

capítulo 7A

DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

SUMARIO

2 2 1 Formatos básicos de la distribución para la producción

Definición de centro de trabajo
Definición de línea de ensamble
Definición de celda de manufactura
Definición de distribución por proyecto

2 2 2 Centros de trabajo

Planeación sistemática de la distribución
Definición de planeación sistemática de la distribución (PSD)

2 2 7 Líneas de ensamble

Balaneo de la línea de ensamble
Definición de tiempo del ciclo de la estación de trabajo
Definición de balanceo de la línea de ensamble
Definición de relación de precedencia

División de las tareas
Distribución flexible de la línea y en forma de U
Modelo mixto para equilibrar la línea
Pensamiento actual respecto a las líneas de ensamble

2 3 5 Celdas

Creación de una celda de producción
Celdas virtuales de producción

2 3 5 Distribuciones por proyecto

2 3 7 Distribución para servicios minoristas

Servicescapes
Letreros, símbolos y otros objetos

2 4 0 Distribución de oficinas

2 4 0 Conclusión

2 5 1 Caso: El Souvlaki de Soteriou

2 5 2 Caso: Renovación de licencias de conducir estatales



Esta operación de Salo, en Merikaari, Finlandia, es una de las nueve fábricas de teléfonos móviles que Nokia tiene en el mundo. La superficie total de la fábrica, que cuenta con más de 1200 empleados, mide más de 15 000 metros cuadrados.

Las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva. El objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios). En general, los elementos que intervienen en la decisión de la distribución son:

1. Especificación de los objetivos y los criterios que se aplicarán para evaluar el diseño. Dos criterios básicos de uso común son la cantidad de espacio que se requiere y la distancia que se debe recorrer entre los elementos de la distribución.
2. Cálculos de la demanda de productos o servicios del sistema.
3. Procesamiento que se necesitará, en términos del número de operaciones y la cantidad de flujo entre los elementos de la distribución.
4. Espacio que se necesitará para los elementos de la distribución.
5. Disponibilidad de espacio dentro de la instalación misma o, si se trata de una nueva, las configuraciones posibles para el edificio.

Al abordar la distribución, se estudiará cómo se determinan las distribuciones de acuerdo con distintos formatos (o estructuras del flujo de trabajo). Se hará hincapié en las técnicas cuantitativas, pero también se presentarán algunos ejemplos de la importancia que los factores cualitativos tienen a la hora de diseñar la distribución. Este capítulo habla de instalaciones dedicadas a la manufactura y también a los servicios.

FORMATOS BÁSICOS DE LA DISTRIBUCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN

El patrón general del flujo de trabajo define los formatos para ordenar los departamentos de una instalación. Se tienen tres tipos básicos de formatos (el centro de trabajo, la línea de ensamble y la distribución por proyecto) y uno híbrido (la celda de manufactura).

El formato de **centro de trabajo** (también llamado *taller de trabajo* o *distribución por funciones*) agrupa funciones o equipamientos similares, como todos los tornos en un área y todas las prensas en otra. A continuación, la pieza que se está trabajando avanza, en una secuencia preestablecida de operaciones, de un área a otra, donde se encuentran las máquinas necesarias para cada operación. Por ejemplo, este tipo de distribución es común en los hospitales, donde las áreas están dedicadas a tipos particulares de servicios médicos, como las salas de maternidad y las unidades de cuidados intensivos.

En una **línea de ensamble** (también llamada *distribución de flujo del trabajo*) el equipo o los procesos de trabajo están ordenados siguiendo los pasos progresivos de la fabricación del producto. La ruta de cada pieza es, de hecho, una línea recta. Las líneas de ensamble de calzado, las plantas químicas y los lavados de autos son distribuciones basadas en el producto.

Centro de trabajo



Servicio

Línea de ensamble

Celda de manufactura

Una **celda de manufactura** reúne distintas máquinas para trabajar en productos que tienen formas y requerimientos de procesamiento similares. Una celda de manufactura se parece a un centro de trabajo porque las celdas están diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procesos y se parece a una línea de ensamble porque las celdas se dedican a una gama limitada de productos. (*Tecnología de grupo* se refiere a la clasificación y el sistema de codificación de las piezas que se emplea para especificar los tipos de máquinas que incluye una celda.)

