

**Universidad de Matanzas  
“Camilo Cienfuegos”**

**Monografía**

**Factores que intervienen en la  
distribución espacial de una  
instalación**

**Autores: Ing. Pablo A. Pérez Gosende  
Dra. Ing. Olga Gómez Figueroa**

**Noviembre/2007**

## **Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación**

Al diseñar una distribución en planta, 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 en planta según Domínguez Machuca (1995) pueden encuadrarse en ocho grupos: material, maquinaria, mano de obra, movimiento, espera, servicio, edificio y cambio.

En esta monografía serán analizados dichos factores, brindando especial énfasis en aquellos que pueden ser determinados de forma cuantitativa mediante el cálculo de sus respectivas necesidades, a partir de diferentes métodos en dependencia de la información inicial disponible y del grado de detalle exigido en la proyección, en correspondencia con la fase o la etapa en que esta se realice.

### **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 aquellos 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 trabaja.

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

Como una necesidad más de dimensionamiento dentro del proceso de proyección de instalaciones industriales, se realiza el cálculo de las necesidades de materiales sobre la base de un programa de producción prospectivo. De los métodos propuestos por Woithe (1986) en este sentido se propone el uso de los siguientes:

- Cálculo de las necesidades materiales mediante normativas de consumo de materiales de cada tipo.
- Cálculo de las necesidades materiales mediante índices sumarios y estructura de materiales.

### **Cálculo de las necesidades de materiales mediante normativas del consumo de materiales de cada tipo**

Se utiliza fundamentalmente en correspondencia con programas productivos detallados y reducidos, sobre la pieza o representante tipo de cada grupo formado.

$$M_y = \sum_{j=1}^e (Nc_{yj} \cdot Vp_j) + M_{sy}$$

$M_y$ - necesidades totales de materiales del grupo principal  $y$ , en kg/año.

$Nc_{yj}$ - normativa de consumo de material del grupo principal  $y$  en el producto o pieza  $j$ , en kg/producto, kg/pieza, kg/t.

$Vp_j$  - volumen de producción anual del producto o pieza  $j$  previsto en el programa, en unidades/año, t/año.

$M_{sy}$ - consumo anual (total) de materiales para la producción auxiliar y otros fines.

$$M_{sy} = B \cdot m_{sy}$$

$m_{sy}$ - índice sumario del consumo de materiales auxiliares del grupo principal  $y$ , en kg/unidad de referencia.

$B$ - base de cálculo correspondiente.

$$m_{sy}' = \frac{M_{sy}'}{B'}$$

$M_{sy}'$ - consumo total de materiales auxiliares del grupo principal  $y$  en la fábrica, taller o producción tomada como referencia en un período considerado, en kg/año;

$B'$  - base de cálculo correspondiente de la fábrica, taller o producción tomada como referencia.

### **Cálculo de las necesidades de materiales mediante índices sumarios y de estructura de materiales.**

A diferencia del anterior, este constituye un método de cálculo de carácter global.

$$M = Vp \cdot k_e \cdot 1000$$

$M$  - necesidades totales de materiales directos para la elaboración del programa de producción anual, en kg/año;

$Vp$  - volumen anual de producción previsto, en t/año;

$k_e$  - índice sumario de consumo de materiales por una unidad del programa de producción.

$$k_e' = \frac{\sum_{j=1}^e Vp'_j \cdot k_{ej}'}{\sum_{j=1}^e Vp'_j}$$

$k_e$  - coeficiente de entrada de materiales obtenido como una media ponderada de una producción comparativa.

$Vp'_j$ - volumen de producción anual del tipo de producto o pieza  $j$ , en t/año.

$k_{ej}'$  - coeficiente de entrada de materiales, individual para cada producto o pieza  $j$  del programa tomado como referencia.

$$M = 1000 \cdot V_p \cdot k_e' \cdot (1 \pm k_f)$$

$k_f$  -factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista)

## 2. La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información respecto a los procesos a emplear, a la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que estos 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 cuales de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a esta y cuales a la mejora del método de trabajo ligado a la misma. (Inclusive 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.

