ejemplo, cuando existe un útil alternativo, se puede realizar mediante plegadora...)

Este procedimiento deberá darse de alta.

Conclusiones

El problema raíz de esta acción radica en el lanzamiento indiscriminado de órdenes a pesar de que no tengan el útil correspondiente. Esto genera el problema de que estas piezas, en algún punto de su proceso de conformado, queden retenidas (en Hidroconformado o en Acabado). La solución a este problema no reside en no lanzar aquellas piezas con código 05, sino que, en función del caso en que nos encontremos, actuaremos de una forma u otra, de cara a reducir Lead Times. Por ejemplo, si tenemos la certeza de que el útil llegará en un plazo de tiempo facilitado por el proveedor, entonces podremos empezar a recantearla para ganar tiempo, analizando la viabilidad de esta acción en función del Lead Time existente entre estas dos fases. Igualmente, si la pieza carece de útil pero no es crítica, no se recanteará. Sin embargo, para aquellos casos en los que, tras hacer la agrupación, se comprueba que el útil no se encuentra en la factoría, a las citadas piezas se la colocará en un carro

específico de cara a una mejor gestión visual que, mediante un simple vistazo, nos aportará una información rápida y eficaz de la cantidad de piezas afectadas por ese código para que, en función del volumen de las mismas, se pueda actuar en consecuencia priorizando las acciones. Esta acción queda ubicada, tal y como dijimos anteriormente, en el área de Housekeeping.

8.2.3.4. Estandarización de lotes

Situación inicial

El área de Planificación de Producción, tanto en esta empresa como en cualquier empresa, es de vital importancia a la hora de controlar/ evitar la generación de stock. Sin ser el único motivo, es uno de los principales, y una buena gestión del mismo contribuye a una importante disminución del stock en la planta. Acciones tales como el lanzamiento indiscriminado de órdenes para tener el tan ansiado pero funesto “colchón de seguridad” o el adelantamiento a las previsiones contribuyen a la acumulación de piezas en el taller, con todo lo que ello conlleva: aumento de Lead Time, permanencias más elevadas en cada una de las células, retrasos, aumento del WIP...Para evitar estos problemas, es necesario gestionar de forma correcta las órdenes generadas por el MRP y las lanzadas manualmente, a fin de evitar el lanzamiento de órdenes innecesarias.

Políticas de lotes

Las políticas de lotes surgen como consecuencia de las limitaciones existentes en la máquina recantadora Creno. Debemos optimizar el cortado de la máquina en función del espesor de la chapa con la que se trabaje, teniendo en cuenta el programa con el que se está trabajando, la cadencia (número de aviones por año) del mismo y el espesor óptimo de trabajo de la Creno, que, en nuestro caso, son 10 mm. Teniendo en cuenta el espesor óptimo de recantado por parte de la máquina y los espesores de las chapas a cortar, SAP redondea el número de chapas que serán recantadas en un número fijo. Es decir, suponiendo que tenemos una chapa de espesor igual a 1 mm, se cortarían 10 chapas en cada recantado. Si las chapas poseen un espesor de 0.3 mm, el número de chapas a cortar será igual a:

$$N^{\circ} \text{ de chapas} \equiv \frac{10}{\text{espesor de chapa}} \equiv \frac{10}{0.3} \equiv 33,33$$

Entonces, el SAP redondea, en función del tipo de material y de su precio, a 33 chapas. La política de redondeo según espesores viene dada por el SAP, y es la que a continuación se muestra:

Espesor de chapa	Redondeo (SAP)
0,2	20
0,3	33
0,4	20
0,5	20
0,6	16
0,7	14
0,8	12
0,9	11
1,00	10
1,20	9
1,25	8
1,27	8
1,40	7
1,50	7
1,60	6
1,80	6
2,00	5
2,20	5
2,30	4
2,40	4
2,50	4
2,80	4
3,00	4
3,20	3
4,00	3
5,00	2
6,00	2

A parte de este factor (espesor de la chapa recanteada) debemos de tener en cuenta la cadencia de los programas. Teniendo en cuenta estos dos factores, la política agrupadora por días aconsejada que se seguía anteriormente es la que a continuación se muestra:

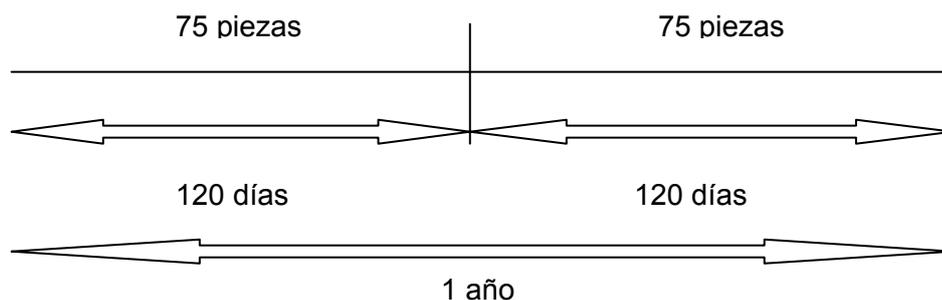
PEF	Programa	Entregas	Horizonte agrupador	Días agrupación	Lote
1@@	CN235/C295	10	ZD	220	10
3@@	C212	2	ZD	220	2
F@	EFA	35	Z8	120	19
Q@@	P30ORION	2	ZF	400	4
T10	TANQUEEFA	150	Z8	120	80
8@	A300/310	10	ZD	220	10
K01	A320 EH	318	Z5	60	85
K03	A320 S18	247	Z4	40	65
L01	A330/340 EH	65	Z8	120	35
L02	A330/340 PP	97	Z6	80	35
L11	A340-500/600 EH	22	ZD	220	22
L50	A340-500/600 FC	76	Z6	80	28
N02	A380 BF	17	Z8	120	9
N03	A380TTP	22	Z8	120	12
N50	A380 FC	83	Z6	80	30
C50	F7X	15	Z8	120	8
B77	BOEING	55	Z8	120	30
K20	A320 CARGO	210	Z6	80	75
L30	A320 S13	87	Z5	60	32
820	A320 DECK CAR	12	ZD	220	12
E10	CRJ700	50	Z6	80	18
E20	RUDDER B737	130	Z6	80	45
E29	EFA ARIES Y LEX	159	Z8	120	85
E30	A320 BM	318	Z5	60	85
T30	ICSA A380	17	Z8	120	9

En casos específicos (partes complejas o con grandes cantidades por avión) se aplican políticas de fabricación fijas FX o exactas EX, o en otros casos se aplican políticas agrupadoras diferentes a las aconsejadas.

Problemas con estas políticas de órdenes

Suponemos el caso del programa Z90 (Tanque del FAE). Éste tiene una cadencia de 150 aviones/año y un horizonte agrupador Z8 de 120 días (aproximadamente medio año, ya que se trabaja 240 días al año). Si suponemos que fabricamos 1 pieza por avión y que el espesor de la chapa utilizada es de 1 mm de espesor, tenemos que:

- El MRP me lanza, en virtud de la política agrupadora asignada, 75 piezas cada medio año, según lo visto:



- Como, según vimos anteriormente, el SAP, con la finalidad de optimizar el espesor de recantado (10 mm), para aquellas piezas que se recanteen con chapas de espesor 1 mm, éstas se cortarán de 10 en 10 chapas, con la finalidad de optimizar la citada máquina. Por tanto, como cada medio año debemos fabricar 75 piezas, y estas se fabrican en lotes de 10 unidades, tendremos entonces que lanzar una orden de 80 en paquetes de 10 unidades cada medio año para cubrir la cadencia del avión.

Los problemas generados por esta acción son varios y cuantiosos:

- En primer lugar, debemos tener en cuenta el stock generado por cada orden lanzada. Debido a la optimización de la máquina de recantado, se deben lanzar órdenes de 80 Part Numbers cuando realmente son necesarios 75, generándose un stock de 10 Part Numbers al año. En el caso de órdenes destinadas al MTA, este stock no le afecta, ya que, al tratarse de pedidos destinados a clientes internos, éstos son almacenados para próximos pedidos, pero en el caso de clientes externos, y por ser ellos mismos los que almacenan las piezas en sus instalaciones, este stock de más les perjudica gravemente al tratarse de pedidos puntuales, y puede que no los necesiten en un futuro.
- Otro problema que se nos plantea viene derivado del hecho de tener que procesar lotes muy grandes. Con esta política de lotes asignada debemos, cada medio año, procesar órdenes de 75 Part Numbers. Esto supone una gran cantidad de tiempo a emplear por parte de los operarios, ya que en la prensa de Hidroconformado, la agrupación no se da por finalizada hasta que no hallan sido procesadas todas las órdenes que conformaban el pallet. Por tanto, si tenemos una orden de 75 Part Numbers, ésta ralentizará el procesado de todas las demás, aumentando el Lead Time y las permanencias de todas las piezas y generando atrasos.

En vista de estos problemas, se decidió reestructurar las políticas de orden con la finalidad de reducir los lotes, actualizándolos a las nuevas cadencias de los programas existentes y a los nuevos que surjan. A continuación, mostramos los cambios efectuados en las políticas de lote.

Situación propuesta

Las nuevas políticas de órdenes adoptadas fueron las siguientes:

PEF	Cadencia	SAP	Horizonte	SAP	Lote
	Av/año	Tam lote	Días/agrup	Redondeo	Medio
101	2	ZD	220	0	2
151	14	ZD	220	S/esp	14
300	0	ZD	220	0	0
700	6	ZD	220	0	6
801/803/820	0	ZD	220	0	0
B02/B03	84	Z8	120	S/esp	46
C50	33	Z8	120	S/esp	18
E20	295	Z4	40	S/esp	54
E29	45	Z6	80	S/esp	17
E29	175	Z6	80	S/esp	64
E30	349	Z4	40	S/esp	64
F67/F68	45	Z8	120	S/esp	25
K01	349	Z4	40	S/esp	64
K03	284	Z4	40	S/esp	52
K20	217	Z5	60	S/esp	60
K50	0	Z5	60	S/esp	0
L01	70	Z6	80	S/esp	26
L02	166	Z5	60	S/esp	46
L11	12	ZB	180	S/esp	10
L30	82	Z5	60	S/esp	23
L50	48	Z6	80	S/esp	18
N02	8	Z8	120	S/esp	5
N03	8	Z8	120	S/esp	5
N50/N51	20	Z6	80	S/esp	8
Q01	2	ZD	220	0	2
T10	170	Z4	40	S/esp	31
T30	8	ZD	220	S/esp	3
T31	175	Z6	80	S/esp	64
V10	3	ZD	220	0	3
Z01/Z30	0	ZD	220	0	0

Como podemos observar, algunos de los programas afectados por estas modificaciones son:

- Q01 (HN0ORN): Pasa de ZF a ZD
- Z90 (Tanque FAE): pasa de Z8 a Z4
- O56 (H220- Est. Horizontal): pasa de Z5 a Z4
- E56 (H220-Cargo Door frame): pasa de Z6 a Z5
- N56 (A-330/340 Estabilizador horizontal): pasa de Z8 a Z6
- **N57** (A-330/340 Puertas pasajeros): pasa de Z6 a Z5
- N90 (A-340/500 Estabilizador horizontal): pasa de ZD a ZB
- M30 (Rudder B-737): pasa de Z6 a Z4
- M39 (FAE): pasa de Z8 a Z6

- M40 (H220 B.M.): pasa de Z5 a Z4
- J456 (A-380 B.A. E. H.): pasa de Z8 a ZD

Ahora se examinará con detalle cada uno de los casos:

Q01

Este programa pasa de tener una política agrupadora de ZF (con un horizonte de agrupación de 400 días) a ZD (cuyo horizonte se corresponde con 220 días), con una cadencia de 2 aviones anuales. Es precisamente debido a la baja cadencia del programa por lo que, a pesar de que el horizonte de agrupación se reduce cuantiosamente, sigue siendo bastante amplio. Sin embargo, y desde el punto de vista del cliente, este cambio en el horizonte agrupador hace que se genere menos stock en su almacén, al tratarse de un cliente externo.

Z90

En esta ocasión pasamos de Z8 (120 días) a Z4 (40 días). En esta drástica reducción del horizonte de planificación influye también el aumento de la cadencia del programa, que ha pasado de 150 a 170 aviones anuales. Este caso ya fue analizado anteriormente, y se llegó a la conclusión que, con la política agrupadora Z8 y la cadencia de 150 aviones/año, se generaba un stock de 10 piezas anuales. Con la nueva política agrupadora (40 días) y la nueva cadencia (170 av/año), suponiendo piezas de espesor 1 mm y que se fabrica 1 pieza por avión, tenemos que:

- Tenemos, aproximadamente, 240 días laborables que, agrupados en paquetes de 40 días (según política agrupadora), implica que la fabricación de estas piezas se produce 6 veces al año.
- Debemos fabricar 170 piezas anuales que, repartidas en bloques de 6, nos darán:

$$\boxed{170/6 \approx 28,3 \approx 30}$$

Conclusiones

Hemos redondeado a 30 piezas según los múltiplos dados por el SAP. Esto implica, por lo tanto, que, durante el año se lanzarán **6 órdenes de 30 piezas cada una**, fabricándose, por tanto, 180 piezas al año. Esto generará un stock de 10 piezas anuales (al igual que en la situación anterior), pero ahora contamos con la ventaja de que, en lugar de fabricarse dos órdenes al año de 80 piezas, se fabrican 6 órdenes al año de 30 piezas, que supone menor Lead Time y permanencia de la citada orden, ya que el tiempo de procesado es menor (cada vez se fabrican 30 en lugar de 80),

eliminándose, de la misma forma, posibles atrasos que repercutirían en las demás piezas y aceleración del flujo de producción como consecuencia de trabajar con lotes más pequeños.

O56

Este programa pasa de una política agrupadora del tipo Z5 (60 días) a Z4 (40 días). También ha influido en esta modificación la cadencia del programa, que han pasado de 318 a 349 aviones anuales. A continuación, analizaremos la situación antes y después de las modificaciones efectuadas:

- Anteriormente teníamos una política agrupadora de Z5, lo cual implicaba que, teniendo en cuenta que anualmente, tal y como dijimos anteriormente, se consideran 240 días laborables, significa que teníamos que lanzar órdenes de este programa 4 veces al año (cada 60 días). Si suponemos, como en los casos anteriores, que contamos con chapas de material de 1 Mm. de espesor, y que se fabrica 1 pieza por avión, tendremos que lanzar en cada orden:

$$\boxed{318/4 \equiv 79,5 \approx 80}$$

Factor que es redondeado a 80 en virtud de los criterios de multiplicidad del SAP. Esto implicaría que se lanzarían (suponiendo una pieza por avión) **4 órdenes al año de 80 piezas cada una**, generando un stock anual de 2 piezas.

- En la actualidad tenemos una cadencia más elevada (349 aviones anuales) y una política agrupadora Z4 (40 días). Como contamos, al igual que en apartados anteriores, con 240 días laborables, lanzaríamos las piezas de este programa 6 veces al año. En este caso, las órdenes lanzadas contendrían la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\boxed{349/6 \equiv 58,166 \approx 60}$$

Esto implica que, con esa nueva política agrupadora y este incremento de la cadencia del programa, se deben lanzar **6 órdenes anuales de 60 piezas cada una**, generándose un stock anual de 11 piezas.

Conclusiones

El programa O56 ha sufrido un aumento de la cadencia anual, y, por tanto, las políticas agrupadoras han tenido que ser modificadas en virtud de ese aumento. Con esta nueva situación se genera anualmente mayor cantidad de stock (11 piezas en lugar de

2). Sin embargo, este factor no es realmente determinante, ya que no se trata de un aumento significativo que pudiera provocar importantes pérdidas de dinero en almacén. Sin embargo, y atendiendo a los lotes de las órdenes, hemos de tener presente la cantidad de tiempo ahorrado en cada tanda, ya que al principio se procesaban órdenes de 80 y ahora de 60, eliminándose, por lo tanto, la aparición de piezas S y el aumento del Lead time y las permanencias.

E56

En este programa, perteneciente al A-320, se ha producido un aumento de la cadencia del mismo. A continuación analizaremos la situación anterior al cambio de cadencia y, al mismo tiempo, la situación actual contando con la modificación de la política agrupadora. Este análisis lo realizaremos teniendo en cuenta piezas de espesor 1 mm y que solo se fabrica una pieza por avión:

- Anteriormente la política agrupadora era Z6 o, lo que es lo mismo, 80 días. Esto suponía el lanzamiento de 3 órdenes anuales con un paquete que contenía la siguiente cantidad de piezas:

$$\boxed{210/3 \equiv 70}$$

Implicando el lanzamiento de **3 órdenes anuales de 70 piezas cada una**, no generándose, de esta forma, stock alguno.

- Actualmente, este programa ha experimentado un aumento en la frecuencia de entregas, traduciéndose que la cadencia a aumentado a 217 aviones anuales con un política agrupadora Z5 (60 días). Esto significa que se lanzarán 4 órdenes al año, con la siguiente cantidad de piezas:

$$\boxed{217/4 \equiv 54,25 \approx 60}$$

Con lo cual, actualmente se lanzan **4 órdenes anuales de 60 piezas cada una**, generándose un stock de 30 piezas anuales.

Conclusiones

Actualmente se ha producido un aumento del stock de fabricación anual, repercutiendo negativamente en la gestión logística del almacén. Desde el punto de vista del flujo productivo, éste se vería acelerado por la disminución del lote de procesamiento en cada una de las órdenes, aunque el aumento del stock no lo compensaría. Sin embargo, no debemos olvidar que este cambio en las políticas de orden ha sido

promovido por el aumento de las entregas anuales correspondientes a este programa, obligando, de esta forma, a modificar el horizonte agrupador de este programa.

N56

Este programa, perteneciente al Estabilizador horizontal del A-330 y del A-340, ha modificado igualmente su cadencia, aumentándola de 65 a 70 aviones anuales. Sus horizontes agrupadores también han sido objeto de cambios, ya que el programa ha pasado de ser Z8 (120 días) a ser Z6 (80 días). Analizamos a continuación la situación anterior y actual del programa.

- Anteriormente, y suponiendo las mismas condiciones de espesor y piezas/avión anteriormente definidas, se llegó a la conclusión de que se lanzarían dos órdenes al año con la siguiente cantidad de piezas cada una:

$$\frac{65}{2} \approx 32,5 \approx 40$$

lo que significa que se lanzarían **2 órdenes al año de 40 piezas cada una**, generándose un stock anual de 15 piezas.

- Actualmente, el horizonte agrupador se corresponde con Z6, que significa que, cada 80 días (o 3 veces al año) se lanzarán órdenes con la siguiente cantidad de piezas:

$$\frac{70}{3} \approx 23,33 \approx 30$$

lo cual significa que se lanzarían **3 órdenes al año de 30 piezas cada una**, generándose un stock de 20 piezas anuales.

Conclusiones

Este cambio en la política agrupadora ha sido generado por el aumento de la cadencia del programa, que propicia la obtención de un stock del programa dado el cliente al cual abastecemos (Airbus). Por tanto, a pesar del aumento de stock, la nueva política agrupadora es la más adecuada dado el cliente y las características del programa.

N57

Este programa se corresponde con las puertas de pasajeros del A-330 y del A-340. En este programa se ha producido un importante aumento de la cadencia (pasa de 97 a 166 aviones anuales), con lo cual, un cambio en su horizonte de planificación se hizo indispensable. Éstos son los cambios efectuados y los resultados obtenidos a partir de los mismos:

- Anteriormente, la política agrupadora era Z6 (80 días), lo que suponía que 3 veces al año se debían lanzar órdenes de este programa con la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\frac{97}{3} \equiv 32,33 \approx 40$$

Lo cual significaba que se lanzaban, anualmente, 3 órdenes de 40 piezas cada una, generándose un stock de 23 piezas al año. Si, a pesar del aumento de la cadencia del programa, se hubiera mantenido la misma política agrupadora, el stock anual hubiera sido de 14 piezas, pero los lotes procesados en cada orden hubieran ascendido a 60, aumentándose de tal forma el Lead time de las piezas y los retrasos en otros Part Numbers que hubieran ser procesados.

- Actualmente la cadencia del programa a ascendido a 166 aviones/año, y la política agrupadora es ahora Z5 (60 días), que hace que se tengan que lanzar órdenes de este programa 4 veces al año con una cantidad de piezas:

$$\frac{166}{4} \equiv 41,5 \approx 40$$

Aquí es necesario puntualizar que, con esta política agrupadora, al fabricarse un menor número de piezas que las necesarias pedidas por el cliente (6 anuales) se necesitará, por tanto, lanzar una orden anual de 6 Part Numbers.

Conclusiones

El propósito de haber disminuido el horizonte agrupador con el cambio de cadencia tenía la finalidad de mantener los lotes, y no de aumentarlos, como hubiera sucedido si hubiéramos aumentado la cadencia. Con el cambio de política agrupadora se siguen procesando órdenes del mismo tamaño y se elimina el posible stock derivado de los lotes y del número de órdenes anualmente procesadas, mediante el lanzamiento de una orden de adicional de 6 Part Numbers al año, agilizándose, de esta forma, el flujo productivo.

N90

Este programa, perteneciente al estabilizador horizontal de los A-340 y A-500 ha experimentado una disminución en su cadencia (de 22 aviones ha pasado a 12) y, por tanto, su política agrupadora ha sido también modificada en virtud de esta disminución. A continuación presentamos los cambios provocados por la modificación de la cadencia del programa:

- Anteriormente, este programa presentaba una cadencia de 22 aviones anuales, y un horizonte de planificación ZD (220 días), lo que significaba que relanzaba un pedido al año con todas las piezas necesarias para cubrir la demanda de ese programa.
- Actualmente, debido a que la cadencia ha disminuido, se buscara un horizonte de planificación algo menor, pero que abarque la mayor parte del año, como es ZB (180 días).

Conclusiones

Con este nuevo horizonte de planificación queda optimizada la fabricación de la pieza, ya que también hemos de tener en cuenta que la cadencia ha pasado a ser de 12 aviones anuales, y de esta forma su fabricación queda menos dilatada en el tiempo, quedando, además, todo el año de referencia completo.

M30

Este programa, perteneciente al Rudder del B737, ha aumentado espectacularmente su cadencia, pasando de construirse 130 aviones anuales a 295. Su política de lotes, en virtud del cambio experimentado, ha sido igualmente modificada, pasando de Z6 (80 días) a Z4 (40 días). Estas son las consecuencias que han tenido estos cambios desde el punto de vista logístico:

- Anteriormente, con una política agrupadora Z6, se debían lanzar 3 órdenes anuales con la siguiente cantidad:

$$\boxed{130/3 \equiv 43,3333 \approx 50}$$

Esto suponía que se tenían que lanzar **3 órdenes anuales de 50 piezas cada una**, generando un stock de 20 piezas anuales. Si, con el anteriormente citado aumento de cadencia hubiéramos mantenido la misma política de lotes, se hubieran tenido que lanzar 3 órdenes anuales con 100 piezas cada una, lo cual, desde el punto de vista del proceso productivo y de cara a favorecer el flujo continuo de producción y reducir Lead Times y permanencias, es absolutamente inviable.

- Actualmente, la cadencia ha aumentado hasta 295 aviones anuales, y el horizonte agrupador se ha modificado Z4 (40 días), lo cual significa que se tendrán que lanzar 6 órdenes al año con la siguiente cantidad de piezas:

$$\boxed{295/6 \equiv 49,1666 \approx 50}$$

Con lo cual, se lanzarán anualmente 6 órdenes al año de 50 piezas cada una, generándose un stock anual de 5 piezas.

Conclusiones

El espectacular aumento de cadencia ha hecho imposible que se siguiera manteniendo la anterior política de agrupación. Tal y como explicamos anteriormente, resultaban incompatibles la nueva cadencia del programa y la antigua política de agrupadora, ya que suponía procesar lotes de 100 piezas, provocando, de esta forma, retrasos en las piezas y aumento de las permanencias. En vista de este problema, fue necesario modificar el horizonte de agrupación, que pasó de Z6 (80 días) a Z4 (40 días), lo que supuso procesar lotes más pequeños, incluyendo una disminución del stock anual generado por este programa, que pasó de 20 a 5 piezas anuales.

M39

Este programa, que se corresponde con el FAE, ha sido igualmente objeto de una modificación en su cadencia, pasando de tener una demanda de 159 a 175 aviones anuales. Su política agrupadora ha sido también cambiada, pasando de tener un horizonte de planificación de Z8 (120 días) a Z6 (80 días). Las repercusiones que estos cambios han tenido desde el punto de vista logístico se exponen a continuación:

- Anteriormente teníamos una cadencia de 159 aviones y un horizonte de agrupación de 120, lo cual suponía lanzar dos órdenes al año con la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\boxed{159/2 \approx 79,5 \approx 80}$$

Lo que suponía que se debían lanzar al año 2 órdenes de 80 piezas cada una, generándose, de este modo, un stock de 1 pieza, lo cual es prácticamente despreciable. Si con el aumento de la cadencia se hubiera mantenido la misma política agrupadora, hubiéramos tenido que lanzar 2 órdenes de 90 piezas, generándose un stock de 5 piezas anuales, también despreciable desde el punto de vista logístico. En nuestra búsqueda del procesamiento de lotes con menor cantidad de Part Numbers, realizamos cambios en la política agrupadora.

- Actualmente, contamos con una cadencia de 175 aviones y un horizonte de agrupación de Z6 (80 días), lo cual suponía que se tenía que lanzar 3 órdenes al año con la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\frac{175}{3} \approx 58,33 \approx 60$$

Lo que significa que, al año, se lanzan 3 órdenes de 60 piezas cada una, generándose un stock de 5 piezas anuales.

Conclusiones

El stock, con este nuevo horizonte de planificación, se ve incrementado en cuatro piezas de más, lo cual es prácticamente despreciable. En cambio, los lotes procesados han pasado de 80 a 60 piezas por cada orden, suponiendo un descenso importante del Lead time y de las permanencias de esas piezas.

M40

Este programa, perteneciente al contrato A-320 para SK-10, ha pasado de tener una demanda de 318 aviones al año a 349. Por tanto, un cambio en su horizonte de agrupación ha sido necesario para mantener las características logísticas:

- Anteriormente, contábamos con un horizonte de agrupación Z5 (60 días), lo que suponía lanzar anualmente 4 órdenes con el siguiente número de Part Numbers:

$$\frac{318}{4} \approx 79,5 \approx 80$$

Esto significa que, anteriormente, debían ser lanzadas 4 órdenes de 80 piezas cada una, generando un stock de 2 piezas anuales. El hecho de haber aumentado la cadencia del programa implica que, si mantenemos la misma cadencia, los lotes de procesamiento aumentan, pasando de 80 a 90. Por lo tanto, con el objetivo de reducir o mantener los lotes, se efectuó un cambio en el horizonte de planificación.

- Actualmente se trabaja con una política de agrupación de 40 días (Z4), lo que implica que, anualmente tendrán que ser lanzadas 6 órdenes con la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\frac{349}{6} \approx 58,16 \approx 60$$

Generándose un stock de 11 piezas anuales.

Conclusiones

La nueva cadencia del programa ha hecho necesaria una reestructuración en las políticas de órdenes, de tal modo que el horizonte de agrupación a 40 días, disminuyéndose, por tanto, los lotes a procesar. Este hecho compensa el aumento de stock producido por este cambio, que ha pasado de 2 a 11 piezas anuales, ya que se reducen los tiempos de procesado, favoreciendo el flujo continuo de producción.

J456

Este programa, correspondiente ha experimentado una disminución en su cadencia, pasando de 17 a 8 aviones anuales. Consecuentemente, el horizonte agrupador de este programa se ha modificado igualmente, pasando de Z8 a ZD. Estos son las repercusiones que han tenido los cambios:

- Anteriormente teníamos una cadencia de 17 aviones anuales y un horizonte agrupador de 120 días (Z8). Esto significaba que se debían lanzar dos órdenes al año para este programa con la siguiente cantidad de Part Numbers:

$$\boxed{17/2 \equiv 8,5 \approx 10}$$

Con lo cual significaba que se debían lanzar **dos órdenes al año con 10 piezas cada una**, generándose un stock de 3 piezas anuales. Si con la disminución de cadencia hubiéramos mantenido la misma política agrupadora, hubiéramos tenido que lanzar dos órdenes al año de 10 piezas cada una, generándose un stock de doce piezas anuales, viéndose incrementado el stock en un número considerable de piezas.

- Actualmente, dada la disminución de la cadencia, se ha procedido a tomar el horizonte agrupador de 220 días (ZD), es decir, que según este caso, **se lanzaría una orden anual de 10 piezas**, generándose un stock anual de dos piezas.

Conclusiones

En este caso, la disminución de la cadencia ha provocado que el horizonte agrupador se aumente o, lo que es lo mismo, que el número de órdenes lanzadas anualmente se reduzca, con el objetivo de maximizar el rendimiento de la máquina recantadora y de optimizar los recursos productivos.

Conclusiones

Los cambios de las cadencias de los programas han forzado la búsqueda de nuevos horizontes agrupadores, y, por consiguiente, de nuevas políticas de lotes. Esto se hace teniendo en cuenta que, cuando una cadencia aumenta, se busca procesarla en lotes más pequeños, disminuyendo el horizonte agrupador. Esto presenta sus ventajas

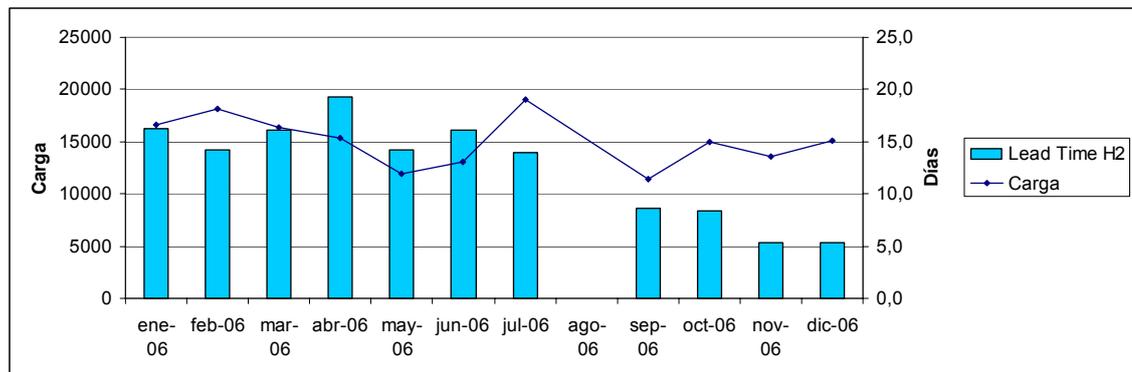
y sus inconvenientes, ya que, como resultado de esta acción, el Lead time de los Part Numbers disminuye, aunque, como inconveniente derivado del procesamiento de un mayor número de órdenes, se genera una mayor burocracia, como resultado de generar nuevas órdenes, establecer contacto con clientes y proveedores... y toda una serie de pasos que es necesario tomar para la realización de esta acción.

8.2.3.5. Estudiar porqué hay tanto stock antes del horno

Diagnóstico

Una de las causas que provocaban que hubiera una discontinuidad en el flujo continuo de producción era el stock existente antes del horno, es decir, en recanteado. Este stock era muy visual, debido a que se podía apreciar en las piezas sobre los carros azules junto al área de recanteado. Este stock generaba una serie de problemas que ya han sido explicados con más detalle en el área de Housekeeping, tales como el tiempo empleado en la búsqueda de piezas, acumulación de las mismas, obsolescencia, aumento del Lead Time de las mismas...factores que causan graves prejuicios económicos, ya que repercuten directamente sobre la obra en curso existente en la fábrica. Sin embargo, este factor se produce porque se recantea demasiado, y esto, a su vez, es debido a la demanda del cliente, factor que no podemos controlar. Sin embargo, sí se puede atacar, en cambio, el stock existente entre esos dos puestos, a través de la implantación de un carril FIFO, de la colocación de carteles en los carros de recanteado...acciones implantadas con anterioridad, y que han ayudado a la disminución de los días de permanencia entre estas dos células.

Esta consecuencia se puede observar más claramente a partir de esta gráfica:



Donde observamos claramente que el Lead Time medio de la célula de Hidroconformado H2 ha disminuido notablemente a lo largo del año 2006, mientras que, por otro lado, la carga de recanteado se mantiene relativamente constante, síntomas inequívocos de que la implementación del carril FIFO y la aplicación de los principios de la Gestión Visual han ayudado a agilizar el flujo de producción.

8.2.3.6. Revisar criterios de criticidad.

Diagnóstico

A pesar de que, en el área de Producción/ Ingeniería/ Utillaje se concluyó que se tenía capacidad suficiente para hacer frente a la criticidad, el número de órdenes críticas en estado 4 generaba el caos en la planta, dándosele prioridad absoluta a ellas, y provocando, de esa forma, la aparición de criticidad en otras piezas que, en un principio, no lo eran. Por ello, se decidió realizar una revisión de los criterios de criticidad, resultando el sistema como a continuación se muestra:

- El número de piezas críticas que deben entregarse para la siguiente semana no debe ser superior a 150 piezas.
- La criticidad se establece según pasos del proceso y no según fecha de entrega, ya que los pasos nos dan el Lead Time de la pieza y establecen la prioridad a la hora del procesamiento de las piezas.
- Se desglosan las órdenes críticas para cubrir cierta cantidad de aviones y, de esta forma, hacer frente más rápidamente a la urgencia de las piezas.
- Proceso:
 1. El viernes sale el listado de código "S"
 2. Se registra en el sistema
 3. El martes a las 10 tiene lugar la reunión de seguimiento
 4. El miércoles por la tarde tienen que estar todas las piezas en el área de Acabado.
 5. El jueves tiene lugar una segunda reunión donde se decide la necesidad de hacer horas extra.

Conclusiones

Con este criterio solo salen unas 22-33 órdenes con código S y, debido a la agilización del flujo de producción resultado de la aplicación de este procedimiento, se comprobó que se tiene capacidad suficiente para hacer frente a las piezas críticas y que, además, éstas no interfieren en las agrupaciones ya montadas. Este método también deberá realizarse para órdenes con código "S". No obstante, se recomienda en un futuro, para aquellos casos en los que halla un pico de producción, calcular la criticidad de las piezas mediante el CR (Criticism Ratio), que es la forma matemática para calcular la criticidad de las piezas y, de esta forma, establecer cuáles son los Part

Numbers que deben procesarse primero. Dicho coeficiente se corresponde con la siguiente fórmula:

$$CR \equiv \frac{(DueDate - PresentTime)}{LeadTime Remaining}$$

Cuyos términos son los siguientes:

- **Due Date:** Fecha real de entrega del producto
- **Present Time:** Fecha actual
- **Lead Time Remaining:** Tiempo que nos queda para entregar la pieza al cliente, que será el tiempo que le queda a la pieza para pasar de estado 4 a estado 5 más el tiempo necesario para que la pieza llegue al cliente:

$$Lead Time Remaining = (T_{est5} - T_{est4}) + T_{entrega}$$

De la definición de dicho coeficiente se desprende que:

- $CR = 1 \rightarrow$ Tenemos el tiempo justo para entregar la pieza
- $CR < 1 \rightarrow$ La pieza llega con retraso
- $CR > 1 \rightarrow$ Tenemos tiempo de sobra para entregar la pieza

De este análisis se desprende que la pieza es crítica cuando $CR < 1$. La situación ideal sería que CR fuera igual a 1, ya que significa que tenemos el tiempo adecuado para la entrega de la pieza, aunque no es del todo recomendable, ya que pueden aparecer obstáculos que provoquen retrasos y, de forma automática, la criticidad de la pieza. No obstante, y a modo de conclusión, sería la situación en la que $CR > 1$ cuando podemos afirmar con mayor seguridad que la pieza no sufrirá retrasos, al disponer de un colchón de seguridad temporal. Sin embargo, esta situación puede llegar a ser perjudicial, ya que, si la pieza se fabrica con mucha antelación da lugar a un aumento descomunal del Lead time de la misma, junto con todo lo que ello conlleva: aparición de inventario, obsolescencia...concluyéndose que hay que llegar a un equilibrio entre $CR = 1$ y $CR > 1$.

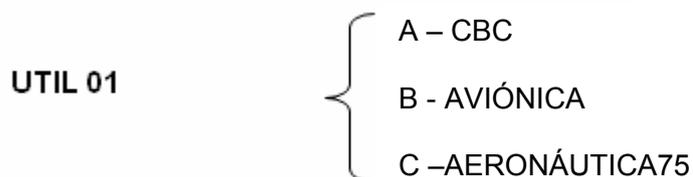
8.2.3.7. Evitar que un útil se utilice en dos fábricas diferentes.

Situación inicial

Una de las muchas paradas que se producían en la prensa de hidroconformado era a consecuencia de la deslocalización de los útiles entre numerosas empresas auxiliares o incluso dentro de la propia empresa, en otras factorías. Esto era debido a la existencia de determinadas piezas que eran fabricadas en distintas factorías, bien debido a pertenecer a programas diferentes, cuya fabricación se producía, a su vez, en distintas factorías, o bien por la existencia de determinados útiles que pertenecían a más de un Part Number. En determinadas ocasiones, estos Part Numbers se procesaban, a su vez, en distintas factorías, con lo cual y con relativa frecuencia, los operarios se encontraban con el problema de que los útiles no se encontraban en la fábrica, ya que estaba siendo utilizado por otra factoría, generándose, de tal forma, cuantiosas esperas.

Situación propuesta

Las posibles soluciones que se propusieron surgieron a partir de un problema genérico, propuesto para buscar una solución apropiada al mismo. Para ello, suponemos la existencia de un útil genérico 01 que abastece a tres tipos diferentes de piezas, las cuales son A, B y C. Estas tres piezas se fabrican, respectivamente, en el CBC, en AVIÓNICA y en AERONAUTICA75, tal y como mostramos a continuación:



En función del problema mostrado, surgieron dos posibles soluciones:

1. Cada uno de los centros debe fabricar sus propios útiles. A continuación, mostramos gráficamente la solución:

UTIL 01 → A – CBC

UTIL 02 → B – AVIÓNICA

UTIL 03 → C – AERONAUTICA75

2. La segunda posibilidad es la unificación de las piezas que se fabrican con un mismo útil en una de las tres factorías. A continuación, representamos gráficamente esta posibilidad:



De estas dos posibilidades nosotros comenzaremos unificando las piezas en nuestro centro, y después, estudiaremos la posibilidad de duplicar utillaje, siempre que sea posible y rentable. Para comenzar, sacaremos un listado de aquellos útiles que se utilizan para la fabricación de varias piezas diferentes y, a continuación, decidiremos en que casos unificaremos el lugar de fabricación de la pieza o, por el contrario, duplicaremos el utillaje.

Sacar listado de útiles-lugar de fabricación

Para realizar esta acción sacamos, en primer lugar, un listado de todos los útiles que se utilizaban para el procesado de más de una pieza, junto con el almacén en el cual se ubicaban. Con el listado ya en mano, se decidió actuar de la siguiente forma:

- Los útiles de las piezas estándar (con su correspondiente pieza, lógicamente) serán pasados a CBC, en total son 16.
- Con respecto a los útiles correspondientes a piezas no estándar, se concluyó que se trata de útiles que no pueden compartirse, con lo cual, se baraja la posibilidad de duplicación de utillaje. Este es un proceso más lento que habrá que estudiar y valorar económicamente.

Conclusiones

Esta acción es muy útil de cara a reducir posibles criticidades en piezas cuyos útiles no se encuentran en un determinado momento en la fábrica, y que, por tanto, quedan retenidas hasta la llegada de su útil. Sin embargo, esta acción está más orientada de cara a tener un mayor control sobre los útiles, evitando, en la medida de lo posible, la aparición de criticidades, las cuales suelen tratarse de casos muy puntuales.

8.2.4. HOUSEKEEPING

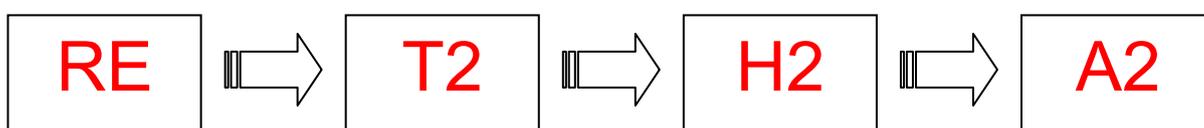
8.2.4.1. Detallar ubicación de orden a la salida de Recantado y reorganizar stock.

En esta acción se realizará una distinción de las dos partes de la ruta R21 que se ven afectadas por la implantación de esta acción: Recantado y Temple.

8.2.4.1.1. Ruta R21: Recantado

Situación inicial

Los procesos que definen esta ruta son los siguientes:



La operativa en el ámbito logístico se realizaba de la siguiente manera:

Una vez que la orden es lanzada por parte de Planificación, ésta queda registrada en el sistema (CIC) como Orden disponible para encajado. Cuando la persona encargada de realizar el encajado termina, manda éste a la máquina recantadora. El operario selecciona el encajado a recantar, y, una vez realizado, la máquina, mediante un rayo láser, identifica pieza a pieza según posterior tratamiento. Después de esta operación, las piezas se pasan a la célula de rebarbado. Posteriormente, el usuario que la cierra transporta las piezas según su operación a su ubicación correspondiente. En el caso de aquellas piezas que seguían la ruta de temple (R21), éstas eran colocadas en los carros de recantado sin ningún tipo de registro de identificación de agrupación, lo que suponía el caos para los operarios de la célula de Hidroconformado y para la persona encargada de hacer las agrupaciones, ya que tenían que buscar una determinada orden entre 6 carros con cuatro bandejas cada uno, repletos todos ellos de órdenes.