Distribución por proyecto

En la **distribución por proyecto**, el producto (en razón de su volumen o peso) está fijo en un lugar y el equipo de producción va al producto, y no a la inversa. Las obras de construcción y los escenarios de cine son ejemplo de este formato.

Muchas instalaciones de manufactura presentan una combinación de dos tipos de distribución. Por ejemplo, un área de producción dada estaría organizada como centro de trabajo, mientras que otra sería una línea de ensamble. También es frecuente encontrar una planta entera ordenada con base en el flujo de los productos; por ejemplo, un área de maquinado de piezas, a continuación un área de subensamble y un área final de ensamble al final del proceso. Se pueden utilizar distintos tipos de distribuciones en cada área, con centros de trabajo para el maquinado, celdas de manufactura para el subensamble y una línea de ensamble para la pieza final.

CENTROS DE TRABAJO

El enfoque más común para efectuar la distribución de un centro de trabajo consiste en ordenar centros de trabajo que tienen procesos similares de modo que optimicen su ubicación relativa. Por ejemplo, en una fábrica de juguetes que maneja volúmenes bajos, los centros de trabajo incluirían uno para embarcar y recibir, uno para el moldeado y el troquelado del plástico, uno para las formas de metal, uno de costura



Estudio de diseño de estilo 1, línea de producción, taller de pintura y línea de producción 3 de las instalaciones del Lotus Elise en Hethel, Reino Unido.

y uno de pintura. Las piezas de los juguetes son fabricadas en estos centros de trabajo y, a continuación, se envían a los centros de trabajo de ensamble, donde son armados del todo. En muchas instalaciones, la ubicación óptima con frecuencia significa que los centros de trabajo que tienen un volumen grande de movimiento entre departamentos queden colocados unos junto a otros.

Suponga que se desea ordenar los ocho centros de trabajo de una fábrica de juguetes a efecto de minimizar el costo del manejo de materiales entre los departamentos. Para empezar, se parte del simple supuesto de que todos los centros de trabajo tienen la misma cantidad de espacio (por decir, 40 por 40 pies) y que el edificio mide 80 pies de ancho y 160 pies de largo y, por lo tanto, es compatible con las dimensiones del centro de trabajo. Lo primero que se desearía conocer es el carácter del flujo entre los centros de trabajo y la manera de transportar los materiales. Si la compañía tiene otra fábrica que produce bienes similares, se podría sacar de sus registros información acerca de los patrones de flujo. Por otro lado, si se trata de una nueva línea de productos, la información tendría que provenir de hojas de ruta o de cálculos efectuados por personal informado, como ingenieros industriales o de procesos. Por supuesto que estos datos, sea cual fuere su fuente, tendrán que ser modificados de modo que reflejen el carácter de los pedidos futuros dentro de la vida proyectada para la distribución propuesta.

Suponga que esta información existe. Se sabe que todos los materiales son transportados por un camión-grúa en un cajón de tamaño estándar, a razón de un cajón por camión (lo cual constituye una "carga"). Ahora suponga que el costo de transporte por trasladar una carga entre centros de trabajo contiguos es de un dólar, más otro dólar por cada centro de trabajo intermedio. La ilustración 7A.1 presenta las cargas esperadas entre centros de trabajo durante el primer año de operación; la ilustración 7A.2 presenta el espacio disponible de la planta. Advierta que, en el ejemplo, los movimientos diagonales están permitidos de modo que se considera que los centros de trabajo 2 y 3 y 3 y 6 son contiguos.

