

## Rediseño del Layout de la Fábrica a través del Análisis del Transporte de los Materiales.

Pablo Díaz de Basurto Uruga  
Patxi Ruiz de Arbulo López

Pablo Díaz de Basurto Uruga  
Catedrático de Universidad. Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao  
Almd. Urquijo, s/n 48013 BILBAO  
[oeptdiurp@bi.ehu.es](mailto:oeptdiurp@bi.ehu.es)  
Tfno: 946014246  
Fax: 946014280

Patxi Ruiz de Arbulo López  
Profesor de la facultad de ingeniería (ESIDE) de la Universidad de Deusto  
[parbulo@eside.deusto.es](mailto:parbulo@eside.deusto.es)

*El crecimiento de actividad de las empresas, con sus correspondientes ampliaciones en sus instalaciones productivas, la mayoría de las veces, no va acompañado de un estudio detallado de los movimientos y de la ubicación idónea de los materiales, lo que genera problemas de tráfico de carretillas, disponibilidad de espacio y de logística interna en general.*

*En este sentido esta ponencia trata la necesidad de analizar y racionalizar los flujos de materiales y la distribución en planta de los almacenes y de las unidades de producción con el propósito de mejorar desplazamientos y manipulaciones y optimizar el aprovechamiento del espacio.*

*La metodología utilizada es primero evaluar la situación de partida, a continuación identificar alternativas a los flujos de materiales y a las distribuciones de procesos y espacios para que en una fase final se pueda seleccionar con criterios sistemáticos y en base a "datos y no a opiniones" la propuesta idónea.*

### 1. La ecuación del beneficio.

A lo largo del siglo XX hemos pasado de un mercado dominado por "el vendedor" a un mercado dominado por "el comprador". Hacia 1913 comienzan los preámbulos de un nuevo concepto que revolucionaría los modelos productivos de las siguientes décadas: La Producción en Masa. Por aquel entonces el mundo se encontraba en un período entre guerras, en el que era preciso reponer todas las pérdidas ocasionadas por la Primera Guerra Mundial. Posteriormente vino la Segunda Guerra Mundial. Finalizada la guerra, la reconstrucción de Europa y Japón exigió un sobreesfuerzo productivo a las empresas. Las características de aquel escenario pueden resumir en una sola frase: "Necesidades infinitas, recursos escasísimos". Fue la época de la producción en masa, donde el mercado lo absorbía todo y donde el cliente permitía que la empresa marcara el precio de venta, dada la escasez de productos en el mercado. Como nos podemos imaginar, con estas premisas no importaban mucho los costes de fabricación, puesto que siempre quedaba el recurso fácil de añadir la cantidad de beneficio que la empresa quería obtener.

La ecuación del beneficio era la siguiente:  $\text{PRECIO DE VENTA} = \text{COSTE} + \text{BENEFICIO}$

Pero esta situación fue cambiando a medida que el mercado tenía cubiertas sus necesidades más básicas y comenzó por volverse más y más caprichoso. Los clientes no se conformaban sólo con coches capaces de circular sin averías miles de kilómetros. Además pedían una línea atractiva, un buen equipamiento, etc. Por otra parte el mercado se encontraba saturado de productos por lo que la ley de la oferta y la demanda deja fijado el precio.

En resumen la ecuación del beneficio ha cambiado:  $\text{PRECIO DE VENTA} - \text{COSTE} = \text{BENEFICIO}$

Ahora el precio de venta lo marca el mercado y tal como sean nuestros costes serán nuestros beneficios.

Conclusión: Si una empresa quiere aumentar sus beneficios, al no tener la posibilidad de actuar sobre el precio de venta, la única posibilidad es la reducir sus costes.

## 2. El desperdicio.

Para poder bajar los costes las empresas deben fijarse en aquello que no añade valor o lo que es lo mismo lo que se denomina **desperdicio**. Fujio Cho, de Toyota, define el **desperdicio** como “todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, pieza, espacio y tiempo de trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”. Ya por 1920 a Henry Ford le preocupaba el problema del desperdicio. De lo anterior deducimos que aquello que no añade valor, lo único que está sumando es coste.

