

Tema 4

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos

Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C.

Curso 04 / 05

TEMA 4.....	1
1 LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	3
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	6
1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	7
1.4 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	12
1.5 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE SERVICIOS.....	26
1.6 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE ALMACENES.....	29

1 LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Hasta este punto, siguiendo el proceso de diseño del subsistema productivo, se han adoptado diversas decisiones sobre el diseño del producto y el diseño del procesos. En este capítulo se aborda la problemática de la distribución en planta. Esto puede aplicarse a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no, extendiéndose su utilidad tanto a procesos industriales como de servicios (por ejemplo: fábricas, talleres, grandes almacenes, hospitales, restaurantes, oficinas, etc.).

Es importante resaltar que el objeto de estudio de este capítulo no es sólo la distribución en planta sino también la redistribución, situación en la que más comúnmente se encuentra una empresa.

Así pues, para llevar a cabo una adecuada distribución en planta ha de tenerse presente cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que aquella habrá de apoyar, así como los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos (por ejemplo: necesidad de espacio/economía en centros comerciales, accesibilidad/privacidad en áreas de oficinas).

1.1 INTRODUCCIÓN.

La planificación de la distribución en planta incluye decisiones acerca de la disposición física de los centros de actividad económica dentro de una instalación. Un centro de actividad económica es cualquier entidad que ocupe espacio: una persona o grupo de personas, la ventanilla de un cajero, una máquina, un banco de trabajo o una estación de trabajo, un departamento, una escalera o un pasillo, etc. El objetivo de la planificación de la distribución en planta consiste en permitir que los empleados y el equipo trabajen con mayor eficacia. Antes de tomar decisiones sobre la distribución en planta es conveniente responder a cuatro preguntas:

- *¿Qué centros deberán incluirse en la distribución?* Los centros deberán reflejar las decisiones del proceso y maximizar la productividad. Por ejemplo, un área central de almacenamiento de

herramientas es más eficaz para ciertos procesos, pero guardar las herramientas en cada una de las estaciones de trabajo resulta más sensato para otros procesos.

- *¿Cuánto espacio y capacidad necesita cada centro?* Cuando el espacio es insuficiente, es posible que se reduzca la productividad, se prive a los empleados de un espacio propio e incluso se generen riesgos para la salud y seguridad. Sin embargo, el espacio excesivo es dispendioso, puede reducir la productividad y provoca un aislamiento innecesario de los empleados.
- *¿Cómo se debe configurar el espacio de cada centro?* La cantidad de espacio, su forma y los elementos que integran un centro de trabajo están relacionados entre sí. Por ejemplo, la colocación de un escritorio y una silla en relación con otros muebles está determinada tanto por el tamaño y la forma de la oficina, como por las actividades que en ella se desarrollan. La meta de proveer un ambiente agradable se debe considerar también como parte de las decisiones sobre la configuración de la distribución, sobre todo en establecimientos de comercio al detalle y en oficinas.
- *¿Dónde debe localizarse cada centro?* La localización puede afectar notablemente la productividad. Por ejemplo, los empleados que deben interactuar con frecuencia unos con otros en forma personal, deben trabajar en una ubicación central, y no en lugares separados y distantes, pues de ese modo se reduce la pérdida de tiempo que implicaría el hecho de obligarlos a desplazarse de un lado a otro.

El proceso empieza manejando unidades agregadas o departamentos, y haciendo, posteriormente, la distribución interna de cada uno de ellos. A medida que se incrementa el grado de detalle se facilita la detección de inconvenientes que no

fueron percibidos con anterioridad, de forma que la concepción primitiva puede variarse a través de un mecanismo de realimentación.

Por lo general, la mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida; sin embargo, a medida que la organización crece y/o ha de adaptarse a los cambios internos y externos, la distribución inicial se vuelve menos adecuada, hasta llegar el momento en el que la redistribución se hace necesaria. Los motivos que justifican esta última se deben, con frecuencia, a tres tipos básicos de cambios:

- En el volumen de producción, que puede requerir un mayor aprovechamiento del espacio.
- En la tecnología y en los procesos, que pueden motivar un cambio en recorridos de materiales y hombres, así como en la disposición relativa a equipos e instalaciones.
- En el producto, que puede hacer necesarias modificaciones similares a las requeridas por un cambio en la tecnología.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso en este sentido. En ocasiones, esto se hace periódicamente, aunque se limite a la realización de ajustes menores en la distribución instalada (por ejemplo, los cambios de modelo en la Fabricación de automóviles); otras veces, las redistribuciones son continuas, pues están previstas como situación normal y se llevan a cabo casi ininterrumpidamente; pero también se da el caso en el que las redistribuciones no tienen una periodicidad concreta, surgiendo, bien por alguna de las razones expuestas anteriormente, bien porque la existente se considera una mala distribución.