Flujo intercentros de trabajo

ilustración 7A.1

Flujo entre centros de trabajo (número de movimientos)								Centro de trabajo	Actividad
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1		175	50	0	30	200	20	25	1 Embarque y recepción
2			0	100	75	90	80	90	2 Moldeado y troquelado de plástico
3				17	88	125	99	180	3 Formas de metal
4					20	5	0	25	4 Departamento de costura
5						0	180	187	5 Armado de juguetes pequeños
6							374	103	6 Armado de juguetes grandes
7								7	7 Pintura
8									8 Armado de mecanismos

Dimensiones del edificio y centros de trabajo

ilustración 7A.2

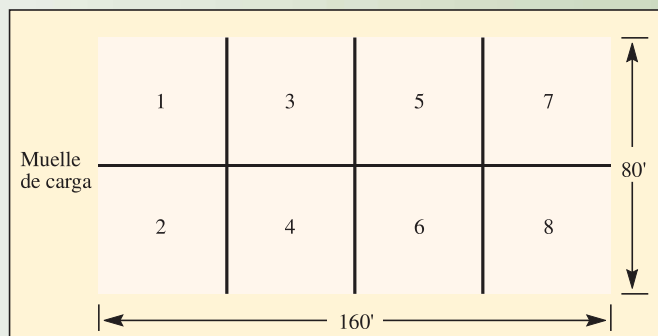
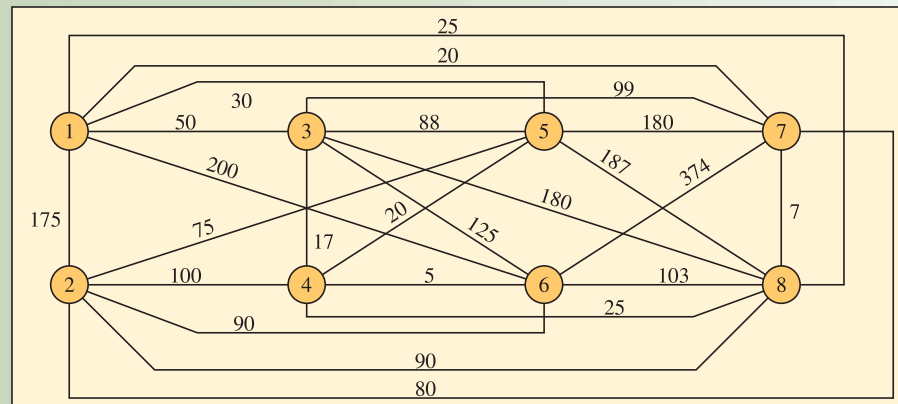


ilustración 7A.3

Gráfica del flujo entre centros de trabajo con número de movimientos anuales

**ilustración 7A.4**

Matriz de costos, primera solución

\$	1	2	3	4	5	6	7	8
1		175	50	0	60	400	60	75
2			0	100	150	180	240	270
3				17	88	125	198	360
4					20	5	0	50
5						0	180	187
6							374	103
7								7
8								

Costo total: \$3 474

Dada esta información, el primer paso será ilustrar el flujo entre centros de trabajo empleando un modelo, como el de la ilustración 7A.3, el cual presenta el patrón básico de la distribución que se desea mejorar.

El segundo paso será calcular el costo de esta distribución, multiplicando el costo del manejo de materiales por el número de cargas que se trasladan entre cada par de centros de trabajo. La ilustración 7A.4 presenta esta información, misma que se deriva así: El costo anual del manejo de materiales entre los centros de trabajo 1 y 2 es 175 dólares ($\$1 \times 175$ movimientos), 60 dólares entre los centros de trabajo 1 y 5 ($\$2 \times 30$ movimientos), 60 dólares entre los centros de trabajo 1 y 7 ($\$3 \times 20$ movimientos), 240 dólares entre los centros de trabajo 2 y 7 en diagonal ($\$3 \times 80$), y así sucesivamente (las “distancias” se han tomado de la ilustración 7A.2 o 7A.3, pero no de la ilustración 7A.4).

