

Estudio y Mejora del Flujo de Trabajo: Hacia la Lean Production

Angel M. Gento Municio¹, M^a Elena Pérez Vázquez², Alfonso Redondo Castán³

¹ E.T.S.I. Industriales. Dpto. de Organización y Gestión de Empresas, gento@eis.uva.es

² E.T.S.I. Industriales. Dpto. de Organización y Gestión de Empresas, elena@eis.uva.es

³ E.T.S.I. Industriales. Dpto. de Organización y Gestión de Empresas, redondo@eis.uva.es

RESUMEN

La definición de los flujos de trabajo es fundamental para el equilibrado de las cargas de trabajo entre los diferentes operarios y para aumentar la productividad de los mismos.

En este trabajo se muestra una aplicación práctica en una empresa mediana dedicada a la fabricación de luminarias para instalaciones industriales, comerciales o de recreo. Se pueden distinguir dos grandes procesos: fabricación y montaje, existentes en una gran cantidad de empresas, por lo que las conclusiones que se extraen del mismo se pueden generalizar fácilmente.

Esto fue un paso inicial para la implantación de técnicas más avanzadas para la planificación, programación y control de la producción.

Palabras clave: Flujo de producción, equilibrado, JIT.

1. Descripción de la empresa

ILINSA es una empresa con capital español que tiene ubicadas sus instalaciones productivas en Palencia y que posee delegaciones comerciales en una decena de ciudades a lo largo de la geografía española. Su facturación en 1991 rondó los 4.000 millones de pesetas (24 millones de €) y contaba con una plantilla de 425 personas.

Sus líneas de productos principales estaban compuestas por equipos de alumbrado industrial y comercial, alumbrado de parques y jardines, proyectores, alumbrado público, accesorios, etc.

El proceso productivo típico constaba de las siguientes fases:

- Preparación de materiales: Corte de chapas y perfiles.
- Conformación: Corte, punzonado, plegado, entallado (conformado en tornos), etc.
- Mecanizado: fresado, taladrado, roscado, etc.
- Soldadura por puntos y soldadura de arco.
- Tratamientos:
 - Desengrase y cadenas de anodizado mate y brillante.
 - Cadenas de pintura manual y automática.
- Montaje: Dividido en secciones de montaje de fluorescencia y de descarga.

Inicialmente, la empresa tenía una política de fabricar contra stock y mantener inventarios de producto terminado de la mayoría de sus productos incluidos en catálogo, equivalente a un mes de demanda. Esta política era consecuencia de la necesidad de servir al cliente en un plazo breve (1-2 semanas) si se quería tener opción a conseguir los contratos.

Para productos especiales no incluidos en catálogo la empresa empezaba a fabricar una vez que se había recibido el pedido del cliente. Generalmente estos pedidos eran de gran volumen; por ejemplo de varios miles de unidades para la iluminación de edificios o plantas industriales enteras.

El plazo teórico de fabricación total, tanto por productos especiales como de catálogo, era de unas ocho semanas, aunque frecuentemente se llegaba a las 10 - 12 semanas. Los lotes que se lanzaban al taller variaban mucho dependiendo del tipo de referencia, pero para los productos de mayor venta era habitual que fuesen de 2000 - 3000 unidades. Todo esto provocaba la existencia de grandes stocks en curso de fabricación.

A finales de 1991 la valoración del inventario total de la empresa era la mostrada en la Tabla 1.

| | |
|-------------------|---|
| Materias primas | 150 Millones de Ptas (0,9 millones de €) |
| Producto en curso | 320 Millones de Ptas (1,92 millones de €) |
| Producto acabado | 280 Millones de Ptas (1,68 millones de €) |
| Total | 750 Millones de Ptas (4,5 millones de €) |

Tabla 1. Valoración del inventario (1991).

1.1 Proceso de conformación

En el área de Conformación se tenían los siguientes grupos de máquinas:

- 4 prensas hidráulicas:
- 3 punzonadoras de C.N.
- 6 plegadoras (5 de C.N.)
- 10 prensas excéntricas de corte
- 7 tornos (entallado y decoletaje)
- Otras máquinas y útiles diversos (Cizallas, perfiladoras, etc.)

En la Figura 1 se muestra el flujo de procesos típico dentro de la Sección, que sigue la secuencia siguiente: Cizalla – corte – punzonado – plegado. Según esta forma de trabajo, cuando un operario terminaba de procesar un lote, por ejemplo, una cizalla, lo comunicaba al encargado de Fabricación, el cual le daba un nuevo bono de trabajo de otro lote de un artículo diferente. Más tarde, el encargado buscaba a un operario de movimiento de materiales y le indicaba a qué máquina debía transportar los contenedores para que se realizara la siguiente operación.