Algunos de los síntomas que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a la redistribución de una planta productiva son:

- Congestión y deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de materiales en proceso.

- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra. Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

Al abordar el problema de la ordenación de los diversos equipos, materiales y personal, se aprecia cómo la distribución en planta, lejos de ser una ciencia, es más bien un arte en el que la pericia y experiencia juegan un papel fundamental. Todas las técnicas son muy simples, puesto que su única utilidad es servir de soporte al verdadero ejecutor que es el ingeniero que desarrolla la distribución.

Es conveniente sin embargo conocer las técnicas pues ayudan a tener una base de argumentación y defensa de nuestra decisión.

1.2 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Se procurará encontrar aquella ordenación de los equipos y de las áreas de trabajo que sea más económica y eficiente, al mismo tiempo que segura y satisfactoria para el personal que ha de realizar el trabajo. De forma más detallada, se podría decir que este objetivo general se alcanza a través de la consecución de hechos como:

- Disminución de la congestión.
- Supresión de áreas ocupadas innecesariamente.
- Reducción del trabajo administrativo e indirecto.
- Mejora de la supervisión y el control.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.
- Mayor y mejor utilización de la mano de obra, la maquinaria y los servicios.
- Reducción de las mantenencias y del material en proceso.

- Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de la moral y la satisfacción del personal.
- Disminución de los retrasos y del tiempo de fabricación e incremento de la producción.

Es evidente que, aunque los factores enumerados puedan ser ventajas concretas a conseguir, no todas podrán ser alcanzadas al mismo tiempo y, en la mayoría de los casos, la mejor solución será un equilibrio en la consecución de los mismos. En cualquier caso, los objetivos básicos que ha de conseguir una buena distribución en planta son:

- Unidad. Al perseguir el objetivo de unidad se pretende que no haya sensación de pertenecer a unidades distintas ligada exclusivamente a la distribución en planta.
- Circulación mínima. El movimiento de productos, personas o información se debe minimizar.
- Seguridad. La Seguridad en el movimiento y el trabajo de personas y materiales es una exigencia en cualquier diseño de distribución en planta.
- Flexibilidad. Se alude a la flexibilidad en el diseño de la distribución en planta como la necesidad de diseñar atendiendo a los cambios que ocurrirán en el corto y medio plazo en volumen y en proceso de producción.

1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

De lo citado hasta ahora puede deducirse fácilmente que al realizar una buena distribución, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los

mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada, los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución pueden encuadrarse en ocho grupos que comentamos a continuación.

1.3.1 Los materiales

Dado que el objetivo fundamental del Subsistema de Operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquéllos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. A este respecto, son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento. La bondad de una distribución en planta dependerá en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja.

Por último, habrán de tenerse en cuenta la secuencia y orden en el que se han de efectuar las operaciones, puesto que esto dictará la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros, debiéndose prestar también especial atención, como ya se ha apuntado, a la variedad y cantidad de los ítems a producir.

1.3.2 La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información de los procesos a emplear, de la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que éstos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar. El estudio y mejora de métodos queda tan estrechamente ligado a la distribución en

planta que, en ocasiones, es difícil discernir cuáles de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a ésta y cuáles a la mejora del método de trabajo ligada a la misma (incluso hay veces en que la mejora en el método se limitará a una reordenación o redistribución de los elementos implicados).

En lo que se refiere a la maquinaria, se habrá de considerar su tipología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos y utillaje. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, necesidad de servicios auxiliares, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

1.3.3 La mano de obra

También la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, etc. De igual forma habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar. De nuevo surge aquí la estrecha relación del tema que nos ocupa con el diseño del trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajo.

1.3.4 El movimiento

En relación con este factor, hay que tener presente que las mantenciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de manejos innecesarios y antieconómicos.

1.3.5 Las esperas

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la circulación de los materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. Ahora bien, el material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios necesarios para los materiales en espera.

1.3.6 Los servicios auxiliares

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos, podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y *distribución* de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

Con gran frecuencia, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello, es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos que suponen queden minimizados.

1.3.7 El edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características (por ejemplo: número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corriente, etc.) se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción.

1.3.8 Los cambios

Como ya comentamos anteriormente, uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad. Es, por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso.

Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo.

Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales, almacenamiento,

movimiento y esperas, servicios y material, mano de obra maquinaria y edificio, existiendo otros muchos ejemplos que muestran que en muchas ocasiones, deberán tenerse presentes a la vez más de uno de los estudiados. Lo importante es que no se obvie ninguno, dándole a cada uno su importancia relativa dentro del conjunto y buscando que en la solución final se consigan las máximas ventajas del conjunto.