El tercer paso consiste en buscar los cambios de ubicación de los centros de trabajo que disminuirán los costos. Según la gráfica y la matriz de costos, parece aconsejable colocar los centros de trabajo 1 y 6 más cerca el uno del otro para disminuir sus elevados costos por la distancia de los traslados. No obstante, esto requiere cambiar varios otros centros de trabajo, afectando con ello los costos de la distancia de los traslados y el costo total de la segunda solución. La ilustración 7A.5 presenta la distribución revisada que resulta de la reubicación del centro de trabajo 6 y un centro de trabajo contiguo. (El centro de trabajo 4 ha sido escogido arbitrariamente para este efecto.) La ilustración 7A.6 presenta la matriz de costos revisada correspondiente a este cambio, así como los cambios de los costos. Nótese que el costo total es 262 dólares más alto que en la solución inicial. Queda claro que duplicar la distancia entre los centros de trabajo 6 y 7 explica la mayor parte del incremento de costos. Esto subraya el hecho de que, incluso en un problema pequeño, rara vez es fácil decidir cuál es “el movimiento obvio” correcto realizando tan sólo una inspección informal.

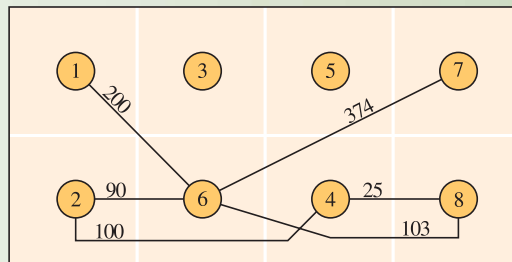
Hasta ahora sólo se ha presentado un cambio entre los muchos posibles; de hecho en el caso del problema de ocho centros de trabajo, existen 8! (o 40 320) arreglos posibles.



Excel: Distribución para un proceso

Gráfica revisada del flujo entre centros de trabajo (sólo se describe el flujo entre centros de trabajo que afecta los costos)

ilustración 7A.5



Matriz de costos, segunda solución

ilustración 7A.6

	1	2	3	4	5	6	7	8	Cambio neto en el costo
1		175	50	0	60	200	60	75	-\$200
2			0	200	150	90	240	270	+ 10
3				17	88	125	198	360	
4					20	5	0	25	- 25
5						0	180	187	
6							748	206	+ \$374, + \$103
7								7	
8									
									+ \$262
									Costo total: \$3 736

Una distribución viable

ilustración 7A.7

Ensamble de juguetes pequeños 5	Ensamble de mecanismo 8	Embarque y recepción 1	Ensamble de juguetes grandes 6
Formado del metal 3	Moldeo y troquelado del plástico 2	Costura 4	Pintura 7

Por lo tanto, el procedimiento que se ha empleado tendría una posibilidad muy remota de lograr una combinación óptima en un número razonable de intentos. El problema no termina aquí.

Suponga que se llega a una buena solución exclusivamente con base en el costo del manejo de materiales, como la que presenta la ilustración 7A.7 (con un costo total de 3 550 dólares). Lo primero que se advertiría es que el centro de trabajo de embarques y recepciones queda cerca del centro de la fábrica, arreglo que probablemente no resultará aceptable. El centro de trabajo de costura queda junto al de pintura, lo cual presentará el peligro de que el aire pueda transportar pelusa, hilos y partículas de las telas,

los cuales se depositarían en los artículos terminados. Es más, el ensamble de juguetes pequeños y el de juguetes grandes están ubicados en extremos contrarios de la planta, lo cual incrementaría el tiempo de movimiento para los armadores (que probablemente se necesitarían en los dos centros de trabajo a distintas horas del día) y para los supervisores (que de lo contrario podrían supervisar los dos centros de trabajo al mismo tiempo). Cuando se efectúa una distribución muchas veces es necesario considerar otros factores además del costo del manejo de materiales.

PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN

En ciertos tipos de problemas de distribución, no tiene sentido conocer el flujo numérico de los bienes entre los centros de trabajo y éste tampoco revela factores cualitativos que podrían ser cruciales para la decisión de dónde ubicarlos. En tales casos se puede utilizar la venerable técnica llamada **planeación sistemática de la distribución (PSD)**,¹ la cual implica crear una gráfica de relaciones que muestre el grado de importancia de que cada uno de los centros de trabajo esté ubicado junto a cada uno de los demás. Con base en esta gráfica se prepara un diagrama de relaciones de las actividades, similar a la gráfica de flujo empleada para ilustrar el manejo de materiales entre los centros de trabajo. El diagrama de relaciones de las actividades se va ajustando por prueba y error hasta encontrar un patrón satisfactorio de adyacencia. A su vez, este patrón es modificado, centro de trabajo por centro de trabajo, para ajustarse a las limitaciones del espacio del edificio. La ilustración 7A.8 presenta la técnica empleando un sencillo problema de cinco centros de trabajo, el cual implica la distribución del piso de una tienda de departamentos.