En promedio existían entre 20 y 40 órdenes de fabricación por cada sección (grupo de máquinas), lo cual suponía que en un determinado momento podían existir más de un centenar de órdenes en curso en el área de Conformación. Los tiempos de proceso unitarios para un producto típico eran los mostrados en la Tabla 2, y el diagrama de flujo de las operaciones el de la Figura 2.

| | |
|-----------|-------|
| Cizallado | 10'' |
| Corte | 10'' |
| Punzonado | 120'' |
| Plegado | 60'' |

Tabla 2. Tiempos de proceso unitarios.

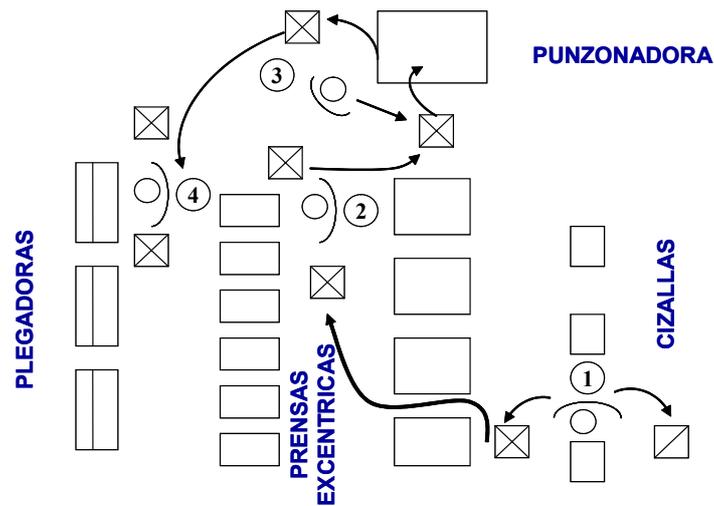


Figura 1. Proceso típico dentro de la sección de Conformación.

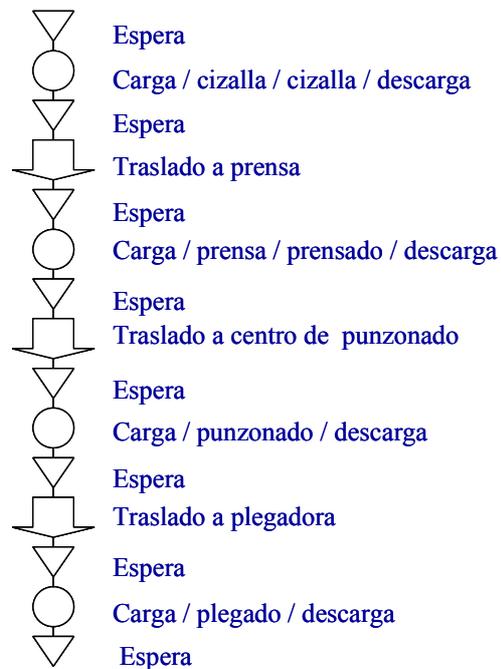


Figura 2. Cursograma de las operaciones de conformación.

1.2 Proceso de montaje

El área de Montaje estaba dividida en varias secciones organizadas por tipos de productos: fluorescencia, proyectores, etc. (Figura 3). Las operaciones de Montaje se efectuaban en mesas anexas a unas cintas transportadoras o en mesas aisladas. Las cintas transportadoras generalmente estaban paradas y servían para depositar sobre ellas submontajes y elementos que eran realizados por los operarios sobre las mesas anexas citadas. Eventualmente, las cintas se ponían en marcha para transportar un lote de submontajes hasta otra mesa, donde se realizaban otras operaciones subsiguientes de submontaje.