Se debe tener en cuenta que la capacidad productiva de una instalación para ejecutar un determinado programa de producción, está dada fundamentalmente por la maquinaria y el equipamiento general que esta posee. Dicha capacidad se fija desde la etapa misma de la proyección de la instalación, mediante la determinación de las necesidades de maquinarias, equipos y puestos de trabajo en general. Estas necesidades se fijan a partir del programa de producción previsto y del proceso tecnológico fijado para cada uno de los productos que comprende el programa.

En el cálculo de las necesidades de equipos y maquinarias Woithe (1986) destaca dos métodos en dependencia del nivel o fase de la proyección de que se trate, así como de la exactitud requerida en los resultados:

- Métodos de los índices.
- Método Detallado.

### Método de los índices

Basado en la utilización de índices técnico-económicos. Se considera un método no detallado (global); se usa como regla en aquellos proyectos donde las condiciones específicas demandan de programas globales o indiferentes de producción.

$$Ne^*_{total} = \frac{VP_{anual}}{I_{rend} \cdot t} (1 \pm k_f)$$

$Ne$ - necesidades calculadas totales de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general, para la elaboración del programa de producción previsto.

$V_p$  - volumen total de producción anual previsto, en t/año, MP/año, etcétera.

$I_{rend}$ - índice promedio de rendimiento de una unidad de maquinaria, equipo o puesto de trabajo en general, tomado de datos históricos de la misma fábrica o de fábricas tomadas como comparación por turno de trabajo en t / máquina, MP/ máquina, etc.

t - Número de turnos de trabajo previstos en la fabricación que se proyecta o reconstruye (s = 1, 2, 3).

$k_f$ - factor de corrección de índice utilizado (lo fija el proyectista de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto en cuestión y la fuente de obtención del índice).

$$\overline{Irend} = \frac{Vp'_{anual}}{Ne' \cdot t'_f}$$

$Vp'$ - volumen de producción anual elaborado en la propia fábrica en períodos anteriores (en el caso de reconstrucciones) o en la fábrica tomada como comparación (para la proyección de una nueva instalación). En t/año, MP/año, etc.

$Ne'$ - cantidad total de equipos, máquinas y puestos de trabajo en general, que participaron directamente en la elaboración del programa anual de producción considerado  $Vp'$ .

$t'_f$  - factor de turno.

$$t'_f = \frac{\sum_{s=1}^3 (Ne'_s \cdot t'_s)}{\sum_{s=1}^3 Ne'_s}$$

$Ne'_t$ - total de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general que participaron directamente en la elaboración del programa de producción considerado como referencia en los (t) turnos.

$t'$  - número de turnos que trabajan las máquinas, etc., en la producción considerada como referencia (s = 1, 2, 3).

Al aplicar el método se precisa, en todos los casos, que los valores de Ne sean redondeados a valores enteros. Para redondear se utiliza la regla de decisión siguiente:

	R1	R2	R3	R4
Cuando Ne	$\leq 1$	$\leq 1,1 \cdot (Ne)$	$> 1,1 \cdot (Ne)$	$\geq 10$
Entonces Ne	1	Ne	Ne + 1	Ne

### **Método detallado.**

Se aplica para la determinación detallada de las necesidades de maquinaria, equipos y puestos de trabajo fundamentalmente cuando existen las condiciones que justifican la utilización de programas detallados de producción en correspondencia con el diseño detallado de los procesos tecnológicos y el cálculo de los gastos de tiempos de trabajo mediante normativas.

$$Ne_{ki} = \frac{Te_{total}}{Ft_{real}}$$

$$Ft_{real} = [D_A - (D_s / 2 + D_d + D_F)] \cdot (h_t \cdot t - t_{pp}) - (t_{st} + t_{so} + t_{np})$$

$Ft_{real}$  - fondo de tiempo real, representa la cantidad de tiempo real de que dispone una máquina o equipo para realizar la parte del programa productivo que le corresponde.

$Ne_{ki}$ - necesidades calculadas de máquinas o equipos del tipo k en el paso de trabajo i.

$Te_{total}$  - Gasto de tiempo de trabajo efectivo total para cada paso de trabajo i en h/año

$D_a$  - días al año (365)

$D_s$ - días sábados al año (52)

$D_d$ - días domingos al año (52)

$D_f$ - días feriados.