1.4 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Es evidente que la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta. No es extraño, pues, que sea dicho criterio el que tradicionalmente se sigue para la clasificación de las distintas distribuciones en planta, siendo éste el que adoptaremos en la presente obra. De acuerdo con ello, y en función de las configuraciones estudiadas anteriormente suelen identificarse tres formas básicas de distribución en planta: las **orientadas al producto** y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las **orientadas al proceso** y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones **por posición fija**, correspondientes a las configuraciones por proyecto.

1.4.1 Distribución en planta por producto

1.4.1.1 Características de la distribución en planta por producto

La distribución en planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. En el primer caso (por ejemplo: refinerías, celulosas, centrales eléctricas, etc.), la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución y las especificaciones de los equipos. En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas (por ejemplo: electrodomésticos, vehículos de tracción mecánica, cadenas de lavado de vehículos, etc.), el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de

la línea, con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado.

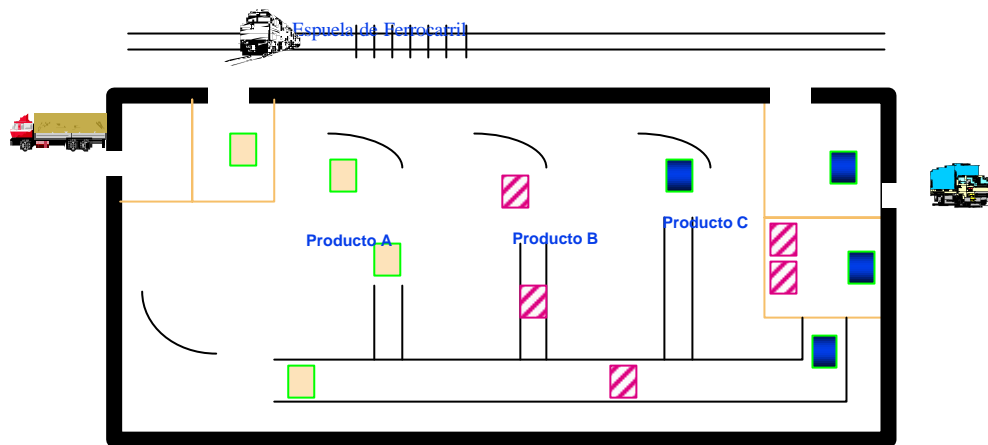


Figura 1. Esquema de distribución por producto

Si consideramos en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es una operación relativamente sencilla, en cuanto que se circunscribirá a colocar una máquina tan cerca como sea posible de su predecesora. Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea, en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra, a medida que sufre las operaciones necesarias. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas, dependiendo de cuál se adapte mejor a cada situación concreta.

Las ventajas más importantes que se pueden citar de la distribución en planta por producto son:

- Manejo de materiales reducido
- Escasa existencia de trabajos en curso
- Mínimos tiempos de fabricación

- Simplificación de los sistemas de planificación y control de la producción
- Simplificación de tareas.

En cuanto a inconvenientes, se pueden citar:

- Ausencia de flexibilidad en el proceso (un simple cambio en el producto puede requerir cambios importantes en las instalaciones)
- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación
- Inversión muy elevada
- Todos dependen de todos (la parada de alguna máquina o la falta de personal de en alguna de las estaciones de trabajo puede parar la cadena completa)
- Trabajos muy monótonos.

1.4.2 Distribución en Planta por proceso

La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas, los distintos ítems tienen que moverse, de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá, por regla general, diversas secuencias de operaciones, lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres. A esta dificultad hay que añadir la generada por las variaciones de la producción a lo largo del tiempo que pueden suponer modificaciones (incluso de una semana a otra) tanto en las cantidades fabricadas como en los propios productos elaborados. Esto hace indispensable la adopción de distribuciones flexibles, con especial hincapié en la flexibilidad de los

equipos utilizados para el transporte y manejo de materiales de unas áreas de trabajo a otras.