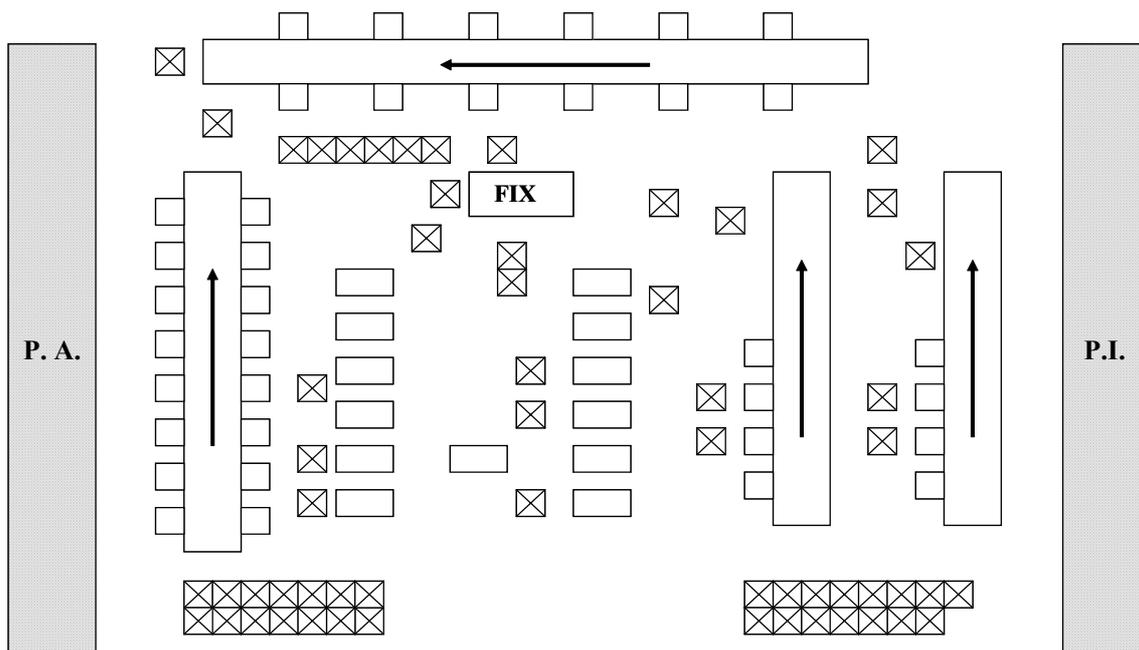


Figura 3. Distribución en planta de la sección de Montaje.

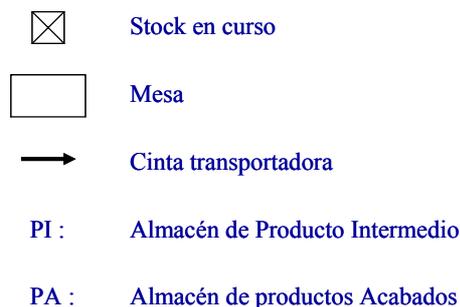


Figura 4. Leyenda de la Figura 3

Los contenedores de piezas y submontajes ocupaban una buena parte de la superficie del departamento. Y los tiempos necesarios para realizar el montaje eran muy variados, dependiendo del tipo de producto, estando comprendidos entre 5-30 minutos por unidad. El flujo de producción dependía del encargado de Montaje, quien repartía las diferentes ordenes de trabajo según la urgencia del pedido, determinada a su vez por el retraso que la orden

llevarse y por las comunicaciones del departamento comercial referentes a las necesidades del cliente.

A continuación, los lotes que se enviaban a montaje, y al igual que en fabricación, iban desde varios centenares de unidades hasta 2000 – 3000 unidades para los productos de más consumo.

2. Problema planteado y solución propuesta

Con esta situación, los tiempos de proceso eran muy largos y se producían grandes retrasos en la planta. Además, los volúmenes de inventarios de la empresa obligaban a mantener inmovilizada una parte importante de la inversión.

Para resolver estos problemas se analizó la posibilidad de crear un flujo de trabajo en las áreas concretas de Fabricación (Conformado) y de Montaje. A continuación se describen las mejoras en las citadas áreas.

2.1. Implantación de células en U en el área de fabricación.

En primer lugar, se recopiló la información básica a tratar:

- Listados ABC de piezas de Talleres y
- Rutas de Fabricación de las piezas con el desglose de operaciones y tiempos concedidos por operación.

Debido al gran número de referencias de fabricación de ILINSA, se eligieron las referencias tipo A (10%) para este análisis (unas 230). Posteriormente, se introdujeron las rutas de las citadas piezas en una hoja de cálculo y se intentó la agrupación de piezas con una secuencia de procesos similares.

Para ello se definieron en varias matrices las piezas (columnas) y los procesos (filas) realizándose la permutación de filas y columnas hasta llegar a una solución.. En la Figura 5 se puede observar una de las pantallas que resultan después de la introducción de los datos. Leyendo la matriz por columnas se ven los diferentes procesos por los que pasa una determinada pieza. El orden seguido para la introducción de las piezas fue el del propio listado ABC.