Situación propuesta

Actualmente, para evitar el caos generado por la colocación de las piezas en los carros de recantado sin criterio ni registro alguno, se procede de la siguiente manera:

Las piezas, según operaciones posteriores, tienen marcadas una ubicación concreta. Dicha ubicación relaciona el proceso que seguirá la pieza posteriormente con un carro concreto. En ocasiones, un mismo proceso puede estar relacionado con más de un carro debido al volumen del mismo. Así, dicha distribución queda como a continuación se muestra:

CARRO 1	CARRO 2	CARRO 3	CARRO 4	CARRO 5	CARRO 6	CARRO 7
Proc. 13	Proc. 13	Proc. 13	Proc. 12,14	25, 26, 27	Sin T.T.	Código 05

Siguiendo este criterio, el operario, cuando cierra la operación de rebarbado, consulta en el sistema los procesos posteriores, y, en función de la ocupación del carro correspondiente, decidirá la bandeja donde colocar la pieza o incluso el carro, dependiendo de si el proceso acepta o no más de un carro para su localización. Así, una vez finalizada la operación de rebarbado, la orden en cuestión es registrada en el sistema y transportada a su ubicación correspondiente, que vendrá determinada por el número de carro correspondiente y por la bandeja del mismo.

Identificación de los carros de recantado.

Se ha procedido a identificar físicamente cada carro asignándole un número a cada uno, del 1 al 6. La ubicación en las bandejas, aunque no se halla identificado físicamente, queda recogida en el sistema una vez que la orden es registrada, de manera que, cuando la persona encargada de hacer las agrupaciones para Hidroconformado tenga que ir a buscar una orden, sólo tendrá que consultar en el sistema su ubicación, obteniendo como información el nº del carro y la bandeja correspondiente.

8.2.4.1.2. Ruta R21: Temple

Situación inicial

El temple es el segundo paso de la ruta R21. Las agrupaciones de prensa formadas con piezas con proceso de Temple anterior se colocan disponibles para su tratamiento en T2.

La persona encargada de realizar las agrupaciones para temple, a partir de la agrupación disponible para tratar, selecciona las órdenes que va a agrupar para el TT. El CIC le muestra el modelo de la pieza, el código de proceso de TT y los datos principales. Una vez localizada la orden, lee el Moby para identificarla. Se emite una documentación por agrupación que consta de una hoja por cada orden y que muestra la imagen de la pieza y los datos principales de la orden para su fácil identificación. Los Mobys identificadores de cada orden se controlan por hoja para su asignación al final del proceso.

La persona encargada de realizar las agrupaciones para temple selecciona las piezas de los carros de recantado y las asocia a la documentación correspondiente. Posteriormente, los peones se encargan de traspasar las piezas de los carros de

recanteado a los carros de temple. Una vez transportadas, los operarios de temple las colocan en los bastidores.

Las piezas, en función del material y del proceso, son tratadas en el horno a una temperatura comprendida entre 470-495 ° C, con un tiempo entre 35 y 45 min. Dichas condiciones vienen especificadas en la documentación gráfica que se extrajo al generarse la orden para Hidroconformado.

Salida del proceso: Mantenimiento del estado AQ. El criterio es almacenar las piezas lo antes posible en el almacén frigorífico y someterlas a un enfriamiento rápido (a -28° C aproximadamente). Un Nesting de prensa completo debe quedar almacenado en el frigorífico asignado (al lado del puesto de preparación de prensa correspondiente). En el caso de que necesiten operación de planeado, esta se realizará previamente a su introducción en la nevera.

Situación propuesta

Anteriormente, cuando la persona que realizaba las agrupaciones en temple tenía que localizar las piezas en los carros de recanteado, debido a la gran cantidad de piezas colocadas sin criterio alguno en los 6 carros existentes, consumía bastante tiempo en localizarlas para asignarles la orden correspondiente. Esta acción facilita enormemente la labor de localización de las piezas en los carros de recanteado, agilizando el proceso y favoreciendo a su vez el flujo continuo del mismo.

Conclusiones

La acción de marcar los carros de recanteado afecta a distintas parte de la ruta de temple, ya que, para la implantación de la acción, es necesaria la colaboración del personal de Recanteado y del de Temple. Sin embargo, una vez realizado, agiliza el flujo enormemente y quita una gran cantidad de carga a aquellas personas que consumían una gran cantidad de tiempo en localizar las piezas.

8.2.4.2. Marcar carros de Recocido (Ruta R22)

Situación inicial

Las operaciones que definen esta ruta son las siguientes:



La operativa anterior se realizaba de la siguiente manera:

Una vez cerrada la operación de rebarbado, las piezas destinadas a recocido se colocaban en un carro situado junto al puesto de registro de cierre de operaciones. Para ello, se utilizaban tres de las cuatro bandejas de las que constaba el carro para clasificar las piezas según su proceso de recocido, a saber: recocido 01, recocido 02 y recocido 03. Tras su paso por el horno (el transporte de las piezas desde el carro hasta el horno lo realiza cualquiera de los operarios del área que estén certificados para ello) las piezas son transportadas a un carro situado junto al área de Hidroconformado. Es en ese momento cuando la persona encargada de realizar las agrupaciones genera las correspondientes de recocido, y asocia a cada orden su documentación correspondiente. Los operarios transportan las agrupaciones de recocido al pallet correspondiente, comenzando así el ciclo de prensado.

Situación propuesta

Para facilitar el flujo continuo y la dinámica de trabajo de los operarios del área de Hidroconformado, se ha utilizado el concepto de Gestión Visual para agilizar el trabajo de los mismos. Este concepto se materializó de la siguiente forma:

Sustituimos el carro sobre el que se colocaban todas las piezas de recocido por dos carros, cuya situación y funcionalidad son explicadas a continuación:

- En un carro situado en el mismo lugar que el que teníamos inicialmente colocamos otro o dedicamos el que teníamos en un principio única y exclusivamente para Piezas de Recocido. Esto implica que, desde el punto de vista logístico, la operativa halla permanecido igual, ya que el proceso sigue siendo el mismo: cuando las piezas con proceso posterior de Hidroconformado terminan la operación de recocido, son transportadas al carro próximo a la prensa. Sin embargo, desde el punto de vista de la gestión visual, se ha introducido una novedad: la identificación de ese carro con un cartel para dedicarlo a la recepción de las piezas de recocido. Esto facilita enormemente la tarea de identificación de la faena correspondiente a recocido, ya que con un simple vistazo del carro podemos advertir la cantidad de faena acumulada o la falta de la misma, y actuar en función de la situación. Con ello, tenemos

ganada otra ventaja más: el hecho de que el carro de piezas de recocido esté identificado como tal implica que dichas piezas no estén distribuidas por toda la planta, sino concentradas en un punto concreto, constituyendo un indicador de la marcha del proceso, facilitando la actuación en consecuencia de la situación del mismo.

- Se reserva otro carro para la recepción de las agrupaciones de recocido. Dicho carro se encuentra en una posición distinta al anterior (más cercano al puesto de recocido) para facilitar el posterior transporte por parte de los operarios del área al puesto correspondiente. Dicho carro está identificado mediante un cartel con la inscripción Agrupaciones de Recocido.

Conclusiones

Esta acción, implantada por gestión visual, consigue un objetivo primordial, como es agilizar el flujo del proceso, actuando conjuntamente en dos campos diferentes: la logística y el housekeeping.

- Desde el punto de vista logístico, el hecho de separar en carros diferentes las piezas de recocido de las agrupaciones de recocido implica agilidad en la toma de decisiones y actuación inmediata, derivada de la percepción inmediata de la situación del proceso con los dos carros. Así, la gestión visual juega un papel importante en la agilización del proceso, materializado mediante las pertinentes actuaciones en el ámbito de la logística, ya que, en el momento en el que se perciba el carro de piezas de recocido completo y el carro de agrupaciones de recocido semivacío, esto impulsará la generación de agrupaciones para aliviar el primer carro, situación que no se daría si tuviéramos solamente un carro, ya que se amontonarían piezas de distintos procesos sin control alguno, entorpeciendo la labor de los operarios.
- Dentro del área de housekeeping, el hecho de identificar ambos carros y de separar las piezas de las agrupaciones hace que todas las piezas de recocido estén concentradas en un sitio, evitando que el carro utilizado sirva como almacenaje de piezas de otros procesos. Además, facilita la labor de transporte de las agrupaciones hacia el puesto de prensa, no solo por la cercanía, sino por la agilidad derivada de una percepción más clara de las agrupaciones, que no se daría si piezas y agrupaciones estuvieran conviviendo en un carro.

8.2.4.3. Organizar piezas con código 05

Las órdenes en estado 4 detenidas en taller durante el proceso de fabricación obedecen a los llamados códigos de detención, clasificados en 10 categorías:

CÓDIGO DETENCIÓN	ÁREA	MOTIVO
02	Taller	Corrección defectos
03	Ingeniería Taller	Problemas técnicos
05	C.P. Utillaje	Falta de útiles
08	Subcontratación	Orden pasada a subcontratación
10	Ing. Fabricación	Falta documentación
20	Aprovisionamiento	Falta materia prima
65	Taller	P.P. de útiles
80	Ing. Fabricación	Pte. modificación
81	Log. Fabricación	Mod. Cadencia
90	Almacén útiles	Útil desconocido

El código de detención 05 se refiere a aquellas piezas en estado 4 (en taller) cuyos útiles no están disponibles, bien sea porque no están en la planta (subcontratación), porque se trata de piezas correspondientes a programas nuevos cuyos útiles no están aún fabricados o porque, a pesar de que los útiles se encuentran en planta, poseen algún tipo de defecto y deben, por tanto, ser reparados.

Situación inicial

Las piezas en estado 4 que quedan retenidas bajo el código de detención 05 son registradas en el sistema con ese código de error. Periódicamente, se saca una lista en la que se muestran las órdenes retenidas y sus responsables para que actúen sobre ellas. Dicha lista se obtiene a partir de una consulta proporcionada por el sistema (CIC).

El problema que se tenía con esta metodología era que, a pesar de que estas órdenes retenidas quedaban perfectamente registradas en el sistema, era muy difícil actuar

sobre ellas físicamente, ya que no gozaban de una ubicación concreta en la planta. Dichas piezas, cuando quedaban retenidas, se disponían a lo largo del taller, dificultando enormemente la tarea de localizar dichas piezas y, en consecuencia, la posibilidad de poder actuar sobre ellas.

Situación propuesta

Debido a que el problema que había con estas piezas era generado por la dificultad de su localización en el taller, se propuso la solución de ubicarlas en un lugar concreto, debidamente señalado, y separando aquellas piezas con código de detención 05 de la ruta de temple de aquellas con código de detención 05 pertenecientes a la ruta de recocido.

Implantación de la acción

Para que la identificación de las órdenes con código 05 sea lo más rápida y sencilla posible, se ha tenido en cuenta el tipo de proceso que sigue la orden y, en función de dicho proceso, se ha procedido a la identificación de la localización más adecuada para la orden en cuestión. Así, se ha distinguido entre dos tipos de procesos: temple y recocido.

- Temple

Para el proceso de Temple se ha decidido ubicar dichas piezas en los carros de recantado. Para ello, se ha destinado uno de los seis carros (concretamente el carro número 6) a la recepción de las órdenes con ese código de detención.

- Recocido

En el caso del proceso de recocido, se ha decidido ubicar la recepción de dichas órdenes en un carro situado junto al carro destinado a la recepción de las piezas de recocido, destinándose para ello las dos últimas bandejas del mismo.

Con esta acción, la actuación a nivel logístico es mejorada notablemente, ya que se reduce a la obtención de la información a través del sistema y a la localización de la orden en función del proceso que siga. Es entonces cuando, una vez localizado el útil, la orden correspondiente es asociada con dicho útil y transportada mediante un carro hasta el proceso siguiente, separándola así de las demás órdenes que siguen retenidas con código de detención 05.

Conclusiones

Dicha actuación, perteneciente al área de Housekeeping (orden y limpieza) e implantada mediante gestión visual, cumple conjuntamente con una doble finalidad:

- Por un lado, la opción de concentrar todas las piezas de código 05 en un lugar concreto facilita enormemente las tareas de gestión de búsqueda de dichas piezas. Esto hace que el tiempo que se emplea en localizarlas disminuya enormemente, repercutiendo también, por un lado, en la agilización del proceso, ya que favorece el flujo continuo, y, por otro lado, en la reducción de los atrasos en las entregas de las piezas. Por supuesto, no hay que olvidar la reducción de inventario y todo lo que ello conlleva (obsolescencia, pérdida de valor del producto, gastos generados por el espacio físico que ocupa dicha orden...) que se pueden evitar o, al menos, reducir mediante esta actuación.
- Por otro lado, y más orientado en la dirección de las ventajas que conlleva implantar una buena gestión visual, la identificación directa (a simple vista) de los carros que contienen dichas órdenes incentiva la labor de actuación sobre ellas, al percibirse directamente el volumen de las órdenes retenidas bajo ese código de detención.

8.2.4.4. Procedimiento de scrap de material obsoleto en estanterías (piezas no efectivas)

Diagnóstico

En ocasiones, algunas órdenes se convierten en obsoletas durante su proceso de fabricación en el taller. Dicha obsolescencia viene dada por dos caminos diferentes:

- Obsolescencia por planificación

Este tipo de obsolescencia se produce porque una orden en estado 0 que haya sido lanzada sea cancelada por el cliente o por el sistema, y no se cancele en el taller. La orden, como no ha sido invalidada, sigue su curso hasta que pasa a estado 5 (terminada). Tenemos entonces una orden terminada en el taller que pasa a ser scrap inmediatamente pero, al no haber sido identificada, es depositada en las estanterías aumentando el Lead Time de las piezas y generando inventario, con todos los problemas que ello conlleva (reducción de espacio, gastos...), además del gasto innecesario que supone procesar una orden que no es requerida por el cliente.

- Obsolescencia por modificaciones

En algunos casos, algunas piezas pasan a ser obsoletas debido a modificaciones introducidas en su diseño. Dichas modificaciones no son recogidas en el sistema, y siguen fabricándose de acuerdo a antiguas especificaciones. Estas piezas se fabrican, y cuando pasan a estado 5 se almacenan en las estanterías correspondientes, generando, al igual que en el caso anterior, inventario y cuantiosos gastos innecesarios.

Situación inicial

Antiguamente, para tratar este problema, se realizaban una serie de procedimientos no estandarizados en los que intervenían Planificación, Ingeniería y Calidad, entre otros. Sin embargo, al no haber una estandarización de los mismos, en ocasiones se producían descoordinaciones entre los distintos grupos participantes en el proceso. Para evitar este problema, se decidió organizar y escribir el procedimiento para clarificar el proceso de cara a evitar posibles confusiones futuras. El procedimiento quedó totalmente definido como a continuación se muestra:

Situación propuesta

Los Grupos participantes: Ing. cabecera, Ing. Chapistería, Planificación y control de materiales, Ing. Taller, Producción y Calidad.

Procedimiento

La ingeniería de cabecera, en el *Comité de modificaciones*, analiza aquellos Part Numbers sujetos a modificaciones para evitar el procesado de todos aquellos que aún no hayan sido modificados, para evitar la obsolescencia que generaría su fabricación. Por ello, Planificación y Control de Materiales debe encargarse del análisis de las órdenes sin demanda, realizado a través del SAP y del Browser, para cancelar todas aquellas en las que el P.N. a fabricar no esté actualizado. A través de la actuación conjunta de Ing. de cabecera y Planificación y Control de Materiales, Ing. de Chapistería debe, en función de las modificaciones y de los programas que hallan sido afectados por ellas, asignar una serie de responsables que realicen el análisis técnico de los Part Numbers afectados y ejecuten las acciones pertinentes. Así, en función del estado en el que se encuentre la orden (según si está en proceso en estado 4 o en almacén en estado 5) las actuaciones y los grupos implicados en ellas serán diferentes:

La orden está siendo procesada

En este caso, la actuación a seguir será DETENER LA ORDEN. Hay que paralizar la fabricación de la misma debido a que su modificación está en estudio. Para ello, Ing. de Taller detiene la orden asignándole el código 80 (pendiente de modificación). Es entonces cuando Producción localiza las piezas en taller y segrega las órdenes de las piezas. Dichas piezas son entregadas a Ing. de Chapistería para su análisis técnico. La documentación de estas órdenes es entregada a Calidad para su destrucción.

Obra en Curso o existencia en almacenes

En este caso estamos ante PIEZAS INÚTILES que se convirtieron en obsoletas durante el proceso de fabricación. Dichas piezas pueden estar fabricándose o como stock en el almacén. Para ello, Planificación y Control de Materiales, a través del SAP, se encarga del control de cierre y liquidación de órdenes mediante la ejecución de la consulta MD04, que le proporciona información de los requerimientos y órdenes en taller, en estado 0 y terminadas que tenemos actualmente. Las piezas pendientes de útiles son detenidas con código de detención 65. Todas las piezas inútiles (detenidas o no) son comunicadas a taller, donde Producción se encarga de localizar y segregar las órdenes de las piezas. Una vez que las órdenes han sido localizadas, Producción las devuelve a Planificación y Control de Materiales, que proceden al cierre o a la liquidación de la orden en función de las modificaciones previstas por el Comité de Modificaciones. Se coordina entonces con Materiales la retirada de stock y se entrega la documentación a Calidad, que se encarga de su destrucción y de la de las piezas correspondientes.

Reprocesar

En este caso nos encontramos ante órdenes que se encuentran como obra en curso o constituyendo stock en almacén. Ingeniería de Taller registra la Orden de Reproceso y

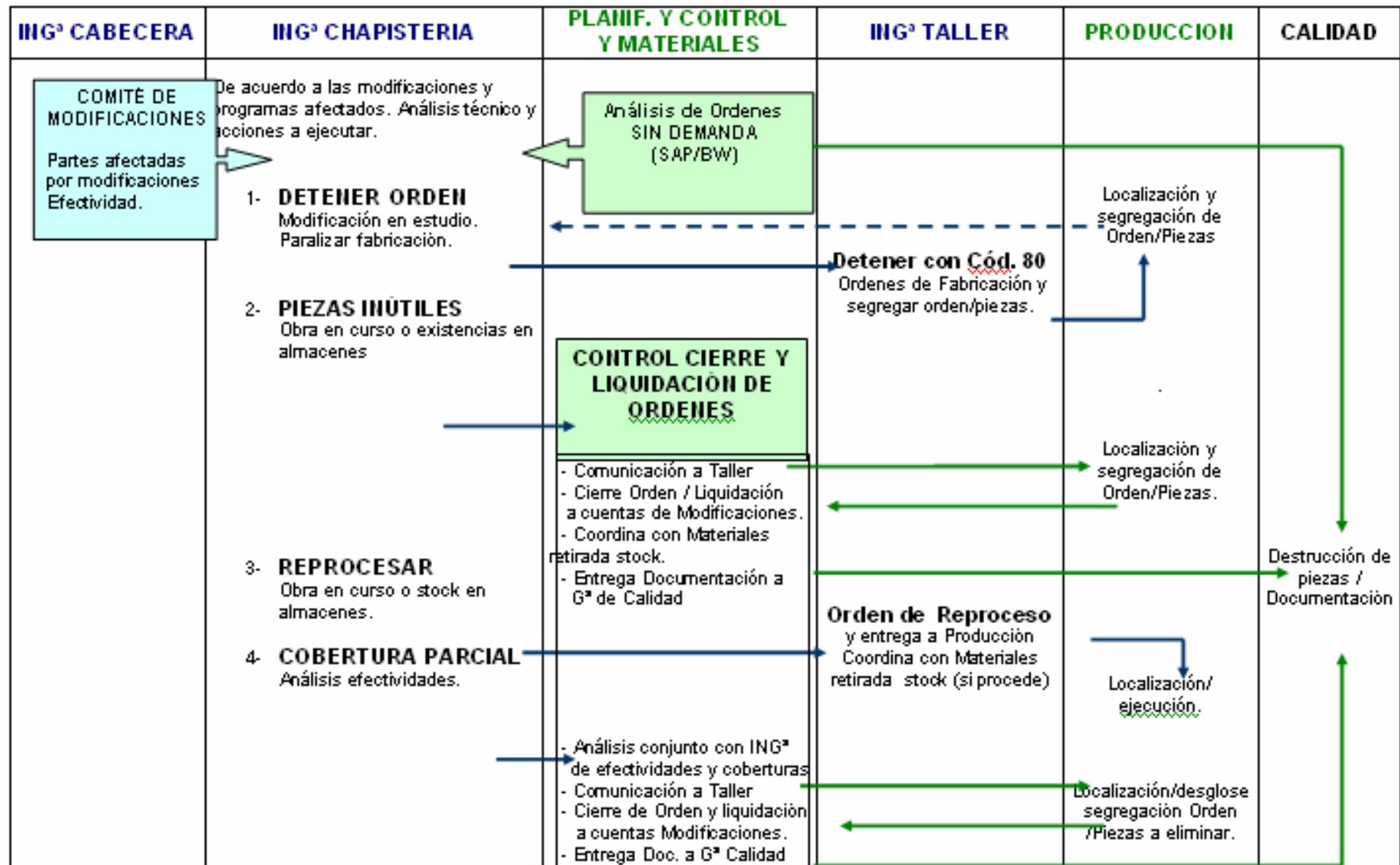
se la entrega a Producción o, si procede, coordina con Materiales la retirada de stock en almacén, encargándose Producción de la localización y ejecución de las acciones.

Cobertura parcial

En los casos de cobertura parcial se realiza un análisis de efectividades de las piezas que se fabrican de más. Dicho análisis lo realizan conjuntamente Planificación y Control de Materiales e Ing. de efectividades y coberturas, que comunican a taller las órdenes sobre las que van a actuar. Éstos se encargan de la localización de las órdenes y del desglose de las piezas a eliminar de la orden a la que corresponden. Concluida esta acción, Producción entrega las órdenes a Planificación y Control de Materiales, que proceden al cierre de la orden y a la liquidación de la misma a cuenta de modificaciones. Finalmente, la documentación de la orden cerrada es entregada a Calidad, donde se produce la destrucción de las piezas y de la documentación correspondiente.

Dicho procedimiento es esquematizado como a continuación se muestra:

PROCEDIMIENTO DE GESTION DE MODIFICACIONES



8.2.4.5. Organizar zona de previos

Diagnóstico

Los previos son rutas no establecidas en el sistema en las que antes de H2 hay conformado manual. La necesidad de organizar una zona específica para este tipo de rutas surgió a partir de las dificultades derivadas de su inexistencia formal en el sistema, ya que eran muchos los chapistas que se dedicaban a este tipo de operaciones. El problema residía en que, al no estar registradas en el sistema, no podían cerrarse cuando se daban por terminadas, con lo cual, las horas que el operario dedicaba a este tipo de operaciones quedaban injustificadas de cara a un registro formal de las mismas.

Existen también, aparte de operaciones de conformado manual no registradas, recocidos previos que no están en ruta, como se vio en una de las sesiones anteriores. En la orden viene si hay que hacer el recocido previo. Estas situaciones generan una serie de problemas, que son los que a continuación se muestran.

Problemas detectados

En una reunión se instó a cerrar órdenes por parte de los operarios de Conformado Manual. La plantilla se siente más controlada cuando, al terminar una operación, se produce el cierre de la misma en el sistema, y como el tipo de trabajos descritos anteriormente no quedan registrados en ningún lado, ese tipo de piezas se queda parado, cosa que antes no ocurría. Se tiene, por tanto, dos opciones:

- Se dan de alta todas las rutas. Mediante esta opción el cierre de las mismas queda registrado en el sistema, y, de esa forma, queda constancia en el mismo de que los operarios se han dedicado al conformado de las mismas.
- Se gestionan visualmente las rutas alternativas y se encarga de este trabajo el personal de la bandeja manual de H2. Se han tomado los primeros pasos para esta opción. De conseguir este objetivo, se evitarían desplazamientos del personal de A2.

Algunos recocidos previos de los descritos no están estandarizados (no se hacen siempre). La estandarización es el único método de obtener un flujo y una calidad homogéneos. Se acordó, asimismo, que sería factible poner una estantería y una mesa de conformado cerca de la mesa manual de la prensa para que en ese área se realizasen este tipo de trabajos, reduciéndose los viajes por parte de los operarios. El personal de prensa estará mejor aprovechado si se consigue subir la disponibilidad y bajar los microparos de la prensa, con lo cual tendrá capacidad sobrante que será cubierta por este trabajo.

Marcar carro donde van estas piezas y lugar de almacenamiento. La gestión visual será principal. Las soluciones adoptadas son descritas a continuación.

Solución propuesta

Los previos son unas operaciones, tal y como explicamos anteriormente, muy incómodas, ya que implican sacar al operario de la prensa o del horno de su lugar habitual para encargarse de esta tarea., y por otra parte, los operarios de conformado manual son también reacios a realizar este tipo de actividades, ya que no quedan registradas en el sistema. Sin embargo, y debido a que se trata de un grupo muy numeroso de piezas, éstas merecen una especial atención, ya que están presentes en las siguientes rutas:

- RE-TR-A2-H2-T2-A2
- RE-TR-H2-A2-T2-A2
- RE-TR-H2-A2-H2-T2-A2
- RE-TR-H2-A2-T2-H2-A2
- RE-T2-H2-A2-H2-A2

Dado que la estandarización de rutas no es posible, ya que el sistema no fue concebido así en su desarrollo, se decidió que un operario de conformado manual fuera el encargado de realizar estas actividades, especializándose en ellas. Asimismo, y para que el trabajo de los previos no se acumulara, se decidió, cumpliendo en la medida de lo posible con las normas de la Gestión Visual, destinar un carro para ello, donde se apilasen las piezas que precisaban este tratamiento. De esta forma, el operario encargado de dicha actividad conoce, con un simple vistazo, el estado de procesado de estas piezas, actuando en consecuencia. Para ello, se destinó un carro en el que una de sus baldas estuviera señalada convenientemente para la recepción de dichas piezas. Su ubicación se decidió que fuera junto al área de conformado manual, ya que el operario que se encargaría de estas piezas sería un chapista, evitándose el desplazamiento de los operarios de la prensa. De esta forma, el chapista encargado de estas operaciones es oficialmente el encargado de cerrarlas, aunque no estén registradas en el sistema, y el maestro de Línea justificará las horas de dedicación del mismo.

Conclusiones

Con este sistema se evita que las piezas que precisan de conformados previos a determinadas operaciones no se acumulen por falta de personal dispuesto a realizarlo, dado que no están registradas en el sistema. Además, aplicando los principios de la Gestión Visual se conoce, con un simple vistazo, la situación de dichas piezas,

evitándose, de tal forma, que la producción se quede paralizada, y que dichas piezas no se conviertan en críticas.

8.2.5. MEJORA CONTINUA

8.2.5.1. Instauración reunión semanal

Diagnóstico

Las reuniones entre los miembros del grupo de trabajo, independiente de la frecuencia que tengan, no tienen otra función que la simple y derivada de ellas mismas: Transmitir información. Por tanto, es de vital importancia que la comunicación sea clara y concisa, teniendo muy claro:

1. Qué información va a ser tratada. Este tipo de reuniones tiene como objetivo mejorar el flujo productivo a través de la transmisión de impresiones e incidencias, con lo cual, es de vital importancia tener claros los temas que van a ser tratados, para no desviarse del objetivo fundamental de la reunión, y emplear el tiempo en otras cosas, perdiendo de esa forma, totalmente, el objetivo de la reunión.
2. Cómo va a ser plasmada esa reunión. Es necesaria la existencia de un parte de incidencias donde se recojan los temas que han sido tratados, así como las personas involucradas que han participado en la reunión, y las sugerencias aportadas por las mismas.

Además de esta reunión, aunque no siempre es posible, sería conveniente otra reunión de cinco minutos entre turnos donde se comunicasen las incidencias acaecidas en el turno anterior, quedando reflejada ésta en algún panel de manera gráfica para hacer uso de ella en caso de necesidad.

Solución propuesta

Ante la imposibilidad de realizar reuniones de solape entre turnos, se decide complementar y afianzar la reunión de información sobre la marcha de la empresa. Esta reunión tendrá periodicidad semanal y en ella se tratarán los siguientes temas:

- Temas reunión de dirección
- Órdenes urgentes que van a venir
- Visitas que se van a recibir
- Problemas Calidad en Cliente
- Objetivos de terminación
- Ideas de Mejora
- OEE

Conclusiones

La correcta y fluida transmisión de información entre los distintos niveles de la empresa es de vital importancia para la buena marcha de la producción, y es factor fundamental en la gestión Lean, que promueve la comunicación como factor clave para la mejora.

8.2.5.2. Colocar panel de información

El panel de información es una herramienta muy valiosa dentro de la filosofía Lean Manufacturing, con unos conceptos muy arraigados en la gestión visual (de hecho, su diseño se basa en dichos principios), y que persiguen informar eficiente y gráficamente de la situación de la célula para que los operarios y/o maestros actúen en consecuencia. Dicho panel presenta una serie de características muy definidas y estudiadas, y que facilitan una comunicación visual con la mayor información posible. A continuación presentamos los objetivos y características que debe cumplir dicho panel, así como la aplicación y adaptación de dichas características a nuestro proceso.

Panel de información

Funciones del panel

El panel de información es un ejemplo de aplicación de gestión visual que cumple las siguientes funciones:

- Recoge las sugerencias de mejora de los operarios de producción. Esto supone IMPLICACIÓN.
- Informa a los operarios de la marcha de la célula, incluyendo:
 - Objetivos de la célula
 - Evolución de la producción
 - Incidencias más importantes: paradas, defectos o seguridad.
 - Planes de mejora continua: acciones realizadas y pendientes.
 - Decisiones adoptadas sobre las sugerencias planteadas.
 - Planes de mejora radical.
- Es una herramienta para la realización de las reuniones diarias.

Ubicación del panel

La ubicación del panel debe cumplir las siguientes características:

- Debe situarse en el entorno de la célula
- Aislado de ambientes ruidosos
- Aislados de ambientes de polvo para mantenerlo limpio.
- En una zona visible

- Protegido del paso de carretillas o puentes grúa
- Protegido de corrientes (puertas) y fuentes de calor (hornos)

Estructura de los datos del panel

Es importante que los paneles presenten la siguiente información:

1. Índices de control:
2. Gráficos con la evolución en el tiempo de los parámetros que determinan el estado de la célula
3. Comparativa respecto a objetivos
4. Zooms
5. Relación de las incidencias más importantes registradas
6. Alarmas
7. Situación de los índices que determinan la estabilidad del sistema
8. Automantenimiento
9. Objetivos

○ INDICES DE CONTROL

○ ZOOMS

○ SUGERENCIAS

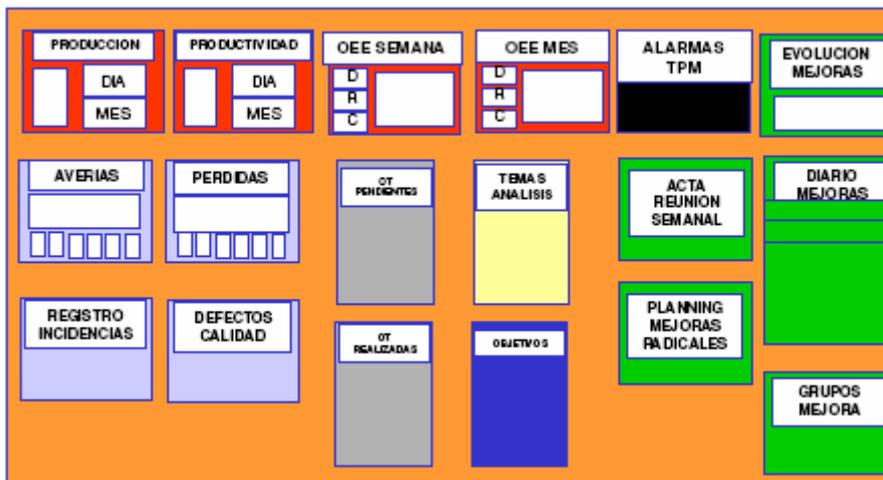
○ MEJORA

○ AUTOMANTENIMIENTO

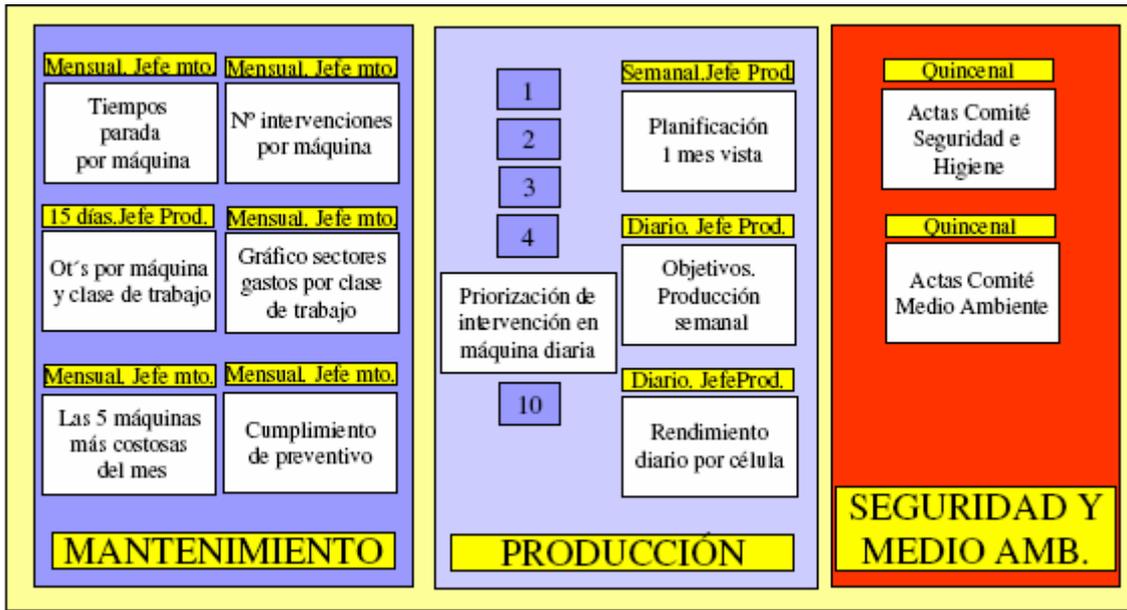
○ ALARMAS

○ OBJETIVOS

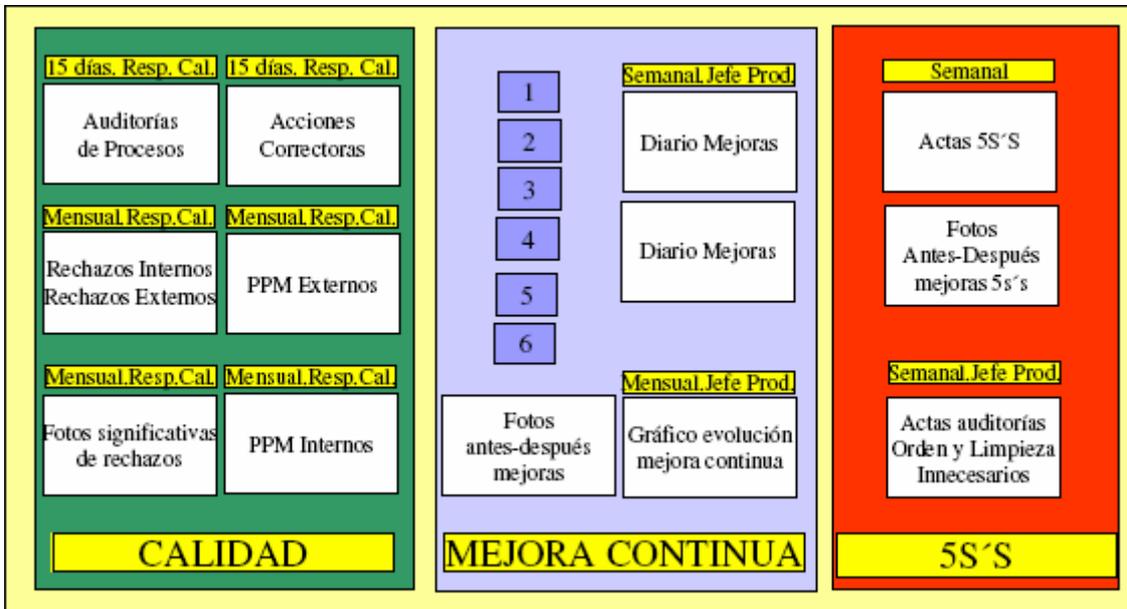
A continuación, presentamos unas ilustraciones gráficas que sirven de ejemplo para ilustrar las características que deben cumplir los paneles:



En este panel quedarían reflejados, de esta forma, todos los aspectos anteriormente detallados. Otros ejemplos serían los siguientes:



En este panel se separan las distintas áreas de actuación, y cumple con una gestión visual más eficientemente que el anterior, ya que los compartimentos se distinguen más fácilmente unos de otros. Otra distribución análoga sería la siguiente:



En este panel se manifiestan las distintas áreas de actuación Lean, orientados para los procesos que hayan sido optimizados a través de esta filosofía. No debemos olvidar que cada empresa y proceso son diferentes, y, por tanto, debemos adaptarlos a nuestras necesidades.

Una vez observados algunos ejemplos de posibles paneles, donde se prima la captación visual de la información, procedemos a la aplicación de esta teoría a nuestro proceso productivo.

Solución propuesta

En nuestro proceso, y debido a las características productivas y a los horarios entre turnos, las decisiones adoptadas fueron las siguientes:

- 2 tableros en forma de L
- Reunión semanal del grupo de trabajo para discutir situación
- Descartada la reunión de solape entre ambos grupos por imposibilidad de horarios.

El tablero tendrá forma de L con cuatro áreas diferenciadas:

En un lado de la L:

1. Calidad
2. Lean

En el otro lado de la L:

3. Producción
4. Pizarra Veleda para anotación de información necesaria para el turno/s siguiente/s.

Se recomienda el uso de PC doblado transparente para alojar las hojas de información, pero otras formas son válidas mientras sean de fácil limpieza y tengan suficiente transparencia.

Área Lean

Sería conveniente que hubiese una carpeta para cada plan de acciones (6), con el fin de que los empleados puedan ver exactamente qué acciones se están tomando, sabiendo si sus sugerencias han sido tenidas en cuenta o si tienen alguna idea complementaria a las ya existentes. Sería recomendable que existiese un espacio para la hoja de seguimiento de indicadores y algunos más para fotos sobre lo que se está haciendo.

No incluir información económica o susceptible de confidencialidad.

Incluir unos post-it y un área vacía para que quién lea la información pueda añadir sugerencias estrictamente relacionadas con las áreas tratadas. Para ello, se escribe el post-it, se pega en el área vacía y se recoge y trata en la siguiente reunión de seguimiento del Ciclo Kaizen.

En un futuro este mecanismo puede servir para que los empleados den ideas sobre áreas de trabajo incluso de manera previa a la lluvia de ideas del despliegue estratégico. Es una opción que CBC utilizará o no en cada caso según considere conveniente en los ciclos Kaizen de años venideros.

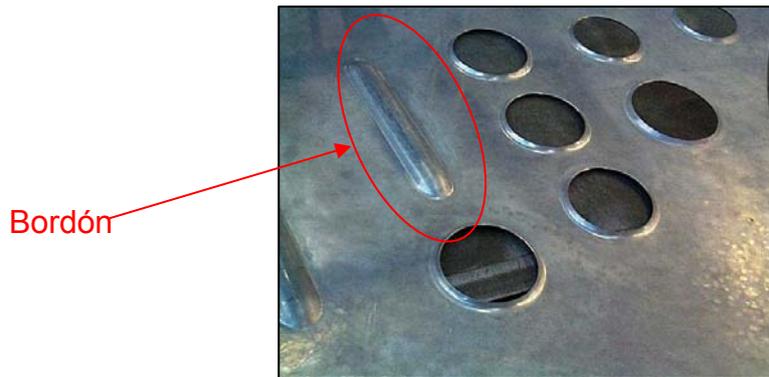
Por tanto, y a modo de resumen, las tareas a realizar para llevar a la práctica la teoría anterior y poner en funcionamiento los paneles serían, esquemáticamente, las siguientes:

1. Decidir Ubicación en Chapistería
2. Enviar información sobre cuántas posiciones para calidad y producción se requieren en Chapistería
3. Pedir oferta e instalar en lugar decidido
4. Decidir documentación necesaria en tablero Lean
5. Enviar copia del documento de formación

8.2.6. CALIDAD

8.2.6.1. Modificación de útiles para evitar grietas por bordones.

Los bordones son unas hendiduras que ciertas piezas poseen sobre su superficie para aumentar la rigidez de las mismas. Estas hendiduras se efectúan en la prensa de Hidroconformado a través de los útiles correspondientes, que le aportan la forma deseada.



Situación inicial

Un problema bastante común que sucede durante el procesado de piezas de este tipo es la aparición de grietas durante la formación del bordon, surgiendo como una consecuencia del estiramiento que sufre el material. En concreto, estas grietas aparecen en la zona de más profundidad del bordon, que es donde el material sufre un mayor estiramiento. Esto genera inutilidades y reprocesos, traducándose en la generación de, aproximadamente, 160 Hojas de No Conformidad al año, con todo el coste extra que genera su aparición. Las acciones que se siguieron para analizar las posibles acciones encaminadas a la reducción de costes comenzaron con la evaluación de los Part Numbers que sufrían grietas por ese motivo, examinando todos los casos. A continuación se presentan los pasos que se dieron en la consecución del proyecto.