$h_t$  - horas/turno

$t$  - turnos/día

$t_{pp}$  - tiempo de pausas pagadas.

$t_{st}$  - tiempo de servicios técnicos.

$t_{so}$  - tiempo de servicios organizativos.

$t_{np}$  - tiempo de necesidades personales.

$$n_{cik} = \frac{te_{(total) i}}{Ne_{ki} \cdot Ft_{(real) k}} \cdot 100$$

$n_{cik}$  - índice de carga, representa en que medida la máquina o equipo considerado está empleado en el trabajo respecto a su tiempo disponible para realizarlo.

### 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 iluminación, ventilación, temperatura, ruidos, etc. De igual forma, habrá de estudiarse la calificación 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.

También son claras las interconexiones que se establecen con el Subsistema de Recursos Humanos, pues hay que tener en cuenta los aspectos psicológicos y personales de los trabajadores, la incidencia en la motivación de las distintas distribuciones (especialmente las asociadas a los trabajos monótonos) y que la distribución ha de acoplarse a la organización de la empresa. En ese sentido,

no se debe dar por sentado que los operarios se adaptarán sin dificultades y-o de buen grado a las distribuciones y redistribuciones adoptadas; algunas veces será posible, otras necesitarán ayuda y en ocasiones tendrán que ser remplazados. A veces, incluso, será la propia filosofía de los mandos la que habrá de cambiar. En el caso de la distribución en planta, como en otros muchos aspectos organizativos en los que el hombre juega un papel activo, su éxito o fracaso no solo dependerá de su eficiencia, sino del grado de acogida con que cuente entre el personal.

Unido a la fijación del proceso tecnológico y a la determinación de los gastos de tiempo necesario para la elaboración de los planes de producción, se pueden determinar las necesidades de fuerza de trabajo directa, como base del cálculo de la fuerza de trabajo total a partir de los métodos que se exponen a continuación propuestos por Woithe (1986):

- Método de los índices.
- Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas.
- Método de asignación a puestos de trabajo.

### **Método de los índices**

Por su carácter este método es considerado global y por tanto de aplicación fundamental en las fases iniciales de la proyección. Pueden diferenciarse dos variantes de cálculo, en función del tipo de índice que se utilice, o sea, mediante índices de productividad de la fuerza de trabajo o índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo.

#### **i) Índices de productividad de la fuerza de trabajo**

Estos índices pueden obtenerse de producciones comparativas, entre otras fuentes, y expresan el resultado promedio en unidades físicas o en valor, alcanzado por un obrero o trabajador en general en un período de tiempo considerado (usualmente en un año). No obstante que su aplicación fundamental se lleva a cabo con el objetivo de determinar las necesidades de obreros directos a la producción, puede ser utilizado también en todos aquellos casos donde puedan cuantificarse racionalmente los resultados obtenidos por la fuerza de trabajo (por ejemplo: obreros auxiliares, personal de servicio, etc.).

$$O_{DP} = \frac{Vp_j}{I'_{Prod} (1+k_{pt})^n}$$

$O_{DP}$  - obreros directos de producción.

$Vp_j$  - volumen de producción anual previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye, en t/año, MP/año, unidades/año.

$k_{pt}$  - coeficiente de aumento de la productividad del trabajo de los obreros directos de producción en el período considerado.

$I'_{prod}$  - índice de productividad del trabajo de los obreros directos de producción (valor promedio por obrero) en el período considerado, tomado de producciones comparativas u otras fuentes, en t/obrero-año, MP/obrero-año, unidades/obrero- año.

n- número de años del período considerado anteriormente

$$I'_{prod} = \frac{Vp'_j}{O'_{DP}}$$

$Vp'_j$  - volumen de producción anual obtenido en la instalación tomada como comparación en el período de tiempo considerado (en t/año, MP/año, etc.).

$O'_{DP}$  - número de obreros directos de producción que intervinieron para lograr resultados productivos  $Vp'_j$  en la instalación tomada como referencia en el período de tiempo considerado.