Una vez realizada la introducción de datos, el programa presenta la agrupación de piezas resultante (ver Figura 6).

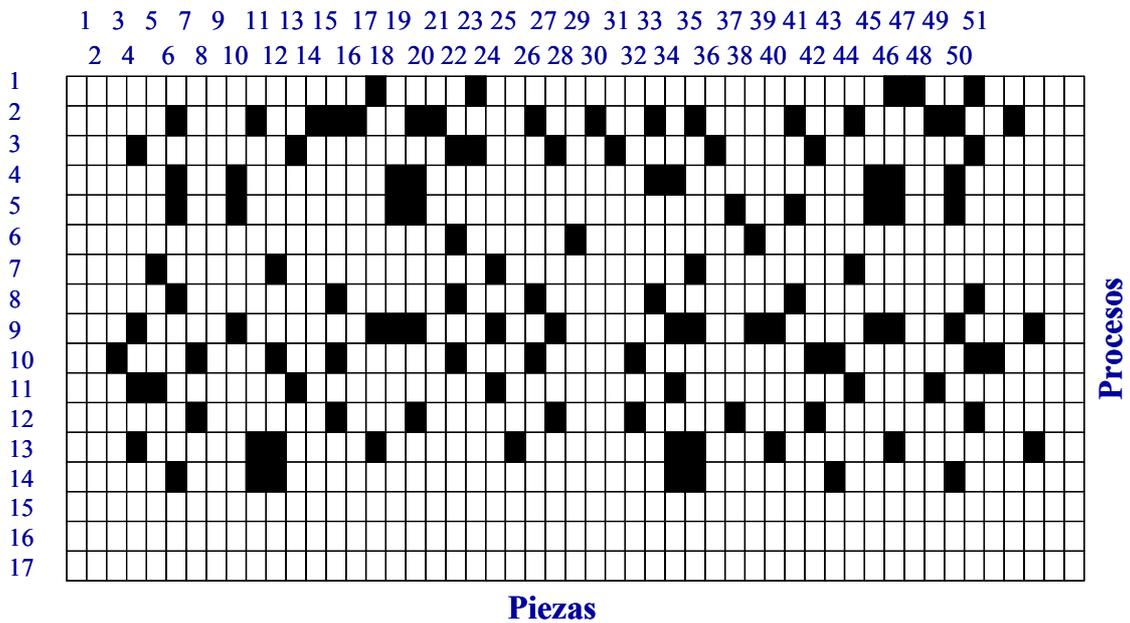


Figura 5. Matrices introducidas.

Del estudio de las matrices resultantes se deduce la existencia de varios grupos de piezas que siguen básicamente los mismos procesos. Pudiéndose, a primera vista clasificarse en:

- Grupo de piezas de piezas de Cizallado – Punzonado – Prensas excéntricas – Plegado.
- Grupo de piezas de mecanizado.
- Grupo de piezas de soldadura.