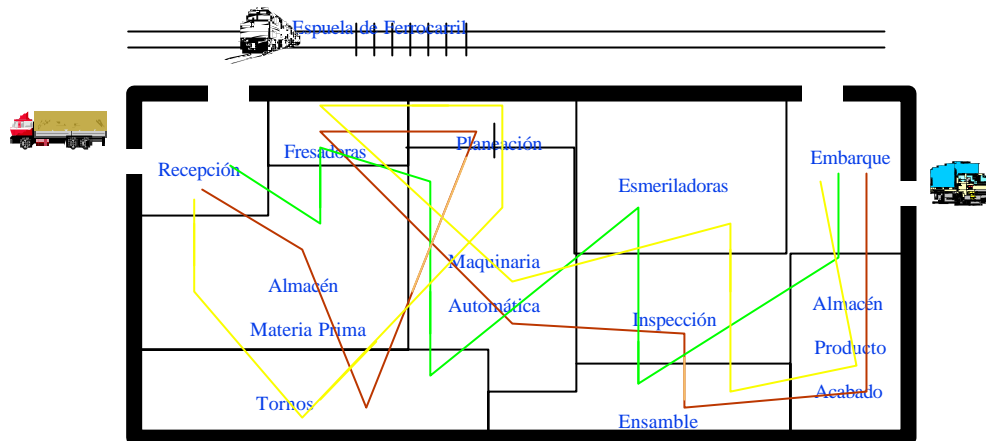


Figura 2. Esquema de distribución en planta por proceso

Tradicionalmente, estas características han traído como consecuencia uno de los grandes inconvenientes de estas distribuciones, el cual es la baja eficiencia de las operaciones y del transporte de los materiales, al menos en términos relativos respecto de las distribuciones en planta por producto. Sin embargo, el desarrollo tecnológico está facilitando vencer dicha desventaja, permitiendo a las empresas mantener una variedad de productos con una eficiencia adecuada. Las principales ventajas e inconvenientes fueron introducidas en clase.

1.4.2.1 Análisis de la distribución por proceso

La decisión clave a tomar en este caso será la disposición relativa de los diversos talleres. Para adoptar dicha decisión se seguirá fundamentalmente la satisfacción de criterios tales como disminuir las distancias a recorrer y el coste del manejo de materiales (o, en el caso de los servicios, disminuir los recorridos de los clientes),

procurando así aumentar la eficiencia de las operaciones. Así, la superficie y forma de la planta del edificio, la seguridad e higiene en el trabajo, los límites de carga, la localización fija de determinados elementos, etc., limitarán y probablemente modificarán las soluciones obtenidas en una primera aproximación.

Si existiese un flujo de materiales claramente dominante sobre el resto la distribución de los talleres podría asemejarse a la disposición de los equipos en una línea de producción. Sin embargo, esto no es lo habitual, teniendo que recurrir a algún criterio que determine dicha ordenación. El factor que con mayor frecuencia se analiza, aunque raramente será el único por las razones ya expuestas, es el coste de la manipulación y transporte de materiales entre los distintos centros de trabajo. Lógicamente, éste dependerá del movimiento de materiales, pero también de la necesidad que tenga el personal de realizar esos recorridos por motivos de supervisión, inspección, trabajo directo o simple comunicación. Dado que para un producto determinado los costes mencionados aumentan con las distancias a recorrer, la distribución relativa de los departamentos influirá en dicho coste.

En algunas ocasiones no es posible obtener de forma fiable la información cuantitativa referida al tráfico de materiales entre departamentos o, simplemente, no es éste el factor más importante a considerar, siendo los factores cualitativos los que cuentan con verdadera relevancia a la hora de tomar la decisión.

El proceso de análisis se compone, en general, de tres fases: recogida de información, desarrollo de un plan de bloque y diseño detallado de la distribución.

1.4.2.1.1 Recogida de información

En primer lugar, es necesario conocer los requerimientos de espacio de cada área de trabajo. Esto requiere un cálculo previo que comienza con las previsiones de demanda, las cuales se irán traduciendo sucesivamente en un plan de producción, en una estimación de las horas de trabajo necesarias para producir dicho plan y, por consiguiente, en el número de trabajadores y máquinas necesario por áreas de trabajo. En este cálculo habrán de considerarse las fluctuaciones propias de la demanda y la producción a las que antes hicimos referencia.

Las máquinas y puestos de trabajo necesitan un cierto espacio físico, denominado **superficie estática, S_e** ; junto a él hay que reservar otro, denominado **superficie de gravitación, S_g** , para que los operarios desarrollen su trabajo y los materiales y herramientas puedan ser situados. Además, hay que añadir la **superficie de evolución, S_v** , espacio suficiente para permitir los recorridos de materiales y operarios. De acuerdo con ello, una de las formas más comunes de calcular la superficie total necesaria, S_T , de un departamento o sección es a través de la suma de los tres componentes citados:

$$S_T = S_e + S_g + S_v.$$

Los dos últimos elementos se calculan respectivamente como: $S_g = S_e * n$ y $S_v = (S_e + S_g)k$, donde n es el número de lados accesibles de las máquinas al trabajo y k un coeficiente que varía entre 0,05 y 3, según el tipo de industria.

En cuanto al espacio disponible, en principio bastará con conocer cuál es la superficie total de la planta para, en una primera aproximación, cuadrificarla y estimar la disponibilidad para cada sección. Sin embargo, a la hora de realizar la distribución detallada se necesitará dar formas más exactas y ajustadas a la realidad, considerando aquellos elementos fijos que limitan y perfilan la distribución.