## ii) Índices sumarios de los gastos de tiempo de trabajo

Esta variante del método se basa en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo requeridos para la elaboración de una determinada producción utilizando índices sumarios.

Para el cálculo de las necesidades de obreros directos de producción es válida la expresión:

$$O_{DP} = \frac{t_{efect (total)}}{Ft_{(anual)OD}}$$

$t_{efect (total)}$  - gasto de tiempo de trabajo total requerido para la elaboración de la producción prevista, calculado sobre la base del tiempo efectivo y mediante índices sumarios, en h/año.

$Ft_{(anual)OD}$  - fondo de tiempo anual disponible promedio de un obrero directo de producción, en h/año.

## Método basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas

Este método se utiliza fundamentalmente para calcular, en forma detallada, las necesidades de obreros directos de producción. Para su aplicación se parte de los gastos de tiempo de trabajo necesarios para elaborar el programa de producción previsto para la instalación que se proyecta o reconstruye, calculados en forma detallada, según el caso de que se trate y para la especialidad (cargo) correspondiente al paso o técnica de trabajo  $i$ , fijada en el proceso tecnológico de cada pieza, y en general del programa de producción. Para estos propósitos es válida la expresión:

$$O_{DP_i} = \frac{\sum_{j=1}^e t_{N_{ij}}}{Ft_{(anual)ODi} \cdot k_{cni} \cdot (1 + k_{pt})^n}$$

$$Ft_{(anual)ODi} = [D_A - (D_S/2 + D_D + D_F)] \cdot h_t - (t_v + t_{enf} + t_{aus} + t_{des} + t_{otros})$$

$O_{DP_i}$  - número de obreros directos de producción correspondientes al paso o técnica de trabajo i.

$Ft_{(anual)ODi}$  - fondo de tiempo anual disponible de un obrero directo de producción en el paso o técnica de trabajo i, en h/año.

### **Método de asignación a puestos de trabajo**

Por su carácter, este constituye un método detallado de cálculo de las necesidades de obreros directos de producción. A diferencia del anterior, se basa en el conocimiento previo del número de puestos de trabajo que tienen que ser ocupados por los obreros. A pesar de lo general de su aplicación, se recomienda su aplicación para el caso donde la relación máquina/obrero es diferente de 1 (una máquina por varios obreros o viceversa).

$$O_{DPk} = \frac{Ne_k \cdot d_k \cdot t_k}{k_{mk}} \cdot \left( 1 + \frac{\Delta Ft_k}{Ft_{(anual)ODk}} \right)$$

$O_{DPk}$  - número de obreros directos de producción asignados al puesto de trabajo k.

$Ne_k$  - número de máquinas o equipos del tipo k que tienen que ser atendidas por los obreros.

$d_k$  - densidad de obreros directos a producción vinculados al puesto de trabajo k.

$t_k$  - número de turnos de trabajo que labora el puesto k.

$k_{mk}$  - coeficiente de atención a múltiples máquinas o equipos del tipo k.

$\square Ft_k$  - diferencia entre el fondo de tiempo disponible de la máquina o equipo del tipo k ( $t_{fmk}$ ) y de un obrero directo de producción que trabaja vinculado a esta ( $t_{foK}$ ), o sea:

$$\Delta Ft_k = Ft_{(real)k} - Ft_{(anual)ODi}$$

## **4. El movimiento**

En relación con este factor hay que tener presente que las manipulaciones 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 los manejos innecesarios y antieconómicos. Se ha de establecer un modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material, de forma que se consiga el mejor aprovechamiento de hombres y equipos y una disminución de los costos de espera innecesarios, planificando el movimiento

de entrada y salida de cada operario en el mismo ordenen que el material es procesado, tratado o montado. De esta forma se considerará la entrada de materiales o acceso a la planta, la salida de estos a lugares de embarque, así como los movimientos de materiales auxiliares, maquinarias y mano de obra.

## **5. Las esperas**

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la distribución de materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el costo que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. Ahora bien, el material en espera no siempre supone un costo a evitar (Domínguez Machuca, 1995), pues en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demora 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. Solo cuando esta se hace en la misma área de producción, se habla de espera o demora. Cuando el material espera en un área determinada, dispuesta aparte y determinada a tal fin, se hablará de almacenamiento. Ambos quedarán justificados por una economía y servicio a la producción, aunque, al ser considerados en el diseño de la distribución, esta deberá justificar la ociosidad de los mismos.