Situación propuesta

1. Sacar listado de piezas con HNC's debidas a grietas

A través del sistema se extrajeron los datos correspondientes a los Part Numbers que habían sufrido HNC's por grietas en el periodo comprendido entre el 1 de Febrero de 2006 y el 31 de Mayo del citado año, obteniéndose como resultado que 36 piezas habían sido declaradas como "inutilidad" debido a las grietas formadas. Se pudo comprobar que, aproximadamente, el **75 % de las piezas que aparecían con inutilidades eran consecuencia de los bordones**, siendo las demás el resultado de deficientes diseños o procesados defectuosos. Por tanto, una vez que tenemos el problema raíz responsable de la aparición de las grietas, procedemos a su resolución.

2. Modificación de la norma s/CAN 16059

Como se dijo anteriormente, los bordones son los causantes de la aparición de las grietas. Éstas aparecen en las zonas de mayor profundidad, donde el material se estira más. Sin embargo, no es posible eliminar los bordones del diseño de las piezas, ya que forman parte de un elemento estructural de vital importancia para su rigidez. En consecuencia, se decidió conservar dichos elementos, pero disminuyendo la profundidad de los bordones. Dicha profundidad está normalizada según la norma s/CAN 16059, con una tolerancia anterior de 10 ± 1 (mm). A través de una modificación autorizada, se redujo la tolerancia a 0,5 mm, con lo cual, ya no se producían grietas durante la formación del bordón.

3. Modificación del utillaje correspondiente a piezas con defectos de este tipo

Debido a que existía una gran cantidad de útiles cuyas dimensiones debían ser corregidas para que estuvieran en consonancia con la norma anteriormente citada, se procedió a rebajarles la superficie para que el bordón disminuyera su profundidad

Conclusiones

Esta es una acción con grandes repercusiones en los reprocesos y que, sin embargo, tiene una solución relativamente fácil, donde la principal dificultad reside en la modificación de la norma correspondiente.

8.2.6.2. Análisis de piezas con roturas/ grietas de origen desconocido y aparición aleatoria.

Situación inicial

Estas piezas corresponden al 25 % de las piezas restantes del listado anterior. Las causas por las que se produjeron grietas son muy diversas y, en función de ellas, se procederá a actuar de una forma u otra.

Situación propuesta

- Algunas piezas poseen formas curvas de difícil procesado. Esto se pone de manifiesto en las inutilidades generadas por dichas piezas tras su paso por la prensa, que provoca grietas e, incluso, la rotura en determinados casos. La propuesta de mejora de cara a eliminar estas inutilidades pasa por conformar dichas piezas manualmente, en la célula de Acabado A2.
- En algunas ocasiones, las inutilidades son causadas a partir de un mal conformado en la prensa debido a fallos humanos. Ejemplos de estos casos los encontramos cuando las piezas se posicionan mal en la mesa, con lo cual, el conformado, automáticamente, genera inutilidades. Estos fallos dependen de los operarios de la máquina de H2 y, por lo tanto, su eliminación pasa únicamente a través de un aumento de atención por parte de ellos.
- En otros casos, las inutilidades, a pesar de estar también provocadas por fallos durante el conformado, como un mal posicionamiento de las piezas sobre la mesa, son provocadas por fallos en las fijas que unen las piezas al útil sobre el que serán conformadas. En ocasiones, estas fijas, debido a las elevadas presiones que soportan en el interior de la prensa, se desvían de sus posiciones, arrastrando consigo a las piezas que sujetan, traduciéndose en un conformado defectuoso. La propuesta barajada en su día para la eliminación de estas inutilidades fue diseñar unas fijas extensibles, que poseían una cámara en su cuello de tal forma que, al introducir las en los orificios correspondientes, esta cámara extensible se expandía, evitando la salida de las fijas. Sin embargo, esta situación no se implantó, ya que, a su vez, la utilización de este tipo de fijas generaba una serie de inutilidades provocadas por el atascamiento de las mismas en los orificios. Además, el coste de estas fijas aumentaba considerablemente con respecto a las fijas normales, desechándose, posteriormente esta idea.
- Otras inutilidades eran provocadas directamente por un diseño de las piezas que hacía imposible o muy difícil el correcto conformado de las mismas, aún en manual. En consecuencia, se propusieron cambios en el diseño de estas piezas para facilitar su conformado y eliminar las inutilidades.

- Por último, otras inutilidades se provocaban a partir de los útiles sobre los cuales las piezas eran conformadas. Por lo tanto, la actuación de cara a la eliminación de estas inutilidades pasaba por la construcción de nuevo utillaje.

Con estas acciones pretendemos eliminar las inutilidades por grietas cuyos orígenes son, en un principio, desconocidos.

8.2.7. IT

8.2.7.1. Romper Agrupaciones después de prensa

Situación actual

Cuando se encuentra una orden disponible en la célula de H2 (Hidroconformado Línea 2) debe asignarse a una agrupación, la que, junto con el resto de órdenes que la forman, se asocia a un pallet de prensa para proceder al despacho de sus útiles.

Una vez que se carga la agrupación en el pallet, se envía a un puesto de prensa, y cuando se realizan todas las pasadas necesarias se cierra la operación y se envía a Acabado Línea 2 (A2) con todas las órdenes/útiles que conforman la agrupación. En el momento en que finaliza la operación siguiente (A2) de todas las órdenes de dicha agrupación, el sistema permite que el pallet se envíe al almacén para ser devueltos todos los útiles de forma automática, y es aquí cuando se finaliza la agrupación de H2.

Requerimiento solicitado

Se solicita que la agrupación finalice en el momento en que se termina la operación de H2 y se envíe el pallet a Acabado totalmente libre. De esta forma el pallet simplemente actúa como 'transporte' para los útiles/órdenes que se deseen enviar a A2.

La devolución de útiles al almacén se realizaría de forma manual, dejándolos como despachados pero libres de agrupación.

Solución propuesta

En el momento en que el usuario pulse el botón de 'Enviar a Acabado' al pallet de prensa, se finalizará la operación de H2 para todas las órdenes que la componen y a la vez se actualizará el estado de la agrupación a 'Terminada', quedándose los útiles como 'despachados' y desasignados de dicha agrupación.

El sistema enviará el pallet de forma aleatoria a la zona de Acabado Línea 2, teniendo en cuenta únicamente las ubicaciones libres que queden en ese momento.

En la zona de Acabado será necesario diseñar nuevas pantallas para la movilización libre de los pallet.

Impactos potenciales: Testeo de procesos

Las pantallas afectadas por esta modificación son:

- Hidroconformado / Prensa QFC
 - Monitorización pallets de Prensa.

- Puestos de Prensa (Puesto 1, 2, 3)
- Descarga de Agrupaciones.
- Acabado Verificación / Línea 2:
 - Puestos de Acabado (TRA06, TRA07, TRA08, TRA20)
- Nuevas pantallas de movimiento de pallets.

Descripción

Se debe comprobar que la agrupación finaliza correctamente en H2, y que el movimiento de pallets es factible en las nuevas pantallas que se han de diseñar (sin llevar asociadas agrupaciones de útiles).

Revisión completa del proceso desde que una orden se encuentra disponible en H2 hasta que se finaliza en A2.

Revisión de Gestión de Útiles (despachados y libres de agrupación cuando ésta finaliza).

8.2.7.2. Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salta en temple.

Anteriormente, cuando la criticidad saltaba en Temple, la orden en cuestión pasaba a ser procesada mediante la bandeja manual. Esto consumía gran cantidad de tiempo debido a las lentas e innumerables transacciones que debían llevarse a cabo a través del sistema. Mediante esta acción se pretende reducir el tiempo empleado en ello mediante la modificación de algunas de las pantallas.

Definición y conceptos

- Tipo de Agrupaciones: 'M'. Se va a seguir la misma nomenclatura que en las agrupaciones para la mesa automática.
- Se van a incluir órdenes que satisfagan uno de los siguientes requisitos:
 - Dificultad de Tipo de Proceso.
 - Dimensiones del útil (altura).
 - Criticidad.

No se va a limitar en ningún momento por TP, Ruta o cualquier otro parámetro de los que se tienen en cuenta cuando se genera una agrupación para la mesa automática.

- Este tipo de agrupaciones se va a poder asignar a cualquier pallet de prensa, pero únicamente dicho pallet va a poder ir al puesto TC07 (puesto correspondiente a la mesa manual de H2). Es decir, los únicos movimientos posibles (hasta ahora) para este pallet van a ser:
 - De TRA16 (Puesto de Descarga del Almacén QFC) a TC07 (paso intermedio: TRA17).
 - De TC07 a TRA16.
- Estado de una Agrupación para TC07: una vez creada la agrupación, permanecerá 'DISPONIBLE' hasta que el usuario decida cerrarla.
- Solo existirá en CIC UNA UNICA AGRUPACION EN ESTADO 'EN PROCESO'.
- DESPACHO DE ÚTILES: La agrupación controlará el despacho masivo de útiles, siempre y cuando el palet se encuentre en TRA17. No se va a controlar la devolución masiva, es decir, se va a realizar siempre de forma manual.

Situación propuesta:

- Asignar cualquier pallet de prensa.

- Asignar a este tipo de agrupaciones: AGRUPTP = 'M' → Tendremos entonces 3 tipos de agrupaciones: 'T' y 'R' (para agrupaciones en mesa automática) y 'M' (mesa manual). Esta última incluye tanto las de recocido como las del resto de líneas.

Asignación de órdenes a la agrupación

Eliminar toda restricción de órdenes según ruta, tipo de proceso o cualquier otro parámetro de los que actualmente se validan.

Se debe poner la agrupación en estado 'DISPONIBLE'. Es en este momento cuando debemos asignar el puesto de destino del pallet (caso de que la agrupación fuera de tipo automático), pero en este caso la asignación de puesto es automática: PUESTO TC07 (Mesa Manual).

Prensa QFC / Puesto de Carga.

Se tendrán en cuenta dos opciones:

1. Carga de útiles de las órdenes que se encuentren disponibles en la agrupación manual.
2. Desplazamiento del palete asignado a TC07 (con dicha agrupación manual) hacia dicho puesto desde el TRA17, aún estando vacío, sin útiles cargados.

PRENSA QFC / Puesto Manual

- El palet que tiene asignada la agrupación tipo 'M' (para la Mesa Manual) se encuentra ubicado en este momento en el puesto TC07.
- Es aquí donde podremos gestionar la agrupación, asignando o desasignando órdenes según proceda.

Asociación de órdenes nuevas a la agrupación manual.

- Se podrá asignar cualquier orden independientemente de la Ruta, Tipo de Proceso, o cualquier otro parámetro de los que sí se validan en las agrupaciones destinadas a la mesa automática.
- Se permitirá incluir cualquier orden sin necesidad de que el útil se encuentre DESPACHADO, para posteriormente, si el usuario lo requiere, volver a enviar el pallet al TRA16 y realizar una nueva carga de útiles en AUTOMÁTICO.

- Al 'Enviar a Descarga', el pallet irá al puesto TRA16 para, o bien realizar la entrada de útiles manual, o bien pasar al TRA17 para realizar una nueva carga de útiles.

8.2.7.3. Cierre de operaciones en A2 desde H2 para piezas que no requieran A2.

Situación propuesta

Los cambios que se proponen y las opciones que permanecen se visualizan a continuación en la siguiente tabla:

Fin de operación de H2 y A2 (si aplica)	YA LO HACE EL SISTEMA
El puesto de Acabado al que debe ir el palete debe ser aleatorio, validando únicamente que sea un puesto libre , es decir, sin agrupación/paleta asignado.	NUEVO
El ESTADO de la agrupación debe pasar a 'Terminado' UPDATE TCICAGH2 SET ESTADO = '9' WHERE AGRUPID = 'agrupid'	NUEVO
Liberar paleta de los útiles que contiene la agrupación. UPDATE TCICAGODH2 SET INDCARGASW = 'N' WHERE AGRUPID = 'agrupid'	NUEVO

8.2.7.4. Agilizar sistema de generación de agrupaciones.

Con esta acción se quiere agilizar el sistema en el cambio dentro de una agrupación ya hecha en determinadas circunstancias, por ejemplo:

- Cuando se quiera aprovechar un hueco para meter otro útil,
- Cuando se necesite eliminar algún útil en aquellos casos en los que, por motivos dimensionales o de tipo de proceso, no pueden seguir el sistema mediante el paletizado automático.

En ambos casos, y siempre que fuera necesario modificar alguna agrupación que ya estuviera formada, el sistema tardaba en realizar el cambio alrededor de 1 hora y 50 minutos. Esto suponía una parada de producción por parte de los operarios de la prensa, traducida en esperas y atrasos en las fechas de entrega de las piezas. Actualmente, y tras los cambios realizados por el departamento informático, este tiempo ha pasado a ser de 50 minutos, reduciéndose notablemente las paradas de producción.

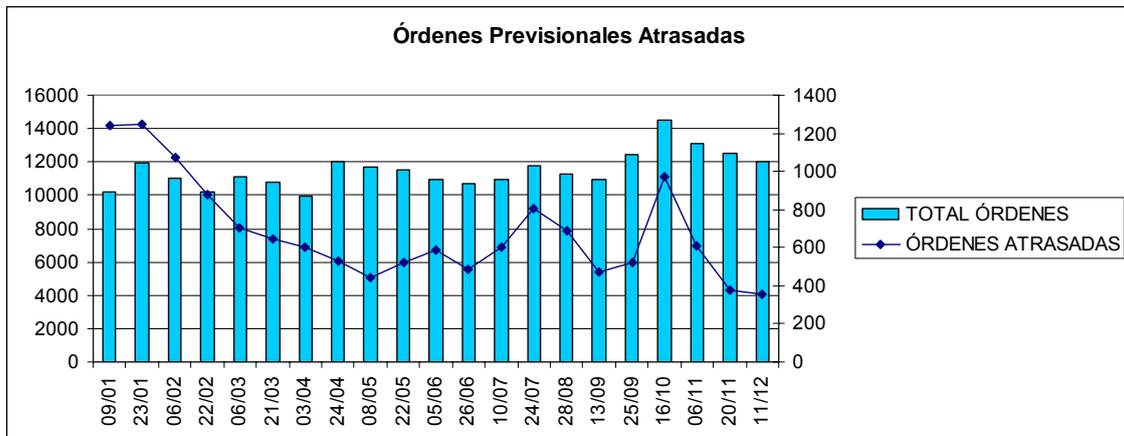
9.1. SITUACIÓN FINAL DE LA LÍNEA 2

Una vez implementadas todas las herramientas Lean se procederá a un estudio de la situación final y de la evolución de los indicadores a lo largo del tiempo, para, de esta forma, ilustrar cómo han influido las mejoras realizadas en la empresa.

9.1.1. Órdenes previsionales atrasadas

9.1.1.1 Evolución

El gráfico que muestra la evolución de las órdenes atrasadas a lo largo del año 2006, junto con el número de órdenes procesadas, es el siguiente:



Donde se extrae que el número de órdenes previsionales atrasadas tiende a disminuir, tendencia que se acentúa teniendo en cuenta que el total de órdenes (salvo pequeñas fluctuaciones) permanece en un rango constante.

9.1.1.2 Factores que han influido en la evolución

Esta tendencia está relacionada con determinadas acciones ubicadas en el área de Logística que agilizan el flujo productivo, de forma que se reduzcan las órdenes atrasadas, las cuales son:

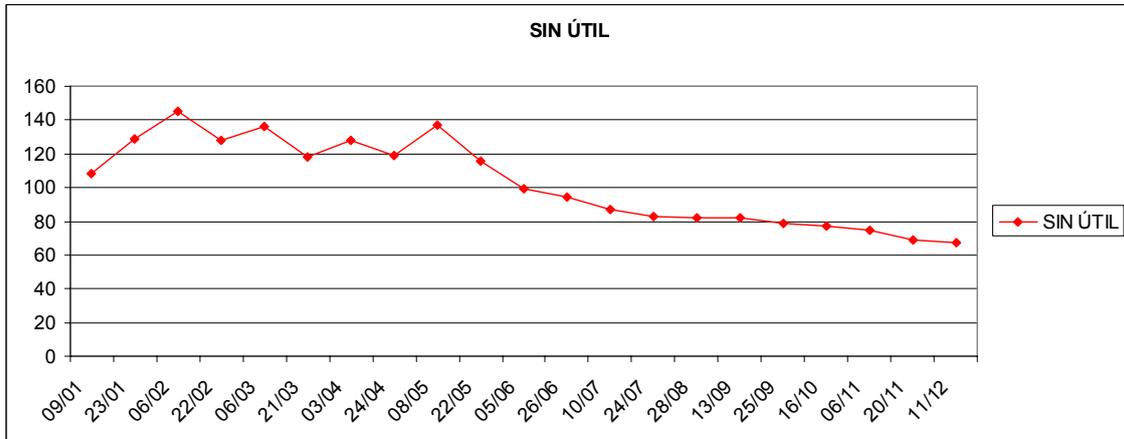
- Implementación del carril FIFO
- Estandarización de lotes
- Acciones ubicadas en el área de Housekeeping (Orden y Limpieza).

9.1.2. Órdenes previsionales erróneas

9.1.2.1 Evolución

A continuación se ofrece una gráfica donde se aprecia la evolución de las órdenes erróneas debido a la inexistencia de útil para su procesamiento. Se ha prestado especial interés a la evolución de este tipo de órdenes debido a que, en el despliegue

de acciones, se dedicó una acción, ubicada en el área de Housekeeping, a la resolución de este problema:



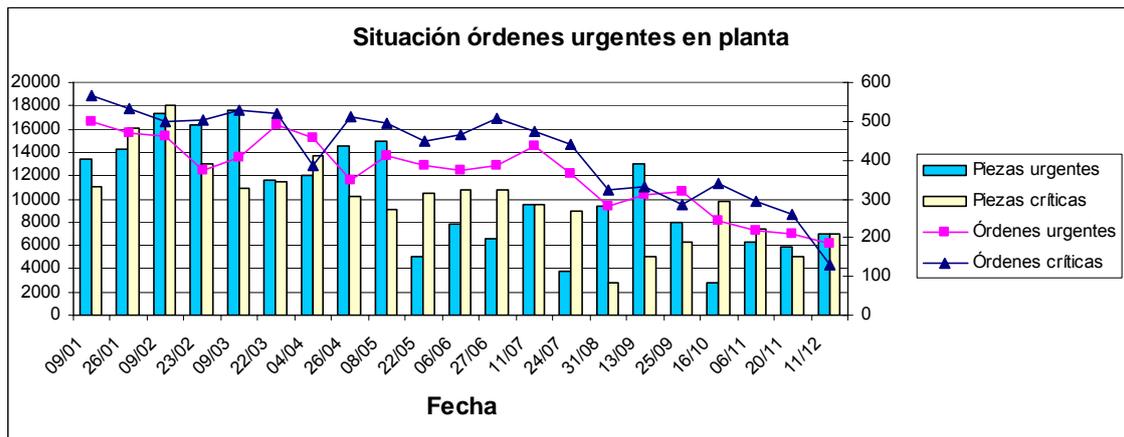
9.1.2.2 Factores que han influido en la evolución

Una clara tendencia a la disminución de estas órdenes puede apreciarse en el gráfico, confirmándose por tanto que la acción “Marcar ubicación de piezas con código 05” ha influido en la evolución de estas órdenes.

9.1.3. Situación órdenes urgentes en la planta

9.1.3.1 Evolución

A continuación se muestra un gráfico con la evolución de las órdenes críticas y urgentes a lo largo del año 2006 junto con los Part Numbers que representan dichas órdenes:



En él se muestra que, tanto las órdenes críticas como las urgentes, han experimentado una disminución progresiva a lo largo del año.

9.1.3.2 Factores que han influido en la evolución

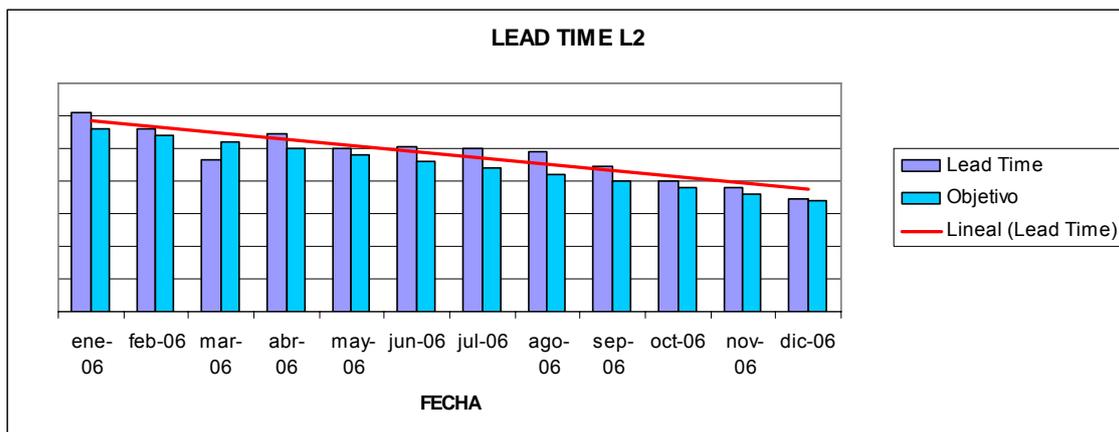
Esto es debido a las siguientes acciones de mejora propuestas en el proyecto:

- No sacar del recorrido estándar a aquellos Part Numbers cuya criticidad saltó en Temple
- Mayor orden propiciado por las acciones en Housekeeping
- Revisión del procedimiento de scrap de material obsoleto
- Revisar señal Pull de inicio de fabricación
- Estandarización (reducción) de lotes
- Revisión de los criterios de criticidad
- Evitar que un útil se utilice en dos fábricas diferentes

9.1.4. Lead Time medio L2

9.1.4.1 Evolución

El Lead Time se definió como el tiempo transcurrido desde el inicio de la fabricación hasta la última fase. En la línea 2 este tiempo abarcaría desde que comienzan los tratamientos térmicos hasta que terminan en Acabado y pasan a Procesos Finales. La evolución del Lead Time medio de todas las piezas que pasan por la Línea 2 se representa en la siguiente gráfica:



Esta gráfica representa la evolución que ha sufrido el Lead Time lo largo del año 2006. En ella puede observarse que, tal y como se demuestra a través de la Línea de tendencia del Lead time, se ha producido una disminución progresiva del mismo a lo largo del año, a pesar de no haberse cumplido los objetivos establecidos.

9.1.4.2 Factores que han influido en la evolución

Esta disminución se ha producido a través de los esfuerzos realizados para la implementación de las siguientes acciones:

- Acciones ubicadas en Housekeeping

Estas acciones han contribuido a disminuir el Lead Time de la sección debido a que han hecho disminuir el tiempo empleado en la localización de las piezas.

- Acciones ubicadas en IT

Estas acciones están claramente enfocadas a la agilización de los posibles cambios que surgen durante el proceso, favoreciendo el flujo continuo.

- Acciones relacionadas con el flujo de materiales

Estas acciones (revisión de la logística de la rutas, fundamentalmente) están claramente enfocadas a dicho fin.

- Acciones ubicadas en el campo de la calidad

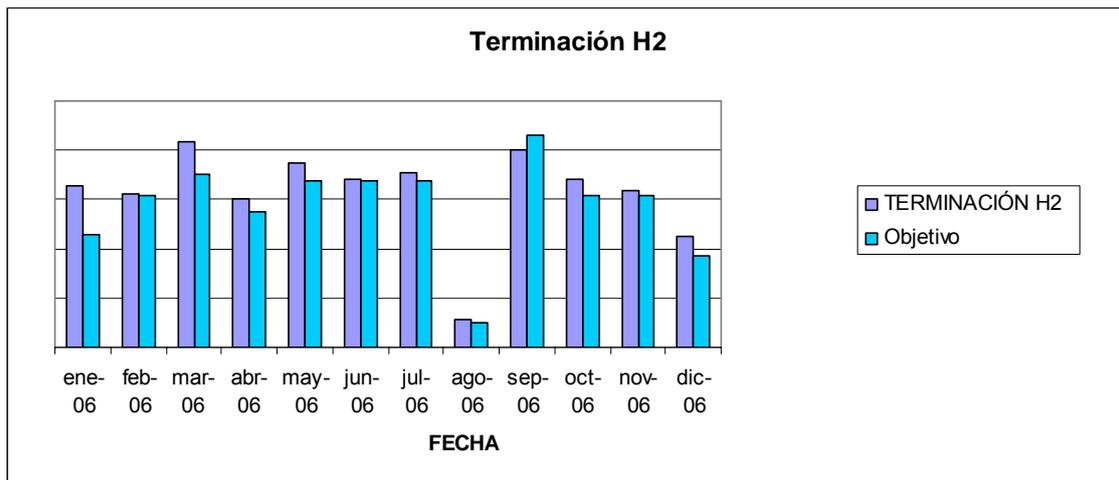
Estas acciones pretenden disminuir los reprocesos y paliar las causas raíz origen de problemas en las piezas. De esta forma, al eliminarse los reprocesos se produce una disminución del Lead Time en las piezas.

Los resultados son, por tanto, positivos y representan el síntoma de la implementación de todas las acciones anteriormente mencionadas.

5. Terminación H2

9.1.5.1 Evolución

Mediante este indicador Lean se muestra la influencia de las actividades realizadas en el incremento de las piezas terminadas en la célula de Hidroconformado. La evolución de dicho indicador a lo largo del 2006 es mostrada a continuación:



En la célula de Hidroconformado de la Línea 2 se establecen, para cada mes, unos objetivos medidos en número de piezas terminadas. Dichos objetivos varían en función de aspectos como número de días laborables, demanda prevista...Por ello, en este indicador, el factor a evaluar no es la evolución que ha experimentado a lo largo del año 2006, sino la producción realizada en función del objetivo marcado. Así, es posible deducir, a partir de la observación directa de la gráfica, que, salvo en el mes de Septiembre, **el número de piezas terminadas supera los objetivos marcados para cada mes**, verificándose, de esta manera, que las acciones Lean realizadas e implementadas han influido directamente en una mayor producción.

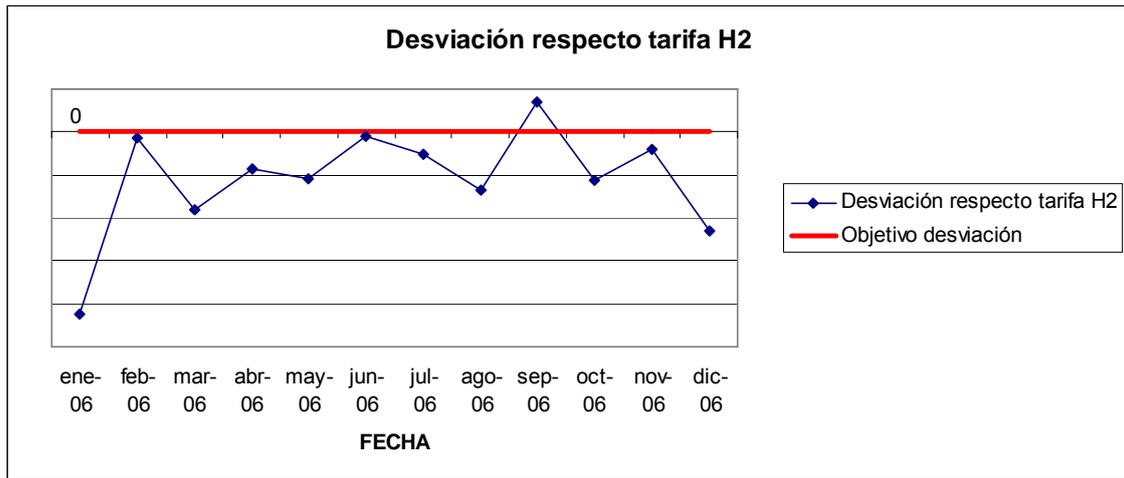
9.1.5.2 Factores que han influido en la evolución

Las acciones que mayor incidencia han tenido sobre este factor son las ubicadas en el área de Mantenimiento, ya que la célula principal sobre la que se han aplicado las propuestas de mejora ha sido, precisamente, la célula de Hidroconformado H2.

9.1.6. Desviación respecto tarifa H2

9.1.6.1 Evolución

Este indicador es otra forma de mostrar el número de piezas terminadas para una célula concreta (en este caso, Hidroconformado) en relación con el objetivo establecido. En Chapistería, la tarifa de las piezas varía en función del número de Part Numbers fabricados. El sistema es el siguiente: se establece una tarifa para un número de piezas fabricadas que será tomada como objetivo. Si se fabrican menos piezas que las estimadas, la tarifa aumenta, siendo la desviación **positiva**. Si, por el contrario, se producen más piezas que las previstas, la tarifa disminuye, siendo la desviación **negativa**. La gráfica que refleja la evolución de la desviación de la tarifa a lo largo del 2006 es la siguiente:



En esta gráfica puede observarse que, excepto en Septiembre, en todos los meses la desviación de la tarifa ha sido negativa. Esto coincide con los resultados mostrados en el indicador anterior, en el cual se apreciaba que, salvo en Septiembre, en todos los meses se superaba el objetivo establecido para el número de piezas terminadas en H2.

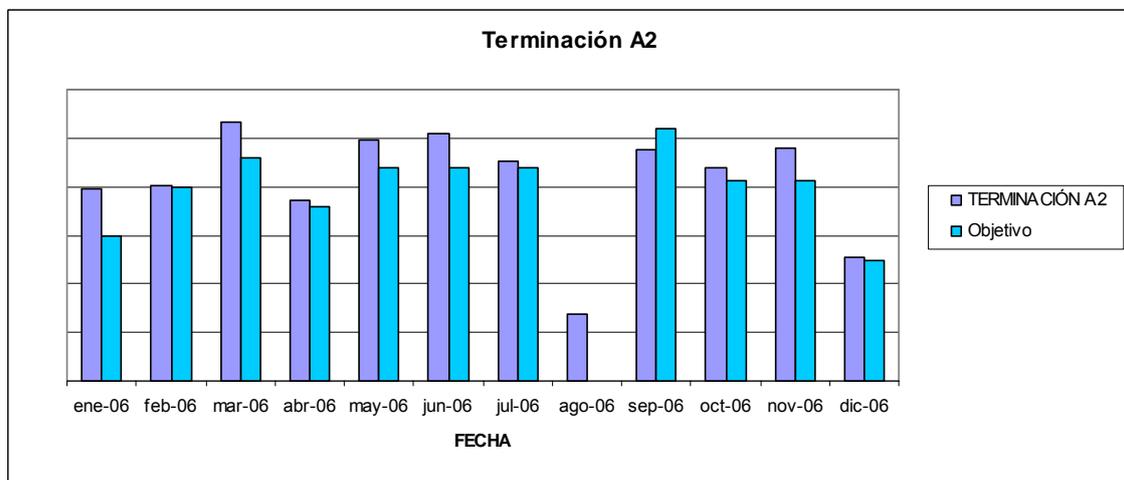
9.1.6.2 Factores que han influido en la evolución

Este indicador es un reflejo de la consecuencia directa que tiene la fabricación de un mayor número de piezas con el mismo tiempo y con los mismos medios en el coste de las mismas.

9.1.7. Terminación A2

9.1.7.1 Evolución

En este indicador se mide el número de piezas terminadas en A2 en relación con el objetivo establecido mensual para la citada célula, al igual que para la célula H2. La gráfica obtenida es la siguiente:



Al igual que para H2 se puede extraer que **la producción ha superado los objetivos establecidos para cada mes exceptuando Septiembre**, lo cual es indicio de las mejoras implementadas a través del proyecto Lean Manufacturing.

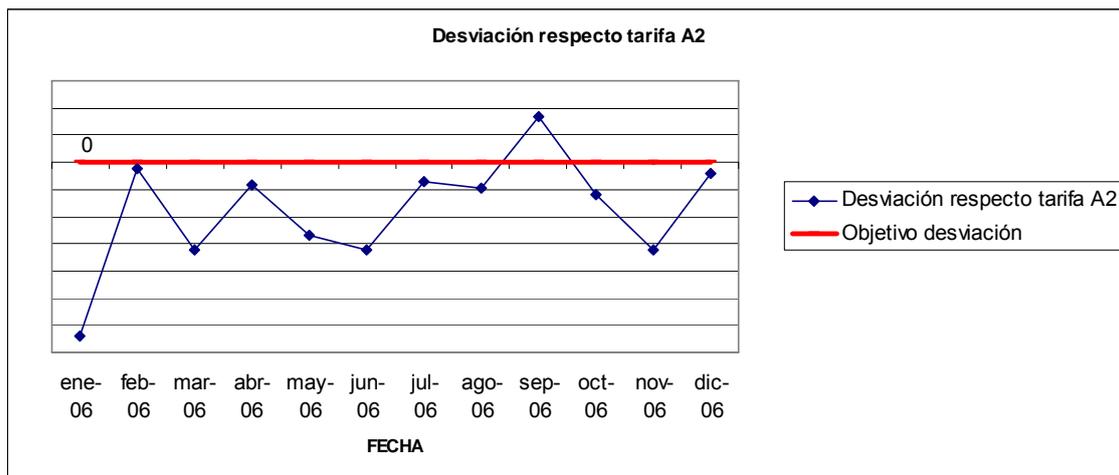
9.1.7.2 Factores que han influido en la evolución

Las acciones que han influido directamente sobre la mejora de la producción en A2 han sido las ubicadas en el área de “Producción/ Ingeniería/ Utillaje”, sobre todo aquella que estudiaba la posibilidad de modificar el diseño de las piezas para acelerar el proceso de conformado.

9.1.8. Desviación respecto tarifa A2

9.1.8.1 Evolución

En este indicador, tal y como explicamos anteriormente, se mide el número de piezas terminadas en relación a la desviación que provocan en la tarifa de las mismas. Dicha desviación, y su evolución a lo largo del 2006, se muestra a continuación:



Teniendo en cuenta lo que se dijo anteriormente, y que era que, cuando se fabrican más piezas de las previstas, la tarifa de las mismas disminuye y, por tanto, la desviación es negativa, y vice-versa, observamos que, salvo en Septiembre, en todos los demás meses se han producido más piezas que las establecidas como objetivo. Esto conlleva un ahorro derivado de la fabricación de más piezas a un menor coste, ya que se utilizaron los mismos medios.

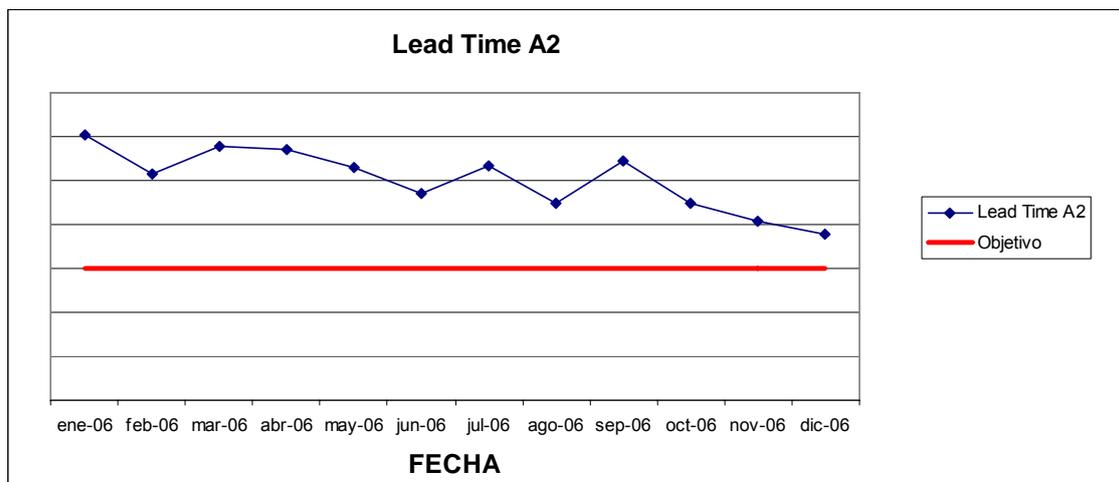
9.1.8.2 Factores que han influido en la evolución

Los factores que han influido en la evolución de la desviación de la tarifa de A2 son los mismos que los que influyeron en la terminación de A2, ya que la desviación de la tarifa es otra forma de medir la terminación.

9.1.9. Lead Time A2

9.1.9.1 Evolución

El Lead Time, que ya fue definido anteriormente, abarca en esta célula el proceso comprendido desde que las piezas terminan en H2 (para la mayoría de las rutas) hasta que pasan a Procesos Finales. Con anterioridad se extrajo como conclusión que A2 era el cuello de botella de la Línea 2 y que, por tanto, un aumento de su capacidad supondría un aumento de capacidad global para la Línea 2. Tras las acciones de mejora propuestas en el presente proyecto, la evolución del Lead Time a lo largo del 2006 fue la siguiente:



En esta gráfica se puede observar que el Lead Time de A2 ha experimentado una disminución progresiva a lo largo del citado año, aunque no ha podido superar el objetivo establecido en un principio.

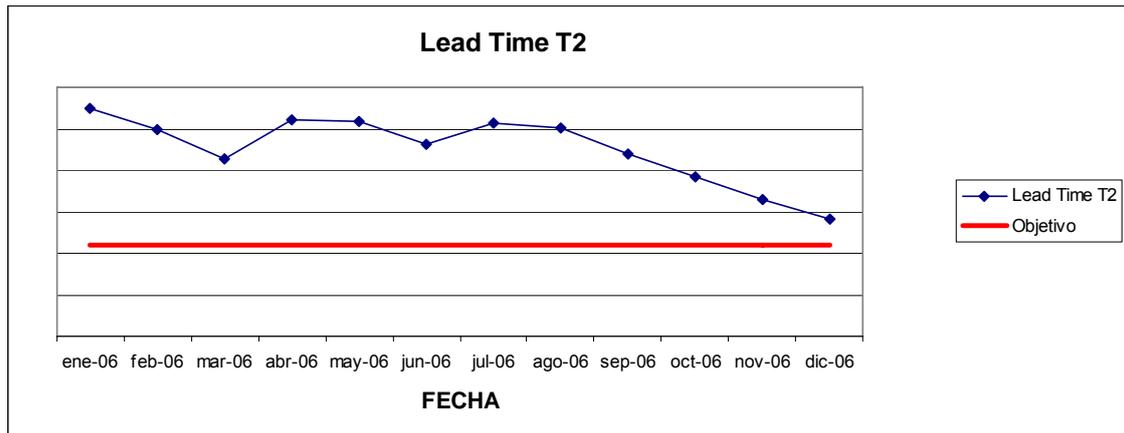
9.1.9.2 Factores que han influido en la evolución

La acción que repercutía directamente en la disminución del Lead Time en A2 era la orientada al estudio del diseño para facilitar el proceso de Conformado Convencional, y su implementación se llevó a cabo a través de un Diagrama de Pareto de todos los Part Numbers procesados para realizar sucesivas extracciones de cara al estudio de la modificación del diseño. Por tanto, a raíz de esto se deduce que en el próximo año se alcanzará fácilmente el objetivo planteado, tras las correspondientes extracciones del Diagrama de Pareto.

9.1.10. Lead Time T2

9.1.10.1 Evolución

T2 es el proceso de Tratamiento Térmico correspondiente a temple. La gráfica correspondiente a la evolución de T2 a lo largo del 2006 es la siguiente:



En esta gráfica puede observarse una disminución progresiva del Lead Time de T2 a partir del mes de Julio. Esto es debido a que, tanto el carril FIFO como la señalización de los carros de Recanteado se realizaron en el citado mes, teniendo estas dos acciones, por tanto, una repercusión directa en el Lead Time de T2.

10.2 Factores que han influido en la evolución

Su Lead Time ha sido escogido como indicador del seguimiento de las acciones de mejora propuestas para la Línea 2 debido a que reflejan la marcha del proyecto como consecuencia de las siguientes acciones:

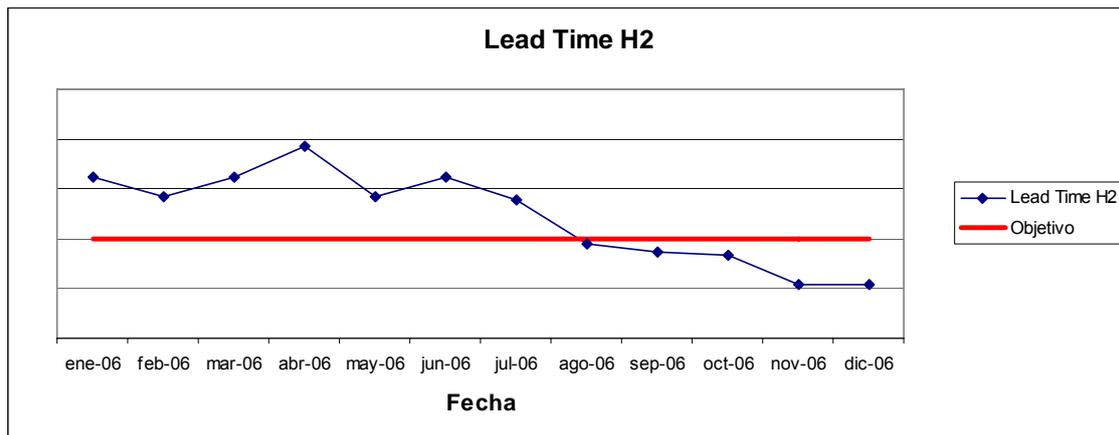
- Aplicación del carril FIFO
- Señalización de carros de Recanteado

Ambas acciones fueron concebidas para agilizar el flujo en H2, aunque también tienen una repercusión directa en T2.