Cuando el objetivo fundamental de la distribución en planta sea la reducción del coste por manejo de materiales, el problema podrá plantearse, en la mayoría de las ocasiones, en términos cuantitativos. Para ello, será indispensable conocer el flujo de materiales entre departamentos, las distancias entre los mismos y la forma en la que los materiales son transportados.

La información proporcionada por datos históricos existentes, por las hojas de ruta y/o por los programas de producción permitirá construir una Matriz de Intensidades de Tráfico, cuyos elementos representan el número de manipulaciones entre departamentos por período de tiempo. Por su parte, las distancias entre las diversas áreas en las que se dividirá la planta y en las que podrían localizarse los distintos talleres quedarán recogidas en la Matriz de Distancias. Por lo que respecta al coste del transporte del material, éste dependerá directamente del equipo utilizado

para ello; dicho coste quedará plasmado en la denominada Matriz de Costes. Las diagonales de estas tres matrices tendrán todos sus elementos nulos, dado que representarían el transporte de materiales de cada departamento consigo mismo.

Como ya comentábamos, puede que, en ocasiones, esta información cuantitativa no esté disponible, o bien que la importancia de la cercanía o lejanía entre departamentos venga marcada por factores de naturaleza. En otros casos, lo aconsejable es que determinadas áreas se sitúen cercanas entre sí (por ejemplo: puede ser conveniente que la sala de rayos X de un hospital se sitúe cerca de traumatología). Toda esta información cualitativa sobre prioridades de cercanía puede explicitarse mediante algún instrumento, tal como el cuadro o gráfico de interrelaciones, que veremos con el método SLP.

Por último, se recogerá cualquier otra información que se considere relevante y que pueda influir en algún aspecto de la distribución.

1.4.2.1.2 Desarrollo de un plan de bloque

Una vez determinado el tamaño de las secciones habrá que proceder a su ordenación dentro de la estructura existente o a determinar la forma deseada que dará lugar a la construcción de la planta que haya de englobarlas. Esta fase de la distribución presenta un número extremadamente elevado de posibles soluciones de forma que, en la inmensa mayoría de las ocasiones, se llega a la determinación de una buena solución que alcance los objetivos fijados y cumpla en lo posible las máximas restricciones impuestas, pero sin llegar a determinarse la solución.

1.4.2.1.3 Criterios cuantitativos: El coste del transporte.

Con la información recogida en las tres matrices descritas en el apartado anterior, se trata de minimizar el coste de desplazamiento de materiales entre secciones. Para una distribución dada, el coste total del transporte sería:

$$CTT = \sum \sum t_{ij} d_{ij} c_{ij}$$

donde t_{ij} es el número de mantenimientos que salen de la actividad i hacia la actividad j , d_{ij} es la distancia existente desde la actividad i a la actividad j , y c_{ij} es el coste por unidad de distancia y manutención de la actividad i a la actividad j .

De las variables mencionadas, la única que depende de la localización relativa de los departamentos es d_{ij} , por lo que, lógicamente, el problema a resolver será determinar aquella distribución o combinación particular de d_{ij} que minimice CTT. La resolución se complica extraordinariamente, debido al elevado número de posibles combinaciones existentes, el cual implica que, en general, el número de casos posibles cuando existen n secciones sea n factorial (p.e. un proceso con 10 secciones contaría en principio con 3.628.000 alternativas). Aunque para problemas pequeños podría obtenerse la solución óptima si se analizaran todas las combinaciones existentes, para los casos más comunes esto suele ser imposible incluso con la ayuda del ordenador. Para superar dicho inconveniente se recurre a la resolución mediante algoritmos heurísticos que, al menos, proporcionan soluciones satisfactorias.



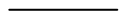
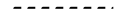

El denominado **algoritmo básico de transposición** parte de una distribución arbitraria a la cual se denomina permutación base. Se calcula el coste por transporte que esta supone y, a continuación, se generan todas las permutaciones posibles entre las actividades, intercambiando dos a dos las de la permutación base (el número de permutaciones obtenidas de esta forma será $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$). Acto

seguido, se calcula el coste de cada una de las permutaciones generadas, de forma que, si se obtiene alguno inferior al de la base, la distribución correspondiente será adoptada en lugar de aquélla, volviéndose a aplicar sobre la misma el proceso descrito. Este proceso iterativo será repetido hasta que en alguna de las iteraciones no aparezca ninguna distribución con coste inferior, en cuyo caso, la distribución de menor coste hasta ese momento será considerada como la mejor solución.

Sin embargo, hay que ser conscientes de que la solución obtenida puede ser la más satisfactoria en base al criterio de minimizar el coste del transporte, pero que, en la práctica, ésta puede ser inviable por determinadas restricciones y circunstancias que deben ser consideradas, pudiendo ser necesario un reajuste de la solución encontrada. Una vez tenida en cuenta dicha información, se procederá a dar forma a los distintos departamentos a partir de sus necesidades y limitaciones de espacio.