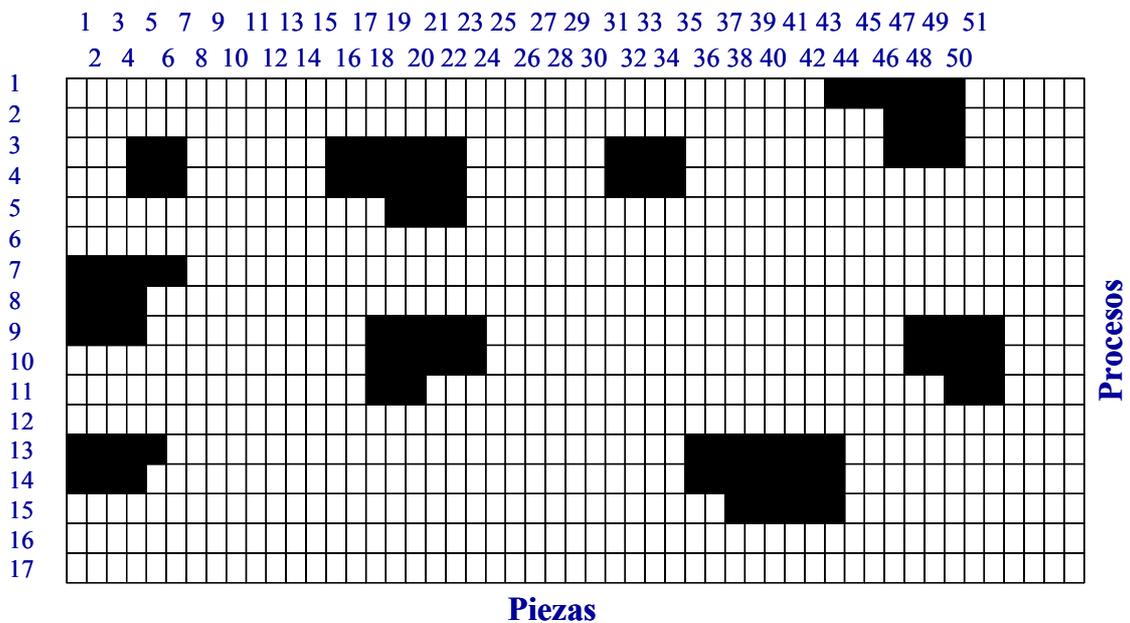


Figura 6. Matrices resultantes de la agrupación por tareas similares.

Como en las matrices citadas no se dispone de información cuantitativa de los tiempos de producción de cada pieza; es necesario calcular los tiempos que suponen los diferentes grupos de piezas.

Para el ejemplo del grupo de piezas de Cizallado – Punzonado – Prensa – Plegado, los resultados de calcular la carga de trabajo se muestran en la Figura 7 y en la Figura 8.

| CODIGO | DESCRIPCION | CANTIDAD PREVISTA. | TIEMPO CONC. (H) | TIEMPO TOTAL (H) | PTAS. |
|-----------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------|
| 52 – 39011 – 01 | CAR. 400 – IZA – RC | 6757 | 0.14971 | 1011.590 | 14759367 |
| 52 – 95176 – 25 | PLAC. " 1" 90 · 90 ITB – EXPO | 10098 | 0.0332 | 335.2536 | 14494774 |
| 52 – 71038 – 04 | TAPA LATL. 40 – IS | 69034 | 0.02743 | 1893.602 | 13184631 |
| 52 – 44023 – 32 | TAPA ACPL. 255 – CMR / 3 | 78012 | 0.0081 | 631.8972 | 8192572 |
| 52 – 11484 – 02 | RFL. 402 – IFL / 1 | 11056 | 0.019910. | 220.1249 | 7580725 |
| 52 – 16202 – 01 | CUER. CAJE. 214 – IEL | 5380 | 0.05595 | 301.011 | 6264022 |
| 52 – 16203 – 01 | CUER. CAJE. 414 – IEL | 3286 | 0.07604 | 249.8674 | 5247802 |
| 51 – 71038 – 01 | CUER. FDON. 40 – IS | 69026 | 0.0133 | 918.0458 | 4988395 |
| 52 – 36800 – 41 | LIRA "2" 450 – LRK | 9613 | 0.04133 | 397.3052 | 4919849 |
| 52 – 39011 – 03 | RFL. 400 – IZA – RD | 12167 | 0.03015 | 366.8350 | 4764901 |
| 52 – 16196 – 03 | CAJE. 414 – IEJ | 3181 | 0.09109 | 289.7572 | 3779020 |
| 52 – 16195 – 03 | CAJE. 214 – IEG | 3524 | 0.0733 | 258.3092 | 3301263 |
| 52 – 17094 – 21 | RFL. 402 – FLMX / 2 | 5644 | 0.03303 | 186.4213 | 3128258 |
| 52 – 95177 – 91 | RFL. 250 – EET | 1521 | 0.0844 | 128.3724 | 2911026 |
| 52 – 93849 – 50 | TAPA PSTR. CAR. HFN – 326 – HA / 2 | 2001 | 0.0366 | 73.35666 | 2815494 |
| 52 – 93872 – 06 | TAPA ACC. HSRP – 482 | 15161 | 0.01672 | 253.4919 | 2777850 |
| 52 – 93849 – 06 | LIRA HNF – 326 – HA | 2046 | 0.05779 | 118.2383 | 2696604 |
| 52 – 16198 – 08 | "U" CENT. RFLX . 412 – IEG | 7339 | 0.01425 | 104.5807 | 2634407 |
| 52 – 95176 – 26 | PLAC. "1"90"27 ITB – EXPO | 6200 | 0.0332 | 205.84 | 2605806 |
| 52 – 16197 – 10 | "U"CENT. RFLX. 212 – IEG | 13704 | 0.01579 | 216.3861 | 2570479 |

Figura 7. Carga de trabajo para el grupo de piezas de Cizallado–Punzonado–Prensa–Plegado (parte 1).