9.1.11. Lead Time H2

9.1.11.1 Evolución

La gráfica correspondiente a la evolución del Lead Time de H2 a lo largo del 2006 es la siguiente:



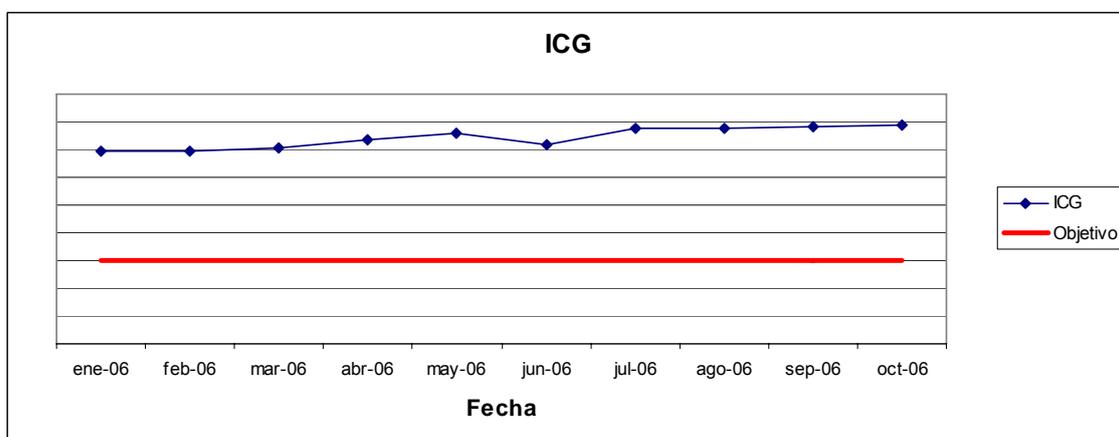
9.1.11.2 Factores que han influido en la evolución

De esta gráfica puede extraerse que se produce una disminución lineal del Lead Time de la citada célula a partir del mes de Julio, ya que fue en ese mes cuando se implantaron las dos acciones mencionadas en el indicador anterior. Además, se ha de tener en cuenta que, sobre la célula de Hidroconformado se realizaron estudios en el área de Mantenimiento para reducir las paradas por averías (OEE). Todos estos factores han contribuido, por tanto, a que el Lead Time de H2 haya experimentado la disminución mostrada en la gráfica.

9.1.12. ICG

9.1.12.1 Evolución

El Indicador de Calidad del Producto (ICP) y el Indicador de Calidad del Sistema (ICS) son unos índices ubicados en el área de Calidad que ayudan a calcular el Indicador de Calidad Global (ICG), mediante el cual, y teniendo en cuenta una serie de factores relacionados con el proceso y el mismo producto, nos dan una idea aproximada del grado de conformidad del producto, abarcando proceso y satisfacción de clientes externos e internos. La evolución que han sufrido el citado índice a lo largo del año 2006 se muestra en la siguiente gráfica:



Donde es posible observar que este índice se ha mantenido, a lo largo del año, en unos niveles muy por encima del objetivo marcado, situación que se encuentra en consonancia con los resultados extraídos del estudio del OEE de la prensa, que mantiene que los problemas de calidad son mínimos, conclusión que podría extenderse al resto de las células.

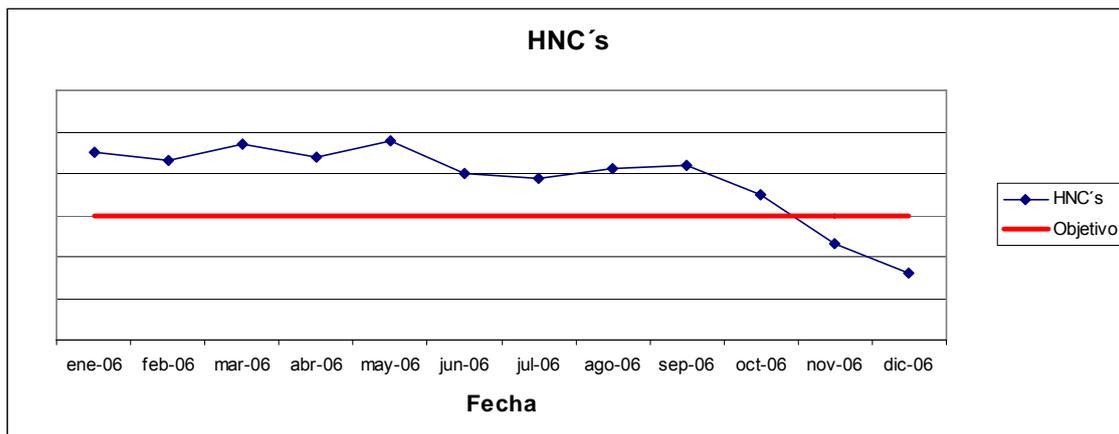
9.1.12.2 Factores que han influido en la evolución

En la evolución de este indicador han influido todas las acciones ubicadas en el área de calidad.

9.1.13. HNC's

9.1.13.1 Evolución

El número de HNC's (u Hojas de no Conformidad) es un indicador de la marcha de la calidad en la empresa. En nuestro caso, la evolución de HNC's que ha experimentado la Línea 2 a lo largo del 2006 ha sido la siguiente:



9.1.13.2 Factores que han influido en la evolución

A pesar de que el número de HNC's mensuales era muy bajo, ya que los índices de calidad eran muy buenos, tras las mejoras efectuadas y que se ubicaban en el área de Calidad se redujeron aún más. Las acciones que contribuyeron a esta disminución fueron las siguientes:

- Estudio de las causas raíz de las HNC's
- Eliminación de los bordones

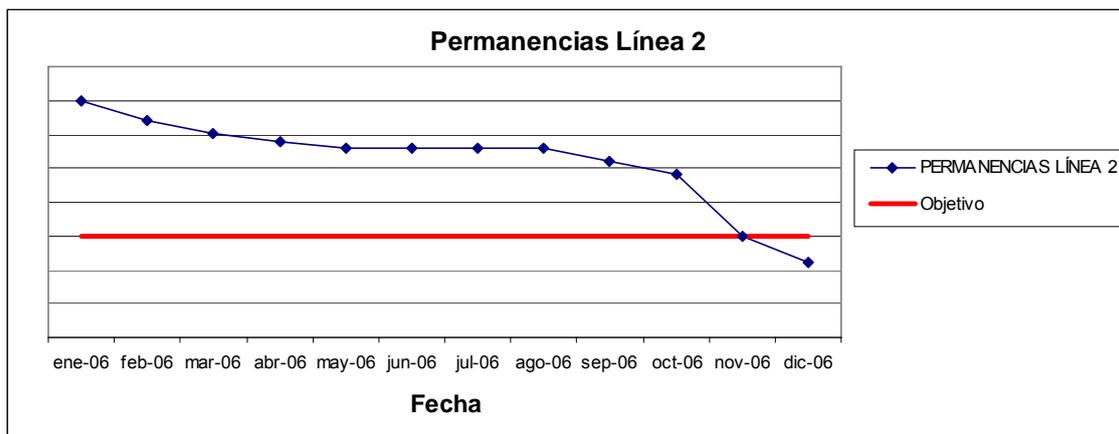
La disminución de las HNC's es un factor que se acusa a partir del mes de Junio, en el cual se comienza con el estudio de las causas raíz de la HNC's, y se hace más

abrupto en los últimos meses, ya que es a final de año cuando se modifican los útiles con bordones de acuerdo a la modificación de la norma.

9.1.14. Permanencias Línea 2

9.1.14.1 Evolución

El Lead Time fue definido anteriormente como el tiempo transcurrido desde el inicio de la fabricación hasta la última fase, bien sea dentro de una misma célula o en una línea de fabricación completa. Un concepto análogo, aunque con un ligero matiz, es el de las **permanencias**, el cual consiste en el tiempo que un Part Number lleva siendo procesado en una célula concreta (en este caso, en la Línea 2) en un momento determinado. Es decir: el Lead Time de la Línea 2 en un mes concreto se correspondería con una “película” de todo el proceso (desde que el Part Number entra en la citada línea hasta que sale), mientras que la permanencia de un determinado Part Number en un mes en concreto se correspondería con el tiempo que, hasta ese mes, ha estado procesándose en la citada Línea. Así, la gráfica que muestra la evolución de las permanencias de los distintos Part Numbers en la Línea 2 es la siguiente:



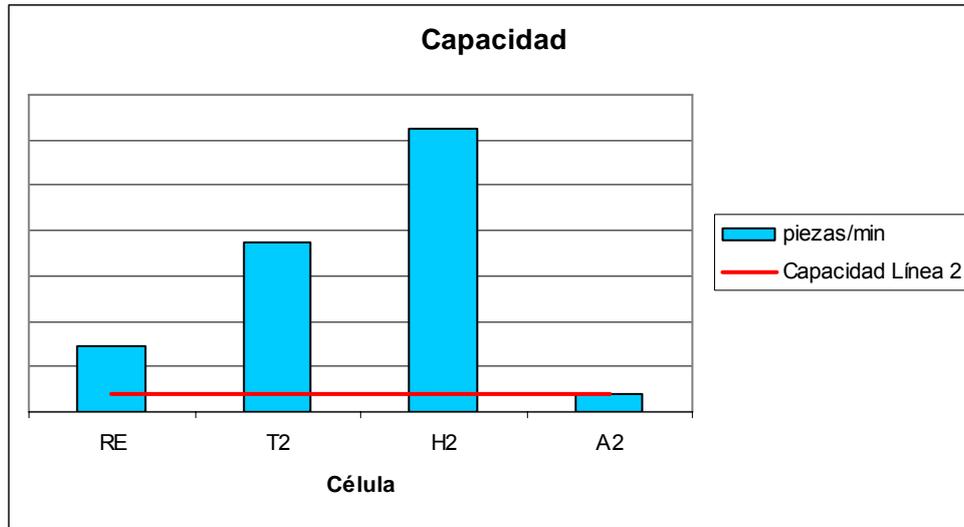
A partir de la siguiente gráfica se extrae que las permanencias de los Part Numbers disminuyen notablemente a partir de agosto, y más abruptamente a partir de Octubre.

9.1.14.2 Factores que han influido en la evolución

Este factor está en estrecha relación con el Lead Time, aunque no tiene porqué coincidir con él. Así, es fácil deducir que las acciones de mejora propuestas en el proyecto tengan una repercusión más directa sobre el Lead Time que sobre las Permanencias, ya que el Lead Time abarca todo un proceso, mientras que las permanencias abarcan el mismo proceso pero en un instante concreto, con lo cual, el efecto de las acciones propuestas para mejora del Lead Time/ Permanencias se notan más tarde en las Permanencias.

9.1.15. Capacidad final

La capacidad final de la Línea 2 viene dada por la siguiente tabla:



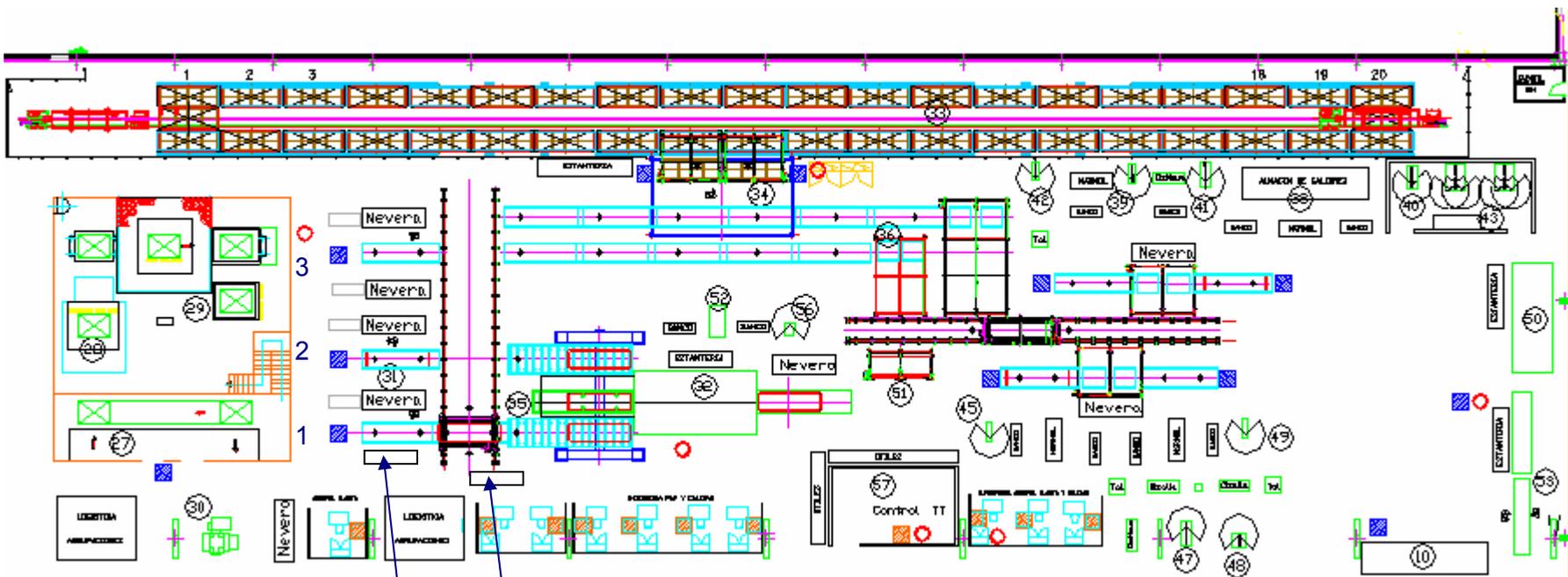
Este aumento de capacidad se ha producido debido al incremento de piezas anuales resultado de la implantación de las acciones de mejora, que ha aumentado la capacidad de la célula de Acabado y, por tanto, de la Línea 2.

9.2. LAY-OUT FINAL

Los cambios que tuvieron lugar en el Lay-Out de la planta tras la implementación de las acciones fueron los siguientes:

- La mesa número 1 fue destinada al procesamiento de piezas de Recocido. Para ello, una de las dos neveras que poseía en un principio fue eliminada, y la otra (la más próxima a la nevera 2) fue adjudicada a esta última.
- La mesa número 2 adquiere una nevera más, conservando la que tenía en un principio.
- La mesa número 3 permanece sin cambios, con las dos neveras que poseía en un principio.
- Aparte del carro destinado a la recepción de las piezas de Recocido, que ya existía en un principio, se añadió un carro para la recepción de las agrupaciones de Recocido.

Los cambios mencionados son representados a continuación en el Lay-Out final



Agrupaciones Recocido
Piezas Recocido

9.3. VSM FUTURO

Para la realización del Value Stream Mapping futuro hay que actualizar algunos datos referentes a Inventarios y número de operarios, resultado de las acciones implantadas. En el presente estudio se procederá a recalculer los principales parámetros de las células que han sufrido la mayoría de los cambios (principalmente, A2 y H2), y finalmente se procederá al dibujo del mismo, teniendo en cuenta los cambios en el flujo.

Célula A2

Según datos pertenecientes al 2005, en la célula de Acabado se procesaron 70322 piezas. Según datos extraídos de la evaluación económica, por el ahorro de tiempo derivado de la implantación de las acciones se produjeron 12953 piezas de más. Esto implica que el total de piezas que se fabricaría en un año (tomando los datos del 2005), serían las siguientes:

$$70.322 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} + 12.953 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} = 83.275 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}$$

Si se tiene en cuenta que en Acabado hay 25 operarios, el número de piezas producido por año y operario es el siguiente:

$$\frac{83.275 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}}{25 \text{ personas}} = 3.331 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$$

Se cuenta con el dato de que, anualmente, un operario trabaja 1550 horas, con lo cual:

$$3.331 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \cdot \frac{\text{año} \cdot \text{persona}}{1550 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \cong 0,04 \frac{\text{piezas}}{\text{min uto}}$$

Dato que da la capacidad actual de la célula de acabado.

Teniendo en cuenta que la capacidad anterior de la célula era de 51 piezas/minuto (o 0.02 minutos/pieza), se concluye que la capacidad de la célula de Acabado se ha duplicado, con lo cual, el stock entre ambas células disminuye hasta la mitad, pasando a ser **2,5 días**.

Por otro lado, el número de operarios en A2 ha incrementado en 4, ya que todas las acciones de mejora estaban orientadas a la reducción de horas para aumentar la capacidad en A2, con lo cual, el número de operarios en A2 pasa a ser **3**. Este dato se extrae de la evolución económica.

Célula Hidroconformado

En Hidroconformado el número de operarios se ha reducido a 2, ya que 3 de sus operarios fueron traspasados a A2. La capacidad de la célula no ha aumentado, ya que el ahorro en horas que se ha producido se ha empleado en aumentar la capacidad de A2. Por otro lado, entre Temple e Hidroconformado se ha implantado un carril FIFO que cuenta con 6 agrupaciones como máximo. Teniendo en cuenta que el lote medio de transferencia es de 3 agrupaciones con 5 órdenes de 12 Part Numbers de media, y que normalmente se procesan 5 agrupaciones diarias, con el carril FIFO el inventario pasaría de **9 a 1.5 días** para cada agrupación.

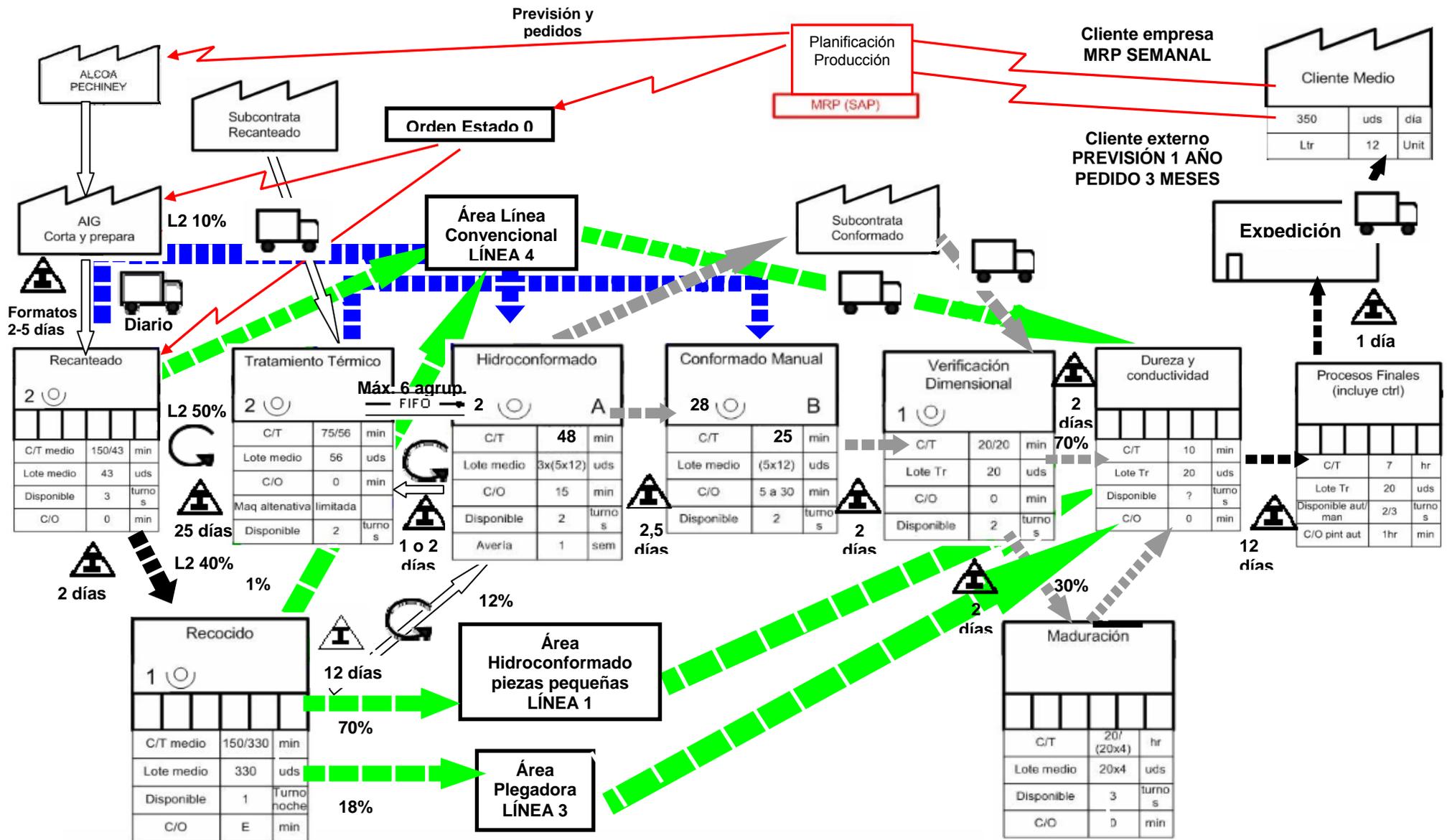
Célula de Recocido

Entre Recocido e Hidroconformado había un stock de 21 días. Este stock era debido a que no se procesaban las piezas por desconocimiento de las agrupaciones, dándole prioridad a Temple. En la actualidad esta ruta se gestiona visualmente, con lo cual, las piezas de Recocido no quedan “olvidadas” por H2, reduciéndose el Lead Time aproximadamente a la mitad, quedando en 12 días.

Recantado

La célula de Recantado trabaja mediante un sistema tipo Pull, es decir, sólo procesa lo que es enviado por los clientes, con lo cual, el stock existente entre ambas células depende de la demanda, y no obedece a cuestiones internas de la empresa.

Dicho esto, el Value Stream Mapping quedaría como a continuación es expuesto:



Así, calculamos el nuevo Lead Time de A2 teniendo en cuenta los siguientes datos:

- El inventario entre Hidroconformado y Conformado Manual ha pasado de 5 días a 2,5 días.
- Con el carril FIFO, las agrupaciones están pasando en nevera 1,5 días en lugar de los 9 días que pasaban anteriormente.
- La ruta R22, cuyo inventario ha disminuido por la implementación de la gestión visual, ha pasado de 21 a 12 días.

Con la reflexión anteriormente hecha, hemos de sustraer 19 días al Lead Time inicial, quedando el Lead Time de la Línea 2 como **94 días**, en lugar de los 103 días con los que se contaba inicialmente

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación se procederá al análisis de los ahorros y las inversiones generadas por cada una de las acciones del proyecto, que nos llevarán a estimar si el mismo es económicamente viable o no. Para ello se analizarán las acciones una a una agrupándose en las distintas áreas en las que fueron clasificadas en el despliegue estratégico.

10.1. Producción/ Ingeniería/ Utillaje

10.1.1 Cargar dimensiones de todos los útiles. Poner un campo de comentarios.

El objetivo de esta acción es trabajar en automático. Esta acción, a su vez, está vinculada al punto de IT: “Romper agrupaciones después de prensa”, ya que contribuiría a la automatización completa del mismo, al eliminar posibles intervenciones manuales que surgen a consecuencia de paradas por desconocimiento de las medidas del utillaje, que puede, en ocasiones, generar paradas por cambios en las agrupaciones. Dicha acción carece de inversión, y su repercusión económica en forma de ahorro es valorada junto a otras que repercuten, igualmente, en el **WIP**, en la **PRODUCTIVIDAD** y en el **LEAD TIME**, como son:

- Agrupar piezas que requieran útil en Conformado Manual y las que sí, en grupos separados.
- Evitar que un útil se utilice en dos fábricas diferentes
- Utilizar ruta alternativa para piezas S
- Realizar procedimiento de actuación de Temple y Recocido
- Si la criticidad aparece cuando la agrupación está montada en la bandeja, ya no se saca del recorrido estándar.

A continuación, mostramos los ahorros conseguidos derivados de la consecución de estas acciones.

Cálculo de ahorros

A partir del estudio previo realizado de la Línea 2 se llega a la conclusión, a través de datos de Lead Time y entregas, que **A2 es el cuello de botella de la Línea 2**, con lo cual, una gran parte de las acciones de este proyecto irán encaminadas al aumento de productividad de esta célula, que supondrá, al mismo tiempo, un aumento de productividad en la línea completa. Para ello, realizaremos las medidas de **ahorro en base a la cantidad de operarios de H2 que podrán ser traspasados a A2** como

consecuencia de una disminución de horas que supone la agilización del flujo de producción con la implantación de estas acciones. Así, partimos de los siguientes datos iniciales del número de operarios que trabaja en cada célula:

- N° operarios H2 → 9
- N° operarios A2 → 25

Partimos, igualmente, de los siguientes datos:

- Tarifa: es el “precio” de la pieza, en €/pza
- N° de piezas anuales fabricadas en A2

E, igualmente, nos proponemos los siguientes objetivos de mejora:

- H2: pasa de 9 a 8.5 operarios
- A2: pasa de 25 a 25.50 operarios

Esto implica que, con la reducción de tiempos que supone la ejecución de esas acciones, nos ahorraríamos 0.5 operarios en H2 (obviamente, hablamos del número de horas que supone ese “medio operario”), para pasarlo a A2. Los ahorros económicos se calcularían de la siguiente forma:

$$\frac{\text{€}}{\text{año}} \equiv \frac{\text{pzas}/\text{año}}{\text{personasA2}} \cdot \Delta \text{personas} \cdot \frac{\text{€}}{\text{pzas}}$$

Donde:

$\frac{\text{€}}{\text{año}}$: es la cantidad en Euros que nos ahorraríamos anualmente.

$\frac{\text{pzas}}{\text{año}}$: es el número de piezas fabricadas en A2 durante el año 2.005

personas A2: es el número de operarios de A2. En nuestro caso, son 25.

Δ personas: es el incremento de operarios que se produciría. En nuestro caso, sería de 0,5 operarios traspasados a A2.

$\frac{\text{€}}{\text{pza}}$: es la tarifa por pieza en A2.

Nosotros calcularemos los ahorros en base al número de piezas adicionales que se podrían producirse con estas mejoras. Para ello, partimos de los siguientes datos:

- Piezas producidas durante el 2005 en A2: 70.322 piezas
- Operarios de A2: 25
- Incremento de operarios: 0,5

De acuerdo a esto, realizaríamos la siguiente operación:

$$\Delta \left(\frac{\text{pzas}}{\text{año}} \right) \equiv \frac{\text{pzas/año}}{\text{persona}} \cdot \Delta \text{personas}$$

sustituyendo:

$$\Delta \left(\frac{\text{pzas}}{\text{año}} \right) \equiv \frac{70.322}{25} \cdot 0,5 \cong 1406$$

Esto significa que, con un aumento de 0.5 operarios, se producirían, anualmente, 1406 piezas más que, multiplicadas por su tarifa, nos darían el ahorro conseguido con esta acción.

10.1.2 Ahorro en Conformado Manual

Como ya explicamos en el apartado de producción, el ahorro en conformado manual tiene dos vertientes:

- Analizar el proceso para eliminar posibles desperdicios.

Se persiguió, a través de un Blitz, eliminar los posibles desperdicios y/o desplazamientos inútiles a partir de un ensayo en el que se estudiaban todos

los pasos que debía dar un operario para conformar una pieza. No se encontraron oportunidades de mejora.

- Análisis de las piezas

Se analizan las piezas procesadas en conformado manual para reducir sus tiempos de procesado. Para ello se ofrecen distintas alternativas, como modificación del diseño, reestructuración de la ruta o compra de utillaje más efectivo.

Esta acción, tal y como hemos visto, requiere de una inversión en utillaje para reducir tiempos de conformado. Esto es detallado a continuación:

Ahorro

El ahorro producido por esta acción es debido al estudio de las piezas extraídas a partir del Diagrama de Pareto. Para ello, realizaremos extracciones sucesivas del mismo, según explicamos en el apartado correspondiente, comenzando con aquellas piezas con un tiempo de conformado menor a 30 minutos. Tras numerosas cribas, comenzamos con una primera extracción de 28 Part Numbers. El cálculo del ahorro producido por la reducción de los tiempos de conformado es redactado a continuación:

Para el cálculo del ahorro se calculó el tiempo ahorrado por la reducción del tiempo de todas las piezas. El total de tiempo ahorrado se suma, y se calculan las piezas de más que podrían fabricarse en ese tiempo, como hicimos anteriormente. El ahorro por Part Number se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{\text{€}}{\text{min}} \equiv \frac{\text{pzas}}{\text{persona}} \cdot \frac{\text{persona}}{\text{horas}} \cdot \frac{\text{1 hora}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{\text{€}}{\text{pza}}$$

Donde:

$\frac{\text{€}}{\text{min}}$: es la transformación a Euros de los minutos de mejora en Conformado Manual

$\frac{\text{pzas}}{\text{persona}}$: es la cantidad de piezas anuales realizadas en A2 por cada operario.

$\frac{\text{€}}{\text{pza}}$: es la tarifa de las piezas en A2

A partir de esta información, podemos calcular el ahorro económico:

$$\text{Ahorro} \equiv \text{Minutos} \cdot \frac{\text{€}}{\text{min uto}}$$

donde:

Minutos: son los minutos de conformado manual ahorrados tras el estudio

$$(\text{Minutos} = \text{min}_f - \text{min}_o)$$

Nosotros calcularemos el ahorro en base al número de piezas de más que podrían conformarse en ese tiempo ahorrado. Así, realizando el estudio de las 28 piezas seleccionadas, en las cuales se ha producido una reducción del tiempo de conformado por mejora del utillaje y revisión del proceso, tenemos que, a día 19/12/2006, hemos ahorrado **1359 horas** en Conformado. Teniendo en cuenta este dato, tenemos que:

$$\frac{\text{pzas}}{\text{año}} \equiv \frac{\text{horas/año}}{\text{horas/pza}}$$

donde:

$\frac{\text{pzas}}{\text{año}}$: es el número de piezas extra que pueden fabricarse anualmente como consecuencia de esta reducción de tiempos de conformado.

$\frac{\text{horas}}{\text{año}}$: es el número de horas ahorradas anualmente en conformado manual. Como dijimos anteriormente, por ahora hemos ahorrado 1359 horas.

$\frac{\text{horas}}{\text{pza}}$: es el tiempo de trabajo medio por pieza en A2. Se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{\text{horas}}{\text{pza}} \equiv \frac{\text{horas}/\text{año} \cdot \text{persona}}{\text{pzas}/\text{año}} \cdot \text{persona}$$

Donde:

$\frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$: es el número de horas que trabaja cada operario anualmente. En

nuestro caso, son $1.550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$

Persona: son los operarios que trabajan en A2. En nuestro caso, son 25 operarios.

$\frac{\text{pzas}}{\text{año}}$: es el número de piezas que pasan por A2 anualmente. En nuestro caso, son

$70.322 \frac{\text{pzas}}{\text{año}}$

Dicho esto, procedemos al cálculo de las horas que, por término medio, se dedicaron a cada pieza de A2 durante el 2005. Para ello, sustituimos en la ecuación anterior:

$$\frac{\text{horas}}{\text{pza}} \equiv \frac{1.550}{70.322} \cdot 25 \cong 0,55$$

Con lo cual, y con estos datos, podemos ya calcular el número de piezas extra que se podrían procesar anualmente:

$$\frac{\text{pzas}}{\text{año}} \equiv \frac{1.359}{0,55} \cong 2.471$$

Esto significa que podrían fabricarse 2,471 piezas extra anualmente. Para calcular el ahorro económico que dicha acción conlleva, bastaría con multiplicar el número piezas extra por la tarifa de ellas.

Inversión

Este ahorro no se podría haber producido de no ser porque, previamente, se realizó una inversión en mejora de utillaje y compra del mismo con la finalidad de mejorar los tiempos de Conformado. La inversión realizada fue la siguiente:

Se produce una inversión, tal y como dijimos anteriormente, en utillaje nuevo y en modificación sobre el actual. Se valora la actuación de mejora sobre las 28 referencias que representan la primera extracción del diagrama de Pareto. Por ahora, se contempla la compra de 18 utillajes nuevos, con un precio de 900 €/ utillaje, y la modificación de otros 10, con un precio esta vez de 300 €/ utillaje, con lo cual, la inversión total realizada en Euros sería de:

$$\text{Inversión} \equiv [(18 \times 900) + (10 \times 300)] \equiv 19.200\text{€}$$

Es decir, según esto, tenemos que realizar previamente una inversión de 19200 € para poder fabricar 2471 piezas anuales extra.

10.1.3 Platabandas 340 500/600

Las platabandas constituyen un grupo de piezas concreto cuyas mejoras en los procesos han contribuido a un ahorro considerable en los tiempos de conformado y de procesado total. Esta acción no requiere inversión, ya que se trata únicamente de cambios en el diagrama de flujo del proceso, sin que se tenga la necesidad de adquisición de utillaje o maquinaria adicional. La disminución del tiempo de conformado radica en que, anteriormente, se taladraban las piezas mediante un útil tras conformar. Actualmente, las piezas son taladradas automáticamente, siguiendo el siguiente esquema:

- **ANTES:** Conformado → Taladrado con útil
- **AHORA:** Conformado → Enderezado → Taladrado automático → Doblado

El cuello de botella anteriormente era el taladrado con útil, el cual era muy complicado. Eliminado este paso, y tras una reestructuración del proceso, se comprobó que se producía un ahorro en tiempo de taladrado de **0,33 h/pza**. A continuación procedemos

a calcular el ahorro conseguido con esta mejora, que será expresado en el número de piezas extra que podrían fabricarse con este ahorro de tiempo. Para ello, partimos de los siguientes datos, ya hallados anteriormente:

$\frac{pzas}{año}$: piezas que pasan al año por A2. Son 72.300 piezas anuales.

$\frac{horas}{año}$ de todos los operarios de A2: $1.550 \frac{horas}{año \cdot persona} \cdot 25 personas \equiv 38.750 \frac{horas}{año}$

Tiempo medio de trabajo por pieza en A2: $0,55 \frac{horas}{pza}$

Por otro lado, el número de Part Numbers afectados por esta mejora son 58. Si la

cadencia (número de aviones que se construyen anualmente) es $50 \frac{av}{año}$ tenemos que el número de piezas anuales afectadas es de:

$$58 \frac{PN}{av} \cdot 50 \frac{av}{año} \equiv 2.900 \frac{PN}{año} \text{ afectados}$$

Esto supone el siguiente ahorro de tiempo anual:

$$0,33 \frac{horas}{pza} \cdot 2.900 \frac{pzas}{año} \equiv 957 \frac{horas}{año}$$

Donde:

$0,33 \frac{horas}{pza}$: es la cantidad de tiempo ahorrado por pieza tras las modificaciones en el proceso.

$2.900 \frac{pzas}{año}$: son las piezas anuales afectadas por esta mejora

$957 \frac{horas}{año}$: son las horas que nos ahorramos en total anualmente.

El ahorro producido por esta acción equivaldría al número de piezas de más que podrían fabricarse en el tiempo que nos ahorramos tras la modificación del proceso. Así:

$$\frac{957 \text{ horas/año}}{0,55 \text{ horas/pza}} \equiv 1.740 \frac{pzas}{año} \text{ extra}$$

Esto significa que, con esta modificación del proceso de las platabandas, podrían fabricarse, anualmente, 1.740 piezas extra.

Para traducir el impacto de esta acción en términos económicos, bastaría con multiplicar el número de piezas extra por una aproximación del coste medio por pieza subcontratada, ya que las platabandas eran piezas que, debido a la dificultad de su taladrado, eran subcontratadas a determinadas empresas auxiliares. El resultado nos daría el tiempo ahorrado por fabricarse en la propia fábrica.

10.2. Mantenimiento

10.2.1 Adquisición uno ó dos nuevos pallets compatibles con el resto.

Esta acción tiene una repercusión directa en la productividad de la célula de H2, ya que, al reducirse el movimiento de las piezas procesadas, el Lead Time de las mismas disminuye, agilizando el flujo de producción. De esta forma, nos ahorramos un tiempo en H2, que será traducido en un número de operarios que serán traspasados a A2 para aumentar la productividad de dicha célula. Para ello, partimos de una estimación bastante aproximada, basada en la medición y en estudios realizados, de que, con la adquisición de estos pallets, la productividad en la célula de H2 sufre un incremento del 5%. A continuación, pasamos a describir los ahorros originados por esta acción

Ahorros

Para calcular la repercusión económica que ello supone, partimos de los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{Horas de trabajo anuales por operario en H2: } & 1.500 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \\ \text{Horas de trabajo totales en H2: } & 6 \text{ personas} \cdot 1500 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \equiv 9300 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Como dijimos anteriormente, la ejecución de esta acción (adquisición de los pallets), implica un aumento de la productividad del 5%, es decir, que nos ahorraríamos (porque el flujo productivo se agiliza) un 5% del total de horas anuales en H2, que suponen las siguientes horas:

$$0,05 \cdot 9300 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \equiv 465 \text{ horas}$$

Estas 465 horas son las horas “sobrantes” anuales que surgen como consecuencia de la agilización del flujo de producción. Este número de horas se traduce en un número de operarios de H2 que serán traspasados a A2, y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{horas/año}}{\text{horas/año} \cdot \text{operario}} \equiv \text{operarios}$$

Donde:

$\frac{\text{horas}}{\text{año}}$: son las horas ahorradas en H2. En nuestro caso, son 465 horas anuales.

$\frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$: son las horas anuales por operario en H2. Su valor es de

$$1.550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$$

operarios: son las personas de H2 traspasadas a A2.

Dicho esto, procedemos a sustituir los datos en la fórmula anterior:

$$\frac{465}{1550} \equiv 0,3 \text{ operarios}$$

Esto implica que serían traspasados 0,3 operarios de H2 a A2. Así, el número de piezas extra que podrían fabricarse con este traspaso de operarios se calcularía con la siguiente fórmula:

$$\text{personas} \cdot \frac{\text{piezas}}{\text{persona} \cdot \text{año}} \equiv \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{ extra}$$

Donde:

personas: son los operarios de H2 traspasados a A2. En nuestro caso, son 0,3 operarios.

$\frac{pz\text{as}}{\text{persona} \cdot \text{año}}$: son las piezas anuales y operario que se producen en A2. Teniendo en

cuenta que por A2 pasan, anualmente, 70.322 piezas y que hay 25 operarios en A2, tendríamos que:

$$\frac{70322 \text{ pzas} / \text{año}}{25 \text{ personas}} \equiv 2813 \frac{\text{pzas}}{\text{persona} \cdot \text{año}}$$

Con lo cual, el número de piezas anuales extra que se fabricarían sería:

$$0,3 \text{ personas} \cdot 2813 \frac{\text{pzas}}{\text{persona} \cdot \text{año}} \equiv 844 \frac{\text{pieza}}{\text{año}}$$

lo que implica que se podrían producir anualmente, con esta acción, 844 piezas de más en A2 con la adquisición de los pallets. Esto podría ser traducido a datos económicos (€/año), multiplicando las piezas extra producidas por la tarifa de A2.

Inversión

Esta acción, a pesar de que, para su consecución, sea necesaria la adquisición de dos nuevos pallets, carece de gasto de inversión, ya que el dinero destinado a la compra de los citados pallets es facturado en otra partida de la empresa, diferente a la facturación destinada al proyecto Lean Manufacturing.

10.2.2 Adquisición de nueva manta para la prensa modificada por el proveedor.

Como ya explicamos en el punto correspondiente de Mantenimiento, las mantas de la prensa, debido a los aumentos de presiones que soportan, acaban dilatándose con el tiempo, dando lugar a atascos y paradas en la prensa. Para evitar esta situación, se decidió realizar unos recortes en la misma para adecuarla a su posterior dilatación, adelantándonos, de esa forma, a los posibles problemas que esto ocasiona. Para ello, una vez estudiado y aprobado el nuevo diseño que las mantas deberán presentar, se les presentará a los proveedores las nuevas mantas, que deberán venir con este nuevo diseño. Económicamente, esta acción conlleva los siguientes ahorros:

Ahorros

Se calcula que, por término medio, Mantenimiento tenía que pedir a los proveedores, anualmente, 3 mantas. Igualmente, se calcula que, con esta nueva manta, mantenimiento sólo tendrá que pedir 2 mantas anuales, con lo cual, el ahorro derivado de la acción se corresponde con **el precio de una manta** (que es lo que nos ahorramos por modificar el diseño), decir:

$$\frac{\text{€}}{\text{año}} \equiv \frac{\text{preciomanta}}{\text{año}}$$

Lo que significa que, la cantidad de dinero que nos ahorramos anualmente ($\frac{\text{€}}{\text{año}}$) se corresponde con el precio de una manta en ese periodo de tiempo.

Inversión

Obviamente, no se produce inversión alguna en el proceso, ya que únicamente se ha realizado una modificación del diseño de las mantas, que será el que, a partir de ese momento, sea el que se envíe a los proveedores para su posterior suministro.

10.2.3 Adquisición de un kit de repuesto para cambio rápido de prensa.

Como ya explicamos en el apartado correspondiente de Mantenimiento, el kit de cambio rápido es un cassette que soporta el colchón y todas las demás estructuras de repuesto, de manera que, cada vez que se produjera una avería del colchón en la presa, la reparación consistiese únicamente en quitar el colchón junto con todos sus accesorios e introducir directamente el cassette. Esto supondría una reducción considerable del tiempo de reparación de la avería, ya que, anteriormente, al adquirirse tan solo el colchón, se procedía retirando el colchón averiado y sustituyendo las piezas de repuesto una a una para, finalmente, introducir el colchón nuevo. La inversión a realizar en esta acción es muy importante, pero su retorno es inmediato, al darse lugar en un periodo de menos de un año, y al compensarse económicamente con el ahorro que surge a consecuencia de la reducción del tiempo de la avería. A continuación, pasamos a describir su viabilidad económica.

Ahorro

El ahorro es planteado atendiendo al número de horas en que quedaría reducida la avería, a partir del cálculo del número de piezas que no se perderían (y que, por tanto, ganaríamos) en el tiempo ahorrado. Así, procedemos a estudiar las condiciones de reparación que tenían lugar antes y después de la adquisición del kit de cambio rápido.