1.4.2.1.4 Criterios cualitativos: las prioridades de cercanía

Por las razones apuntadas en el apartado 1.4.2.1.1 puede ocurrir que la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos. En dichos casos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (Systematic Layout Planning). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (Importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas
A	Absolutamente	
E	Especialmente	
I	Importante	
O	Importancia	
U	Indiferente	
X	Indeseable	

Código	Razón
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

Dichas especificaciones se recogen en un cuadro o **gráfico de interrelaciones** que muestra, además, las razones que motivan el grado de preferencia expresado.

Sección	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
S ₁		X 3	U	E 1	U	O 1
S ₂			A 2	U	X 3	I 4,7
S ₃				U	U	U
S ₄					U	A 1
S ₅						A 4
S ₆						

El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan.

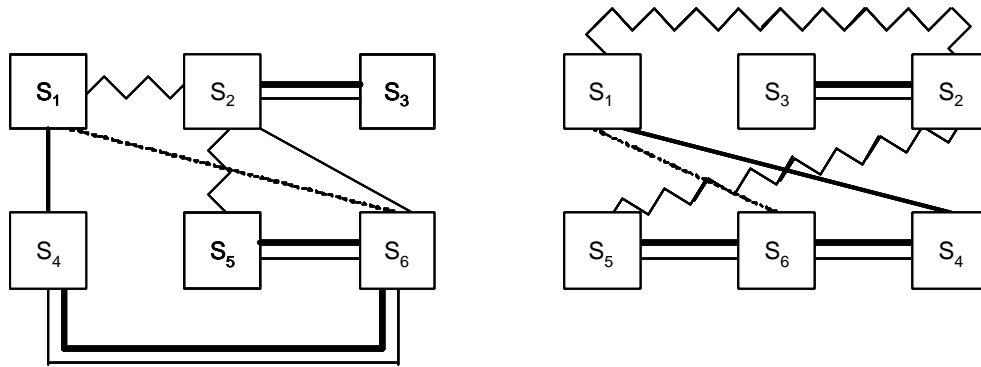
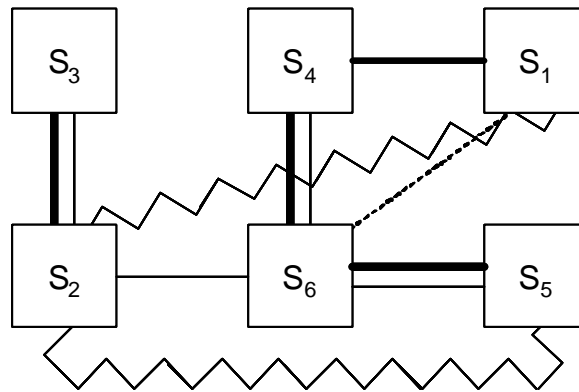


Diagrama inicial

Primera iteración

A continuación, este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos A juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y, finalmente, los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria.



Segunda iteración
(puede ser la óptima)

Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

1.4.2.2 Distribución detallada

Por último, hay que realizar la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, obteniéndose una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos. Dicha ordenación puede enfocarse como un problema de distribución en planta en miniatura, pudiéndose utilizar los métodos contemplados para la distribución interdepartamental. Ahora bien, a este nivel de detalle no cabe duda de que las técnicas más útiles y difundidas siguen siendo los dibujos, los modelos a escala y las maquetas. En la obtención de esta distribución pueden surgir determinados contratiempos (por ejemplo: escaleras, montacargas, columnas, resistencia de suelos, altura de techos, etc.) no considerados en etapas previas, que pueden hacer necesaria la revisión de la solución obtenida en la etapa anterior.

1.4.3 Las células de trabajo: definición, características y nivel de implantación

Aunque, en la práctica, el término célula se utiliza para denominar diversas y distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia(s) de ítems.

La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, sin embargo, el fenómeno no lo es en absoluto. En esencia, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando outputs con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia.

En ocasiones, estos outputs serán productos o servicios finales; otras veces serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble para facilitar la inmediata incorporación del componente en el momento y lugar en que se necesita.

Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen células reales en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho. En este caso, además de la necesaria identificación de las familias de productos y agrupación de equipos, deberá abordarse la distribución interna de las células, que podrá hacerse a su vez por producto, por proceso o como mezcla de ambas, aunque lo habitual será que se establezca de la primera forma. No obstante, en ocasiones, se crean las denominadas células nominales o virtuales, identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de outputs, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquéllos dentro de una célula. En este segundo caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de familias y equipos. Junto a los conceptos anteriores está el de las células residuales, a las que haremos referencia más adelante. A éstas hay que recurrir cuando existe algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia o cuando alguna maquinaria especializada no puede incluirse en ninguna célula debido a su uso general.