| CODIGO | DESCRIPCION | CANTIDAD PREVISTA. | TIEMPO CONC. (H) | TIEMPO TOTAL (H) | PTAS. |
|-----------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------|
| 52 – 39011 – 01 | CAR. 400 – IZA – RC | 6757 | 0.14971 | 1011.590 | 14759367 |
| 52 – 95176 – 25 | PLAC. " 1" 90 · 90 ITB – EXPO | 10098 | 0.0332 | 335.2536 | 14494774 |
| 52 – 71038 – 04 | TAPA LATL. 40 – IS | 69034 | 0.02743 | 1893.602 | 13184631 |
| 52 – 44023 – 32 | TAPA ACPL. 255 – CMR / 3 | 78012 | 0.0081 | 631.8972 | 8192572 |
| 52 – 11484 – 02 | RFL. 402 – IFL / 1 | 11056 | 0.019910. | 220.1249 | 7580725 |
| 52 – 16202 – 01 | CUER. CAJE. 214 – IEL | 5380 | 0.05595 | 301.011 | 6264022 |
| 52 – 16203 – 01 | CUER. CAJE. 414 – IEL | 3286 | 0.07604 | 249.8674 | 5247802 |
| 51 – 71038 – 01 | CUER. FDON. 40 – IS | 69026 | 0.0133 | 918.0458 | 4988395 |
| 52 – 36800 – 41 | LIRA "2" 450 – LRK | 9613 | 0.04133 | 397.3052 | 4919849 |
| 52 – 39011 – 03 | RFL. 400 – IZA – RD | 12167 | 0.03015 | 366.8350 | 4764901 |
| 52 – 16196 – 03 | CAJE. 414 – IEJ | 3181 | 0.09109 | 289.7572 | 3779020 |
| 52 – 16195 – 03 | CAJE. 214 – IEG | 3524 | 0.0733 | 258.3092 | 3301263 |
| 52 – 17094 – 21 | RFL. 402 – FLMX / 2 | 5644 | 0.03303 | 186.4213 | 3128258 |
| 52 – 95177 – 91 | RFL. 250 – EET | 1521 | 0.0844 | 128.3724 | 2911026 |
| 52 – 93849 – 50 | TAPA PSTR. CAR. HFN – 326 – HA / 2 | 2001 | 0.0366 | 73.35666 | 2815494 |
| 52 – 93872 – 06 | TAPA ACC. HSRP – 482 | 15161 | 0.01672 | 253.4919 | 2777850 |
| 52 – 93849 – 06 | LIRA HNF – 326 – HA | 2046 | 0.05779 | 118.2383 | 2696604 |
| 52 – 16198 – 08 | "U" CENT. RFLX . 412 – IEG | 7339 | 0.01425 | 104.5807 | 2634407 |
| 52 – 95176 – 26 | PLAC. "1"90"27 ITB – EXPO | 6200 | 0.0332 | 205.84 | 2605806 |
| 52 – 16197 – 10 | "U"CENT. RFLX. 212 – IEG | 13704 | 0.01579 | 216.3861 | 2570479 |

Figura 8. Carga de trabajo para el grupo de piezas de Cizallado–Punzonado–Prensa–Plegado (parte 2).

Se puede observar en estas figuras que la carga anual (prevista) en horas de producción para el grupo de piezas A (57 PIEZAS) es de más de 15.000 horas¹, sin incluir los tiempos de otras operaciones diferentes de las de Cizallado–Punzonado–Prensa–Plegado (Por ejemplo, tratamientos).

El coste de las 57 piezas analizadas, según los volúmenes de producción previstos, es superior a los 180 millones de Ptas (1,08 millones de €). Como consecuencia de lo anterior, se vio que era factible la creación de flujo mediante la implantación de una / varias células de Cizallado – Prensa – Punzonado – Plegado.

En un análisis posterior más afinado se definió:

- El número de máquinas exacto que formaría la célula.
- Su ubicación precisa para conseguir los mínimos movimientos de materiales en la propia célula y entre la célula y el resto de los procesos (Figura 9).

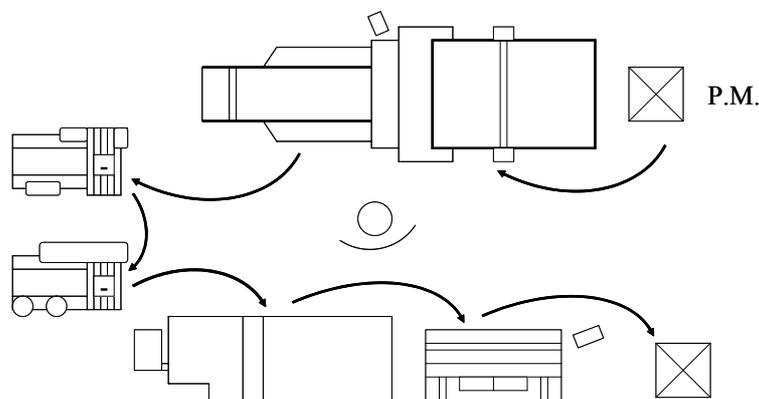


Figura 9. Distribución en planta de las células en U planteadas.