Antes

Sin el kit de cambio rápido, se producían una media de 2 averías/año, con una duración media de **2 días por avería**. Esto suponía una pérdida de productividad que ascendía a **4 días anuales**. Teniendo en cuenta que en H2 hay dos turnos de 8 horas cada uno (lo que se supone una carga de trabajo en H2 de 16 horas diarias), al final, tenemos que las averías repercuten en una disminución de la productividad equivalente a **64 horas/ año**. Esto supone, en términos económicos, una pérdida de dinero equivalente al número de piezas que podrían fabricarse (y que no se fabrican) en esos 4 días de parada de producción.

Después

Con el kit de cambio rápido para la prensa, la avería quedaría reducida a **4 horas por avería**, equivaliendo a un total de **8 horas anuales**. Esto significa que nos ahorraríamos el siguiente número de horas anuales:

$$(64 - 8) \frac{\text{horas}}{\text{año}} \equiv 56 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

El ahorro que supondría reducir la avería a 8 horas equivaldría al número de piezas que podrían fabricarse en ese tiempo (en las 56 horas que nos ahorramos), y que se calcula partiendo de los siguientes datos:

- Piezas diarias fabricadas en H2: $307 \frac{\text{pzas}}{\text{días}}$
- Horas diarias trabajadas en H2: $16 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$

Con estos datos podemos calcular las piezas que se fabrican por hora en H2:

$$\frac{307 \text{ pzas} / \text{día}}{16 \text{ horas} / \text{día}} \approx 19 \frac{\text{pzas}}{\text{hora}}$$

Como nos hemos ahorrado 56 horas anuales, el número de piezas que podrían fabricarse en ese intervalo de tiempo sería el siguiente:

$$19 \frac{\text{pzas}}{\text{hora}} \cdot 56 \frac{\text{hora}}{\text{año}} \equiv 1064 \frac{\text{pzas}}{\text{año}}$$

Que, traducido en términos económicos, equivaldría al dinero que ganaríamos vendiendo estas piezas, lo cual se hallaría multiplicando este número de piezas ahorrados por la tarifa de ellas.

Inversión

Para que este ahorro pueda ser llevado a cabo es necesario hacer una inversión previa de 14850 €. La viabilidad se medirá en función de la rentabilidad que resulta de calcular el dinero ahorrado bruto después de restar a la cantidad ahorrada por las piezas vendidas la inversión realizada en el kit de cambio rápido, según la siguiente fórmula:

$$\boxed{\text{Ahorro} - \text{Inversión} \geq 0}$$

Si esta condición se cumple, la viabilidad económica de la acción quedaría justificada.

10.2.4 Estudio del OEE de la prensa de Hidroconformado para minimizar paradas por avería.

El OEE (Overall Effectiveness Equipment) es un coeficiente que nos mide las disponibilidad, el rendimiento y la tasa de calidad de una máquina a partir de datos de producción y funcionamiento. Dado que la prensa de Hidroconformado es el “pulmón” de la Línea 2, un buen y óptimo funcionamiento de la misma haría cumplir los objetivos asignados a la citada célula, los cuales son, a veces, complicados de cumplir, debido a que la prensa está sujeta a numerosas paradas que son consecuencia de deficiencias en su funcionamiento. Con la ayuda de este coeficiente, podremos conocer en qué parte y en cuáles aspectos (logística, organización) deberemos centrar nuestros esfuerzos. Las repercusiones económicas de esta acción son muy positivas, y vienen explicadas a continuación.

Ahorro

Estimaciones previas dan como resultado que, tras el estudio y posterior implantación de las mejoras, la productividad de los operarios se vería incrementada en un 5% con respecto a la actual. Este incremento de productividad se traduce en un determinado número de operarios que serían traspasados a A2, ya que esta célula es el cuello de botella de la Línea 2. Las operaciones necesarias para llevar a cabo el cálculo del número de operarios es idéntica a la realizada en el apartado 2.1 “Adquisición de 1 ó 2 nuevos pallets”, ya que en esa acción también se suponía un aumento de la productividad del 5%, dando como resultado que **0,3 operarios serían traspasados a A2**, hecho que, al mismo tiempo, supone un cantidad de piezas extra anuales de **844 piezas**. Su traducción a euros equivaldría a multiplicar este número de piezas extra por la tarifa de las mismas.

Inversión

Para que este ahorro económico sea llevado a cabo es necesario una inversión previa de **6.000 € en concepto de formación**. Para que esta acción sea económicamente viable, se debe cumplir que la diferencia entre ahorro e inversión sea, como mínimo, igual a 0. A partir de 0, comenzaremos a ganar dinero.

3. Housekeeping

10.3.1 Detallar ubicación de orden a la salida de Recanteado y organizar stock

Esta acción, perteneciente al área de Housekeeping, surge como consecuencia de la falta de localización de las piezas que salían de Recanteado y esperaban su operación siguiente en los carros situados junto a esa área. La falta de organización derivada por la colocación de estas piezas de cualquier forma y sin control en las estanterías propiciaba la pérdida de las mismas, y los operarios, tras recibir una orden para Hidroconformado o Tratamientos térmicos, además de la persona encargada de formar las agrupaciones tras la salida de Recanteado, dedicaban mucho tiempo (en ocasiones, hasta horas), a localizar las piezas para determinar la agrupación correspondiente. Esto originaba paradas de producción importantes, ya que, en ocasiones, algunas células como la prensa o los hornos de Temple o Recocido no podían seguir su curso normal de producción debido a falta de faena. Con la colocación de los carteles, y su posterior registro informático, quedaría registrada la ubicación de las piezas, y los operarios, cuando necesitasen encontrar algún Part Number, sólo tendrían que consultarlo a través del sistema informático, que le devolvería como resultado de ubicación el número de carro y la bandeja correspondiente. Esta acción agiliza enormemente el flujo de producción, caracterizándose, económicamente, como a continuación se muestra:

Ahorro

Para comenzar a calcular el ahorro derivado de la implantación de esta acción, suponemos como estimación previa un ahorro de **45 minutos / día** en búsqueda de piezas y gestión por parte de control de producción. Atendiendo a esto, y para comenzar nuestros cálculos, partimos del siguiente dato:

- Días laborables anuales: $209 \frac{\text{días}}{\text{año}}$

Teniendo en cuenta que, con este sistema, nos ahorramos 45 minutos al día, tenemos que:

$$209 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot 45 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \cong 9405 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \cong 157 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Ahora nos queda, como siempre, traducir este dato de horas anuales ahorradas a número de operarios de H2 que deberán ser traspasados a A2. Como siempre, partimos del siguiente dato:

- Horas de trabajo anuales por operario en H2: $1.550 \frac{\text{horas}}{\text{persona} \cdot \text{año}}$

A partir de estos datos podemos calcular el número de operarios de H2 que se pueden ser traspasados:

$$\frac{157 \text{ horas/año}}{1550 \text{ horas/año} \cdot \text{persona}} \cong 0,1 \text{ personas}$$

Lo cual significa que 0,1 operarios de H2 serán traspasados a A2. A continuación, calcularemos el número de piezas en A2 fabricadas por operario anualmente. Para ello, contamos con los siguientes datos:

- Piezas anuales fabricadas en A2: $70.322 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}$
- Número de operarios en A2: 25 operarios

Con lo cual, estamos ya en disposición de calcular el número de piezas anuales y por operario que se fabrican en A2:

$$\frac{70.322 \text{ piezas/año}}{25 \text{ operarios}} \cong 2.813 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{operario}}$$

Si tenemos 0,1 operarios extra que son traspasados a A2, el número de piezas extra fabricadas en dicha célula serían las siguientes:

$$2.813 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \cdot 0,1 \text{ personas} \cong 281 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}$$

Que serían las piezas que se fabricarían al año extra debido al ahorro de tiempo que se produciría con la implantación de esta acción. Su traducción a Euros vendría dada por el producto del número de piezas multiplicado por la tarifa de ellas.

Inversión

Esta acción no requiere inversión, ya que su implantación se realizará mediante la colocación de carteles en los carros y su registro informático.

10.3.2 Ahorros conseguidos por Housekeeping (ubicación piezas 05, revisión procedimiento de scrap, ubicación de zona de previos)

Normalmente, los ahorros conseguidos por aquellas acciones ubicadas en el área de Housekeeping son complicados de valorar; se suele decir que son la base de la mejora, y se miden en función del tiempo ahorrado por los operarios en localizar una pieza o un útil como consecuencia de la mayor organización establecida. Además, tienen la ventaja de que la inversión realizada en ellos es muy pequeña (normalmente, la implantación se suele realizar mediante la colocación de carteles o reubicación de piezas), con lo cual, es prácticamente despreciable. A continuación presentaremos los ahorros producidos a partir del establecimiento de un tiempo aproximado de ahorro, basándonos en la experiencia.

Ahorro

Consideraremos que todas estas acciones juntas representan un ahorro de **5 minutos por operario**. Sin embargo, estas acciones afectan tan sólo a los operarios de H2 y de Tratamientos Térmicos, ya que son los encargados de estas células los que deben buscar las piezas para su posterior traslado a la célula y, por tanto, los afectados directamente por estas acciones. Por tanto, partimos de los siguientes datos:

- Tiempo ahorrado: $5 \frac{\text{minutos}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$
- Operarios afectados por estas mejoras: 8 personas (6 operarios de H2 y 2 operarios de Tratamientos Térmicos)
- Días laborables al año: $209 \frac{\text{días}}{\text{año}}$

A partir de estos datos, podemos hallar las horas al año que nos ahorramos con las mejoras conseguidas en Housekeeping:

$$5 \frac{\text{minutos}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 8 \text{ personas} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \cdot 209 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cong 140 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Sabiendo que las horas anuales de trabajo para los operarios de H2 y de TT son,

$1550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$ podremos entonces calcular el número de operarios de H2 que se podrán traspasar a A2:

$$\frac{140 \text{ horas/año}}{1550 \text{ horas/año} \cdot \text{persona}} \cong 0,09 \text{ personas}$$

Lo cual significa que 0,09 operarios de H2 serán traspasados a A2 para aumentar la productividad de esta célula, que es el cuello de botella de la Línea 2. A continuación, procederemos a calcular el número de piezas extra anuales que podrían fabricarse con esta ayuda en A2. Para ello, partiremos que ya hemos utilizado en los demás apartados del número de piezas anuales fabricadas en A2 (70322 piezas). Teniendo en cuenta que hay 25 operarios en A2, esto daría lugar a un total de 2813 piezas/año operario, pudiendo, de esta forma, calcular el número de piezas extra que se podrían fabricar, como a continuación se muestra:

$$0,09 \text{ personas} \cdot 2813 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \cong 253 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}$$

Esto implica que, con esta acción, podríamos ahorrarnos el dinero equivalente al que costarían todas estas piezas, es decir, al producto del número de piezas extra que se fabricarían por la tarifa de las mismas.

Inversión

Como dijimos anteriormente, las acciones ubicadas en el área de Housekeeping son despreciables, por tratarse de acciones tipo colocación de carteles, reubicación de piezas o cualquier acción cuya implementación contribuya a una mayor organización en planta.

10.4. IT

10.4.1 Agilizar sistema de generación de agrupaciones

Anteriormente, cuando se generaba una agrupación, cada vez que se tenía que añadir una orden a la misma, el tiempo que el sistema tardaba en adiccionarla al resto de las órdenes era de, aproximadamente, 15 minutos. Esto ralentizaba enormemente el flujo

de producción en H2, ya que el sistema no podía funcionar en automático si no estaban las órdenes registradas en el sistema. El departamento de informática estimó, previo estudio, que, tras unas modificaciones internas del sistema, el proceso de adición/ eliminación de órdenes en una agrupación podría reducirse considerablemente. A continuación, pasaremos a calcular los ahorros derivados de esta acción, que se realizarán, como siempre, calculando el tiempo de ahorro anual con la implementación de esta acción para, posteriormente, calcular el número de piezas que podrían realizarse en ese espacio de tiempo. Asimismo tendremos en cuenta la inversión, que vendrá dada por el número de horas que estimará IT que deberán ser necesarias para la consecución de esta acción, y cuya traducción económica vendrá dada por el producto del número de horas requeridas por el departamento multiplicado por la tarifa horaria del mismo.

Ahorros

Actualmente, y tras las comprobaciones realizadas, se ha logrado disminuir el tiempo por agrupación de 15 a 7,5 minutos. Teniendo en cuenta que control de producción tiene, aproximadamente, 209 días laborables al año, tiempo total ahorrado por la reducción de tiempo en cada agrupación sería, en total:

$$(15 - 7,5) \frac{\text{minutos}}{\text{agrupación}} \cdot 5 \frac{\text{agrupación}}{\text{día}} \cdot 209 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \cong 131 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Sabemos que las horas anuales de trabajo por operario en H2 son $1550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$

Por tanto, podremos calcular el número de operarios de H2 que se podrán traspasar a A2 de la siguiente forma:

$$\frac{131 \text{ horas/año}}{1550 \text{ horas/año} \cdot \text{persona}} \cong 0,08 \text{ personas}$$

Partiendo entonces del cálculo hecho en apartados anteriores de del número de piezas anuales y por operario que se hacen en A2, calculamos el número de piezas extra que podrían fabricarse con los 0,08 operarios que se traspasan a A2:

$$2813 \frac{\text{piezas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \cdot 0,08 \text{ personas} \cong 225 \text{ piezas}$$

Lo que significa que podrían fabricarse 225 piezas de más con la implantación de esta acción. La traducción a Euros se realizaría, como siempre, multiplicando estas piezas fabricadas de más por su tarifa correspondiente.

Hemos de tener en cuenta que, además de este ahorro, existen otros ahorros en flexibilidad de producción, al agilizar la posibilidad de desglosar órdenes.

Inversión

La inversión viene dada por el número de horas que la DISC estima necesitar para llevar a cabo esta acción; en este caso, cálculos efectuados basados en experiencias anteriores llevan a considerar que serán necesarias, aproximadamente, 70 horas para la implementación de esta acción. Con ello, el cálculo de la inversión podría realizarse fácilmente, realizando el producto de la tarifa de la DISC por el número de horas estimadas.

10.4.2 Romper agrupaciones después de prensa

Esta acción es de suma importancia para la agilización del flujo logístico en Hidroconformado, ya que libera al pallet de la agrupación una vez que ha pasado por la prensa, sin tener que esperar a que la agrupación termine su paso en A2 para que vuelva a ser reutilizado por otra agrupación. A continuación, describimos los ahorros y las inversiones que deben realizarse para llevar a cabo esta acción.

Ahorros

En este caso no tenemos una estimación clara del tiempo que se podría ahorrar con la implementación de esta acción. Sin embargo, experiencias anteriores nos llevan a estimar que la productividad, a través de esta acción, podría verse incrementada en un 5 % con respecto a la actual. Esto supondría, de acuerdo a una serie de cálculos realizados anteriormente en el apartado 2.1, de un total de **844 piezas/año extra**, cuya traducción a Euros vendría dada por la tarifa de las piezas.

Inversión

El número de horas que estima la DISC que son necesarias para la consecución de esta acción es de **100 horas**. Como siempre, para conocer repercusión económica de esta acción tendríamos que multiplicar estas horas por la tarifa en Euros de la DISC. La viabilidad económica de la acción quedaría justificada en el momento en el que se demostrara que la diferencia entre Ahorro e Inversión da un valor, como mínimo, igual a 0.

10.4.3 Facilitar agrupación manual cuando la criticidad salta en Temple.

Esta acción es muy importante y efectiva desde el punto de vista de agilizar el procesamiento de piezas críticas o con cierto retraso, ya que disminuye su atraso, facilitando su procesado. A continuación estudiaremos el ahorro producido por esta acción, así como la inversión necesaria para llevarla a cabo.

Ahorro

El ahorro de esta acción fue calculado junto con otras acciones en el apartado 1.1 “Cargar dimensiones de todos los útiles. Poner un campo de comentarios”. Esto se hizo así ya que resultaba muy complicada la estimación del tiempo ahorrado con esto o el incremento de productividad que podría producirse con la implantación de esta acción. Por tanto, para su cálculo (junto con el de las demás acciones) se partió de un número razonable de operarios pasados a H2 como objetivo y, en función de ese valor, hallar las piezas extra que podrían ser fabricadas. A modo de resumen, se obtuvo como resultado que el número de piezas extra que podría fabricarse con esta acción (junto con las demás) fue **1.406 piezas/año**.

Inversión

La DISC estimó en **30 horas** el tiempo necesario para la ejecución de esta acción.

10.4.4 Cierre de operaciones en A2 desde H2 para piezas que no requieran A2.

Esta acción permitía enviar directamente las piezas que no necesitaban procesado en A2 a procesos Finales, de tal forma que el pallet quedaba totalmente liberado tras su paso por la prensa, sirviendo únicamente de transporte para dichas piezas. El ahorro obtenido con esta acción, así como la inversión necesaria para llevarla a cabo son analizados a continuación.

Ahorro

Esta acción, al igual que la anterior, estaba vinculada al apartado 2.1 “Cargar dimensiones de todos los útiles. Poner un campo de comentarios”. Esta acción, junto con las demás acciones con las que fue evaluada, hizo que se produjera un ahorro equivalente a la venta de las **1.406 piezas anuales extra** que podrían fabricarse si esta acción fuese implantada.

Inversión

La DISC estimó que serían necesarias 10 horas para la ejecución de la acción.

10.5. Logística

10.5.1 Rebajar el stock de la nevera antes de Hidroconformado.

Esta acción, ubicada en el área de logística, se llevó a cabo mediante la implantación de un carril FIFO entre Temple e Hidroconformado. La implementación de esta acción se realizó mediante la colocación de carpetas en las neveras para que, mediante un simple golpe de vista, se pudiera apreciar la situación de stock en las neveras, estableciéndose un control de producción entre ambas células. Los ahorros conseguidos y las inversiones efectuadas en esta acción son redactados a continuación. En los ahorros e inversiones de esta acción también se consideran los generados por la acción “Revisar señal Pull para inicio de fabricación de pieza sin útil de conformado”, ya que ambas acciones tienen como resultado directo y medible la disminución del Lead Time en H2.

Ahorros

Cuando las piezas han sido templadas, antes de ser procesadas en H2 se colocan en las neveras para que no pierdan sus propiedades. En ocasiones, y tal y como ya fue explicado en su momento, la falta de organización entre TT y H2 era tal, que las piezas que iban a pasar por la prensa se acumulaban en las neveras, provocando obsolescencia y retrasos en las mismas, a parte un aumento del Lead Time real como consecuencia de la falta de organización. Con la implantación del carril FIFO (First In-First Out) se reprocessa únicamente lo que se necesita atendiendo al orden de demanda, evitando así los problemas anteriormente mencionados y disminuyendo notablemente el Lead Time de la célula. Por ello, y como base de nuestro ahorro, partimos de los siguientes datos:

$$68071 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} : \text{N}^\circ \text{ de piezas en T2 + H2}$$

$$209 \frac{\text{días}}{\text{año}} : \text{días laborables anuales}$$

3 días de Lead Time: objetivo de reducción de Lead Time (partimos de 9 días y queremos bajarlo a 6 días de Lead Time)

3,5 %: coste de inmovilizado, valor facilitado por los financieros en función del mercado aeronáutico. Es lo que “nos cuesta” tener stock acumulado en la fábrica en lugar de procesarlo (ya que se le añade valor) o venderlo. Este coste de inmovilizado es igual a T2.

$$\frac{\text{€}}{\text{pieza}} : \text{es la tarifa de las piezas}$$

Con estos datos de partida hallamos la cantidad ahorrada como consecuencia de esta reducción de Lead Time:

$$\frac{68071 \text{ pzas} / \text{año}}{209 \text{ días} / \text{año}} \cdot 3 \text{ días} \cdot 0,035 \cdot x \frac{\text{€}}{\text{pieza}} \cong 34,2 \cdot x \text{ €}$$

Siendo x la tarifa de las piezas en L2.

Inversión

Esta acción carece de inversiones, ya que su implantación se realiza a través de colocación de carteles y carpetas para facilitar la gestión visual del proceso, resultando despreciables estos datos.

10.5.2 Estandarización de lotes

La estandarización de los lotes agiliza el flujo productivo en H2, ya que se consiguen terminar todas las órdenes que conforman una agrupación con un menor número de pasadas. Esto se ha conseguido revisando las políticas de lotes y adaptándolas a la actual cadencia de los programas. También se ha conseguido mediante la homogeneización de los útiles que se introducen en H2 (es decir, hacer más pasadas en lugar de reorganizar utillaje). Partiendo de estos comentarios, pasamos analizar los ahorros e inversiones producidos por esta acción.

Ahorros

Con esta acción suponemos una mejora de la productividad de los operarios de H2 de un 1%, dato que, como siempre, pasaremos al número de operarios de H2 que podrían ser traspasados a A2 para traducirlo, finalmente, el número de piezas extra anuales que podrían fabricarse. Para ello, partimos de los siguientes datos:

$$\text{Horas de trabajo anuales por operario en H2: } 1550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}}$$

$$\text{Horas de trabajo totales en H2: } 6 \text{ personas} \cdot 1550 \frac{\text{horas}}{\text{año} \cdot \text{persona}} \cong 9300 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$1\% \text{ del total de horas: } 0,01 \cdot 9300 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \cong 93 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Con ello, podemos calcular el número de operarios de H2 que pueden pasar a A2:

$$\frac{93 \text{ horas/año}}{1550 \text{ horas/año} \cdot \text{persona}} \cong 0,06 \text{ operarios}$$

Sabiendo que cada operario fabrica anualmente 2.813 piezas, el número de piezas extra que se fabricarían con estos operarios traspasados sería el siguiente:

$$0,06 \text{ personas} \cdot 2813 \frac{\text{piezas}}{\text{persona} \cdot \text{año}} \cong 169 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}$$

Su traducción a Euros vendría dada, como siempre, por el producto del número de piezas extra fabricadas y la tarifa de cada una de ellas.

Inversión

Esta acción carece igualmente de inversión, al tratarse de una reorganización de los lotes.

10.6. Mejora continua

10.6.1 Instauración reunión semanal/ Colocar tablón de información

Las acciones ubicadas en el área de Mejora Continua carecen de inversiones y de ahorros, siendo, sin embargo, necesarias para una mejor organización de la producción. En el caso de los paneles de información, el dinero destinado a la construcción de los mismos entra en una partida diferente a la destinada al Lean Manufacturing, por tanto, no interfiere en los gastos destinados al proyecto, ya que hay algunos puntos que no tienen ahorro directo, pero que son necesarios desde el punto de vista Lean.

10.7. Calidad

10.7.1 Modificación de útiles para evitar grietas por bordones

Esta acción surgió por la gran cantidad de piezas con bordones que salían defectuosas tras su procesado, debido a que el hundimiento que suponían los bordones (y que se realizaba mediante los útiles adecuados) provocaba grietas en las piezas procesadas. Como los bordones son unos elementos estructurales que contribuyen a la rigidización de las piezas, su eliminación no es posible, así que se optó por modificar la norma concerniente al procesado de dichas piezas, disminuyendo

la profundidad de los mismos. Esta acción conlleva ahorros, ya que se reduce el número de piezas agrietadas por este motivo, pero, al mismo tiempo, conlleva también inversiones, ya que hay que modificar los útiles antiguos para adaptar sus dimensiones a la norma establecida. Estos ahorros e inversiones son detallados a continuación.

Ahorros

Los ahorros surgen como consecuencia de la eliminación de las HNC's (Hojas de No Conformidad) que surgían a raíz de las grietas provocadas por los bordones. La modificación de la norma supuso eliminar los costes que generaban estas HNC's, con lo cual, el ahorro en esta acción se mide a partir de lo que nos ahorramos con la eliminación de estos gastos. Partiendo de los siguientes datos:

Número de HNC's anuales generadas por bordones: $160 \frac{HNC's}{año}$

Coste aproximado generado por una HNC: $y \frac{€}{HNC}$

Con lo cual, la cantidad ahorrada anualmente por la consecución de esta acción sería la siguiente:

$$160 \frac{HNC}{año} \cdot y \frac{€}{HNC} \equiv 160 \cdot y \frac{€}{año}$$

Inversión

Las inversiones surgen de los gastos generados por la modificación de los útiles para adaptarlos a la nueva norma. Esto consistía en enviarlos a la empresa subcontratada donde, mediante un fresado mecánico sobre la superficie, se rebajaba la profundidad de los bordones. La inversión realizada equivaldrá, por tanto, al producto del número de útiles modificados por el precio de la modificación realizada sobre cada uno de ellos, según la fórmula siguiente:

$$útiles \cdot \frac{€}{útil} \equiv €$$

10.8. Resumen ahorros conseguidos

A continuación ofrecemos una tabla – resumen para apreciar de forma más clara los ahorros e inversiones generados por este proyecto:

ACCIÓN	AHORRO	INVERSIÓN
Cargar dimensiones de todos los útiles/ Diferenciar piezas con/sin útil/ Evitar la utilización de un útil en más de una fábrica/ Ruta alternativa para piezas S/ Procedimiento de actuación logístico/ Modificación de la ruta de acuerdo a la criticidad	$1.406 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Ahorro en Conformado Manual	$2.471 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	19.200 €
Platabandas	$1.740 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Adquisición pallets	$844 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Adquisición manta modificada	$\frac{\text{preciomanta}}{\text{año}}$	Carece de inversión
Adquisición kit de cambio rápido	$1.064 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	14.850 €
Estudio OEE H2	$844 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	6.000 €
Detallar orden a la salida de Recanteado	$281 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Resto de acciones Housekeeping	$253 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Agilizar sistema de generación de agrupaciones	$225 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	$70 \text{horas} \cdot \frac{\text{TarifaDISC}}{\text{hora}}$
Romper agrupaciones después de prensa	$844 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	$100 \text{horas} \cdot \frac{\text{TarifaDISC}}{\text{hora}}$
Facilitar agrupación manual	$1.406 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	$30 \text{horas} \cdot \frac{\text{TarifaDISC}}{\text{hora}}$
Cierre de operaciones en A2 desde H2	$1.406 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	$10 \text{horas} \cdot \frac{\text{TarifaDISC}}{\text{hora}}$
Rebajar stock en nevera antes de H2	$34,2 \cdot x \text{€}$	Carece de inversión
Estandarización de lotes	$169 \frac{\text{piezas}}{\text{año}} \text{extra}$	Carece de inversión
Modificación útiles por bordones	$160 \cdot y \frac{\text{€}}{\text{año}}$	$\text{útiles} \cdot \frac{\text{€}}{\text{útil}}$
TOTAL	$12.953 \frac{\text{Pza}}{\text{año}} \cdot \frac{\text{€}}{\text{pza}} + \frac{\text{€nanta}}{\text{año}} + 34,2 \cdot x + 160 \cdot y$	$40.050 \text{€} + 210 \text{horas} \cdot \frac{\text{DISC}}{\text{hora}} + \text{útiles} \cdot \frac{\text{€}}{\text{útil}}$

Siendo:

- x: tarifa de las piezas en L2
- y: precio de cada HNC
- €/manta: precio de la manta
- €/útil: precio de la modificación de los útiles.
- DISC/hora: tarifa horaria de la DISC

10.9. Conclusiones

Las mejoras implantadas en el proyecto han dado como resultado un aumento del número de piezas terminadas, al producirse 12.953 piezas extra. Esto implica el siguiente aumento de productividad:

- Piezas terminadas en 2.005: 70.322 piezas
- Piezas extra terminadas: 12.953 piezas

$$\frac{12.953}{70.322} \cong 20\%$$

Lo que implica que se ha producido un aumento de la productividad del **20 %**.

BIBLIOGRAFÍA

- www.sisteplant.com
- www.mamtc.com
- <http://www.emeraldlibrary.com/ft>
- "Lean Manufacturing implementation: A complete Execution Manual for any size Manufacturer", Dennis P. Hobbs
- "Lean Thinking", J. Womack y D. Jones 1996
- "El mantenimiento. Fuente de beneficios" , Souris, Díaz de Santos 1992
- "Administración con el método Japonés", Agustín J. Cárdenas, 1993
- "Cómo mejorar los métodos de trabajo", Gutiérrez 1984
- "Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad", D. José Fco. Villarbarrio
- "La fábrica flexible", Rafael Ferré
- "Observar para crear valor", Massachusetts: The lean Enterprise Institute, Mike Rother, John Shook 1999
- "Lean Six Sigma For Service" Michael L. George
- "The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production" James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos.

11. Anexo: Teoría de las herramientas Lean Manufacturing

Las herramientas Lean más utilizadas son las siguientes:

- Análisis de una cadena de valor: VSM.
- Análisis de un proceso: Trabajo estandarizado.
- 5S's y gestión visual.
- TPM: Mantenimiento total productivo.
- OPF: One piece flow. Flujo pieza a pieza.
- Smed: Reducción de tiempos de preparación
- Kaizen

A continuación se profundizará en cada una de ellas.

1. VSM

1.1 Definición y objetivos

Descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados (Procesos). Persigue tres objetivos fundamentales:

1. Entender la situación actual representando el flujo de materiales e información
2. Establecer la situación objetivo
3. Plan de acciones

1.2 Pasos en proceso de mapeado

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

9. Representar el flujo de información que gestiona el flujo de materiales.
 - ¿Cómo se sabe qué hay que producir, en qué cantidad y cuándo?
 - ¿Cómo es la comunicación con el proceso cliente? ¿Y con el proveedor? ¿Y con el proceso interno?
10. Revisar todo. Completar los datos que sea necesario. Bajar a planta para aclarar dudas.
11. Representar la línea de tiempos.
12. Establecer Lead Time y Valor añadido.

1.3 Mapeado del estado futuro

Para diseñar el estado futuro hay que responder a ocho preguntas:

DEMANDA

1. ¿Cuál es el Takt time?
2. ¿Se va a fabricar contra pedido o contra un stock de producto terminado?

FLUJO DE MATERIALES

3. ¿Dónde se puede establecer un flujo pieza a pieza?
4. Donde no sea posible establecer un flujo pieza a pieza, ¿qué tipo de puntos de almacenaje se van a establecer para controlar el flujo de materiales?

FLUJO DE INFORMACIÓN

5. ¿Qué proceso se puede establecer como “Marcapaso”? Desde este proceso hasta el final de la cadena el flujo será continuo.
6. ¿Cómo se va a nivelar el flujo de materiales en el proceso “Marcapaso”?
7. ¿Qué incremento de trabajo (pitch) se va a lanzar en el proceso “Marcapaso”?

ACCIONES KAIZEN NECESARIAS

1. ¿Qué acciones Kaizen será necesario realizar para transformar el estado actual en el estado futuro?

1.3 Características del estado futuro.

- Aplicar flujos pieza a pieza siempre que sea posible.
- Dónde no sea posible, utilizar Supermercados, líneas FIFO o CONWIP para sincronizar procesos.
- Identificar las fuentes de desperdicio de flujo y eliminarlas aplicando los conceptos de la cadena de valor lean.
- Aplicar las acciones kaizen de proceso que soportan las acciones kaizen de flujo.
- Limitar el campo de actuación. Diseñar un estado futuro realista:
 - ¿Se puede contemplar cambios en el diseño de los productos?
 - ¿Se puede contemplar la adquisición de nuevos equipos?

2. Análisis de un proceso: Trabajo estandarizado

2.1 Introducción

El trabajo estandarizado tiene como objetivo establecer la base para la mejora continua de los grupos de trabajo. Es además el método actual más seguro para cumplir con los requerimientos de calidad y de volumen del cliente y con la más alta productividad posible. Para ello se emplean las llamadas “Hojas de estandarización”, las cuales son unos documentos que cumplen las siguientes características:

Las “Hojas de estandarización “son:

- Hojas donde se describen los procesos
- Desarrolladas por los grupos de trabajo
- Colocadas en el puesto de trabajo, al alcance visual del operario para que pueda ser consultada.
- Una subdivisión de la operación en elementos
 - De trabajo
 - De seguridad
 - Representaciones Visuales

Por otro lado, las “Hojas de estandarización “no son:

- Estáticas, sino que son un documento vivo, cambiante, porque los miembros de los grupos de trabajo las están mejorando continuamente.
- Un papel enterrado en alguna mesa.
- Un papel creado por el Supervisor o los Ingenieros

2.2 Beneficios de la estandarización:

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

- Es la base para el entrenamiento
- Controla la variabilidad
- Asegura compartir las mejoras en otras áreas

2.3 Trabajo estandarizado. Pasos.

1. Analizar el trabajo (qué y cómo). Operaciones, tiempos de ciclo y muestra de actividades.

2. Aplicar principios de:

- Economía de movimientos (eliminar, combinar y reducir).
- Uso del cuerpo humano.
- Organización del puestos de trabajo y disposición de materiales (5S's)

3. Determinar los nuevos pasos o fases de la operación y el mejor Lay-out para eliminar/reducir desperdicios y que mejor se adapte a los nuevos criterios (Propuesta de nuevo equilibrado).

4. Identificar puntos críticos de Seguridad y Calidad.

5. Mejorar: "Observar puesta en marcha y depurar"

6. Finalizar: Escribir, fotografiar, formalizar, validar... estandarizar.

7. Colocar el estándar en lugar visible para el operario. Formar.

A continuación se profundizará en cada uno de los pasos.

2.3.1 Analizar el trabajo (qué y cómo).

Los estudios que se deben realizar para un correcto análisis del trabajo son los siguientes:

- Análisis del tiempo de ciclo
- Muestreo de actividades
-

2.3.2 Aplicar principios de: Economía de movimientos, uso del cuerpo humano, organización del puesto y diseño de herramientas.

Economía de movimientos

- ELIMINAR: Reducir el número de movimientos.
- COMBINAR: Hacer dos o mas movimientos simultáneamente.
- REDUCIR: Reducir distancia de movimientos.

Aplicaciones

- Uso del cuerpo humano
- Organización del área de trabajo
- Diseño de herramientas y equipos

Uso del cuerpo humano:

- Ambas manos comienzan y terminan las operaciones al mismo tiempo.
- Movimientos de brazos simétricos, en direcciones opuestas y realizados simultáneamente.
- Mantener puntos focales comunes para reducir movimientos de cabezas y ojos.
- Reducir los movimientos del cuerpo al mínimo.

Organización del puesto de trabajo:

- Herramientas y materiales preposicionados aumentan el ritmo y evita búsquedas.
- Alimentación por gravedad, gavetas, cajas que posicionan los materiales cerca del punto de uso.
- Herramientas y utillajes colocados lo más cerca posible para conseguir la mejor secuencia de movimientos.
- Sistemas automáticos de descarga.
- Iluminación adecuada, posturas correctas.
- El color del entorno debe contrastar con el del trabajo para evitar la fatiga ocular.

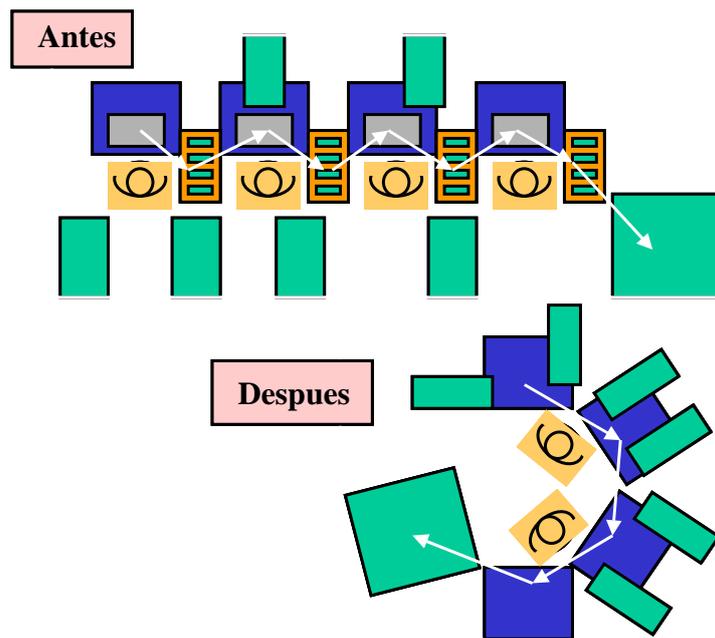
Diseño de herramientas:

- Evitar utilizar una mano para sujetar piezas o utillajes.

- Utilizar herramientas combinadas.
- Soportes para herramientas pesadas.
- Tener stock separado para cada mano, incluso si la pieza es común.

2.3.3 Nuevas fases de la operación y el mejor Lay-out.

Hay que buscar el Layout óptimo que minimice los movimientos.



2.3.4 Puntos críticos de Seguridad y Calidad.

Es necesario adoptar puntos críticos que aseguren:

- Alcanzar los estándares de calidad.
- Alcanzar los estándares de seguridad.
- Alcanzar los objetivos de productividad.

2.3.5 Mejorar

Hay que optimizar la producción con los medios existentes.

2.3.6 Finalizar: Escribir, fotografiar, formalizar, validar... estandarizar.

Crear el estándar:

- Escribir una hoja de operaciones estándar utilizando pasos principales e indicando puntos críticos.
- Escribir a mano, incluir notas necesarias, depurar sobre la implantación.
- Ser claro.
- Documentación visual.

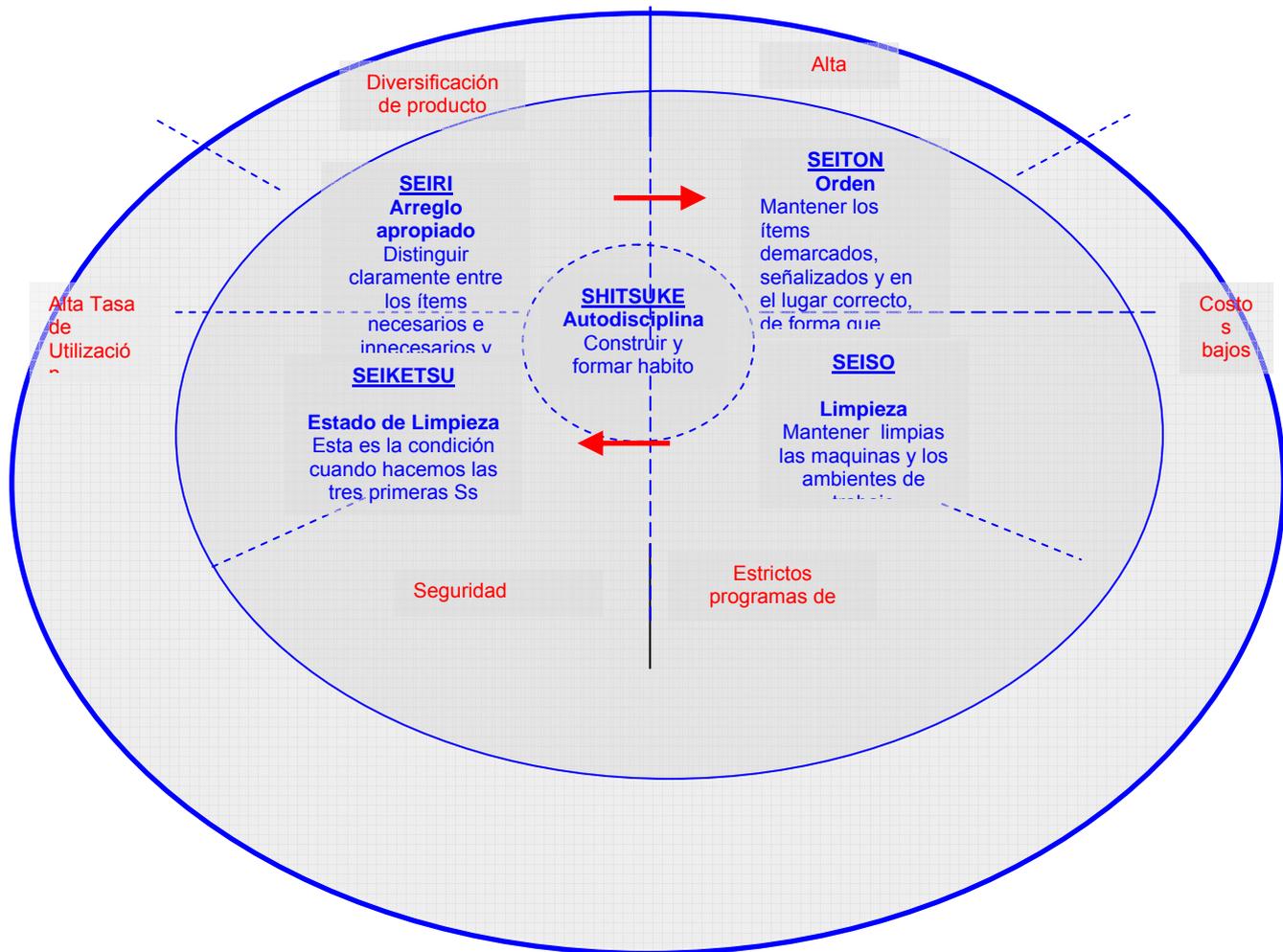
2.3.7 Colocar el estándar.

3. 5S Y GESTIÓN VISUAL

Las 5 Ss (Housekeeping)

1. Seiri “Cuanto menos es más”
2. Seiton “Ordenar”
3. Seiso “Limpiar”
4. Seiketsu “Sistematizar
5. Shitsuke “ Estandarizar”
6. Conclusión

Sistema conformado por cinco pasos, que mediante su implementación se logra un mayor orden, eficiencia y disciplina en el lugar de trabajo. Toma su nombre de cinco palabras japonesas que comienzan con la letra “s” de simple y sencillo: Seiri (despejar, retirar todo menos una cosa, con la que se pueda trabajar sin estorbos), Seiton (orden, ejecutar actividades una por una; tener un lugar para cada cosa), Seiso (limpiar), Seiketsu (detallar, corregir todo detalle que indique mala calidad) y Shitsuke (continuidad del proceso).



La dirección debe comprender los muchos beneficios de las 5 S's en las zonas de trabajo.

- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina; los empleados con autodisciplina están siempre participando en las 5 S's, asumen un interés real en el kaizen y pueden confiar en su adhesión a los estándares.
- Señala anomalías, tales como productos defectuosos y excedentes de inventario.
- Reduce el movimiento innecesario y el trabajo agotador.
- Permite que se identifiquen visualmente y, por tanto, que se solucionen los problemas relacionados con escasez de materiales, líneas desbalanceadas, averías en las máquinas y demoras en las entregas.
- Hace visibles los problemas de calidad.
- Mejora la eficiencia en el trabajo y reduce los costos de operación.

- Reduce los accidentes industriales mediante la eliminación ambientes inadecuados y operaciones inseguras.
- El bajo costo que implica su puesta en marcha.
- Incrementos en calidad y productividad.

La actividad de las 5S's (housekeeping), precedida por la estandarización (documentación de la mejor forma de realizar el trabajo) y precediendo a la eliminación del muda (desperdicio, actividad que no agrega valor, algunos ejemplos de mudas, ver tabla MUDA), son los pilares fundamentales del gemba kaizen (mejoramiento continuo en el lugar de la actividad).

<u>MUDA</u>		
<u>Desperdicio</u>	<u>Naturaleza</u>	<u>Solución</u>
Trabajo en proceso	Inventario de ítems que no se necesitan en forma inmediata.	Disminuir inventario.
Rechazo	Elaboración de productos defectuosos.	Reducir los productos defectuosos.
Instalaciones	Maquinaria inactiva; averías; tiempo de alistamiento excesivo.	Incrementar el índice de utilización de la capacidad.
Gastos	Sobreinversión para la producción requerida.	Recortar gastos.
Mano de Obra (MO) directa	Exceso de personal debido a un sistema deficiente de trabajo indirecto.	Asignar empleos en forma eficiente.
Diseño	Elaborar productos con más funciones de las necesarias.	Reducir costos.
Talento	Contratar personas para tareas que pueden mecanizarse o asignarse a personas menos capacitadas.	Instituir medidas de ahorro o de maximización del uso de la MO.
Movimiento	No trabajar de acuerdo con el estándar de trabajo.	Mejorar los estándares de trabajo.
Producto terminado	Lentitud en la estabilización de la producción de un nuevo producto.	Cambio rápido hacia la producción completa en línea.

Primero. Seiri “Cuanto menos es más”

Ejecutar el Seiri significa *diferenciar entre los elementos necesarios de aquellos que no lo son, procediendo a descartar estos últimos.*

Ello implica una clasificación de los elementos existentes en el lugar de trabajo entre necesarios e innecesarios. Para ello se establece un límite a los que son necesarios. Un método práctico para ello consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en un periodo determinado (días, semanas).

El otro método hace uso de una de las herramientas de gestión “el diagrama de Pareto”, en función de ello habrá que separar los pocos vitales de los muchos triviales. Como promedio aproximadamente entre un 20% y un 30% de los elementos son utilizados entre el 80% y 70% de las oportunidades, mientras que entre un 80% y 70% de los restantes elementos sólo se utilizan entre el 20% y 30% de las veces.

En el trabajo diario sólo se necesita un número pequeño de los innumerables elementos existentes en el gamba. El sitio de trabajo está lleno de máquinas sin uso, cribas, troqueles, herramientas, productos defectuosos, trabajo en proceso, materias primas, suministros, partes, repuestos, anaqueles, contenedores, escritorios, bancos de trabajo, archivos de documentos, estantes, tarimas, formularios y elementos que pertenecen al operario o ejecutor de la tarea.

Poner en práctica el Seiri implica otorgar poder a los empleados y operarios (empowerment), para que ellos determinen cuales elementos o componentes son necesarios y cuales no, siempre siguiendo los postulados y las normas generales dictados por la dirección.

La colocación de etiquetas de tamaño ostensible (sobre los elementos considerados innecesarios) permite visualizar luego de la señalización, la importante cantidad de elementos sobrantes o innecesarios en el lugar de trabajo. Surge luego que hacer con tales elementos, de tratarse de documentación deberá asignársele un código y proceder a su archivo (de tal forma en caso de necesitarse, se podrán encontrar fácilmente los mismos evitando la pérdida de tiempo o el extravío de los mismos).

Hoy en día el tema de espacio interno se considera de vital importancia en las organizaciones, asignándose costos a cada centímetro de espacio cúbico dentro de la infraestructura. Debe existir un plan que le permita al operador y/o empleado decidir de forma sistemática qué debe ser archivado o no, y a la empresa decidir si este archivo deberá ser ubicado dentro o fuera de la empresa (outsourcing)

En el caso de máquinas o herramientas, podrán ser destinadas a sectores que necesiten de ellas o bien ubicarlas en un área que permita su utilización por diversos sectores (siempre claro está de que se trate de máquinas y herramientas de muy escaso uso, que no justifique la pérdida de espacio físico), en el caso de formularios si

están fuera de uso deberán utilizarse de ser posible para otros fines (reciclaje organizacional), y de no ser posible ello, proceder a su destrucción.

Es importante evitar por tal motivo la impresión de formularios en tandas, siendo mejor su impresión “justo a tiempo”. Para el caso de los insumos y materiales existentes en exceso, los mismos deberán ir al sector anterior en el proceso, o a bodega adoptándose todas las medidas necesarias dentro de la filosofía del JIT (Just in Time), reubicación siempre y cuando solo sea necesaria su participación.

Es necesario evitar la frecuencia de excesos en inventarios de materia prima y sobreproducciones de productos en proceso y producto terminado, ya que, debido a los ingentes recursos utilizados (horas hombre, horas maquina) que se ven desperdiciados por tal motivo (manipulación de materiales, destrucción, accidentes, uso de espacios, costos financieros, seguros, pérdida de valor), se disminuye la rentabilidad y eficiencia operativa.

Es fundamental que tanto los empleados como los supervisores, analistas y directivos recorran los lugares de trabajo luego de las colocaciones de las etiquetas antes mencionadas, para tomar conciencia y analizar las causas de tanto derroche .

Destinar media hora diaria durante una semana para poner en orden los papeles, componentes y herramientas, entre otros, permitirá sorprenderse de la cantidad de elementos inútiles que se han acumulado. Acabar con el caos es una terapia aconsejable, que genera una enorme cantidad de energía.

En las empresas que no practican la disciplina de las 5S's, el caos que rodea a sus empleados absorbe sus energías. El 90% del tiempo viven en medio del desorden, aunque este no sea visible. El liberarse del caos otorga la suficiente energía y claridad para producir más y mejorar las ideas.

La eliminación de ítems innecesarios deja espacio libre, lo que incrementa la flexibilidad en el uso del área de trabajo, porque una vez descartados los ítems innecesarios, sólo queda lo que verdaderamente se necesita. En esta etapa debe determinarse el número máximo de ítems que deben permanecer en el gamba: materia prima, herramientas, partes y suministros, trabajo en proceso, etcétera.

Cabe mencionar como ejemplo, la forma de comportamiento en el área administrativo de un importante grupo económico que en lugar de capacitar al personal para eliminar todo formulario innecesario y debido a anteriores extravíos de documentación, impusieron como norma que todo formulario, documento comercial o meramente una publicidad del proveedor, fuera archivado junto con las facturas, remites y recibos del mismo proveedor.

Podrá imaginarse desde ya que buena parte del trabajo de archivar consistía en guardar papelería inútil, desperdiciándose además un gran volumen de espacio físico,

todo ello por no tomarse el trabajo de capacitar debidamente al personal y otorgarle un mínimo de poder de decisión.

En muchas empresas del Japón se suele ver a los jefes de departamento con batas y guantes clasificando los materiales desechados en pilas de materiales similares, procediendo luego a analizar con cuidado los componentes de cada pila para decidir de dónde proceden, y la razón por la que utilizaron tantos recursos en hacer elementos que luego han de desecharse. Procediendo con posterioridad a adoptar métodos para evitar ese derroche, lo cual no sólo mejora los productos y procesos, sino que también elimina la necesidad de gastar un tiempo excesivo en el mantenimiento de las instalaciones.

Al reducir a un mínimo los implementos en los cajones de las oficinas, se elimina la necesidad de revolver la colección de lápices, papeles y cosméticos, dulces, tarjetas, etcétera para llegar a un ítem apropiado. Con frecuencia, los elementos se colocan en cajones en forma indiscriminada, estos elementos deben clasificarse de acuerdo a su uso. Los implementos de oficina y los artículos personales deben ocupar cada uno un cajón por separado (lo general es que un escritorio tenga por lo menos dos cajones), se debe determinar el número máximo de cada ítem, todos los ítems que superen el número máximo se descartan y se llevan al área de suministros y se emprende un proceso normal de inventario, reposición y punto de reorden.

Segundo. Seiton “Ordenar”

El Seiton implica *disponer en forma ordenada todos los elementos esenciales* que quedan luego de practicado el Seiri, de manera que se tenga fácil acceso a éstos. Significa también suministrar un *lugar conveniente, seguro y ordenado a cada cosa y mantener cada cosa allí*.

Clasificar los diversos elementos por su uso y disponerlos como corresponde, para minimizar el tiempo de búsqueda y el esfuerzo, requiere que cada elemento disponga de una ubicación, un nombre y un volumen designados. Debe especificarse no sólo la ubicación, sino también el número máximo de ítems que se permite en el gamba.

Cuando se ha alcanzado el nivel máximo permitido de inventario, debe detenerse la producción en el proceso anterior; no hay necesidad de producir más de lo que puede consumir el proceso siguiente .

Los elementos que queden en el lugar de trabajo deben colocarse en el área designada. Cada pared o estante deben estar numerados, utilizando nombres como Pared N1 (norte uno) y Pared S1 (sur uno). La colocación de diversas herramientas, suministros y trabajos en procesos deben estar ubicadas de acuerdo a las señales o marcas especiales. Las marcas en el piso o en las estaciones de trabajo indican las ubicaciones apropiadas para el trabajo en proceso, herramientas, etcétera.

Al pintar un rectángulo en el piso para delinear el área para las cajas que contienen trabajo en proceso, por ejemplo, se crea un espacio suficiente para almacenar el volumen máximo de ítems. Al mismo tiempo, cualquier desviación del número de cajas señalado se hace evidente instantáneamente. Las herramientas deben colocarse al alcance de la mano y deben ser fáciles de recoger y regresar a su sitio. Sus siluetas podrían pintarse en la superficie donde se supone que deben almacenarse. Esto facilita saber cuándo se encuentran en uso.

El pasadizo también debe señalizarse claramente con pintura, al igual que otros espacios designados para suministros y trabajo en proceso, siendo el destino del pasadizo el de tránsito, no debiendo dejarse nada allí. La zona de tránsito debe estar completamente despejada de manera que se destaque cualquier objeto que se deje allí, lo que permite su observación instantánea y su correspondiente acción correctiva.

Esta fase del housekeeping está íntimamente relacionada con el poka-yoke, así pues la colocación de los objetos en sus respectivos lugares implicará el poder encontrar los mismos con facilidad, evitar su extravío, e impedir posibles accidentes.

Es muy común en áreas administrativas el extravío de documentación, contratos y otro tipo de documentación por falta del debido ordenamiento, lo cual trae aparejado una importante pérdida de tiempo, como también la ausencia de documentación de importancia en momentos claves, y la mala imagen que queda de la empresa ante los ojos de clientes externos.

Tercero. Seiso “Limpiar”

Significa *limpiar el entorno de trabajo*, incluidas máquinas y herramientas, lo mismo que pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo. También se le considera como una actividad fundamental a los efectos de verificar. Un operador que limpia una máquina puede descubrir muchos defectos de funcionamiento; por tal razón el Seiso es fundamental a los efectos del mantenimiento de máquinas e instalaciones. Cuando la máquina está cubierta de aceite, hollín y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se pueda estar formando. Así pues mientras se procede a la limpieza de la máquina podemos detectar con facilidad la fuga de aceite, una grieta que se esté formando en la cubierta, o tuercas y tornillos flojos, una vez reconocidos estos problemas, pueden solucionarse con mayor facilidad.

Se dice que la mayor parte de las averías en las máquinas comienza con vibraciones (debido a tuercas y tornillos flojos), con la introducción de partículas extrañas como polvo (resultado de grietas en el techo, por ejemplo), o con lubricaciones y/o engrases inadecuados. Por esta razón, Seiso constituye una gran experiencia de aprendizaje para los operadores, ya que pueden hacer muchos descubrimientos útiles mientras limpian las máquinas.

Pero cuando de limpieza se trata no menos importancia tiene la limpieza del aire, fundamental tanto para el personal, como para los clientes, funcionamiento de máquinas, calidad de los productos, descomposición de materiales, entre muchos otros.

Cantidades no controladas de polvo y otras impurezas en la atmósfera pueden volver insalubre y aun peligrosa esta. El aire respirable en los edificios resulta seriamente afectado por las funciones corporales y las actividades de sus ocupantes; ocurren concentraciones de dióxido de carbono y vapor de agua debido a la exhalación del aire de los pulmones, impregnado siempre de bacterias cuyo origen es la propia respiración, o debido a estornudos y tos. El organismo despidе impurezas orgánicas según el grado de limpieza habitual de cada persona.

Si además se fuma o hay llamas al descubierto, obviamente el producto de la combustión causará mayor contaminación. Ésta aumenta considerablemente cuando, por algún proceso industrial, se producen humos, gases o polvo. Por todo ello es fundamental evitar la emanación de componentes que produzcan el enrarecimiento del aire, pero además contar con sistemas de aireación y ventilación adecuados.

Los efectos nocivos derivados de la falta de ventilación no se han valorado en debida forma. Un aire limpio permitirá detectar a tiempo pérdida de gases, químicos o combustibles.

Los empresarios de visión comprenden, que al instalarse sistemas adecuados de ventilación no sólo se logra mayor comodidad para los trabajadores, sino otros beneficios recíprocos. Es indudable que al proporcionar mejores condiciones se obtienen dividendos, cuyos resultados son satisfactorios para el personal y por tanto, suele lograrse incremento en la productividad.

Una buena ventilación implica abastecimiento de aire, remover contaminación y calor, movimientos o cambios de aire para refrescar el ambiente contrarrestando incomodidades debidas a humedad. El subestimar los requerimientos de ventilación podría tener serias repercusiones, independientemente de significar incomodidades para los trabajadores. Los humos corrosivos encerrados dentro del edificio o planta atacarán indudablemente su estructura, con resultados no deseados.

No sólo la limpieza de máquinas, pisos, techos y del aire son importantes, también lo es la *luz*, el *color*, el *calor* y la *acústica*. Así un suministro adecuado de iluminación debe ser el primer objetivo, puesto que la luz es el requisito esencial para una adecuada visión. La luz es el elemento más importante para proporcionar un ambiente adecuado; se conoce el efecto reconfortante de la luz solar después de condiciones atmosféricas adversas, del mismo modo que la sensación de bienestar que se tiene al pasar de un lugar de trabajo oscuro a uno bien iluminado, recién pintado y con paredes de colores agradables. Los colores claros de las paredes son tan importantes

como la luz que refleja, debido a que el negro y los colores oscuros absorben la luz y tienden a crear un ambiente lúgubre y deprimente.

El componente más importante de la luz es el color, porque cuando los colores se usan en forma adecuada puede lograrse no sólo un ambiente agradable, sino que también se ayuda a obtener mayor visibilidad, a dirigir o enfocar la atención donde se requiere y a comunicar advertencias visuales de riesgo. Al seleccionar colores para una industria o cualquier otro lugar de trabajo, se debe pensar en la seguridad y en el estado de ánimo que puedan lograrse en las personas que lo ocupan, así como en las condiciones de trabajo que conduzcan a incrementar la eficiencia del trabajo.

Al pintar una fábrica o un taller, no deben elegirse los colores por su apariencia o efecto decorativo, lo importante y racional es elegir los colores en primer lugar por su valor funcional inherente a un propósito específico, como lo es reflejar la luz sin brillo, mejorar la visibilidad reduciendo en forma notable las sombras, dar relieve a las áreas de trabajo, concentrar el alumbrado en las zonas de peligro y de riesgo, identificar y localizar fácilmente el equipo contra incendio, el de primeros auxilios, así como las diferentes tuberías de servicio, ductos de alambrado eléctrico, etcétera.

En cuanto al alumbrado el mismo debe tener prioridad, y es especialmente importante en lugares donde el nivel de ruido es alto y se tenga que depender de la vista más que del oído para darse cuenta de un riesgo cercano.

Es obvio que sin los requerimientos fundamentales para un alumbrado adecuado no se puede llevar a cabo ningún trabajo visual en forma fácil, correcta, rápida y segura. Por otra parte, la luz misma puede representar un riesgo o peligro si se le emplea indebidamente. Entre las fallas de alumbrado más importante se tienen: el alumbrado insuficiente, las sombras, el deslumbramiento incapacitante, el deslumbramiento molesto y el deslumbramiento reflejante.

En cuanto a los problemas acústicos y de vibraciones, los mismos deben tenerse especialmente en cuenta por los efectos que ellos producen en materia de seguridad, incapacidades, e improductividad. Una exposición excesiva al ruido causa lesiones al sistema auditivo, causa molestias y, en ocasiones, interrumpe el curso del diálogo. El conocimiento sobre la sordera ocupacional y su relación con el ruido ha avanzado en la última década. En la actualidad, es posible valorar con bastante precisión el riesgo resultante de prácticamente cualquier ruido producido por la industria.

En todo lo visto en este apartado cobra fundamental importancia el accionar de la dirección y su Staff a los efectos de proveer las mejores condiciones laborales que hagan posible la excelencia en el servicio al cliente externo mediante la calidad, los costos, la flexibilidad y la entrega. Algo que sólo será factible mediante un ámbito de trabajo apropiado. Debe igualmente subrayarse la importancia que el kaizen le da al ambiente adecuado como principio filosófico fundamental de respeto por el ser

humano, implica el compromiso de eliminar suciedad, los peligros y el estrés en el gemba.

Cuarto. Seiketsu “Sistematizar”

Significa mantener la limpieza de la persona por medio del uso de ropa de trabajo adecuado, lentes, guantes, cascos, caretas y zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio. Esto está directamente relacionado con el punto anterior.

Con relación a la protección de los ojos es posible contar actualmente con lentes para cada tipo de riesgo posible; pero el problema más grande es que muchos operarios no aceptan usar siempre el equipo de seguridad para proteger sus ojos. Es acá donde la disciplina toma importancia fundamental, brindándole la información para que el empleado sea en todo momento consciente de los riesgos, y mentalizándolo para actuar conforme a las normativas de seguridad de la empresa.

En lo atinente al cuidado de la piel en la industria moderna, además de las causas conocidas de problemas de la piel, cada día surgen nuevos problemas. El riesgo de dermatitis se da casi en todas las áreas industriales. Las resinas actuales, enfriadores, solventes y sustancias químicas, presentan un riesgo creciente para las personas que tratan de controlar los padecimientos de la piel. Para la mejor protección en lo relativo a este ítem se requiere adoptar las siguientes precauciones:

- a) Orden y limpieza adecuados. La importancia de un ambiente limpio y seguro, no puede dejarse a un lado. Si una persona está trabajando en un ambiente sucio y descuidado, puede pensarse que no tiene mucho cuidado en su higiene personal.
- b) Consulta y prevención. El modo más sencillo de tener limpieza es hacer que los obreros participen en juntas o charlas sobre trabajo, en comités de seguridad o círculos de control de calidad, a los efectos tanto de conocer tanto los riesgos, como de adoptar planes preventivos.
- c) Equipo de protección. Guantes, cinturones, mascarillas y delantales, contribuyen mucho a reducir el contacto y son muy útiles contra los riesgos físicos y mecánicos de la piel; pero el mejor equipo de protección es inútil si no se mantiene limpio. Para personas que están expuestas a irritaciones de la piel y que tienen antecedentes de riesgos de dermatitis, deben haber provisiones de crema apropiada para el trabajo.

Los gerentes deben determinar con qué frecuencia se debe llevar a cabo seiri, seiton y seiso, y qué personas deben estar involucradas. Esto debe ser parte del programa planeado.

Si las máquinas e instalaciones son importantes (Jidoka), no lo es menos el trabajador, el ser humano que día a día agrega valor en los procesos productivos. Por tal motivo el implantar descansos y ejercicios físicos livianos es fundamental pues el tiempo que en ello se utiliza se ve compensado con creces, al disminuir las ausencias por enfermedades, evitar el agotamiento físico y los accidentes, mejorando los aspectos generales tanto de locomoción como mentales.

Quinto. Shitsuke “Estandarizar”

Shitsuke implica *autodisciplina*. Las 5S's pueden considerarse como una filosofía, una forma de vida en nuestro trabajo diario. La esencia de las 5 Ss es seguir lo que se ha acordado. En este punto entra el tema de que tan fácil resulta la implantación de las 5 Ss en una organización. Implantarlo implica quebrar la tendencia a la acumulación de elementos innecesarios, al no realizar una limpieza continua y al no mantener en su debido orden los elementos y componentes. También implica cumplir con los principios de higiene y cuidados personales. Vencida la resistencia al cambio, por medio de la información, la capacitación y brindándole los elementos necesarios, se hace fundamental la autodisciplina para mantener y mejorar día a día el nuevo orden establecido.

En esta etapa final, la gerencia debe haber establecido los estándares para cada paso, y asegurarse de que el gemba esté siguiendo dichos estándares. Los estándares deben abarcar formas de evaluar el progreso en cada uno de los cinco pasos, mediante:

Autoevaluación

Evaluación por parte de un superior

Evaluación por parte de un consultor experto

Combinación de los puntos anteriores

Competencia entre grupos Gemba: establecer un programa de competencia interna, compensando a los mejores.

Conclusión

La técnica japonesa de administración alude a la facultad de simplificar. El hecho de que se produzcan artículos de alta tecnología no significa que el hombre esté

cambiando hacia mentes más intrincadas con nuevos poderes; lo que significa es que ha encontrado cómo simplificar lo que antes parecía complejo y, una vez simple, se vuelve fácil (*yin – yang*).

Las 5S's no son una moda, ni el programa del mes, sino una conducta de vida diaria. Kaizen hace frente a la resistencia de las personas al cambio, el primer paso consiste en preparar mentalmente a los empleados para que acepten las 5S's antes de dar comienzo a la campaña. Como un aspecto preliminar al esfuerzo de las 5S's, debe asignarse un tiempo para analizar la filosofía implícita en las 5S's y sus beneficios:

- Creando ambientes de trabajo limpios, higiénicos, agradables y seguros.
- Revitalizando el gembu y mejorando sustancialmente el estado de ánimo, la moral y la motivación de los empleados.
- Eliminando las diversas clases de desperdicios, minimizando la necesidad de buscar herramientas, haciendo más fácil el trabajo de los operadores, reduciendo el trabajo físicamente agotador y liberando espacio.
- Una vez comprendidos estos beneficios y asegurándose de que los empleados también los han entendido, la gerencia puede seguir adelante con el proyecto Kaizen.

Gestión Visual

1. Conceptos generales de la gestión Visual

1.1 ¿Qué es la gestión Visual? Introducción a la comunicación Visual

El concepto de "Fábrica Visual" refleja la transmisión del desarrollo progresivo de la mejora continua de la empresa a todos sus integrantes, además de servir como medio de comunicación hacia prácticas deseadas.

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

Un buen indicativo de la fábrica visual es que permite al instante su estado y progresión a un hipotético visitante que, de otra manera, tendría que bucear en documentación de oficina para conseguir la misma información

1.2 ¿Para qué sirve la Gestión Visual? Objetivos.

- Indicar al operario sus objetivos de producción en cada momento, teniendo en cuenta lo producido en el pasado y la capacidad futura.

- La comunicación visual, al contrario que un traspaso de información individualizado, es común a un grupo de personas con las ventajas (sinergia del procesado común de la información) e inconvenientes que ello implica (posibles repercusiones negativas que puede generar la puesta en común de un conocimiento en concreto → precaución)
- La transmisión de información de forma visual conlleva una autogestión implícita que puede variar positivamente la actitud de las personas con respecto a sus responsabilidades.
- Existen dos tipos de indicadores de producción:
 1. Indicadores de resultados: número de referencias producidas, ventas... → Control
 2. Indicadores de proceso: % de retrabado, nivel de calidad de los materiales utilizados, WIP,... → Autocontrol

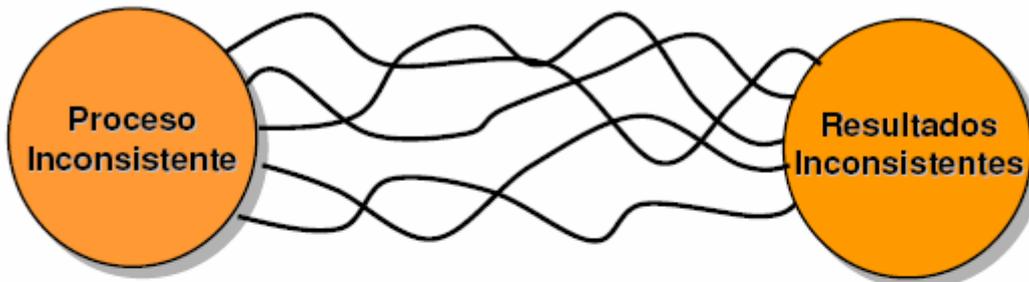
La Gestión Visual se decanta por el segundo tipo de indicadores

- Se fomenta el trabajo en equipo:

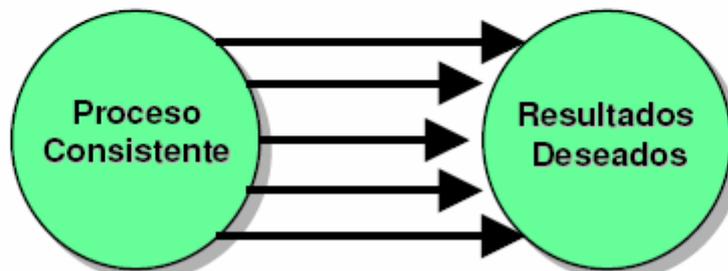


- Impulsa la estandarización
 - *Una terminología común:* Permite a los diseñadores discutir con los mismos conceptos y hacer valoraciones comparativas.
 - *El mantenimiento y la evolución:* Todos los sistemas tienen la misma estructura y el mismo estilo.

- *Una identidad común:* hace que todos los sistemas sean fáciles de reconocer.
- *Reducción en la formación:* Los conocimientos son más fáciles de transmitir de un sistema a otro.
- *Salud y seguridad:* Si los sistemas han pasado controles de estándares es difícil que tengan comportamientos inesperados.



Visión Tradicional → Los operarios hacen lo que esté en su mano para conseguir los **resultados**



Visión Lean → Los operarios utilizan los **estándares** para conseguir los resultados

- La consecución de la fábrica visual es un paso hacia la implantación de la filosofía Lean y la aplicación de técnicas como el Kanban o la Autonomatización.

1.3 Características de los sistemas de Gestión Visual

- **Simplicidad:** No sacrificar la facilidad de uso por la funcionalidad del sistema.
- **Apoyo:** hay que proporcionar el control sobre el sistema al usuario y suministrarle asistencia para facilitar la realización de las tareas.
- **Familiaridad:** Construir el producto según el conocimiento previo del uso, lo que le permitirá progresar rápidamente.
- **Evidencia:** Hacer los objetos y sus controles visibles e intuitivos. Emplear siempre que se puedan representaciones del mundo real en la interfaz.
- **Estímulo:** Hacer las acciones previsibles y reversibles. Las acciones de los usuarios deberían producir los resultados que ellos esperan.

- **Satisfacción:** Crear una sensación de progreso y logro en el usuario.
- **Disponibilidad:** Hacer todos los objetos disponibles de forma que el usuario pueda seleccionar el método de interacción más apropiado para su situación.
- **Seguridad:** Evitarle errores al usuario proporcionándole diferentes tipos de ayuda bien de forma automática o bien a petición del usuario.
- **Versatilidad:** Soportar diversas técnicas de interacción, de forma que el usuario pueda seleccionar el método de interacción más apropiado para su situación.
- **Personalización:** Permitir a los usuarios adaptar la interfaz a sus necesidades.
- **Afinidad:** Permitir, con un buen diseño visual, que los objetos sean afines a otros de la realidad cotidiana.

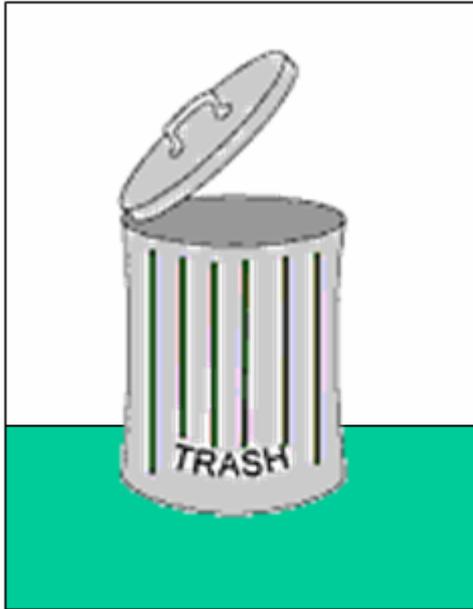
2. Ejemplos de sistemas de Gestión Visual

La Gestión Visual tiene por objetivo hacer que lo que se realice en el puesto de trabajo esté originado por una “orden visual”, de tal forma que, a simple vista, alguien que no conozca el puesto sea capaz de distinguir entre situaciones normales y anormales.

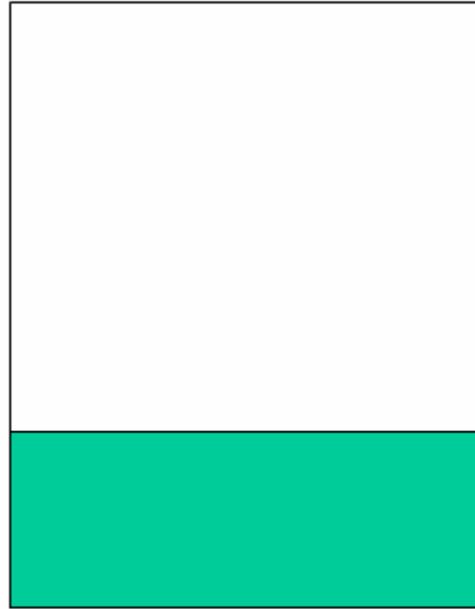
La gestión visual busca la eliminación de actividades sin valor añadido por medio de la simplificación máxima del trabajo utilizando los llamados “Controles Visuales”.

Controles Visuales

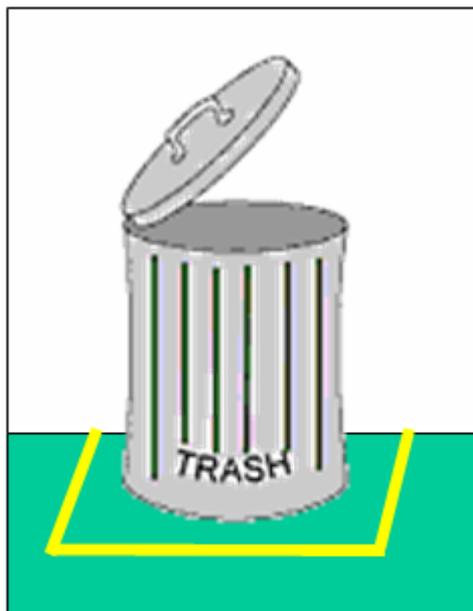
Los controles Visuales buscan conseguir que los espacios vacíos tengan un significado.



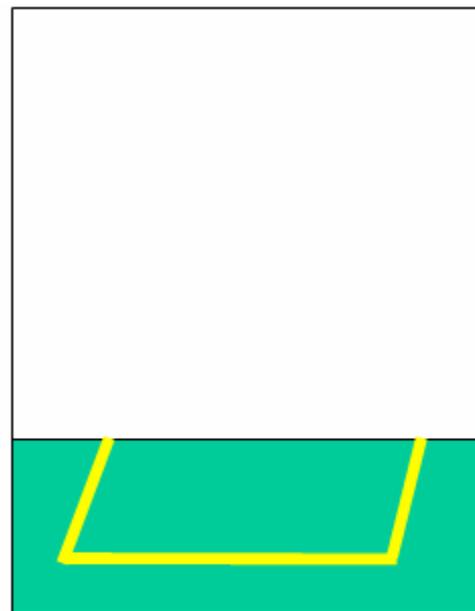
Este es su sitio



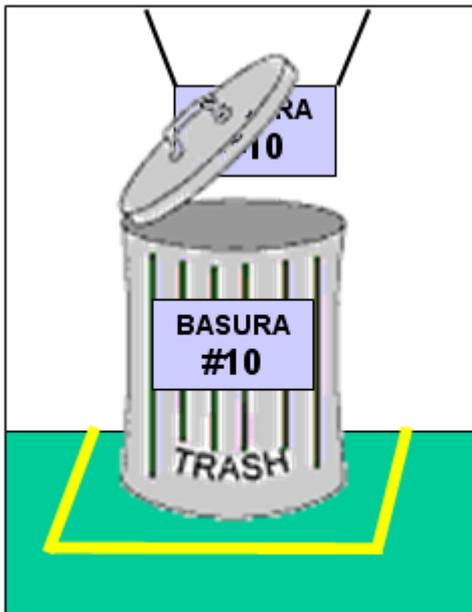
**Si se lleva a otro sitio
esto es lo que vemos**



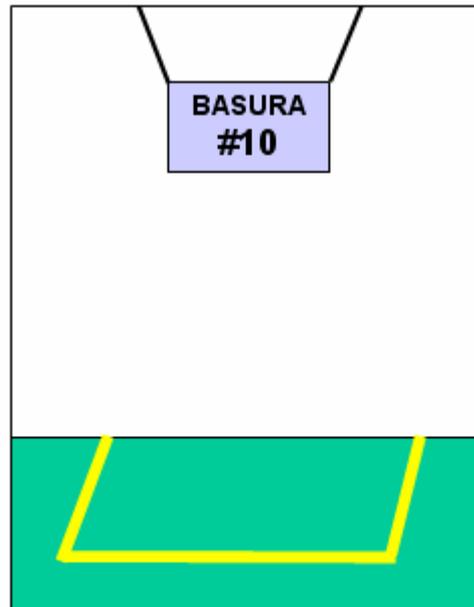
Un simple contorno



Algo no está en su sitio



La identificación indica su utilidad



La señalización nos indica lo que falta

Otro ejemplo de Gestión Visual son los paneles de producción, los cuales regulan la producción mediante la muestra visual de los objetivos asociados a cada célula.

5. TPM – Mantenimiento Productivo Total

5.1. Introducción

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de *las seis grandes pérdidas de los equipos*, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la *eficiencia total*, en base a la cual es factible alcanzar la *competitividad total*. La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar al unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción e involucra a la empresa en el TPM conjuntamente con el TQM.

La empresa industrial tradicional suele estar dotada de sistemas de gestión basados en la producción de series largas con poca variedad de productos y tiempos de preparación largos, con tiempos de entrega asimismo largos, trabajadores con una formación muy especificada y control de calidad en base a la inspección del producto. Cuando dicha empresa ha precisado emigrar desde este sistema a otros más ágiles y menos costosos, ha necesitado mejorar los tiempos de entrega, los costes y la calidad simultáneamente, es decir, la competitividad, lo que le ha supuesto entrar en la dinámica de gestión contraria a cuanto hemos mencionado: series cortas, de múltiples productos, en tiempos de operaciones cortos, con trabajadores polivalentes y calidad basada en procesos que llegan a sus resultados en “la primera”.

Así pues, entre los sistemas sobre los cuales se basa la aplicación del Kaizen, se encuentra en un sitio especial es TPM, que a su vez hace viable al otro sistema que sostiene la práctica del Kaizen que es el sistema “Just in Time”.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

5.2. Conceptos y definiciones

El objetivo del mantenimiento de máquinas y equipos lo podemos definir como conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene.

Por disponibilidad se entiende la proporción de tiempo en que está dispuesta para la producción respecto al tiempo total. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

1. la frecuencia de las averías, y
2. el tiempo necesario para reparar las mismas.

El primero de dichos factores recibe el nombre de *fiabilidad*, es un índice de la calidad de las instalaciones y de su estado de conservación, y se mide por el tiempo medio entre averías.

El segundo factor denominado *mantenibilidad* es representado por una parte de la bondad del diseño de las instalaciones y por otra parte de la eficacia del servicio de mantenimiento. Se calcula como el inverso del tiempo medio de reparación de una avería.

En consecuencia, un adecuado nivel de *disponibilidad* se alcanzará con unos óptimos niveles de *fiabilidad* y de *mantenibilidad*. Es decir, expresado en lenguaje corriente, que ocurran pocas averías y que éstas se reparen rápidamente.

5.3. Evolución de la Gestión de Mantenimiento

Para llegar al Mantenimiento Productivo Total hubo que pasar por tres fases previas, siendo la primera de ellas el *Mantenimiento de Reparaciones* (o *Reactivo*), el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación todo quedaba allí.

Con posterioridad y como segunda fase de desarrollo se dio lugar a lo que se denominó el *Mantenimiento Preventivo*. Con ésta metodología de trabajo se busca sobre todas las cosas la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción, estableciéndose para ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes que tuvieran lugar.

En los años sesenta tuvo lugar la aparición del *Mantenimiento Productivo*, lo cual constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM. El Mantenimiento Productivo incluye los principios del Mantenimiento Preventivo, pero le agrega un plan

de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices destinamos a mejorar la *fiabilidad* y *mantenibilidad*.

Finalmente llegamos al *TPM* el cual comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. El mismo incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados a los métodos previos, entre los cuales caben destacar el *Mantenimiento Autónomo*, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el *Mantenimiento Preventivo*, nuevas herramientas tales como las *Mejoras de Mantenibilidad*, la *Prevención de Mantenimiento* y el *Mantenimiento Correctivo*.

El TPM adopta cómo filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos relacionados con el *Mantenimiento Basado en el Tiempo* (MBT) y el *Mantenimiento Basado en las Condiciones* (MBC).

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento. En tanto que el MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

5.4. Mudas (pérdidas o despilfarros) de los equipos

- Por un lado se tienen las averías y tiempos de preparación que ocasionan tiempos muertos o de vacío.
- En segundo término tenemos al funcionamiento a velocidad reducida y los tiempos en vacío, todo lo cual genera pérdidas de velocidad del proceso.
- Y por último tenemos las pérdidas por productos y procesos defectuosos ocasionados por los defectos de calidad y repetición del trabajo.

Estas pérdidas deben ser eliminadas o reducidas a su mínima expresión.

5.5. Medios de mejora del mantenimiento

AVERIAS	Suprimir las causas
	Anticiparse - Mantenimiento Preventivo
REPUESTOS	Gestión Racional
MANO DE OBRA	Facilitar el trabajo
	Mejorar la utilización de los medios
	Utilización del personal operativo

5.6. Etapas de implementación

La implementación está conformada por un total de cuatro fases, las cuales comprenden, a su vez, una subdivisión de fases. Estas son a continuación mostradas:

FASE	ETAPA
Preparación	Decisión de aplicar el TPM en la empresa
	Campaña de información
	Formación de comités
	Análisis de las condiciones existentes
	Diagnóstico
	Planificación
Implantación	Capacitación
	Implantación de las 3 Y: Motivación, Competencia y Entorno de Trabajo
	Implantación del CEP para monitoreo
	Determinación y cálculo de ratios e indicadores
	Experiencia piloto
	Aplicación de mantenimiento autónomo
	Implementación de las 5 "S"
	Aplicación de mantenimiento planificado
Evaluación	Análisis de resultados obtenidos
Estandarización	Se estandarizan los resultados obtenidos, y luego se da comienzo a un nuevo proceso continuo de mejora en materia de fiabilidad y durabilidad.

5.7. Actividades fundamentales

- *Mantenimiento Autónomo.* Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos. Tiene especial trascendencia la aplicación práctica de las *Cinco "S"*. Una característica básica del TPM es que son los propios operarios de producción quienes llevan a término el *mantenimiento autónomo*, también denominado *mantenimiento de primer nivel*. Algunas de las tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.
- *Aumento de la efectividad del equipo mediante la eliminación de averías y fallos.* Se realiza mediante medidas de prevención vía rediseño-mejora o establecimiento de pautas para que no ocurran.
- *Mantenimiento Planificado.* Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminación. Este conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.
- *Prevención de Mantenimiento.* Mediante el desarrollo de ingeniería de los equipos, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, facilitar y

reducir los costos de mantenimientos. Se trata pues de optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos desde la concepción y diseño de los mismos, tratando de detectar los errores y problemas de funcionamiento que puedan producirse como consecuencia de fallos de concepción, diseño, desarrollo y construcción del equipo, instalación y pruebas del mismo hasta que se consiga el establecimiento de su operación normal con producción regular. El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del período entre la fase de diseño y la operación estable del equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.

- *Mantenimiento Predictivo*. Consistente en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan. De tal forma pueden programarse los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, sino que tienen una evolución. Así pues el Mantenimiento Predictivo se basa en detectar estos defectos con antelación para corregirlos y evitar paros no programados, averías importantes y accidentes. Entre los beneficios de su aplicación tenemos:

- Reducción de paros;
- Ahorro en los costos de mantenimiento;
- Alargamiento de vida de los equipos;
- Reducción de daños provocados por averías;
- Reducción en el número de accidentes;
- Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta;
- Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos.

Entre las tecnologías utilizadas para el monitoreo predictivo tenemos:

- Análisis de vibraciones;
- Análisis de muestras de lubricantes;
- Termografía; y,
- Análisis de las respuestas acústicas.