Las ventajas van a verse reflejadas en un menor coste de producción y en una mejora en los tiempos de suministro y en el servicio al cliente. Incluso podrían conseguirse mejoras en la calidad, aunque ello necesitará de otras actuaciones aparte del cambio en la distribución.

La aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la formación de las familias de ítems y células asociadas a las mismas, aspecto fundamental en el estudio de la distribución en planta celular, supone seguir tres pasos básicos.

- Seleccionar las familias de productos

- Determinar las células
- Detallar la ordenación de las células

Los dos primeros pasos pueden realizarse por separado, pero es frecuente abordarlos simultáneamente. En relación con la agrupación de productos para su fabricación conjunta en una misma célula, habrá que determinar primero cuál será la condición determinante que permita tal agrupación. A veces ésta resulta obvia al observar sus similitudes de fabricación, otras veces no lo es tanto y hay que ver si conviene realizarla en función de la similitud en la forma, en el tamaño, en los materiales que incorporan, en las condiciones medioambientales requeridas, etc. Una vez determinadas las familias de productos, la formación de una célula para cada familia puede ser la mejor solución, aunque ello no sea siempre cierto (a veces es incluso una solución imposible). Son muchas las ocasiones en las que es difícil definir las células sobre la base de idénticos requerimientos en el proceso de producción de las familias de ítems. Las cuatro aproximaciones utilizadas generalmente para identificar familias y células son las siguientes:

- Clasificación y codificación de todos los ítems y comparación de los mismos entre sí para determinar las familias. Posteriormente, habrá que identificar las células y equipos que han de producirlas.
- Formación de las células por agrupación de máquinas, utilizando el análisis cluster o la teoría de grafos. En este caso, aún habrá que solucionar la formación de las familias.
- Formación de familias por similitud de rutas de fabricación. De nuevo, queda pendiente la identificación de las células.
- Identificación simultánea de familias y células fundamentada en la similitud entre productos en función de sus necesidades de equipos/máquinas (o viceversa).

Puede aceptarse que un componente no utilice todas las máquinas del bloque en el que ha quedado englobado, así como que una máquina no procese todos los componentes de su grupo. Sin embargo, hay que evitar en la medida de lo posible

que algún componente o máquina interactúe, respectivamente, con una máquina o componente fuera de la célula correspondiente (ello implicaría que en la matriz, una vez reordenada, quedase algún uno fuera de algún bloque). Cuando no es posible evitar tal situación habrá que recurrir, bien a la duplicación del equipo (si ello es factible), bien a la necesidad de tener que procesar el componente en cuestión en más de una célula para su acabado. En ocasiones extremas, será necesaria la instalación de alguna célula residual que fabrique algún componente imposible de encajar en la distribución resultante o que recoja algún equipo de uso general pero que no puede ser duplicado.

En general, las líneas a seguir para reordenar la matriz son las siguientes:

- Las máquinas incompatibles deberían quedar en células separadas.
- Cada componente debería ser producido en una sola célula.
- Cada tipo de máquina debería estar situada en una sola célula.
- Las inversiones por duplicación de maquinaria deberían ser minimizadas.
- Las células deberían limitarse a un tamaño razonable.

1.5 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE SERVICIOS

Hasta este momento, junto con las empresas de fabricación, también se ha hecho referencia a las de servicios. La mayoría de los conceptos y técnicas expuestas en el presente capítulo pueden aplicarse tanto a unas como a otras. Prueba de ello es la utilización del equilibrado de cadenas en la distribución de las líneas de autoservicio en cafeterías y restaurantes o de las técnicas empleadas en las distribuciones por proceso para los hospitales.

Sin embargo, también es evidente que entre unas y otras existen diferencias. Por lo general, las empresas de servicios cuentan con un trato más directo con el cliente (en ocasiones, la presencia de éste en las instalaciones es indispensable para que el servicio pueda realizarse); esto hace que, con frecuencia, el énfasis de la

distribución se ponga más en la satisfacción y comodidad del cliente que en el propio desarrollo de las operaciones del proceso. Es más, en estas empresas, la comodidad durante el servicio y la apariencia atractiva de aquellas áreas en contacto directo con los clientes constituyen objetivos a añadir para la consecución de una buena distribución en planta.