En la distribución en planta deberá determinarse la situación de los puntos de espera, que estarán apartados o inmediatos al circuito de flujo, o bien dentro de un circuito de flujo ampliado o alargado. Además deberán considerarse aspectos tales como el espacio requerido, los métodos y equipos de almacenamiento, las características del material, los costos que se generan, etc. El espacio requerido dependerá fundamentalmente de la cantidad de material y de los métodos de almacenamiento, así como del método de colocación.

## **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: la 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 forman parte de 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 costos indirectos que suponen queden minimizados.

## **7. El edificio**

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución en planta, pero la influencia del mismo será determinante si este

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 las 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 pues, en tal caso, es este el que se proyecta de forma que se adapte a las necesidades de la distribución, la cual podrá plantearse en un principio con mucha mayor libertad. En este último caso, la primera decisión será optar por un edificio especial (a la medida del proceso) o por uno de aplicación general (en el que se puedan fabricar diferentes productos). Estos últimos tienen la ventaja derivada de su adaptabilidad y posibilidad de reventa si fuera necesario, lo cual limita el uso de los de aplicación especial a aquellos casos en los que es absolutamente necesario. En cualquiera de los casos anteriormente expuestos, el análisis debe partir del cálculo de las necesidades de área de la planta que se proyecta, de tal forma se garantizará el empleo del área que realmente precisa la misma para la gestión eficaz de sus operaciones. Ante una decisión de este tipo, debe tenerse en cuenta que la magnitud del área que abarca una instalación industrial influye no solo en los costos de la instalación, sino también en gran medida en los costos de producción, así como en las condiciones de trabajo creadas en la instalación. Cada porción de área planeada no utilizada provoca, entre otros efectos económicos negativos, el aumento de los recorridos de transporte y de los plazos de amortización de las instalaciones. Es por ello que debe determinarse con exactitud la dimensión óptima de la instalación. Para ello, Whoite (1986) propone utilizar los siguientes métodos:

- Cálculo de las necesidades de área, utilizando índices sumarios.
- Cálculo de las necesidades de área, utilizando factores de área (diferenciados y resumidos) como suplementos sobre el área básica de las máquinas y equipos.
- Cálculo de las necesidades de área, utilizando valores directrices en forma de funciones de regresión.
- Determinación de las necesidades de área, utilizando modelos a escala (bi o tridimensionales) e índices de espacio entre máquinas y elementos constructivos.

En esta monografía se hará mención solo a los dos primeros:

### **Cálculo de las necesidades de área, utilizando índices sumarios.**

Este método se utiliza ampliamente en las fases de la proyección y en aquellos casos donde las condiciones de partida permanecen relativamente constantes.

$$A = B \cdot K'_A \cdot (1 \pm k_f) + A_s$$

A - necesidades de área del sistema o sistema parcial proyectado, en  $m^2$   
 B - base de cálculo tomada como referencia (por ejemplo: t/año, número de máquinas y equipos, obreros directos, personal técnico-ingeniero, etc.).

$K'_A$ - índice sumario que refleja las necesidades específicas de área por cada unidad de la base de referencia B (por ejemplo:  $m^2/t$ ,  $m^2/MP$ ,  $m^2/máquina$ ,  $m^2/obrero$ ,  $m^2/persona$ , etc.).

$k_f$  - factor de corrección del índice utilizado (fijado por el proyectista).

$A_S$ - otras áreas necesarias en el caso específico y que no están contempladas en forma sumaria en el índice  $K'_A$ .

**Cálculo de las necesidades de área, utilizando factores de área como suplementos sobre el área básica de las máquinas y equipos**

Este método parte del número de máquinas o equipos a instalar en el sistema que se proyecta. Con la ayuda de factores suplementarios (llamados también factores de área) se determinan las necesidades de área de producción sobre el área básica de las máquinas o equipos. Las expresiones utilizadas son las siguientes:

$$A_{PT} = A_{BM} + A_O + A_{MR} + A_H + A_A + A_T$$

$A_{PT}$ - área del puesto de trabajo.