Por lo que:  $\text{COSTE} = \text{VALOR} + \text{DESPERDICIO}$

Si volvemos a la ecuación actual de beneficio y sustituimos la anterior expresión nos queda:  $\text{PRECIO VENTA} - (\text{VALOR} + \text{DESPERDICIO}) = \text{BENEFICIO}$

El concepto hasta aquí está claro dado que donde deben actuar las empresas es en reducir el desperdicio. Pero para ello las empresas deben cuestionarse temas como:

- ¿Qué parte de sus actividades son desperdicio? ¿Cuál es su coste?
- ¿Qué porcentaje del desperdicio puede eliminarse?
- ¿Qué están haciendo para reducir el desperdicio?

Por desgracia la mayoría de las empresas no pueden contestar esas preguntas.

## 3. Tipos de desperdicio.

Según Toyota existen 7 tipos de desperdicios (1):

1. Por exceso de producción.
2. Por tiempo de espera.
3. Por transporte.
4. Por procesado.
5. Por existencias.
6. Por movimientos.
7. Por defectos en el producto.

### **3.1 Desperdicio por exceso de producción**

Toyota llegó a la conclusión de que es uno de los peores desperdicios que se dan en las empresas. Consiste en fabricar más artículos de los que necesita el mercado. Suele aparecer cuando el trabajo se hace por anticipado. Cuando ocurre tal cosa se crean más problemas ocultando la causa real de los mismos. Además resulta, a veces difícil de identificar, pues los trabajadores siempre están ocupados.

### **3.2 Desperdicio por tiempo de espera**

Es un tipo de desperdicio que resulta fácil de descubrir y se manifiesta cuando un trabajador permanece parado esperando a que llegue el material o que la máquina acabe de procesar. Pero para ello *tiene* que hacerse salir a la luz, para poder tomar medidas correctoras. Por ejemplo, en vez de ocupar máquinas para producir un exceso de artículos los trabajadores deben permanecer sin hacer nada.

### **3.3 Desperdicio de transporte (se estudia en el apartado siguiente)**

### **3.4 Desperdicio de procesado**

El método de proceso puede constituir una fuente de problemas que provoquen desperdicios. Un mantenimiento inadecuado de las instalaciones puede requerir mayor tiempo de mano de obra en los procesos. De la misma forma unos procedimientos inadecuados provocan desperdicios de este tipo.

### **3.5 Desperdicio por existencias**

Los stocks son un auténtico veneno para los procesos productivos. Aunque son un recurso fácil para librarse de los problemas que afectan a fabricación como enmascarar los tiempos de averías de las máquinas, dado que el stock juega un papel de colchón regulador que permite mantener constante el ritmo de producción, o enmascarar el absentismo dado que si se trabaja con altos niveles de stocks la incidencia del absentismo en el proceso productivo puede pasar desapercibida, lo cierto es que el mantenimiento de los stocks requieren grandes inversiones en almacenes, elementos de transporte y por lo tanto suponen importantes necesidades de recursos financieros y, en general, son fuente de desperdicio encubierto, ya que siempre se encuentran acompañados de burocracia, manipulaciones, etc.

### **3.6 Desperdicio de movimientos**

“Mover” en si mismo no añade valor al producto. Tal como apunta Suzaki, un trabajador puede permanecer ocupado durante tres horas buscando herramientas por toda la fábrica, sin añadir ni un céntimo de valor al producto. Por el contrario, ha incrementado el coste en tres horas de salario, además de tres horas de retraso en la producción.

### **3.7 Desperdicios por defectos en el producto**

Cuando se producen defectos en un puesto de trabajo, supone tiempos de espera en los procesos siguientes, mayores tiempo de producción, mayores costos al producto, etc. Para eliminar este desperdicio, hay que crear un sistema que descubra los defectos.