Otra de las particularidades de la distribución de servicios es el hecho de que al ser el cliente el que, con su presencia, regula el flujo de trabajo, no puede hacerse una previsión de la carga de trabajo y una programación de actividades tan exacta como la que cabe esperar en una empresa de manufactura. Es evidente que las colas no son exclusivas de los servicios pero en ellos adquieren especial importancia: la demanda es estacional y heterogénea, por lo que los tiempos de ejecución pueden ser muy variables; los servicios son, por lo general, intangibles y, por tanto, el ajuste entre demanda y producción no puede hacerse a través de la gestión de inventarios; las colas en los servicios las conforman personas, lo cual supone mayores implicaciones para la distribución.

A continuación vamos a detallar las particularidades que, respecto a la distribución en planta, requieren algunos servicios.

1.5.1 Distribución en planta de oficinas

En las oficinas, el material trasladado entre departamentos y puestos de trabajo es, casi exclusivamente, la información. Dicho traslado puede hacerse a través de:

- Conversaciones individuales cara a cara.
- Conversaciones individuales por teléfono o/y ordenador.
- Correo y otros documentos físicos.
- Correo electrónico.
- Reuniones y grupos de discusión.
- Interfonos.

En este caso, el problema de la distribución lo dicta el movimiento de trabajadores y de documentos en soporte físico, quedando ampliamente simplificado cuando puede recurrirse a las telecomunicaciones.

La distribución dependerá del área total existente, de su forma, del proceso que se desarrolla y de las relaciones que han de darse entre trabajadores. El tipo de trabajo desarrollado marcará las diferencias en cuanto a superficie, equipamiento, espacio y privacidad necesarios en cada caso concreto para procurar la eficiencia óptima. Mesas agrupadas en áreas abiertas frente a despachos privados, separación de puestos de trabajo por estanterías, plantas o archivadores, separaciones a media altura o hasta el techo, etc., son consideraciones fundamentales en la distribución de instalaciones, donde aspectos como el trabajo en equipo, la autoridad, la imagen y el estatus son, en ocasiones, prioritarios.

Muestra de la importancia e interés que despierta este tema es el elevado número de artículos publicados al respecto en fechas recientes, algunos de los cuales quedan referenciados en la bibliografía.

1.5.2 Distribución de comercios

En estos casos, de los que el más típico exponente son los supermercados, el objetivo perseguido es maximizar el beneficio neto por metro cuadrado de estanterías. Dado su coste, la superficie de venta y almacenamiento ha de aprovecharse al máximo. Si se acepta la hipótesis de que las ventas varían directamente con la exposición de los productos al cliente, el objetivo de la distribución se traducirá en exponer a la clientela tantos productos como sea posible en el espacio disponible; ello no debe hacer las instalaciones incómodas, esto es, habrá que dejar espacio suficiente para el desplazamiento entre estanterías.

Son dos los aspectos que deben estudiarse. Por un lado, la ordenación global del espacio disponible y, por otro, la distribución entre productos de las áreas de exposición. Seis ideas para el primero de ellos:

- Colocar los productos de consumo diario alrededor de la periferia. Colocar en lugares prominentes los productos de compra impulsiva y aquellos con altos márgenes.
- Suprimir los pasillos que permitan pasar de unas calles a otras sin recorrerlas completamente. En el caso más extremo, los clientes podrán seguir tan sólo un camino a lo largo de toda la tienda.
- Distribuir los productos reclamo a ambos lados de una calle y dispersarlos para incrementar la exposición de los artículos adyacentes.
- Usar como expositores los finales de las calles.
- Transmitir la imagen del negocio a través de una cuidadosa selección de la primera sección a la que se accede.

El segundo aspecto mencionado queda englobado dentro de la función comercial, en la actividad denominada, en términos anglosajones, merchandising.

1.6 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE ALMACENES

El objetivo de la distribución es, ahora, encontrar la relación óptima entre el coste del manejo de materiales y el espacio. Son aspectos fundamentales a considerar: la utilización del espacio cúbico, los equipos y métodos de almacenamiento, la protección de los materiales, la localización de éstos (aprovechamiento de espacios exteriores), etc.

Pero, además, la distribución de los almacenes se complica cuando los pedidos engloban un elevado número de productos distintos o cuando se piden pocas unidades del mismo producto, pero muy frecuentemente. En dichos casos, el coste por manejo de materiales que supondría un desplazamiento de ida y vuelta para cada pedido sería excesivamente elevado. Entre las formas de solución de este problema se encuentran la agregación por productos de unidades correspondientes a diversos pedidos o, algo nada fácil, establecer rutas óptimas para cada pedido.

El desarrollo informática ha permitido también que, en la actualidad, el problema de la localización de los diversos artículos dentro de un almacén pueda verse considerablemente disminuido. Estos pueden colocarse de forma dispersa, aprovechando, por ejemplo, cuando sea necesario, el primer espacio disponible, y realizando la búsqueda posterior a través del ordenador, el cual almacenó la información correspondiente, pudiéndose, incluso, determinar las rutas óptimas de recogida cuando sea necesario.