5.8. Conclusiones

La búsqueda de una más eficaz y eficiente utilización de las máquinas y equipos hace menester tanto su planificación, como la capacitación del personal, pero para ello es fundamental que antes los directivos tomen conciencia de todos lo que está en juego a tras de un excelente sistema de mantenimiento. Tanto sea a nivel industrial cómo de servicios, tanto los costos, como la productividad, la calidad, la seguridad, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de plazos depende en gran medida del no sólo buen funcionamiento de los equipos sino del muy buen funcionamiento que de ellos pueda obtenerse. Cómo en el caso del control de calidad, incrementar los costos en materia preventiva termina generando no sólo un menor coste total de mantenimiento, sino también un menor coste total.

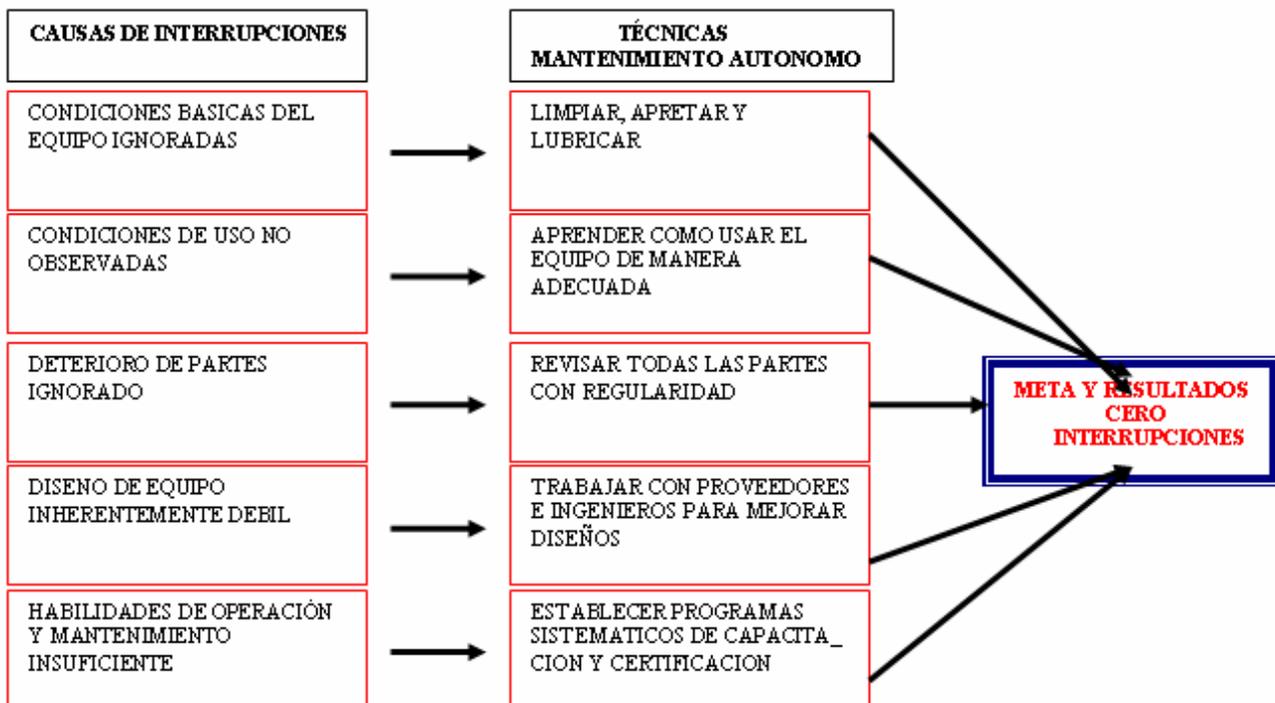
La notable importancia que tiene el TPM en la eliminación de desperdicios le confiere un lugar especial tanto en el Sistema Kaizen como en el Sistema Just in Time. Todavía una multitud de pequeñas y medianas empresas no han sabido tomar en debida consideración la gran importancia que tiene para el mejoramiento de sus resultados económicos la implementación de sistemas destinados a mejorar el mantenimiento de los equipos, el cambio rápido de herramientas, la reducción de los tiempos de preparación, la mejora del layout en la planta y oficinas, el mejoramiento en los niveles de calidad, el control y reducción en el consumo de energía, la mayor participación de los empleados vía círculos de control de calidad, círculos de incremento de productividad y sistemas de sugerencias entre otros. Son numerosas las armas de las cuales pueden disponer las pequeñas y medianas empresas, y notables los resultados que de ellas pueden obtener.

Un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costes de reparaciones y los costes por improductividades debidos a tiempos ociosos, sino también elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados destinados a servir de “colchón” ante las averías producidas. Al mejorar los servicios a los clientes y consumidores reduce la rotación de estos y reduce el coste de obtención de nuevos clientes, facilitando las ventas de bienes y servicios con carácter repetitivo. Por supuesto que un mejor mantenimiento alarga la vida útil del equipo, como así también permite un mejor precio de reventa. El mejor funcionamiento de las máquinas no sólo evita la generación de productos con fallas, también evita la polución ambiental, elimina los riesgos de accidentes y con ellos disminuye los costes del seguro, reduce o elimina los niveles de contaminación y las consecuente multas, incrementa los niveles de productividad, y por tanto los costes de producción. *Todos éstos son motivos más que suficientes para considerar muy seriamente su implantación.*

Cabría hacerse la pregunta de *porqué existiendo instrumentos o metodologías tan significativas para mejorar los rendimientos de las empresas, las mismas no son utilizadas?* Las razones son numerosas y exponerlas lleva a la necesidad de otras investigaciones y exposiciones, pero entre las principales tenemos: una visión corto

placista en la cual se privilegia la obtención de utilidades inmediatas en oposición a la generación sostenida de beneficios a mediano y largo plazo, un segundo factor tiene que ver con la supervivencia de paradigmas taylorianos y fordista propios de otra era del proceso económico productivo. Y un tercer y último factor a mencionar cómo importante es la tradicional resistencia al cambio.

5.9 Esquema del Mantenimiento Autónomo



5. OPF: ONE PIECE FLOW. FLUJO PIEZA A PIEZA.

5.1 Introducción

Es la fabricación de productos uno a uno, pasando cada uno de ellos inmediatamente al proceso siguiente sin interrupciones. Conlleva las siguientes ventajas:

1. Mejora el nivel de calidad: Detección de defectos y feedback inmediato.
2. Lead Time más bajos. Mejora en servicio.
3. Reducción de inventario.
4. Minimiza la utilización de recursos por medio de la eliminación de desperdicios.
5. Simplifica la gestión: Flujos orientados a producto.

5.2 Características con las que tiene que cumplir una célula

- Las máquinas están dispuestas siguiendo la secuencia de producción
- Las máquinas están juntas, no hay espacio para el stock en curso
- Hay una secuencia consistente para todos los productos que se fabrican en la célula
- Normalmente se adopta una distribución en U
 - La última operación esta próxima a la primera.
- Diseñada para funcionar al ritmo del mercado (takt-time)

5.3 Pasos en la creación de Flujo Continuo

1. Análisis de la situación inicial

Se hacen las siguientes preguntas:

1. Pueden los equipos cumplir con el objetivo marcado por el takt-time?

- Analizar la capacidad del proceso: Tabla de capacidad del proceso.

Antes de entrar en un análisis mas en detalle, chequear que los equipos sean capaces de cumplir con el takt-time objetivo. Comparar el TIEMPO DE CICLO EFECTIVO con el TAKT-TIME:

Tiempo de ciclo efectivo =

+ tiempo de ciclo de máquina por pieza

+ tiempo de carga y descarga por pieza

+ tiempo de preparación por pieza

Conviene que el tiempo de ciclo efectivo sea al menos un 20% menor que el takt-time:

- Evitar tiempos de espera a ciclos automáticos
- Margen para adaptarse a un nuevo takt-time

¿Qué ocurre si no cumple con el 20% de margen?

- Introducir mejoras para reducir el tiempo de carga y descarga.
- Reducir tiempos de ciclo ajustando la velocidad o movimientos de la máquina.
- Reducir los tiempos de preparación.
- En máquinas que realicen varias tareas intentar transferir operaciones a máquinas mas sencillas situadas a la entrada o salida.
- Duplicar el número de máquinas y alternar su utilización en cada ciclo de la célula.
- Crear dos células en vez de una.
- Como último recurso siempre queda desacoplar la máquina del flujo continuo y establecer un buffer (supermercado pull).

2. Analizar la situación inicial. Identificar desperdicios.

- Procesos, flujos de materiales y operarios. Stock en curso: Hoja estándar de lay-out.
- ¿Cuáles son los elementos de trabajo necesarios para fabricar una pieza? Observación directa por persona. Hoja de observación de tiempos.
- ¿Cuál es la secuencia de operaciones por persona? Hoja de operaciones estándar.
- Nivel de automatización
- Establecer situación inicial (indicadores): Hoja de análisis

3. Establecer situación objetivo

- Utilizar el parámetro del Takt-time como objetivo.
- Agrupar las operaciones para cumplir con el Takt-time.
- Eliminar operaciones sin valor añadido.
- Analizar distintas posibilidades de configuración de la célula.
- Establecer la secuencia de operaciones para cada operario.
- Considerar todas las mejoras analizadas

¿Cómo se puede establecer un flujo pieza a pieza con máquinas que funcionan por lotes? (Baños, hornos, pintura...)

- Separar los procesos por lotes del flujo continuo y conectarlo por medio de un Supermercado Pull o línea FIFO.
- Si el proceso funciona en continuo pieza a pieza, habrá que asegurar que el ciclo por pieza coincida con el de la célula. Para incorporarlo a la célula es conveniente establecer la entrada y la salida en el mismo punto por medio de un transporte de retorno desde la salida del proceso.
- Otras veces, si la capacidad es excedente y el consumo energético no es alto, se puede prescindir del procesado por lotes y funcionar pieza a pieza.
- Por último, siempre cabe la posibilidad de sustituir el proceso por lotes por una máquina más simple que funcione pieza a pieza.

6. SMED: Cambio rápido de herramientas y reducción en tiempos de preparación

6.1. Introducción

Partiendo de las ideas y conceptos generados por Shigeo Shingo, las cuales permitieron hacer realidad el “Just in Time” como revolucionario sistema de producción, mediante la reducción a un dígito de minuto del tiempo necesario para cambiar las herramientas o preparar éstas a los efectos del siguiente proceso de producción, se hizo posible reducir a su mínima expresión los niveles de inventario, volviendo más flexibles los procesos productivos, reduciendo enormemente los costes e incrementando los niveles de productividad.

Ahora es necesario; partiendo de tal filosofía y, haciendo uso tanto de herramientas estadísticas, métodos de análisis e investigación, sistemas para la resolución de problemas y la creatividad aplicada, generar un sistema más amplio que no sólo tuviera en consideración los procesos productivos de bienes correspondientes a diversas actividades, sino también los tiempos de preparación y cambio de herramientas vinculados a las actividades de servicios.

Esta nueva óptica o forma de ver los procedimientos parte de la necesidad imperiosa de no amoldarse sólo a los procesos tradicionales objetos de análisis por parte de Shingo, los cuales estuvieron sobre todas las cosas vinculadas a labores y actividades metal-mecánicas, dado su especial interés en principio en la producción automotriz (*Sistema de Producción Toyota / “Just in Time”*).

Cuando de cambio de herramientas o tiempos de preparación se trata, no sólo cuenta el efecto que ello tiene en los costes vinculados con dichas tareas específicas, los tiempos muertos de producción, el tamaño de los lotes, los excesos de inventarios de productos en procesos y productos terminados, los plazos de entrega y tiempo del ciclo, sino también el prestar mejores servicios, aumentar la cantidad de operaciones y mejorar la utilización de la capacidad productiva.

Tanto si se trata de mejorar los tiempos de preparación de un avión en las escalas técnicas o entre un vuelo y otro, cómo en el caso de los tiempos de preparación y acondicionamiento de un quirófano entre una cirugía y la siguiente, el tiempo es una variable esencial, la cual debe ser gestionada con suma atención dada la fundamental trascendencia que ella tiene tanto para la satisfacción de los clientes / consumidores, como en la rentabilidad del negocio.

6.2. Las condiciones

Existe una serie de condiciones fundamentales a los efectos de poder disminuir los tiempos de preparación, siendo ellas las siguientes:

- Tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación.
- Hacer tomar conciencia de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y el entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costes mediante la reducción en los tiempos de preparación.
- Hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir radicalmente los tiempos de preparación.
- Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales acerca de las técnicas y medios para el análisis y mejora de los procedimientos. Se debe dejar de estar pendiente de métodos ya construidos, para pasar a crear sus propios métodos. Cada actividad, cada máquina, cada instrumento, tienen sus propias y especiales características que las hacen únicas y diferentes, razón por la cual sólo se puede contar con un esquema general y una capacidad de creatividad aplicada a los efectos de dar o encontrar solución a los problemas atinentes a la reducción en los tiempos de preparación.
- Dar importancia clave a la reducción de los tiempos, tanto de preparación, cómo de proceso global de la operación productiva, dado sus notorios efectos sobre la productividad, costos, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción. Por ésta razón se constituye su tratamiento en una cuestión de carácter estratégico.

6.3. Las herramientas a utilizar

El secreto no pasa por las herramientas, sino por la manera en que éstas son utilizadas e interrelacionadas entre sí a los efectos de lograr los resultados. Además son necesarias tanto disponer de aptitud y actitud para realizar la tarea, aparte de disciplina se debe tener capacidad de observación y análisis, creatividad y voluntad de cambio.

- Utilización de cronómetro
- Gráfica de Gant
- Cursograma / fluxograma
- Planilla de relevamiento
- Planilla de análisis y mejora
- Diagrama de Pareto

- Camino Crítico
- Las seis preguntas fundamentales
- Los cinco “¿porqué?” consecutivos
- Control Estadístico de Procesos (SPC)
- Histogramas
- Medias – Modas – Medianas
- Diagrama de Ishikawa
- Análisis Inverso
- Diagrama del Proceso de Operación
- Benchmarking

Cómo se dijo al principio, no hay secretos, el único secreto está en la manera de combinar los componentes para lograr los objetivos.

6.4. Sistema de Análisis y Mejora de Tiempos (SAMT)

1. Se procede a relevar el proceso de preparación. Dicho proceso está constituido por un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí, las cuales permiten dar inicio a una actividad industrial o de servicios.
2. Durante el relevo se toma en primer lugar nota de dichas actividades expresadas en su mínima expresión (nivel de simplicidad) dejando debida nota del tiempo consumido, cómo de su ordenamiento o secuencia.
3. Tomar nota de la forma en que se efectúan dichas actividades. Formas, medios, útiles, componentes, personas, etc.
4. Luego de varios relevos realizados a los efectos de verificar tanto las actividades efectuadas cómo su ordenamiento y los tiempos total insumidos, se procede a representar las mediciones en un Control Estadístico de Procesos, determinando tanto el tiempo medio, como los límites de control superior e inferior. Analizar luego las variaciones y en consecuencia determinar la capacidad del actual proceso de preparación.
5. Se procede a representar para cada actividad los respectivos histogramas.
6. Determinación de los tiempos medios, modas y mediana correspondiente a cada actividad, y al total del proceso de preparación.

7. Se procede a analizar cada una de las actividades mediante las seis preguntas fundamentales: Qué? Quién? Cuándo? Dónde? Cómo? y Porqué? De tal forma se podrá determinar para cada actividad:

- Sí realmente es necesaria, y de no serlo proceder a su eliminación
- Quién lo hace y quién debería hacerlo, en función a conocimientos, experiencias y aptitudes necesarias.
- En que otro momento podría hacerse.
- En qué otro lugar puede efectuarse.
- De qué otra forma podría realizarse.

Todo ello a los efectos de eliminar, combinar, reordenar, efectuarlos en paralelo o simplificar las actividades de manera tal de reducir los tiempos y sus respectivos costes, además de hacerlos más seguros y convenientes.

8. Representar el proceso con sus respectivos tiempos mediante Cursograma y Camino Crítico.

9. Determinar las actividades críticas en función de los tiempos máximos que utilizan, los cuales son aquellos en que debe ser concentrada la labor de reducción.

10. Representar y utilizar el Diagrama de Pareto (análisis paretiano) a los efectos de concentrarse en las actividades principales (en cuanto al uso de tiempo).

11. Volcar los datos en planilla de análisis.

Nº	Actividad	Tiempo	Activ. Críticas	Eliminar	Combinar	Reordenar	Simplificar	Mecanizar	Paralelo	Nuevo
								Automatizar		Tiempo

12. Se conforma grupo de análisis integrado por los actuales encargados de las preparaciones, aquellos que son responsables de los procesos productivos y los clientes internos. Se determina el problema a resolver en función a los tiempos que deben ser reducidos, y por tanto objeto de atención, procediéndose a continuación a analizar las causas del problema, estimar las consecuencias, generar posibles soluciones y seleccionar las más apropiadas. Para ello se debe dar aplicación a un Sistema de Resolución de Problemas.

13. Dando comienzo a las actividades grupales y utilizando los datos recabados, proceder al análisis conjunto mediante el uso del *Diagrama de Ishikawa*. Si bien debe haber una persona versada en la metodología de análisis de mejora y reducción de tiempos en su carácter de facilitador, debe darse protagonismo al personal de planta por dos motivos: *Primero* porque son los que más conocen de cada tarea en concreto, y *segundo* para facilitar la puesta en práctica, evitando de tal forma la resistencia al cambio. (Aclaración: aunque una actividad pueda no ser crítica en cuanto al tiempo, puede y debe ser tratada a los efectos de disminuir el coste total correspondiente a los procesos y actividades de preparación).

Se trabaja sobre la base de los análisis efectuados por el consultor o facilitador en el punto 7. Para cada objeción debe emplearse los sucesivos ¿Por qué? hasta dejar en claro la razón de ser de cada ítem.

14. Proceder a la “Tormenta de Ideas” a los efectos de generar la máxima cantidad y variedad de propuestas. En la medida en que el personal sea capacitado y adquiera experiencia, además de ser motivado e incentivado, las propuestas serán cada vez mejores y más factibles y maduras. Analizar detenidamente las ideas propuestas haciendo participar a personal técnico; el cual es conveniente que siempre estén presente en las actividades grupales.

15. Seleccionar las propuestas más factibles tomando en consideración cuestiones de seguridad, recursos financieros y humanos, tiempos de puesta en marcha entre otros.

16. Proponer las soluciones al Comité quién ha de reanalizarlas con personal técnico y consultores. De ser necesario se solicitarán ajustes y reconsideraciones a la propuesta.

17. Conformación del grupo encargado de la planificación y puesta en práctica de las mejoras aprobadas.

Las actividades de mejoras pueden ser llevadas también exclusivamente por personal técnico interno o externo (consultores) de la empresa, pero siempre dándole participación activa al personal de planta, a los efectos de conocer los procesos, cómo de facilitar la puesta en práctica de las recomendaciones. Aún en ésta circunstancia la

concienciación, motivación e incentivación del personal de planta en función a los resultados finales conseguidos es fundamental para la total compenetración de dicho personal con las necesidades y exigencias de la empresa. *“La capacidad de exhibir cualidades relativamente desarrolladas de imaginación, de inventiva y de creatividad en la solución de problemas de la organización está ampliamente extendida en la gente, y no es escasa”*(D. McGregor).

Es fundamental el desarrollo de la creatividad aplicada y la innovación de procesos, para lo cual la implementación de conceptos tales como el ORA (Organización de Rápido Aprendizaje) resulta a todas luces crítico. Además se cuenta con nuevas metodologías tales como Pensamiento Simplificado, Pensamiento Lateral, Mapas Mentales, y muchos más tendientes todos ellos a servir de inspiración en algunos casos y, eliminación de límites o paradigmas en otros, para generar más y mejores ideas y soluciones.

6.5. Control Estadístico de Procesos

El Control Estadístico de Procesos es la aplicación de métodos estadísticos para analizar datos y para estudiar y vigilar la habilidad y el desempeño de un proceso. En éste caso específico estamos analizando los tiempos que requiere un proceso para efectuar el cambio de herramientas o bien el tiempo de preparación. Dicha cálculo estadístico requiere de varias mediciones o conteos a los efectos de proceder a determinar los respectivos indicadores. El control estadístico del proceso se basa en un concepto simple, un *diagrama histórico de frecuencia*, que consiste en un *diagrama que muestra la frecuencia con que ocurren distintos valores o mediciones en los resultados de un proceso*. Un diagrama histórico de frecuencia se obtiene al tomar muchas mediciones y luego mostrarlas en una gráfica. En un sistema que opera de manera igual a lo largo del tiempo, la distribución de estas medidas generalmente tomará la forma de una curva de campana. Los peritos en estadística han aprendido que a menos que algo extraordinario suceda, el 99,73% de todas las variaciones en los resultados de un proceso caerán dentro de los límites de una curva como ésa.

Uno de los objetivos fundamentales tanto de los técnicos, como de los grupos de control y mejoramiento es:

1. Determinar la capacidad del proceso para lograr los cambios de herramientas / instrumental o tiempos de preparación dentro de determinados límites.
2. Conocer el tiempo medio, y los límites superiores e inferiores para un determinado proceso de cambio o preparación, y para algunas de sus actividades principales.
3. Fijar límites de especificación de tiempos, en este caso lo máximo aceptable, y en función de ello proceder a establecer la relación que la misma guarda con el límite de control superior.

4. Las desviaciones especiales deben ser objeto de análisis a los efectos de poner el proceso bajo control (Proceso de estandarización; consistente en Estandarizar – Realizar – Evaluar – Actual); una vez se encuentre el proceso bajo control estadístico debe procederse a mejorar los resultados, o sea llevar los tiempos a un mínimo, por medio de:
- La *estratificación*, consistente en clasificar los datos en grupos o categorías y buscar patrones en la forma en que se agrupan los mismos. Esto dará claves o pautas acerca de los cambios a efectuar para mejorar el proceso.
 - La *experimentación*, consistente en establecer un cambio cuidadosamente planeado y anotando los resultados de dichos experimentos hasta llegar a los objetivos propuestos.
 - La *disgregación*, consistente en dividir el proceso en los subprocesos o actividades que lo componen, procediendo al análisis de los mismos.

Este proceso destinado a mejorar los tiempos requeridos es catalogado cómo: Planificar – Realizar – Evaluar – Actuar.

6.6. La utilización del Benchmarking

Un método cada vez más popular que usan las organizaciones para establecer objetivos es el benchmarking.

Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes de la industria. Otra definición contempla al benchmarking como la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducen a un desempeño excelente.

Básicamente el benchmarking es un proceso de fijación de objetivos. Cuando las mejores prácticas se traducen a unidades de medición operacionales, los benchmarks son la proyección de una situación o punto final futuro.

Los pasos del proceso de benchmarking comprende:

1. Identificar el proceso de cambio de herramientas cuyos tiempos y costos quieran reducirse.
2. Identificar empresas (de la misma u otras industrias) que puedan ser objeto de comparación.
3. Determinar el método para recopilar los datos y proceder a dicha recopilación.
4. Determinar la “brecha” de desempeño actual.

5. Proyectar los niveles de desempeño futuro.
6. Comunicar los hallazgos de benchmark y obtener aceptación.
7. Establecer metas funcionales.
8. Desarrollar planes de acción.
9. Implementar acciones específicas y supervisar el progreso.
10. Recalibrar los benchmarks.

6.7. Conclusiones

Esta metodología que hemos denominado *SAMT* (Sistema de Análisis y Mejora de Tiempos) permite encarar en todo tipo de actividades la reducción sistemática de los tiempos insumidos ya no sólo en la preparación o cambio de herramientas, sino en todo el proceso productivo, sea este de bienes o de servicios. Menores tiempos implica aumentos en la productividad laboral, menos tiempos muertos, mejoras de costos y un mayor flujo de fondos generados por una mayor rotación de activos.

Nunca como en estos tiempos de máxima competitividad ha sido y será necesario un uso eficaz del tiempo, y una forma de gestionarlo es mejorando las actividades y procesos manufactureros y de servicios. Sólo podrán seguir siendo competitivas aquellas empresas que se conciencien acerca de la eliminación sistemática de desperdicios, entre los cuales se encuentra los tiempos muertos o de espera.

La pretensión de ésta metodología es en primer lugar no limitarse a ver el problema y sus soluciones sólo desde el punto de vista de Shigeo Shingo. Segundo, hacer uso de las herramientas de gestión y otros instrumentos ya en uso en temas de reducción de costes y calidad. En tercer término, dejar en claro que la creatividad es un componente fundamental, pues las actividades son innumerables, y no existe libro que pueda tratar todas ellas, además de que los cambios tecnológicos van alterando las posibles soluciones. En cuarto lugar se quiere dejar bien en claro la fundamental y crítica importancia que tiene la administración del tiempo en los procesos productivos, trátense ellos de bienes o de servicios.

Está el esquema, están las herramientas, sólo es necesario mejorar la calidad de observación y liberar el espíritu creativo a los efectos de reducir los tiempos de manera radical.

7. Kaizen

7.1. Introducción

Kaizen es lo opuesto a la complacencia. Kaizen es un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva.

El Kaizen surgió en el Japón como resultado de sus imperiosas necesidades de superarse a si misma de forma tal de poder alcanzar a las potencias industriales de occidente y así ganar el sustento para una gran población que vive en un país de escaso tamaño y recursos. Hoy el mundo en su conjunto tiene la necesidad imperiosa de mejorar día a día. La polución ambiental, el continuo incremento de la población a nivel mundial y el agotamiento de los recursos tradicionales más fácilmente explotables, hacen necesaria la búsqueda de soluciones, las cuales sólo podrán ser alcanzadas mediante la mejora continua en el uso de los recursos en un mundo acostumbrado al derroche y el despilfarro.

La pobreza y las hambrunas no tienen su razón de ser más que por la falta de ética de los gobernantes y líderes mundiales, pues no es necesario utilizar costosas tecnologías, ni sistemas complejos de administración para implementar métodos que permitan mejorar de forma continua los niveles de eficiencia y efectividad en el uso de los recursos.

Si a lo expresado anteriormente se le agrega los profundos cambios que están aconteciendo a nivel mundial con las caídas de todas las barreras comerciales, tanto legales y políticas, como físicas, producto ello de las modificaciones políticas, culturales y tecnológicas, nos encontramos actualmente con economías totalmente globalizadas. El entorno tanto para las grandes empresas, como para las medianas y pequeñas, y sea cual sea su tipo de actividad está cambiando a un ritmo muy veloz. Dentro de este marco, empresas e individuos deben adaptarse a los nuevos retos, capacitándose y poniéndose al día con los cambios tecnológicos y adoptando una nueva visión del comercio y del mundo.

Dentro de esa nueva visión, la necesidad de satisfacer plenamente a los consumidores y usuarios de productos y servicios, la creatividad puesta al servicio de la innovación, y el producir bienes de óptima calidad y al coste que fija el mercado, son los objetivos a lograr.

Estos objetivos no son algo que pueda lograrse de una vez, por un lado requiere concienciación y esfuerzo constante para lograrlos, pero por otro lado, necesita de una disciplina y ética de trabajo que lleven a empresas, líderes y trabajadores a superarse día a día en la búsqueda de nuevos y mejores niveles de performance que los mantengan en capacidad de competir.

No tomar conciencia de estos cambios y necesidades, llegará a ser letal para todos aquellos que no lo comprendan y entiendan debidamente. Enormes masas de individuos luchan todos los días para subsistir en el mundo, y para ello tratan de vender mejores y más económicos productos y servicios. Para ello utilizan todos los medios a su alcance, si un guerrero para sobrevivir se entrena diariamente, tratando de mejorar porque en ello está depositado su supervivencia, de igual forma empresas e individuos deben entrenarse y mejorar día tras días, pues en ello también está depositado su supervivencia. Lograr alimentarse, vestirse, curarse y tener un techo no es algo que nadie regala, los que ya lo han entendido así están plenamente en carrera, muchos aún no lo han comprendido.

El Kaizen no sólo debe ser comprendido por los empresarios y trabajadores, sino también por los gobernantes, educadores, estudiantes y formadores de opinión. El Estado no sólo debe mejorarse asimismo, sino que además debe fomentar y capacitar a sus ciudadanos para lograr la mejora continua como única alternativa posible en un mundo en la cual no hay alternativas.

El mundo ha comenzado a ser invadido por productos de países como China, India, Tailandia, Malasia, Indonesia y Pakistán entre otros. Algunos, aún ni siquiera saben donde se ubican esas naciones en el mapa, y ello es grave. En una época de grandes bloques y luchas comerciales, en una época de rápido crecimiento del comercio mundial ya no es válido ni sirve desconocer a los restantes competidores. Tratar de cerrarse al mundo como muchos pregonan es extremadamente peligroso, puede llevar a la agonía de un país o región en el mediano o largo plazo. Hay dos tipos de países aquellos que mejoran día a día, comerciando y compitiendo a nivel mundial, logrando de tal forma mejorar sus niveles de vida y confort, y aquellos otros que negándose obcecadamente al cambio y a la integración al mundo, pierden de forma continua sus niveles de vida y capacidad de competir.

En un mundo de rápidos cambios y transformaciones, tecnológicas, culturales, políticas y sociales, no poner el máximo esfuerzo en adaptarse rápidamente a ellos constituye una actitud que podría catalogarse o bien de soberbia o lisa y llanamente de estúpida.

La primera gran conmoción económica tuvo lugar en 1973 cuando luego de un período muy extenso el precio del petróleo sufrió una estrepitosa suba que hizo poner en jaque a las economías occidentales, basadas ellas en una amplia utilización del petróleo como insumo para la producción de energía. Dentro de ese marco salieron triunfantes las empresas más flexibles al cambio y con mayor capacidad y velocidad de adaptación. Las grandes fábricas norteamericanas tanto de autos como de electrodomésticos sujetas a los anteriores paradigmas sufrieron el fuerte embate de las empresas japonesas, capacitadas éstas para asombrar a los consumidores americanos y europeos con artículos sofisticados y de precios mucho más accesibles.

Esa gran capacidad de las empresas japonesas se debió a la utilización del sistema Kaizen, el cual basado en una filosofía y haciendo uso de innumerables herramientas, métodos e instrumentos administrativos tomaron por asalto no sólo a las corporaciones americanas, sino también a sus concepciones de management.

Así una a una las industrias occidentales en materia automotriz, motos, relojería, cámaras fotográficas y de video, fotocopiadoras, entre muchas otras fueron cayendo bajo las competidoras japonesas. Empresas como Toyota, Honda, Mazda, Isuzu, Suzuki, Yamaha, Kawasaki, Mitsubishi, Olimpia, Minolta, Bridgestone, Subaru, Canon, Matsushita, Konica, Sharp, Sanyo, Casio, Seiko, Orient, NEC, JVC, National, Hitachi, Daihatsu, Fuji Electric, Fujitsu, Ricoh, Nissan, Nipón Steel, Pentel, Komatsu, entre otras muchas, invadieron y desplazaron a las marcas occidentales en las vidrieras y gustos del público. Productos que eran considerados baratos y de baja calidad, pasaron a ser demostrativos de nivel, poseyendo un alto valor de mercado, debido a la alta relación calidad – precio.

El país que hasta hace poco tiempo recibía a los grandes gurúes de occidente en materia de calidad, tales como Deming y Juran, ahora exportaban sus asesores y conocimientos a las naciones occidentales. Entonces cobraron renombre figuras tales como Ohno, Imai, Ishikawa, Shingo, Mizuno, Taguchi, Otha y Karatsu.

Igual ejemplo y disciplina por la mejora en la calidad y productividad siguieron países como Corea del Sur, Singapur y Hong Kong.

7.2. El Kaizen en acción

Hacer posible la mejora continua y lograr de tal forma los mas altos niveles en una serie de factores requirió aparte de constancia y disciplina, la puesta en marcha de cinco sistemas fundamentales:

7. Control de calidad total / Gerencia de Calidad Total
8. Un sistema de producción justo a tiempo
9. Mantenimiento productivo total
10. Despliegue de políticas
11. Un sistema de sugerencias
12. Actividades de grupos pequeños

7.3 Control de Calidad Total / Gerencia de Calidad Total

Para los japoneses, calidad significa ser “adecuado para uso de los consumidores”. La innovación técnica se propone corregir el producto desde el punto de vista del consumidor y no es una finalidad en sí misma.

Uno de los principios de la gerencia japonesa ha sido el *control de calidad total* (TQC) que, en su desarrollo inicial, hacía énfasis en el control del proceso de calidad. Esto ha evolucionado hasta convertirse en un sistema que abarca todos los aspectos de la gerencia, y ahora se conoce como *gerencia de calidad total* (TQM). La gestión de calidad total es una manera de mejorar constantemente la performance en todos los niveles operativos, en cada área funcional de una organización, utilizando todos los recursos humanos y de capital disponibles. El mejoramiento está orientado a alcanzar metas amplias, como los costes, la calidad, la participación en el mercado, los proyectos y el crecimiento.

La gestión de calidad total es una filosofía así como un conjunto de principios rectores que representa el fundamento de una organización en constante mejoramiento. La gestión de calidad total consiste en la aplicación de métodos cuantitativos y recursos humanos para mejorar el material y los servicios suministrados a una organización, los procesos dentro de la organización, y la respuesta a las necesidades del consumidor en el presente y en el futuro. La gestión de calidad total integra los métodos de administración fundamentales con los esfuerzos de perfeccionamiento existentes y los recursos técnicos en un enfoque corregido, orientado al mejoramiento continuo.

Considerar el movimiento TQC / TQM como parte de la estrategia kaizen nos da una comprensión más clara del enfoque japonés. La gestión de calidad japonesa no debe considerarse estrictamente como una actividad de control de calidad, sino como una estrategia destinada a servir a la gerencia para lograr mayor competitividad y rentabilidad, logrando de tal forma a mejorar todos los aspectos del negocio.

Un programa de gestión de calidad requiere:

- La dedicación, el compromiso y la participación de los altos ejecutivos.
- El desarrollo y mantenimiento de una cultura comprometida con el mejoramiento continuo.
- Concentrarse en satisfacer las necesidades y expectativas del consumidor.
- Comprometer a cada individuo en el mejoramiento de su propio proceso laboral.
- Generar trabajo en equipo y relaciones laborales constructivas.
- Reconocer al personal como el recurso más importante.

- Emplear las prácticas, herramientas y métodos de administración más provechosos.

Hacer posible la visión estratégica de la calidad requiere de numerosas herramientas y metodologías, entre las cuales tenemos:

- Orientación hacia el proceso, antes que simplemente orientación al resultado. Al estar orientados hacia el proceso, podemos influir sobre el resultado en una etapa preliminar. La orientación hacia el proceso exige que nos replanteemos por qué las cosas se hacen de determinada manera. Al mejorar la calidad del proceso se mejora la calidad del resultado.
- Iniciar la puesta en práctica desde arriba e involucrar a todos. La gestión de calidad debe ser instrumentada previamente en los altos niveles gerenciales y fluir a través de la estructura de la organización como una cascada. Este despliegue garantiza que los ejecutivos puedan comprender, demostrar y enseñar los principios y métodos de la gestión de calidad, antes de esperar encontrarlos y evaluarlos en su personal. El efecto de cascada también debe alcanzar a los proveedores.
- Compromiso de los altos niveles gerenciales. Este liderazgo asegura un firme y envolvente compromiso hacia el mejoramiento sostenido. La disminución de los costes, la conformidad con los programas, la satisfacción del consumidor y el orgullo por la tarea realizada, todo surge de una abierta dedicación al mejoramiento permanente. Una demostración de este compromiso es el hecho de operar sobre la base de sugerencias para hacer posible los cambios.
- Una comunicación vertical y horizontal eficaz y sin trabas. Utilizar este tipo de comunicación es fundamental para los esfuerzos de mejoramiento sostenido. Los métodos de la gestión de calidad apuntan a eliminar las trabas en la comunicación, facilitando el flujo de información bidireccional entre los líderes y sus subordinados. Ello garantiza que las metas y objetivos de la empresa se puedan definir claramente y difundir a través de toda la organización. Para fomentar la comunicación vertical y horizontal se dispone de una amplia serie de herramientas y técnicas.
- Mejoramiento continuo de todos los productos y procesos, internos y externos. El objetivo fundamental de la gestión de calidad es el mejoramiento continuo de cada aspecto de la propia tarea. Dicho objetivo se implementa a través de un método corregido y ordenado a fin de perfeccionar cada proceso. En la gestión de calidad el énfasis está puesto en la prevención de las fallas, a través de herramientas de identificación de problemas y de resolución de los mismos.
- Constancia de los objetivos y una visión compartida. Un conjunto de principios o un objetivo común debe guiar a toda organización. Cualquiera que sea su

objetivo, todo el personal debe conocerlo y trabajar en pos de él. La coherencia es primordial, las metas discordantes llevarán al fracaso.

- El cliente manda. El cliente es lo que más importa, ya se trate de un cliente interno o un cliente externo. Cada trabajador es, de algún modo, un cliente. Los consumidores o usuarios deben ser identificados, y sus necesidades, aspiraciones, expectativas y deseos claramente delineados y satisfechos. Los consumidores y sus necesidades son la única razón por la cual existe una empresa.
- La inversión en personal. La más importante y valiosa inversión de toda empresa es su personal. Los trabajadores constituyen el componente esencial para el proceso de mejoramiento continuo. La capacitación, la formación de equipos, y el mejoramiento de las condiciones de trabajo son elementos importantes para crear una situación en la cual los empleados puedan prosperar, obtener experiencia y capacidad, y contribuir al crecimiento de la empresa en escala progresiva.
- La gestión de calidad se inicia y concluye con la capacitación. Es necesario capacitar permanentemente a todo el personal. Puede resultar conveniente promover las habilidades de índole afectiva, como la comunicación verbal o escrita y los conceptos de formación de equipos; o incrementar las habilidades cognoscitivas, como el control estadístico de la calidad.
- Dos cabezas piensan mejor que una. Sin trabajo en equipo, la gestión de calidad está destinada al fracaso antes de que pueda ser puesta en práctica. Los equipos modernos funcionan en conjunto, como una sola entidad, y no como un comité donde uno o determinados miembros hacen o dirigen la tarea.
- Todos participan en la determinación y comunicación de las metas. Los empleados tienen que compartir las metas que se han fijado. Los demás deben estar al tanto de las metas que pueden afectarles.

La gestión de la calidad para el kaizen implica tanto el despliegue de políticas, como la construcción de sistemas de aseguramiento de calidad, estandarización, entrenamiento y educación, administración de costos y círculos de calidad.

“La calidad es primero, no las utilidades”. Este refrán quizá revele la naturaleza del CTC (Control Total de Calidad) y de Kaizen mejor que cualquier otra cosa que revele la convicción en la calidad por el bien de la calidad y de Kaizen por el bien de Kaizen. El CTC incluye cosas tales como seguridad en la calidad, reducción de costos, eficiencia, cumplir con los programas de entrega y seguridad. La calidad se refiere al mejoramiento en todas las áreas.

En las empresas japonesas, este esfuerzo por mejorar la calidad del producto también se aplica al control de calidad en el proceso de producción, haciéndose uso para ello de varios tipos de control de calidad. El concepto de “cero defecto” tiene por objeto identificar las raíces de una producción inadecuada hasta lograr una casi total ausencia de fallas. La técnica de los “círculos de control de calidad” tiene entre sus propósitos proporcionar canales de comunicación y un vocabulario común para estimular a los trabajadores a sugerir ideas creativas encaminadas a mejorar los productos y los procesos.

Dado que los trabajadores son capacitados para hacer varios trabajos, el control de calidad implica que deben comenzar su trabajo inspeccionando las labores realizadas en el puesto de trabajo anterior. Como consecuencia de estas medidas, los inspectores de control de calidad que se encuentran al final de la línea detectan defectos por millón de oportunidades.

7.4 El Sistema de Producción Justo a Tiempo (Just in Time – JIT)

Tuvo su origen en la empresa automotriz Toyota y por tal razón es conocida mundialmente como Sistema de Producción Toyota. Dicho sistema se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, y al logro de un sistema de producción ágil y suficientemente flexible que dé cabida a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes.

Los fenómenos que suponen una desventaja en la vida cotidiana de las empresas y que impiden su funcionamiento eficaz y al mínimo coste son los que se enumeran a continuación:

- almacenes elevados;
- plazos excesivos;
- retrasos;
- falta de agilidad, de rapidez de reacción;
- emplazamiento inadecuado de los equipos, recorridos demasiados largos;
- tiempo excesivo en los cambios de herramientas;
- proveedores no fiables (plazos, calidad);
- averías;
- problemas de calidad;
- montones de desechos, desorden;

- errores, faltas de piezas;
- despilfarros (hombres, tiempo, materiales, equipos, locales).

Estas falencias son el producto de:

- La distribución inadecuada de las máquinas y los recorridos demasiados largos.
- La duración de los cambios de herramienta.
- Las averías.
- Los problemas de calidad.
- Las dificultades con los suministradores.

De tal forma podemos decir que las causas principales que provocan la baja performance en las empresas son:

- Situación inapropiada de las máquinas y longitud de los trayectos
- Duración de los cambios de herramientas
- Fiabilidad insuficiente de los equipos
- Falta de calidad suficiente
- Dificultades debidas a los proveedores

Por lo tanto la práctica del Just in Time implica la supresión de tales anomalías.

Este sistema está sustentado por herramientas y conceptos tales como tiempo takt, kanban, celdas en formas de U, automatización y reducción de estructuras.

Hacer factible el Just in Time implica llevar de forma continua actividades de mejora que ayuden a eliminar los mudas (desperdicios) en el lugar de trabajo (gemba). Estas mudas son las falencias y errores a los cuales se hizo referencia anteriormente.