#### 4. El desperdicio del transporte.

Nos estamos refiriendo por una parte a los costes asociados a los movimientos de materiales, dado que utilizan máquinas y personas para realizar esta actividad y por otra a las dobles y triples manipulaciones de piezas que se han dejado desordenadas y que al poco tiempo hay que cambiar de almacén. Tal como apunta Suzuki a menudo nos sorprende descubrir los kilómetros que tiene que viajar un producto a través de la fábrica antes de convertirse en producto terminado. Para eliminar este desperdicio es preciso estudiar y mejorar el layout de la planta.

#### 5. Atacando el desperdicio del transporte con una layout distinto.

Dentro de las soluciones básicas de layout existen varios modelos básicos, que casi se ajustan a la totalidad de los modelos de distribución de planta.

- De posición fija.
  - De posición móvil.
- Dentro de este segundo grupo tenemos:
- Distribución orientada al proceso.
  - Distribución orientada al producto.

##### 5.1 Distribución por posición fija

Este tipo de distribución consiste en colocar la unidad principal de producto en una posición fija, de manera que hasta ella lleguen todos los flujos de materiales y de trabajadores. Es recomendable utilizar este tipo de distribución cuando el producto es difícil de manipular (fabricación de barcos, maquinaria pesada, etc.).

##### 5.2 Distribución orientada hacia la función o hacia el proceso.

Este tipo de layout agrupa las máquinas similares o que realizan funciones similares en una misma zona (Figura 1). Por ejemplo, todos los tornos en un mismo taller, las fresadoras en otro, etc.

Por este motivo a este tipo de layout se le denomina orientado hacia la función o hacia el proceso.

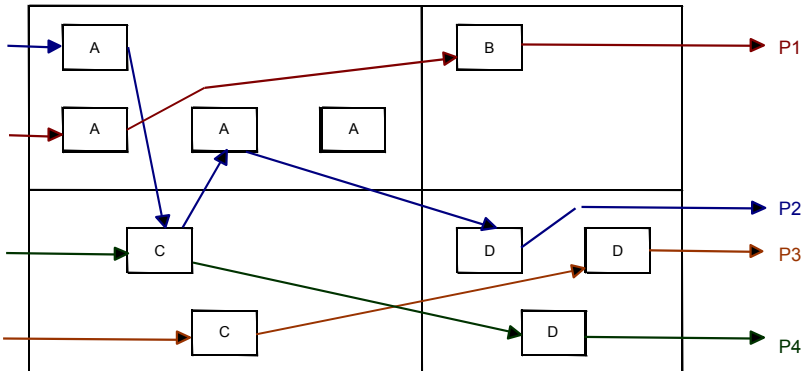


Figura 1

A pesar que este tipo de distribución cuenta con algunas ventajas nos centraremos en los desperdicios que se dan en un diseño como el apuntado.

1. Desperdicio en el transporte. Las piezas se trasladan de una función a la siguiente en su proceso de transformación, que a veces, está muy distante.
2. El punto anterior nos lleva a una acumulación de existencias en curso, dado que como las distancias entre funciones son largas, se suele acumular el suficiente stock para que el transporte sea más económico.
3. Por otra parte el acumular stocks para ahorrar en el transporte, nos lleva a un plazo de fabricación extremadamente largo.
4. En cuanto a los trabajadores, cada uno de ellos está asignado a una función lo que hace que se conviertan en especialistas, no permitiendo la polivalencia.
5. Por otra parte este tipo de distribución hace que los trabajadores se centren en la eficiencia de su función y no en la global de la empresa. Esto provoca que las personas se preocupen más del volumen bruto que puedan fabricar cada día, y no de producir el volumen efectivamente requerido por el proceso siguiente. Esto como sabemos carece de sentido económico.