- El diagrama de flujo final sería el mostrado en la Figura 10.



Figura 10. Cursograma de trabajo para las células en U.

¹ Conviene que recordar que esta carga de trabajo sólo es la que resulta del análisis de los productos A (el 75% del coste del total de piezas de fabricación), sin haber tenido en cuenta otros posibles productos que vayan a esta célula.

Las mejoras que se obtuvieron de la implantación de las células en U fueron las siguientes:

- Aumento de la productividad de la mano de obra directa (1 operario en vez de 4).
- Eliminación de transportes y desplazamientos inútiles.
- Reducción de stocks en curso por eliminación de contenedores de estados intermedios.
- Reducción del lead – time de fabricación, consecuencia de la minimización de transporte y desplazamientos, y de la reducción de stocks en curso.
- Simplificación del control de producción (trabajo en curso) y del control de la mano de obra, consecuencia del menor número de pasos intermedios y de personas que intervienen en el proceso, así como mejora del control visual.
- Reducción de la superficie ocupada, consecuencia de la reducción de stocks intermedios y de la creación de la célula de fabricación.
- Mejora de la calidad, pues ahora es un solo operario el que tiene la responsabilidad sobre todo el proceso, y no se difumina la responsabilidad sobre la cantidad entre los 4 operarios de la situación de partida, y además consecuencia del menor número de manipulaciones y transportes.

El siguiente cuadro resume dichas mejoras:

| Parámetro | Situación inicial | Situación propuesta | Mejora |
|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|
| Stock en curso | ±.4.000 uds. | 1.000 uds. | 75% |
| Nº de operarios | 4 | 1 | 75% |
| Lead-Time | -- | -- | 75% (estimado) |

Tabla 3. Resumen de mejoras planteadas.

2.2 Implantación de líneas de montaje

Aunque en la situación de partida se hablaba de “Líneas” de Montaje refiriéndose a las cintas transportadoras que existían en el departamento, la organización del proceso de Montaje distaba mucho de estar linealizada. Se propuso la creación de flujo convirtiendo las cintas transportadoras en verdaderas líneas de montaje y acometiendo las siguientes acciones:

1. Equilibrado de puestos de trabajo previa estandarización de operaciones.
2. Mejora del abastecimiento de materiales a las líneas.
3. Introducción de la figura del comodín.
4. Establecimiento de sistemas de control visual.

Se propuso modificar la distribución en planta actual de la sección dado que la disposición de las líneas no era la idónea, debiéndose situar las líneas perpendicularmente a los almacenes de Producto Intermedio (PI) y Producto Almacenado (PA). De esta forma se minimizan los transportes desde PI hasta la cabecera de las líneas, saliendo los productos ya montados y cercanos al almacén de PA.

Era necesario dejar un pasillo entre líneas de montaje para poder efectuar el abastecimiento de materiales a las rampas inclinadas.

Asimismo, se deberían montar la mayoría de los productos en las líneas (previa estandarización y equilibrado), dejando sólo algunas mesas aisladas para el montaje de

subcomponentes o de algunos pedidos especiales. La distribución en planta finalmente propuesta es la mostrada en la Figura 11.