Los conceptos fundamentales en los que se basa el sistema JIT y a través de los cuales se desarrolla toda la filosofía de producción son los siguientes:

- La flexibilidad en el trabajo (shojinka) que permite adecuar el número y funciones de los trabajadores a las variaciones de la demanda.
- El fomento de las ideas innovadoras (soifuku) por parte del personal para conseguir mejoras constantes en el proceso de producción.

- Y, el autocontrol de los defectos (jidoka) por parte de los propios procesos productivos para impedir la entrada de unidades defectuosas en los flujos de producción.

El JIT tiene cuatro objetivos esenciales:

1. Atacar los problemas fundamentales. A la cultura japonesa le encanta representar los conceptos con imágenes. Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT, atacar los problemas fundamentales, los japoneses utilizan la *analogía del río de las existencias*. El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega río arriba y río abajo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (o sea reducir el nivel de existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en las empresas de los países occidentales, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema. Así pues tenemos como problemas y soluciones las siguientes:

PROBLEMA (rocas)	SOLUCION JIT
Máquina poco fiable	Mejorar la fiabilidad
Zona con cuellos de botella	Aumentar la capacidad
Tamaños de lote grandes	Reducir el tiempo de preparación
Plazos de fabricación largos	Reducir colas, etc., mediante un sistema de arrastre
Calidad deficiente	Mejorar los procesos y / o proveedor

2. Eliminar despilfarros. El segundo objetivo de la filosofía JIT se puede expresar mediante una frase que se utiliza con frecuencia en las fábricas japonesas más eficientes, “eliminar el muda” (muda significa desperdicio o despilfarro en japonés). Despilfarros, en este contexto, significa todo lo que no añade valor al producto.

Eliminar despilfarros implica mucho más que un solo esfuerzo de una vez por todas. Requiere una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización y exige la colaboración de una gran parte de la plantilla de la empresa. Si queremos que la política sea eficaz no se puede dejar en manos

de un “comité para la eliminación de despilfarros”, sino que tiene que llegar a cada rincón de las operaciones de la empresa.

3. Buscar la simplicidad. Los enfoques de la gestión de la fabricación que estaban de moda durante los años setenta y principios de los ochenta se basaban en la premisa de que la complejidad era inevitable. Y a primera vista parece cierto: un fabricante típico por lotes puede tener varios centenares de lotes simultáneamente en los diferentes procesos. Probablemente cada lote implica una cantidad determinada de operaciones independientes y seguramente deberá pasar por la mayor parte de los departamentos de la fábrica. Gestionar un sistema de este tipo es extremadamente complejo; las interacciones entre los diferentes trabajos, así como la necesidad de otros recursos, suelen agobiar a la mayoría de los directivos.

El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz. La filosofía de la simplicidad del JIT examina la fábrica compleja y empieza partiendo de la base de que se puede conseguir muy poco colocando un control complejo encima de una fábrica compleja. En vez de ello, el JIT pone énfasis en la necesidad de simplificar la complejidad de la fábrica y adoptar un sistema simple de controles.

4. Diseñar sistemas para identificar problemas. El sistema de arrastre / kanban, saca los problemas a la luz. De igual forma el control de calidad estadístico ayuda a identificar la fuente del problema. Con el JIT, cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Los sistemas diseñados con la aplicación del JIT deben pensarse de manera que accionen algún tipo de aviso cuando surja un problema.

Ahora bien, aplicar el Just in Time implica comprar o producir sólo lo que se necesita y cuando se necesita, pero para ello es menester se cumplan las siguientes condiciones:

1. Producir lo que la clientela desea y cuando lo desea y no producir para constituir almacenes de productos terminados o intermedios.
2. Tener plazos muy cortos de fabricación y gran flexibilidad para poder responder a los deseos de la clientela.
3. Saber fabricar –cuando es necesario- sólo cantidades muy pequeñas de un tipo dado de pieza. Es preciso para ello apartarse de la fabricación por lotes importantes y de la noción de “cantidad económica”, lo que impone cambios rápidos de herramientas y una distribución en planta de las fábricas que permita el encadenamiento de las operaciones relativas a una misma pieza o un mismo producto.

4. No producir o comprar más que estrictamente las cantidades inmediatamente necesarias.
5. Evitar las esperas y las pérdidas de tiempo, lo que impone, en particular, la renuncia a un almacén centralizado así como a la utilización de medios de manutención comunes a varios puestos de trabajo y que, por ello, podrían no estar disponibles en el momento en que un obrero los necesitara.
6. Aportar los materiales, las piezas y los productos al lugar en que son necesarios, en lugar de almacenarlos en depósitos donde no sirven a nadie ni pueden utilizarse.
7. Conseguir una alta fiabilidad de los equipos. Para que una máquina pueda no producir una pieza más que cuando resulte necesaria para la etapa siguiente del proceso de fabricación, es preciso que la máquina no se averíe en ese preciso momento.
8. Gestionar la calidad de la producción. Si las piezas llegan en el momento oportuno y en el número deseado, pero no son de buena calidad, lo único que puede hacerse es rechazarlas y detener la producción de las fases siguientes del proceso.
9. Adquirir únicamente productos y materiales de calidad garantizada, para que no detengan la producción.
10. Disponer de un personal polivalente, capaz de adaptarse con rapidez y que comprenda los nuevos objetivos de la empresa.

Entre las ventajas de la aplicación del Sistema Justo a Tiempo se tienen:

- Reducción del 75 al 95% en plazos y stocks
- Incremento de un 15 a un 35% en la productividad global.
- Reducción del 25 al 50% de la superficie utilizada.
- Disminución del 75 al 95% de los tiempos de cambios de herramientas.
- Reducción del 75 al 95% de los tiempos de parada de las máquinas por averías o incidencias.
- Disminución del 75 al 95% del número de defectos.

7.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El TPM involucra a todos los empleados de un departamento y de todos los niveles; motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en el mantenimiento básico, habilidades para la solución de problemas y actividades para evitar las interrupciones.

El TPM surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante. En Japón, de donde es pues originario el TPM, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes; sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo objetivo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del TPM, que en cierta medida supone un regreso al pasado, aunque con sistemas de gestión mucho más sofisticados.

La meta del TPM es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. El personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones de ceros averías y ceros defectos, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado. Por lo tanto, puede decirse que el TPM promueve la producción libre de defectos, la producción “justo a tiempo” y la automatización controlada de las operaciones.

El resultado final de la incorporación del TPM deberá ser un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

La alta administración debe crear un sistema que reconozca y recompense la habilidad y responsabilidad de todos por el TPM. Una vez que los trabajadores adquieren el hábito del mantenimiento y limpieza de su lugar de trabajo, han adquirido disciplina.

7.6 Despliegue de políticas

El despliegue de la política se refiere al proceso de introducir las políticas para Kaizen en toda la compañía, desde el nivel más alto hasta el más bajo. La dirección debe establecer objetivos claros y precisos que sirvan de guía a cada persona y asegurar de tal forma el liderazgo para todas las actividades kaizen dirigidas hacia el logro de los objetivos. La alta gerencia debe idear una estrategia a largo plazo, detallada en estrategias de mediano plazo y estrategias anuales. La alta gerencia debe contar con

un plan para desplegar la estrategia, pasarla hacia abajo por los niveles subsecuentes de gerencia hasta que llega a la zona de producción. Como la estrategia cae en cascada hacia las categorías inferiores, el plan debe incluir planes de acción y actividades cada vez más específicas.

Las metas anuales de utilidades y de Kaizen son establecidas sobre la base de metas de la compañía a largo y mediano plazo. Varios meses antes de que los altos gerentes se reúnan para formular estas metas anuales, existe una consulta vertical preliminar entre la alta administración y los gerentes divisionales y entre los gerentes divisionales y de departamento.

Un importante aspecto del despliegue de la política es su prioridad. El establecimiento de la prioridad es una parte inherente del diagrama de Pareto, con frecuencia utilizado en las actividades del círculo del control de calidad y este mismo concepto se aplica también en el despliegue de las metas. Debido a que son limitados los recursos que pueden movilizarse, es esencial que se asignen prioridades. Una vez que se ha hecho esto, puede desplegarse una lista cada vez más clara y específica de las medidas y planes de acción en los niveles inferiores de la administración.

A medida que las metas se abren paso hacia abajo, las declaraciones de la política de la alta administración son reenunciadas como metas cada vez más específicas y orientadas a la acción, convirtiéndose al final en valores cuantitativos precisos. Así, el despliegue de la política es un medio para que el cometido de la alta administración sea realizado por los niveles inferiores.

7.7 Sistema de sugerencias

El sistema de sugerencias funciona como una parte integral del kaizen orientado a individuos, y hace énfasis en los beneficios de elevar el estado de ánimo mediante la participación positiva de los empleados. Los gerentes y supervisores deben inspirar y motivar a su personal a suministrar sugerencias, sin importar lo pequeña que sean. La meta primaria de este sistema es desarrollar empleados con mentalidad kaizen y autodisciplinados.

Para que tengan éxito, los programas de sugerencias necesitan venderse internamente. Eventos especiales, publicidad, boletines internos y periódicos, juntamente con folletos promocionales precisos y vigorosos, son los ingredientes para mantener el sistema vivo y en buen funcionamiento. No hay que esperar que los sistemas sigan trabajando sin mantenimiento, revisión y nueva inspiración. Cumplidos estos ingredientes, los programas de sugerencias son un sistema muy valioso para cosechar ideas innovadoras.

El sistema de sugerencias es una parte integral del Kaizen orientado al individuo. La alta administración debe implantar un plan bien diseñado para asegurar que el sistema de sugerencias sea dinámico.

Los principales temas de sugerencias de las compañías japonesas son en orden de importancia:

- Mejoramientos en el trabajo propio.
- Ahorros en energía, material y otros recursos.
- Mejoramientos en el entorno de trabajo.
- Mejoramientos en las máquinas y procesos.
- Mejoramientos en artefactos y herramientas.
- Mejoramientos en el trabajo de oficina.
- Mejoramientos en la calidad del producto.
- Ideas para los nuevos productos.
- Servicios para y relaciones con el cliente.
- Otros.

Además de hacer a los empleados conscientes del Kaizen, los sistemas de sugerencias proporcionan a los trabajadores la oportunidad de hablar con sus supervisores y entre ellos mismos. Al mismo tiempo, proporcionan la oportunidad de que la administración ayude a los trabajadores a tratar con los problemas. De este modo, las sugerencias son una oportunidad valiosa para la comunicación bidireccional tanto en el taller como para el autodesarrollo del trabajador.

7.8 Actividades de grupos pequeños

Entre las estrategias del kaizen se encuentran las actividades de grupos pequeños, siendo el más común el Círculo de Calidad. Los mismos no sólo persiguen temas atinentes a la calidad, sino también cuestiones relativas a costos, seguridad y productividad.

Cabe pues preguntarse: ¿qué es un círculo de calidad?

5. Un círculo de calidad es un pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas semejantes y se reúnen para identificar, analizar y solucionar problemas del propio trabajo, ya sea en cuanto a calidad o a productividad.
6. Los círculos de calidad son grupos de trabajadores con un líder o jefe de equipo que cuenta con el apoyo de la organización de la empresa, cuya misión es transmitir a la dirección propuestas de mejora de los métodos y sistemas de trabajo.

7. Los círculos de calidad se reúnen para estudiar un problema de trabajo o una posible mejora del producto, pero no basta con identificar los fallos o los aspectos a mejorar. La misión del círculo es analizar, buscar y encontrar soluciones, y proponer la más adecuada a la Dirección.
8. Los círculos de calidad suponen que los trabajadores no sólo aportan su esfuerzo muscular, sino también su cerebro, su talento y su inteligencia.

Entre los propósitos de los círculos de calidad y productividad se tienen:

- a) Contribuir a desarrollar y perfeccionar la empresa.
- b) Lograr que el lugar de trabajo sea cómodo y rico en contenido.
- c) Aprovechar y potenciar al máximo todas las capacidades del individuo.

En cuanto a los pilares sobre los que se sustentan los círculos de calidad tenemos:

1. El reconocimiento a todos los niveles de que nadie conoce mejor una tarea, un trabajo o un proceso que aquel que lo realiza cotidianamente.
2. El respeto al individuo, a su inteligencia y a su libertad.
3. La potenciación de las capacidades individuales a través del trabajo en grupo.
4. La referencia a temas relacionados con el trabajo.

Mientras el concepto occidental del control de calidad hace hincapié en que el éxito del control de la calidad depende en gran medida de los gerentes e ingenieros, los japoneses agregaron la noción de que los trabajadores de la base también podrían desempeñar un papel importante para mejorar la calidad del producto y la productividad. Los japoneses ampliaron el concepto para crear lo que se denomina control total de calidad o círculos de control de calidad en los que participan los trabajadores de las líneas de producción y los empleados que trabajan fuera de la fábrica tales como los diseñadores de productos, el personal de mercadeo y ventas, y el personal de investigación y desarrollo. La idea subyacente en todo esto es que no es posible lograr el control de calidad en toda la empresa sin la participación de los obreros de fábrica.

7.9 El Kaizen y su meta estratégica

El gran objetivo es haciendo uso de los sistemas antes mencionadas lograr el óptimo en materia de calidad, costos y entrega (QCD, quality, cost, delivery).

Calidad no sólo hace referencia a la calidad de los productos o servicios terminados, sino también a la calidad de los procesos que se relacionan con dichos productos o

servicios. Costo se refiere al costo total, que incluye diseño, producción, venta y suministro de productos o servicios. Entrega significa despachar a tiempo el volumen solicitado. De tal forma cuando se cumplen las tres condiciones de calidad, costo y entrega, los clientes están plenamente satisfechos.

7.10 La esencia del Kaizen

La esencia de las prácticas administrativas más “exclusivamente japonesas” ya sean de mejoramiento de la productividad, actividades para el Control Total de la Calidad, círculo de control de calidad, entre otros, puede reducirse a una palabra: KAIZEN. Kaizen es el concepto de una sombrilla que involucra numerosas prácticas y herramientas que dentro de dicho marco filosófico y estratégico, permiten una mejora continua en la organización. Entre los instrumentos, métodos y herramientas que contribuyen a ser realidad la mejora continua y el alto nivel de competitividad se encuentran:

1. Orientación al cliente
2. Control Total de Calidad
3. Robótica
4. Círculos de Control de Calidad
5. Sistemas de sugerencias
6. Automatización
7. Disciplina en el lugar de trabajo
8. Inteligencia colectiva
9. Mantenimiento Productivo Total
10. Kanban
11. Mejoramiento de la calidad
12. Just in Time
13. Cero Defectos
14. Función de Pérdida de Taguchi
15. Actividades en grupos pequeños
16. Relaciones cooperativas trabajadores – administración

17. Mejoramiento de la Productividad
18. Control Estadístico de Procesos
19. Benchmarking
20. Herramientas de gestión de calidad
21. Análisis e ingeniería de valor
22. Coste objetivo
23. *Costeo Basado en Actividades*
24. Seis Sigma
25. Sistema Matricial de Control Interno
26. Cuadro de Mando Integral
27. Presupuesto Base Cero
28. Organización de Rápido Aprendizaje
29. Curva de Experiencia
30. Sistema para la Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios
31. Despliegue de la Función de Calidad
32. AMFE
33. Autonomatización (Jidohka)
34. Ciclo de Deming (PREA - EREA) *
35. Las 5 S

<p>* PREA significa: “Planificar – Realizar – Evaluar – Actual”, en tanto que EREA es: “Estandarizar – Realizar – Evaluar – Actuar”.</p>
--

Entre las herramientas y métodos antes enumerados se encuentran aquellos que forman parte de los clásicos instrumentos utilizados por las corporaciones japonesas, como así también aquellos nuevos instrumentos que generados en occidente contribuyen dentro del marco conceptual del kaizen a mejorar de forma continua la performance de las empresas.

La esencia del kaizen es la simplicidad como medio de mejorar los estándares de los sistemas productivos y de gestión. La capacidad de analizar, motivar, dirigir, controlar, evaluar constituyen la razón de ser del kaizen. *“Cuanto más simple y sencillo mejor”*.

Mejorar los estándares significa establecer estándares más altos. Una vez hecho esto, el trabajo de mantenimiento por la administración consiste en procurar que se observen los nuevos estándares. El mejoramiento duradero sólo se logra cuando la gente trabaja para estándares más altos. De este modo, el mantenimiento y el mejoramiento se han convertido en inseparables para la mayoría de los gerentes japoneses.

El Kaizen genera el pensamiento orientado al proceso, ya que los procesos deben ser mejorados antes de que se obtengan resultados mejorados.

El mejoramiento continuo se logra a través de todas las acciones diarias, por pequeñas que éstas sean, que permiten que los procesos y la empresa sean más competitivas en la satisfacción del cliente. La velocidad del cambio dependerá del número de acciones de mejoramiento que se realicen día a día y de la efectividad con que éstas se realicen, por lo que es importante que el mejoramiento continuo sea una idea internalizada por completo en la conducta de todos los miembros de la organización, convirtiéndose en una filosofía de trabajo y de vida.

7.11 Enfoque gradual versus enfoque del gran salto

Existen dos enfoques contrastantes para progresar: el enfoque gradual y el enfoque del gran salto hacia delante. El primero constituye el concepto de mejora continua, entre el cual se encuentra el sistema Kaizen, y en segundo conforma la innovación de procesos, llamado también reingeniería de procesos.

En tanto que la innovación implica grandes cambios que implican la introducción de grandes cambios administrativos y tecnológicos, el Kaizen es menos dramático e implica un encadenamiento de acciones y actividades destinadas a mejorar de forma continua los distintos niveles de medición en la empresa.

Uno de los aspectos del Kaizen es que no requiere de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas. Para implantar el Kaizen sólo se necesitan técnicas sencillas, convencionales, como las siete herramientas del control de calidad.

Una gran diferencia entre Kaizen y la innovación es que en tanto Kaizen no requiere una inversión necesariamente grande para implantarse, sí requiere una gran cantidad de esfuerzo continuo y dedicación. La diferencia entre los dos conceptos opuestos puede ser comparada con una escalera y una rampa. La estrategia de la innovación se supone que produce progresos en una progresión de escalera, en tanto que la estrategia Kaizen produce un progreso gradual.

Lo ideal es combinar el kaizen mas la innovación, pues la innovación por si sólo está sujeto a un deterioro uniforme, a menos que se hagan esfuerzos continuos primero para mantenerlo y luego para mejorarlo. Ello es así, pues todos los sistemas están destinados a deteriorarse una vez que han sido establecidos. Una de las famosas leyes de Parkinson es que una organización, una vez que construye su estructura, inicia su declinación, de tal forma que aún para mantener el statu quo debe existir un esfuerzo continuo de mejoramiento.

Por otra parte la innovación se parece a lo que en atletismo sería una carrera de velocidad, se deja en ello todo el esfuerzo y luego debe tomarse un descanso hasta la próxima entrada en acción. En tanto que el kaizen al ser una carrera de fondo sigue produciendo resultados menos poderosos en el corto plazo, pero más profundos en el largo, producto de la acumulación continua de mejoras.

Por otra parte el enfoque incremental o gradual permite una mejor adaptación del personal (directivos y empleados / obreros) al cambio, como así también genera una menor resistencia al cambio.

Sin embargo la empresa no sólo debe estar muy alerta a los cambios en el entorno, sino que además debe estar preparada para dar el gran salto adelante destinado a lograr una ventaja competitiva absoluta, algo para lo cual requiere de la innovación y/o reingeniería.

Eichi Yoshida considera que el trabajo de los gerentes es ir al lugar de trabajo, estimular a los trabajadores para que generen ideas para el mejoramiento y estar genuinamente interesado en sus sugerencias.

Participación, cuidado y dedicación son de importancia clave en el Kaizen. Así como varios ritos son necesarios en la religión, Kaizen también requiere ritos, ya que las personas necesitan la forma de compartir su experiencia, de apoyar uno a otro y formar juntas la dedicación. Esta es la razón de que las juntas de informes de tanta importancia para los círculos del CC. Por fortuna, uno no tiene que esperar hasta la próxima vida antes de ver su recompensa en Kaizen, ya que los beneficios de Kaizen pueden dejarse sentir en cuatro o cinco años, si es que no de inmediato. El castigo por no apegarse al credo de Kaizen es no disfrutar del progreso que todo individuo y organización debe experimentar para sobrevivir.

Kaizen también requiere una clase distinta de liderazgo, uno basado en la experiencia y convicción personales, y no necesariamente en la autoridad, edad o rango.

7.12 Resultados de la aplicación del Kaizen

Las compañías japonesas han hecho grandes avances en el desarrollo relacionado con el Kaizen, incluso en las áreas de tecnología más avanzada. Como ejemplo cabe citar el semiconductor láser. La meta del desarrollo del semiconductor láser fue mejorar los niveles de energía y reducir al mismo tiempo los costos de fabricación. Una vez lograda esta meta fue posible aplicar el semiconductor láser a la producción de artículos de producción en masa tales como los discos compactos y video-discos.

En una de las principales compañías electrónicas japonesas, el semiconductor láser desarrollado para uso en tocadiscos compactos costaba \$ 500.000 en 1978. En 1980, bajó a \$ 50.000 y para el otoño de 1981, se había reducido a \$ 10.000. En 1982, cuando se pusieron en el mercado los primeros tocadiscos compactos, el semiconductor láser sólo costaba \$ 5.000. En 1984 había bajado al nivel de \$ 3.000 a \$ 2.000.

Durante el mismo período, la vida útil del semiconductor láser fue ampliada de 100 hs. en algunos de los primeros modelos a más de 50.000 hs. en los últimos modelos. Reflejando todos estos esfuerzos, los tocadiscos compactos sufrieron muchos cambios benéficos durante este período. En 1982, tenían un precio de alrededor de \$ 168.000. En 1984, el modelo para el mercado en masa se vendía a \$ 49.800. Durante este mismo período de dos años, el tamaño del ternamesa se redujo cinco sextos y el consumo de energía a nueve décimos.

Los resultados de esta diligente búsqueda de eficiencia productiva han sido enormes. En 1958, Toyota producía 1.5 automóviles por empleado por año. En 1965, la cifra había llegado a 23, y en 1969, a 39 vehículos por empleado cada año.

Todo ello está directamente relacionado con el efecto de la Curva de Experiencia y su relación con el Kaizen.

No hay duda respecto a la necesidad de nueva tecnología, pero un producto que procede de ella comienza siendo muy costoso y de calidad un tanto incierta. En consecuencia, una vez que ha sido identificada, el esfuerzo debe ser cada vez más dirigido a áreas tales como producción en masa, reducción del costo, mejoramiento del rendimiento y de la calidad.

Los investigadores occidentales muestran un gran entusiasmo al centrarse en proyectos retadores y son muy buenos en ese trabajo, pero están en gran desventaja al enfrentar los retos japoneses en artículos de alta tecnología de producción en masa si sólo se concentran en el gran salto hacia delante y olvidan el Kaizen de todos los días.

7.13 El Kaizen y el Control Total de Calidad

Los caminos por los cuales podemos realizar la mejora continua son varios pero el principal es el Control Total de Calidad (CTC).

La primera y más importante preocupación debe estar centrada en la calidad de las personas. Una empresa que crea calidad en su personal está a medio camino de producir artículos de alta calidad. Construir la calidad en las personas significa ayudarlas a llegar a ser conscientes de Kaizen. En el entorno del trabajo abundan los problemas de los mas diversos tipos y naturaleza, debiendo ayudarse a la gente a identificar estos problemas, para lo cual es menester entrenar al personal en el uso de los diversos tipos de herramientas destinados tanto a la resolución de problemas como a la toma de decisiones.

Así dentro de este marco conceptual el CTC significa un método estadístico y sistemático para el Kaizen y la resolución de los problemas. Su fundamento metodológico es la aplicación estadística de los conceptos del Control de Calidad, que incluyen el uso y análisis de los datos estadísticos. Esta metodología exige que la situación y los problemas bajo estudio sean cuantificados en todo lo posible.

El CTC dentro del sistema Kaizen reúne seis características, siendo éstas las siguientes:

1. El CTC aplicado en toda la empresa, con la participación de todos los empleados, y no sólo en determinados procesos, sectores, áreas o productos.
2. Pone un máximo énfasis en la educación y el entrenamiento.
3. Utiliza las actividades del Círculo de Calidad como herramienta fundamental.
4. Hace uso de la Auditoría del CTC.
5. Aplicación de los métodos estadísticos.
6. Un sistema para la recopilación y evaluación de datos.

Para desarrollar un producto o servicio que satisfaga a los clientes, primero deben reunirse datos sobre los requisitos de los clientes por parte del personal de ventas y mercadotecnia, como así también por el personal de atención del consumidor y el de servicios de reparaciones. A continuación estos datos se pasan a los departamentos de diseño, ingeniería y producción. El desarrollo de un producto o servicio nuevo requiere que el CTC se extienda por diferentes departamentos por medio de una red efectiva de comunicaciones.

Los clientes están satisfechos o no con la calidad de los productos o servicios. Dicho de otra manera, lo único que una empresa puede ofrecer a sus clientes es la calidad.

Todos los demás índices se relacionan con la administración interna. El objetivo primordial es construir la calidad en el producto, desarrollando y diseñando productos que satisfagan plenamente las necesidades del cliente.

7.14 El Kaizen en el gemba

Cabe preguntarse primero qué es el gemba? El gemba significa en japonés “lugar real”, o sea donde tiene lugar la acción. El Kaizen en el gemba es por lo tanto, llevar a cabo la mejora continua en el lugar de la acción.

Todas las empresas practican tres actividades principales directamente relacionadas con la obtención de utilidades: desarrollo, producción y venta. Sin estas actividades, una empresa no puede existir. Por tanto, en un sentido amplio, gemba significa los lugares de estas tres actividades. En un contexto más restringido, gemba significa el lugar donde se forman los productos o servicios. En una empresa de servicios, gemba es donde los clientes entran en contacto con los servicios ofrecidos. Así por ejemplo en el caso de los hoteles el gemba está en todas partes: en el lobby, el comedor, los cuartos de huéspedes, la recepción, los mostradores para registrarse y el puesto del conserje. En los bancos serían los cajeros, al igual que los funcionarios de préstamos que reciben a los solicitantes.

Dos actividades fundamentales tienen diariamente lugar en el gemba: el mantenimiento y el kaizen. El primero se relaciona con seguir los estándares existentes y mantener el statu quo, y el último se relaciona con el mejoramiento de tales estándares. Los supervisores del gemba participan activamente de ambas acciones, logrando como resultados calidad, costos, y entrega (QCD). De tal forma, una empresa que produce productos o servicios de calidad a un precio razonable y los entrega a tiempo satisface al cliente, y ellos a su vez permanecen leales.

Con el fin de llevar a cabo el QCD, la empresa debe gerenciar diariamente diversos recursos en forma apropiada. Estos recursos incluyen mano de obra, información, equipos y materiales. La eficiente administración diaria de recursos requiere estándares. Cada vez que surgen problemas o anomalías, el gerente o supervisor debe investigar, identificar la causa fundamental y reconsiderar los estándares existentes o implementar nuevos estándares para impedir su reaparición. Los estándares se convierten en parte integral del gemba kaizen y suministran la base para el mejoramiento diario. Así, al aplicarse en forma apropiada, el kaizen contribuye a mejorar la calidad, reducir los costos en forma considerable y satisfacer los requerimientos de entrega de los clientes, sin inversión o introducción de costosas tecnologías.

Tres actividades kaizen como lo son la estandarización las 5 S y la eliminación del muda (desperdicio) contribuyen al logro exitoso de el QCD. La estandarización, la eliminación del muda y las 5 S son fáciles de comprender e implementar, no requiriendo tecnologías o conocimientos complejos. Cualquier gerente, supervisor o

empleado puede comprender y aplicar satisfactoriamente estas actividades de sentido común y bajo costo. La cuestión fundamental es formar la autodisciplina necesaria para mantenerlas.

Los estándares poseen los siguientes aspectos clave:

1. Representan la mejor, más fácil y más segura forma de realizar un trabajo.
2. Ofrecen la mejor manera de preservar el know-how y la experiencia.
3. Suministran una manera de medir el desempeño.
4. Muestran la relación entre causa y efecto.
5. Suministran una base para el mantenimiento y el mejoramiento.
6. Suministran objetivos e indican metas de entrenamiento.
7. Suministran una base para el entrenamiento.
8. Crean una base para la auditoría o el diagnóstico.
9. Suministran un medio para evitar la recurrencia de errores y minimizar la variabilidad.

7.15 Las 5 S

Su práctica constituye algo indispensable a la hora de lograr una empresa de calidad global. Las 5 S se desarrollan mediante un trabajo intensivo. Las 5 S derivan de cinco palabras japonesas que conforman los pasos a desarrollar para lograr un óptimo lugar de trabajo, produciendo de manera eficiente y efectiva.

1. **Seiri:** diferenciar entre los elementos necesarios de aquellos que no lo son. Implica separar lo necesario de lo innecesario y eliminar o erradicar del gamba esto último. Debe establecerse un tope sobre el número de ítems necesarios. En gamba puede encontrarse toda clase de objetos. Una mirada minuciosa revela que en el trabajo diario sólo se necesita un número pequeño de éstos; muchos otros objetos no se utilizarán nunca o sólo se necesitarán en un futuro distante. El gamba está lleno de máquinas sin uso, cribas, troqueles y herramientas, productos defectuosos, trabajo en proceso, materias primas, suministros y partes, anaqueles, contenedores, escritorios, bancos de trabajo, archivos de documentos, carretas, estantes, tarimas y otros ítems. Un método práctico y fácil consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en los próximos 30 días.
2. **Seiton:** disponer de manera ordenada todos los elementos que quedan después del seiri. El seiton lleva a clasificar los ítems por uso y disponerlos

como corresponde para minimizar el tiempo de búsqueda y el esfuerzo. Para hacer esto, cada ítem debe tener una ubicación, un nombre y un volumen designados. Debe especificarse no sólo la ubicación, sino también el número máximo de ítems que se permite en el gemba.

3. **Seiso:** significa limpiar el entorno de trabajo, incluidas máquinas y herramientas, lo mismo que pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo. Seiso también significa *verificar*. Un operador que limpia una máquina puede descubrir muchos defectos de funcionamiento. Cuando la máquina está cubierta de aceite, hollín y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se pueda estar formando. Sin embargo, mientras se limpia la máquina podemos detectar con facilidad una fuga de aceite, una grieta que se está formando en la cubierta, o tuercas y tornillos flojos. Una vez reconocidos estos problemas, pueden solucionarse con facilidad. Se dice que la mayor parte de las averías en las máquinas comienzan con vibraciones (debido a tuercas y tornillos flojos), con la introducción de partículas extrañas como polvo, o con una lubricación o engrase inadecuados. Por esta razón, seiso constituye una gran experiencia de aprendizaje para los operadores, ya que pueden hacer muchos descubrimientos útiles mientras limpian las máquinas.
4. **Seiketsu:** significa mantener la limpieza de la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes y zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio. También implica continuar trabajando en seiri, seiton y seiso en forma continua y todos los días.
5. **Shitsuke:** construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S mediante el establecimiento de estándares. Las 5 S pueden considerarse como una filosofía, una forma de vida en nuestro trabajo diario. La esencia de las 5 S es seguir lo que se ha acordado. Se comienza por descartar lo que no necesitamos en el gemba y luego se disponen todos los ítems necesarios en el gemba en una forma ordenada. Posteriormente debemos conservar limpio el ambiente de trabajo, de manera que puedan identificarse con facilidad las anomalías., y los tres pasos anteriores deben mantenerse sobre una base continua.

7.16 Eliminar el muda (desperdicios y despilfarros)

Los recursos (personas, máquinas, materiales) en cada proceso agregan valor o no lo hacen. Muda hace referencia a cualquier actividad que no agregue valor. Existen siete categorías clásicas de mudas:

1. Muda de sobreproducción. Es el producto de una mentalidad preocupada por las fallas en máquinas, productos defectuosos y ausentismos, entre otros, viéndose de tal forma obligado a producir más de lo necesario simplemente para tener un nivel mínimo de seguridad. Superar las razones que motivan

esas inseguridades dará lugar tanto a una menor sobreproducción como a menores niveles de inventario, reduciendo de tal forma en gran medida los niveles de despilfarros.

2. Muda de inventario. Los productos terminados, semiterminados, repuestos y suministros que se mantienen en inventario no agregan valor alguno. Por el contrario, aumentan el costo de operaciones porque ocupan espacio y requieren equipos e instalaciones adicionales, tales como bodegas, elevadores de cargas y sistemas computarizados de bandas transportadoras entre otras. Además, una bodega requiere de recursos humanos adicionales para labores de operación y administración. Mientras el exceso de ítems permanece en inventario no se agrega ningún valor, y su calidad se deteriora con el transcurso del tiempo. El inventario es en gran medida el resultado de una sobreproducción. Si no existiera muda de inventario, podría evitarse una gran cantidad de despilfarro.
3. Muda de reparaciones / rechazo de productos defectuosos. El rechazo de los productos defectuosos interrumpe la producción y requiere una costosa repetición del trabajo. Muchos de los productos defectuosos frecuentemente deben descartarse, lo que implica importantes pérdidas de recursos.
4. Muda de movimiento. Cualquier movimiento del cuerpo de una persona que no se relacione directamente con la adición de valor, es improductivo. Para identificar este tipo de muda es necesario observar muy cuidadosamente la forma en la que los operadores usan sus manos y piernas. Luego se necesita redistribuir la colocación de las partes y desarrollar herramientas y soportes apropiados.
5. Muda de procesamiento. La tecnología o el diseño suelen ser muchas veces incompatibles con un nivel aceptable de eficiencia. Así un acceso indebidamente distante o un exceso en el procesamiento de la máquina, un accionar improductivo de la prensa y el quitar las virutas que quedan cuando se taladra una lámina constituyen todos ejemplos claros de muda de procesamiento que se pueden evitar. En muchos casos también el muda es producto de la falta de sincronización de los procesos.
6. Muda de espera. Este muda se presenta cuando las manos del operador están inactivas; cuando el trabajo de un operador se detiene debido a desbalances en la línea, falta de partes de recambio o tiempo de no trabajo y operación de las máquinas; o cuando simplemente el operador el operador supervisa una máquina mientras ésta realiza un trabajo que agrega valor. También tenemos una gran cantidad de muda en la forma de los segundos o minutos que el operador emplea esperando que llegue la siguiente pieza de trabajo. Durante este intervalo, el operador está simplemente observando la máquina.

7. Muda de transporte. El transporte es parte esencial de las operaciones, pero el movimiento de materiales o productos no agrega valor. Lo que es aun peor, con frecuencia ocurren daños durante el transporte.

Crear grupos de trabajo en todos los niveles de la organización, explicarles los distintos tipos de mudas, llevar un registros de los mismos y aplicar las diversas herramientas de gestión para su detección, análisis, medición y solución es un arma fundamental que produce efectos inmediatos en la rentabilidad de las empresas.

Cómo cualquier cosa que no agrega valor constituye muda, la lista de muda puede extenderse en forma casi indefinida.

7.17 Muda de tiempo

El uso ineficiente del tiempo da como resultado es estancamiento. Los materiales, los productos, la información y los documentos permanecen en un lugar sin agregar valor alguno. En el área de producción, el muda temporal toma la forma de inventario. En el trabajo de oficina, esto sucede cuando un documento o segmento de información permanece en un escritorio o dentro de un computador esperando una decisión o una firma.

7.18 Mura o irregularidad

Cada vez que se interrumpe el flujo normal del trabajo en la tarea de un operador, el flujo de partes y máquinas o el programa de producción, se dice que existe mura. El mura está muy relacionado con los cuellos de botella, razón por la que eliminar estas lleva a una mayor fluidez y productividad en los procesos.

7.19 Muri o trabajo tensionante

Muri implica condiciones estresantes para los trabajadores y máquinas, lo mismo que para los procesos de trabajo. Si a un trabajador recientemente contratado se le asigna la tarea de un trabajador veterano, sin dársele antes el entrenamiento suficiente, el trabajo será estresante para él, y es posible que esta persona sea más lenta en sus labores, e incluso puede cometer mayor número de errores, lo cual conducirá a un mayor muda (desperdicio).

Tanto el mura como el muri dan lugar a mayor nivel de muda, producto ello de las irregularidades y tensiones existentes. Identificarlas y contribuir a su disminución y / o eliminación permitirá importantes ahorros de recursos al bajar los niveles de muda.

7.20 El aprendizaje como base del Kaizen

Una empresa de aprendizaje es aquella donde los individuos, los equipos y la empresa misma están continuamente aprendiendo y compartiendo el desarrollo, la transferencia y uso de conocimientos y habilidades para producir un mejoramiento continuo y la creación de una ventaja competitiva dinámica. Estas empresas están creando ambientes de trabajo cooperativos en los que los grupos de interés de la empresa participan en el desarrollo de metas comunes. Construir la base del gembu kaizen se siguen iguales objetivos, al concentrarse en la construcción de un aprendizaje que involucre a todos, o sea tanto a la gerencia como a la fuerza de trabajo, con el fin de permitir el desarrollo de metas y valores comunes.

El mejoramiento debe ser y es una forma de vida dentro de la filosofía kaizen. En ese espíritu el aprendizaje es un sinónimo de ejecución. En lugar de darles demasiada enseñanza, a los empleados del gembu debe dárseles la oportunidad de aprender practicando y haciendo, involucrándose físicamente, utilizando tanto sus manos como sus cerebros.

Dentro de ese marco filosófico y cultural, diez son las reglas básicas para practicar el kaizen en el gembu:

1. Descartar el convencional pensamiento rígido sobre producción.
2. Pensar en cómo hacerlo y no por qué no se puede hacer.
3. No buscar excusas. Empezar por cuestionar las prácticas actuales.
4. No buscar la perfección. Hacerlo inmediatamente, aunque sea sólo para el 50% del objetivo.
5. Corregir los errores en forma inmediata.
6. No gasta dinero en kaizen.
7. La sabiduría se presenta cuando se enfrenta la dificultad.
8. Preguntar cinco veces “¿Por qué?” y buscar la causa fundamental.
9. Buscar la sabiduría de diez personas, en lugar del conocimiento de una sola.
10. Recordar que las oportunidades para kaizen son infinitas.

Los viejos hábitos de trabajo están profundamente arraigados en las personas del gembu. Cuando gembu kaizen se introduce por primera vez, debe superarse una fuerte resistencia psicológica. La gerencia emplea las diez reglas anteriores como guía para facilitar la introducción del gembu kaizen.

7.21 La gerencia visual

En el gemba sólo existen dos posibles situaciones: el proceso está bajo control o está fuera de control. Lo primero implica uniformidad, en tanto que lo segundo es sinónimo de dificultades. Los problemas deben hacerse visible en el gemba. Si no puede detectarse una anomalía, nadie puede manejar el proceso. Por tal motivo el primer principio de la gerencia visual consiste en destacar los problemas.

Por tal motivo, todos los medios, se trate de luces, alarmas, sistemas de alarmas en tableros de comandos o cuadros de mandos integrales contribuyen a visualizar de la manera más rápida posible la existencia de problemas en el gemba, posibilitando a partir de ello la corrección de las causas fundamentales que la han originado y adoptando medidas para evitar su repetición. De tal forma se logra estandarizar los procesos y eliminar el muda, obteniendo una producción de calidad, a bajo costos y en tiempos y cantidades de entrega óptimos (QCD).

7.22 Justo a Tiempo

El concepto: comprar o producir sólo lo necesario y cuando se necesita.

Los objetivos: mejorar la competitividad y reducir los costes:

- respuesta a las demandas de la clientela,
- máxima eficacia, agilidad, calidad y productividad,
- enriquecimiento del trabajo industrial,
- supresión de despilfarros (tiempo – materiales – desplazamientos – trabajos inútiles)

Las condiciones:

- no producir para llenar los almacenes,
- plazos cortos de fabricación, agilidad, flexibilidad,
- respeto estricto de las cantidades necesarias,
- ninguna espera o pérdida de tiempo,
- supresión de almacenes entre operaciones,
- fiabilidad de los equipos,
- calidad garantizada para los materiales y productos adquiridos,
- calidad de la producción,

- polivalencia del personal.

Los medios:

- revisión de las implantaciones de equipos: reducción de recorridos – simplificación de flujos (células de máquinas y tecnología de grupo; focalización; puesta en línea; descentralización de recepciones de expediciones),
- cambios rápidos de herramientas,
- mantenimiento total,
- control de calidad en el origen; poka-yoke,
- relaciones de colaboración con los suministradores,
- formación del personal,
- colaboración con los clientes para obtener una carga regular,
- asistencia a los suministradores (proveedores) para su conversión al JIT,
- revisión de la gestión de la producción,
- fomento de las mejoras progresivas.

Las ventajas:

- reducción de stocks y de plazos,
- mejoras de la productividad,
- costes reducidos, menores necesidades de inversión y de financiación,
- eficacia y agilidad, rapidez de reacción,
- refuerzos de la competitividad; crecimiento de la cuota de mercado.

7.23 Conclusiones

Dar al inicio la extensa lista de empresas japonesas que han invadido con productos de alta calidad los mercados mundiales ha tenido como principal objetivo hacer tomar conciencia al lector no sólo de la importancia industrial de Japón, sino por sobre todas las cosas de remarcar como más haya de políticas oficiales la aplicación de una serie de herramientas, conceptos y métodos que constituyen el Kaizen han permitido no sólo a estas empresas, las cuales son las más conocidas por los consumidores, sino además a muchas más compañías proveedoras de insumos y máquinas industriales,

estar entre las más competitivas del mundo. Ello no es producto de la casualidad, sino de la causalidad, producto ésta última de una férrea disciplina y de profundos enfoques estratégicos, en los cuales la educación – capacitación, la mejora continua en los procesos y la administración participativa constituyen ejes primordiales.