### 5.3 Distribución orientada al producto

En este tipo de distribución (figura 2) el layout sigue una secuencia física similar a la secuencia del proceso del producto que se fabrica. Un ejemplo claro son las líneas de montaje, donde el producto va desplazándose de puesto en puesto siguiendo la secuencia de transformación de materias primas en productos acabados.

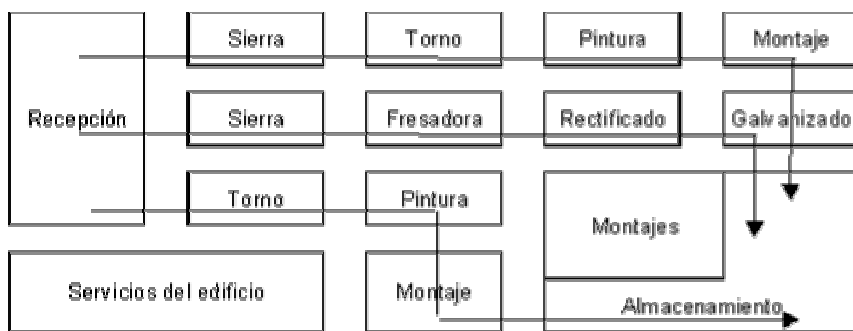


Figura 2

Este tipo de distribución consigue:

1. Reducir el coste de transporte, dado que los procesos están próximos.
2. Esto hace que se reduzcan los stocks en curso, ya que el output de un proceso pasa inmediatamente al siguiente.
3. El plazo de fabricación disminuye.
4. Los trabajadores pueden ser asignados a una línea y no a una función en particular, por lo que será más fácil que dominen varios puestos dentro de un proceso. Esto conseguirá que los empleados amplíen su visión de conjunto, lo que redundará en una mejor coordinación de los procesos de producción.

En cuanto a posibles desventajas podemos apuntar:

1. Que este tipo de distribución encaja mejor en empresas con pocos productos diferentes que tengan un proceso de fabricación similar.
2. Posibles problemas de sincronización dado que hay máquinas de alta capacidad que atienden a distintas líneas de producto. Este problema se suele plantear, cuando existiendo una distribución por funciones se quiere orientar la fábrica a una distribución hacia el producto y el número de máquinas existentes para un determinado proceso son pocas, de gran capacidad y caras, por lo que lo más probable si se opta por una distribución hacia el producto, es que varias familias de productos compartan esas máquinas. Una solución es sustituir las máquinas con gran capacidad por varias máquinas adicionales más pequeñas, pero que puedan utilizarse exclusivamente en una única línea. Esta inversión suele verse compensada por un flujo de producción continuo, rápido y equilibrado.
3. La avería de una máquina puede provocar un paro total del proceso. En cambio en una distribución orientada hacia la función cuando una máquina se avería puede ser sustituida por otras máquinas.
4. En una distribución orientada hacia la función, los trabajadores pueden ser formados con mayor facilidad que una distribución orientada al producto. Tal como apunta Suzuki nuestra capacidad de creatividad y las modernas tecnologías deben posibilitar que todos los operarios puedan aprender con rapidez.

Como conclusión podemos apuntar que son muchas las ventajas para cambiar hacia una layout orientado al producto.

- Reducir/eliminar los traslados innecesarios.
- Reducción de las existencias en curso.
- Eliminación de las dobles o triples manipulaciones.
- Reducción del plazo de producción.

Para terminar con las ventajas del Layout orientado al producto pondremos un ejemplo:

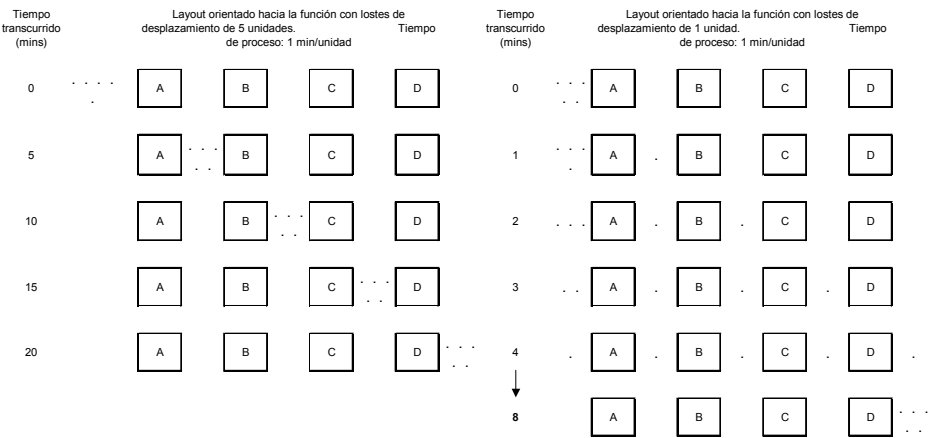


Figura 3

Fuente: Kiyoshi Suzuki, "Competitividad en fabricación". T.G.P. Hospin, S.L. 3ª Edición. 2000

La figura 3 representa cuatro procesos sucesivos A, B, C y D. Suponiendo que cada proceso tarde 1 minuto, con un layout orientado hacia la función se tardarán 5 minutos en acabar un lote de 5 unidades en el proceso A, y otros 5 minutos para los procesos B, C y D. Sin tener en cuenta el tiempo de transporte la realización del lote completo de 5 unidades será de 20 minutos. En el layout orientado hacia el producto, que permite reducir el tamaño de lote a 1 unidad, se tarda 4 minutos en completar los procesos A, B, C y D, y un total de 8 minutos para fabricar un total de cinco unidades (misma cantidad que en el caso anterior). En cuanto al nivel de existencias en curso entre A y D, podemos comprobar que el máximo es de 15 unidades en el layout orientado hacia la función, mientras que en el layout orientado al producto el máximo es de 3. Por otra parte los requisitos de espacio en el layout hacia el producto destinados a almacenes en curso son menores. En resumen, un layout orientado hacia el producto nos sirve para reducir el tiempo de fabricación y así poder satisfacer rápidamente las necesidades del cliente, disminuir el desperdicio de stocks y como consecuencia espacio para almacenes, reducir el desperdicio del transporte y la doble o triple manipulación de las existencias en curso, además de otros aspectos como la detección rápida de defectos, etc.

## 6. Metodología para realizar un estudio de layout.

La metodología expuesta en este texto se basa en la optimización del transporte, para lo cual tendremos en cuenta todos los movimientos, desde la materia prima hasta el producto terminado, las distancias recorridas en cada movimiento, las dificultades propias del elemento a transportar y la dificultad propia del medio de transporte utilizado.

### 6.1 Datos de partida

El primer paso para mejorar el layout de la planta es delimitar la zona objeto de estudio que puede ser toda la planta o una sección de la misma, identificando todos los almacenes de la zona objeto de estudio, las máquinas de proceso, las zonas de mantenimiento y cualquier otra zona que consideremos importante para nuestro estudio. En adelante utilizaremos la palabra sección para referirnos a la zona de estudio. Para manejar de forma rápida y sencilla toda la información anterior utilizaremos un plano de la Sección o Planta con el Layout actual, en el que identificaremos los almacenes, las máquinas, las zonas de mantenimiento, etc. El siguiente paso es identificar todas las familias de productos que se fabrican en la Sección atendiendo a su proceso de producción. Al igual que antes, para no “ahogarnos” con tantos datos, organizaremos la información anterior en una tabla de doble entrada similar a la que aparece en la figura 4.

Familias de productos	Procesos						
	Almacén	Máquina 1	Máquina 2	Almacén en curso	Máquina 3	Inspección	Almacén Terminados
Familia 1							
Familia 2							
Familia 3							
Familia n							

Figura 4

### 6.3 Diagrama P-Q

A continuación con las familias de artículos y con las previsiones de ventas anuales de cada una de ellas elaboramos el Diagrama P-Q (producto-cantidad).