$A_{BM}$ - área básica de la máquina.

$A_O$ - área de operación de la máquina.

$A_{MR}$ - área de mantenimiento de la máquina.

$A_H$ - área para almacenamiento de herramientas, dispositivos, etc., en el puesto de trabajo.

$A_A$ - área para almacenamiento de la producción en el puesto de trabajo.

$A_T$  - área de transporte y manipulación en el puesto de trabajo.

$$A_{PT} = A_{BM} (1 + f_O + f_{MR} + f_H + f_A + f_T) \cdot f_{SO}$$

$A_M$  - necesidades de área para un puesto de trabajo, en  $m^2$  puesto de trabajo.

$A_{BM}$ - área básica de la máquina o equipo, en  $m^2$  máquina.

$f_O$  - factor suplementario para el área de operación.

$f_{MR}$  .factor suplementario para el área de mantenimiento y reparación.

$f_H$  - factor suplementario para el área de almacenamiento de herramientas, dispositivos, instrumentos de medición, etc., en el puesto de trabajo.

$f_A$  - factor suplementario para el área de almacenamiento de la producción en el puesto de trabajo.

$f_T$  - factor suplementario para el área de transporte y manipulación en el puesto de trabajo.

$f_{SO}$  - factor de solape entre las diferentes áreas parciales en un puesto de trabajo.

$$f_{so} = 1 - \frac{\eta_{so}}{100}$$

$\eta_{SO}$ - grado de solape entre las diferentes áreas parciales de los puestos de trabajo, en tanto por ciento.

$$\eta_{so}^1 = \left[ 1 - \frac{A_M}{\sum_{i=1}^k A_i} \right] \cdot 100$$

$\eta_{SO}^1$  - grado de solape interno entre las áreas de un puesto de trabajo;

$A_M$  - área real del puesto de trabajo, en  $m^2$ ;

$A_i$  - diferentes áreas parciales que componen el puesto de trabajo, en  $m^2$ .

$$\eta_{so}^2 = \left[ 1 - \frac{A_{efectiva}}{\sum_{i=1}^k A_{M_i}} \right] \cdot 100$$

$\eta_{so}^2$  - grado de solape externo entre las áreas de un puesto de trabajo;

$A_{efectiva}$  - área efectiva disponible para el ordenamiento de las máquinas, en  $m^2$ ;

$A_{M_i}$  - área real de cada puesto de trabajo, en  $m^2$ .

$$A = \sum_{i=1}^z \left[ A_{MB_i} \cdot \left( 1 + \sum_{k=1}^n f_{pk} \right) \right] \cdot f_{so} + A$$

$$\sum_{i=1}^z A_{B_{Mi}}$$

$$\sum_{k=1}^n f_{pk}$$

dientes a cada área parcial  
ntar resumido.

**As-** necesidades de áreas para otros objetivos no contemplados en los factores suplementarios y cuya existencia es conocida por el proyectista. (por ejemplo: un almacén intermedio, una oficina para jefe de taller o sector etc.) en  $m^2$ .

**fso** - factor de solape considerado.

## 8. Los cambios

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 se han 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 sin necesidad de tener que ser reordenada (proporcionando equipos suplentes, estableciendo rutas de flujo sustitutivas y estacionamiento de existencias o stocks de compensación en períodos de horas extras o turnos adicionales, etc.) y a través de la capacidad para manejar variedad de productos y-o cantidades diferentes. El desarrollo de los equipos de producción flexibles facilita la consecución de este objetivo.

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 a los factores que entran en juego en un estudio de

distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales y 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 factores 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.

## **Bibliografía:**

1. Domínguez Machuca J. A. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos*. Mc Graw-Hill Interamericana de España S. A., Madrid.
2. Pérez Gosende, Pablo A.. (2007). Trabajo de Diploma Diseño de la asignatura Distribución en Planta para la Tarea Álvaro Reynoso. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Facultad de Industrial Economía. Matanzas. Cuba.
3. Whoite, G. y Hernández Pérez. G. (1986). *Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias. Parte I*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.