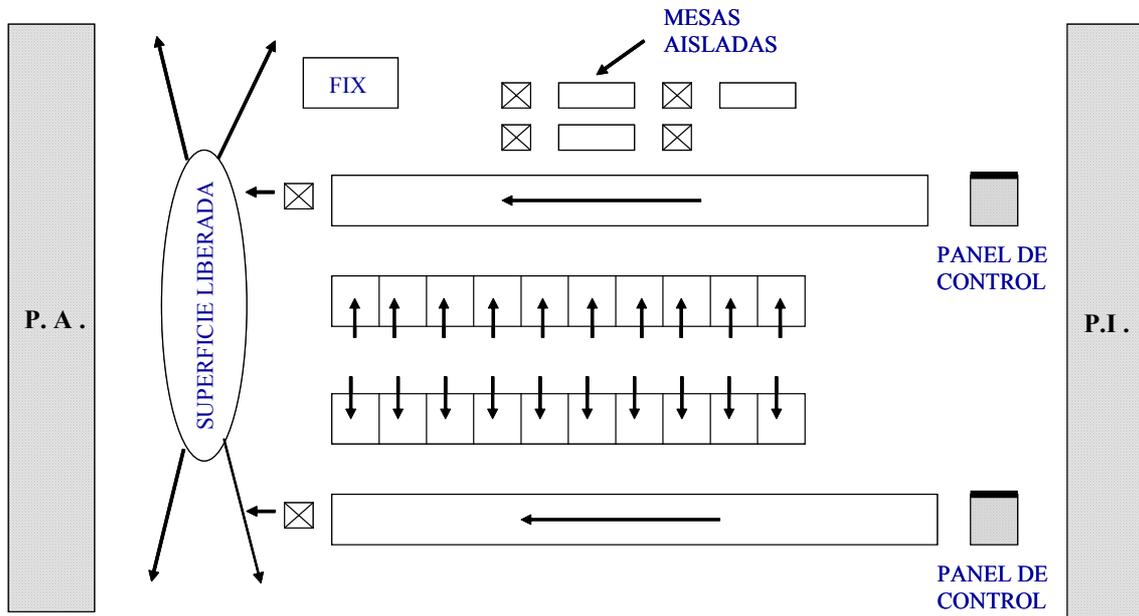


Figura 11. Distribución en planta propuesta para la sección de Montaje.

3. Conclusiones y futuros desarrollos

La definición de flujos de trabajo es fundamental para la implantación de técnicas más avanzadas de organización de la producción como la lean production, que nos permitirá trabajar con lotes más pequeños y con un tiempo de respuesta menor, lo que reducirá los costes y aumentará el nivel de servicio a nuestros clientes.

La definición de flujos de trabajo para fábricas que realicen diferentes productos es factible y una buena solución para disminuir los tiempos de fabricación unitarios. Esto a su vez provocará

1. una disminución de los stocks, tanto en curso de fabricación (se tiene menos tiempo el material en curso), como finales (al reducirse el tamaño de los lotes).
2. un aumento de la productividad de la planta.

La agrupación de piezas es una de las claves a la hora de redefinir los flujos. Esta agrupación no es única y deben analizarse diferentes situaciones en función de las mismas, incluso ayudándose de diferentes algoritmos (suficientemente probados en la literatura) para facilitar la agrupación de las mismas.

Una vez definido el flujo, la distribución en planta debe evitar (en la medida de lo posible) que los caminos resultantes para los distintos tipos de piezas se crucen para evitar interferencias y retrasos innecesarios.

Como posibles mejoras y a la vista de las distribuciones en planta resultantes, planteamos la posibilidad de definir un entorno visual en la fábrica, con diferentes señales luminosas y paneles informativos del flujo en las diferentes secciones de la misma.

Esto facilitaría la ayuda y apoyo por parte de los diferentes trabajadores con el objetivo de aumentar la productividad y disminuir los tiempos de fabricación (y espera), provocando a su vez un aumento de la flexibilidad y permitiendo una reducción del tamaño de los lotes de fabricación.

Todas estas medidas no pueden considerarse de forma estática, sino incluidas dentro de un ciclo de mejora continua que haga aumentar la productividad de la fábrica progresivamente y no esperando avances aislados provenientes en su mayor parte de actualizaciones de determinados elementos.

Bibliografía

- [1] Askin, R.G. y Goldberg, J.B. (2001). *Design and Analysis of Lean Production Systems*. Jossey Bass (John Wiley & Sons)
- [2] Blanchard, B.S. (1986). *Logistics Engineering and Management*, (3ª ed.). Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey).
- [3] Feld, W.M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*, CRC Press
- [4] Greif, M. (). *La fábrica visual : métodos visuales para mejorar la productividad*. Productivity Press, Cambridge (Massachusetts).
- [5] Heizer, J. y Render, B. (2001). *Dirección de la Producción. Decisiones Tácticas*, (6ª ed.). Prentice Hall, Madrid.
- [6] Monden, Y. (1996). *El 'just in time' hoy en Toyota*. Deusto, Bilbao.
- [7] Niebel, B. y Freivalds, A. (2001). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (10ª ed.). Alfaomega, Mexico D.F.
- [8] Womack, J.P, Jones, D.T. y Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Rawson Associates, New York. Existe traducción al castellano: (1992) *La máquina que cambió el mundo*. McGraw-Hill, Madrid.