Familia	Unidades	%	% acumulado
Familia 1	4000000	35,4	35,4
Familia 2	3000000	26,5	61,9
Familia 3	2000000	17,7	79,6
Familia 4	1000000	8,8	88,5
Familia 5	500000	4,4	92,9
Familia 6	400000	3,5	96,5
Familia 7	300000	2,7	99,1
Familia 8	100000	0,9	100,0

DIAGRAMA P-Q

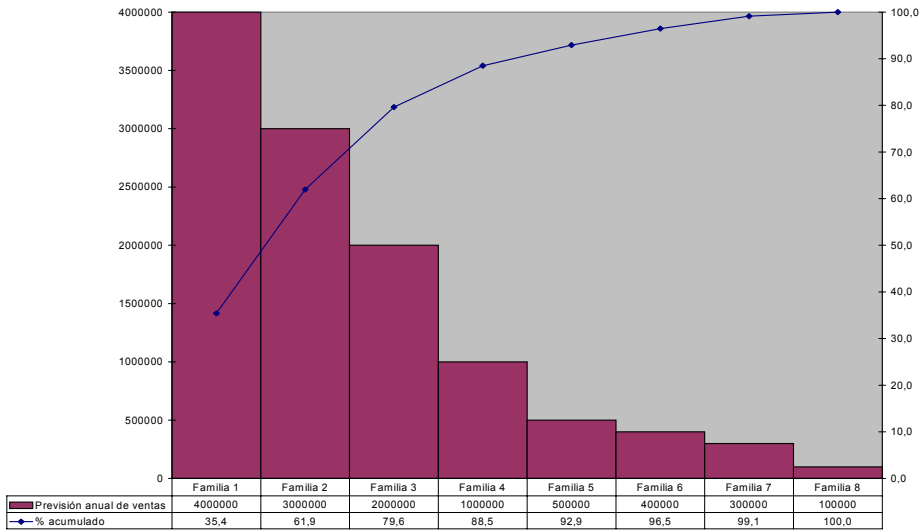


Figura 5

El Diagrama P-Q sirve para priorizar y seleccionar las familias que vamos a estudiar en el análisis del flujo de materiales, siguiendo el principio de Pareto (80/20). Este principio nos dice que estudiando el 20% de los factores podremos conocer el 80% de las consecuencias. En nuestro caso 3 familias son el 79,6% del transporte objeto de estudio. En aquellos casos en los que se utilicen distintos contenedores para realizar los movimientos de materiales, deberemos convertir las unidades totales en unidades por contenedor y de este modo poder realizar la priorización en base a los viajes que suponen la cantidad de unidades a fabricar. Para ello, realizaremos el diagrama P-Q en base al número de viajes que supone cada una de las familias de producto existente.



## 6.4 Diagrama de flujo geográfico de la situación a actual

Este diagrama consiste en una representación de los flujos de cada una de las familias objeto de estudio sobre un plano donde se recoja el layout actual. Con esta herramienta podremos apreciar de un modo visual cuales son aquellas vías de la planta que se encuentran con mayor densidad de tráfico, al observar la confluencia de las rutas de las distintas familias de productos.

## 6.5 Evaluación Situación actual

Este apartado sirve para cuantificar el transporte actual. A primera vista puede parecer que las unidades a transportar son el único factor determinante, y siguiendo este criterio, el layout debería ir encaminado a minimizar el producto: (unidades a transportar x distancia). Sin embargo un análisis más detallado indica que hay más factores a considerar en el concepto intensidad de transporte, como pueden ser los medios de transporte, la forma o el volumen del elemento a transportar, etc.

Con objeto de ponderar el transporte en su justa medida en cada uno de sus tramos, establecemos coeficientes de dificultad para los medios de transporte y para el tipo de material que se manipula. Estos coeficientes se establecen “ad-hoc” en función de la situación particular de cada planta y permanecen constantes al comparar la situación actual con las alternativas que se planteen.

Medio de transporte	Coefficiente de dificultad
Medio transporte 1	1
Medio transporte 2	3
Medio transporte 3	2
Medio transporte n	5

Material	Coefficiente de dificultad
Material 1	1
Material 2	1
Material 3	3
Material n	2

Figura 6

Con la información obtenida en los apartados anteriores estamos en condiciones de poder cuantificar el transporte que existe actualmente en la sección que estamos estudiando. Para ello construiremos una tabla de valoración del transporte para cada familia de productos estudiados.

### Familia 1

Recorrido	Unidades transportadas (A)	Distancia (B)	Coefficiente dificultad material (C)	Coefficiente dificultad medio de transporte (D)	Total unidades de transporte (A * B * C * D)
De A a B	200	3	2	3	3600
De B a C	300	2	1	4	2400
De C a D	500	2	4	4	16000
<b>Total</b>					<b>22000</b>

### Familia n

Recorrido	Unidades transportadas (A)	Distancia (B)	Coefficiente dificultad material (C)	Coefficiente dificultad medio de transporte (D)	Total unidades de transporte (A * B * C * D)
De A a B	100	5	2	3	3000
De B a C	300	4	1	4	4800
De C a D	590	1	4	4	9440
<b>Total</b>					<b>17240</b>

Figura 7

Hasta aquí hemos obtenido la valoración cuantitativa del desperdicio del **transporte** para cada una de las familias seleccionadas en el Diagrama P-Q. A continuación realizaremos una valoración cualitativa basada en la identificación de los Puntos Fuertes y Puntos Débiles de la situación actual. Con el análisis cuantitativo y cualitativo ya estamos en disposición de realizar la búsqueda de alternativas.

## 6.6 Búsqueda de alternativas

En estos momentos, ya estamos en condiciones para proponer alternativas que optimicen al máximo el transporte o lo que es lo mismo que reduzcan este tipo de fenómeno que no añade valor. Para llevar a cabo este proceso utilizaremos:

- Un plano en blanco a escala de la sección.
- Plantillas de las máquinas a la misma escala que el plano en blanco. En estas plantillas tendremos en cuenta el espacio correspondiente a las zonas de carga y descarga de las máquinas, accesos para el mantenimiento de los equipos, etc.

Lo primero que dibujaremos en el plano en blanco son aquellos elementos que no se pueden mover de su sitio, lo que en la terminología se denominan “monumentos”. Es decir, todas aquellas limitaciones que restringen la fase creativa de búsqueda de alternativas. A continuación empezaremos a plantear diferentes propuestas de layout elaborando para cada una de ellas su tabla de valoración del transporte correspondiente así como sus puntos fuertes y débiles. En este punto resulta imprescindible considerar las perspectivas de futuro que tiene la empresa: incorporación de nuevos productos, crecimiento de familias, etc. Como resumen elaboraremos un cuadro con todas las alternativas estudiadas, incluyendo el ahorro en transporte respecto a la situación actual por cada una de ellas. Con esta información y un presupuesto provisional de ejecución de obra, se realizará la selección de aquella opción que mejor se adecue a las necesidades de la empresa. Tras la selección se elaborará un presupuesto detallado y el plan de migración de máquinas necesario donde se hará especial atención a los plazos de ejecución de los movimientos necesarios. Como punto final se recogerá el layout de la alternativa seleccionada.

### Bibliografía:

Metodología para el análisis del flujo de materiales de Bekaert Consulting

Alonso García, Angel: *Conceptos de organización industrial*. (Colección Productiva. Marcombo Boixareu Editores. 1998).

Fernández Sánchez, Esteban y Vázquez Ordás, Camilo: *Dirección de la Producción. Tomo II*. (Editorial Civitas. 1994)

Suzaki, Kiyoshi: *Competitividad en fabricación. Técnicas para la mejora continua*. (TGP 2000).