Planeación sistemática de la distribución (PSD)

ilustración 7A.8

Planeación sistemática de la distribución de un piso de una tienda de departamentos

A. Gráfica de relaciones (basada en las tablas B y C)

De	2	3	4	5	Superficie (pies cuadrados)
1. Departamento de crédito	I 6	U —	E 4	U —	100
2. Departamento de juguetes		U —	I 1	A 1,6	400
3. Departamento de vinos			U —	X 1	300
4. Departamento de cámaras				X 1	100
5. Departamento de chocolates					100

Letra Calificación de cercanía

Número Explicación de la calificación

B.

CÓDIGO	RAZÓN*
1	Tipo de cliente
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Compartir el mismo espacio
6	Psicología

*Se pueden usar otras

C.

VALOR	CERCANÍA	CÓDIGO DE LÍNEAS*	PESOS NUMÉRICOS
A	Absolutamente necesaria	=====	16
E	Especialmente importante	=====	8
I	Importante	=====	4
P	Cercanía común y corriente OK	=====	2
S	Sin importancia		0
X	No deseable	=====	280

*Usado tan sólo para efectos de ejemplificar.

Diagrama de la relación inicial
(basado en las tablas A y C)

Distribución inicial basada en el diagrama de relaciones (ignorando el espacio y las limitaciones del edificio)

Distribución final ajustada a los pies cuadrados y el tamaño del edificio

LÍNEAS DE ENSAMBLE

El término *línea de ensamble* se refiere a un ensamble progresivo que está ligado por algún tipo de aparato que maneja los materiales. El supuesto común es que los pasos siguen alguna forma de ritmo y que el tiempo permitido para el procesamiento es el mismo en todas las estaciones de trabajo. Dentro de esta definición general, existen importantes diferencias entre tipos de líneas. Algunas de ellas son los aparatos que manejan materiales (bandas o rodillos transportadores, grúa aérea), la configuración de la línea (en forma de U, recta, con ramificaciones), pasos rítmicos (mecánico, humano), la mezcla de productos (un producto o muchos), las características de la estación de trabajo (los trabajadores pueden estar sentados, de pie, caminar con la línea o transportarse al mismo tiempo que la línea) y la extensión de la línea (pocos o muchos trabajadores). Para muchos lectores, su primera exposición a las líneas de ensamble es el episodio de *I Love Lucy* en el cual Lucy y Ethel están envolviendo chocolates con papel en una línea que se mueve muy rápido y, para poder seguir el ritmo, recurren a guardarlos en sus bolsillos y por último en la boca. Si bien el episodio exagera claramente la presión del trabajo en una línea de ensamble, no cabe duda que la velocidad y la habilidad son esenciales en situaciones reales, como en las líneas de automóviles. Para conocer la opinión de un trabajador, véase el recuadro titulado “¿Qué se siente al trabajar en una línea de ensamble?”.

La gama de productos que se arman parcial o totalmente en las líneas incluye juguetes, aparatos electrodomésticos, automóviles, aviones, armas de fuego, equipo de jardín, ropa y toda una variedad de componentes electrónicos. De hecho, sería válido decir que casi todo producto que tiene varias partes y que se produce en grandes volúmenes utiliza las líneas de ensamble en alguna medida. Por supuesto que las líneas son una tecnología importante y, para entender verdaderamente sus requisitos administrativos, se debe estar familiarizados con la manera de equilibrar una línea.

BALANCEO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE

Equilibrar la línea de ensamble es primordialmente cuestión de su programación, pero muchas veces tiene implicaciones para la distribución. Tal sería el caso cuando, por cuestiones de balanceo, el tamaño o el número de estaciones utilizadas se tendría que modificar físicamente.

La línea de ensamble más común es una banda que se mueve y va pasando por una serie de estaciones de trabajo a intervalos uniformes de tiempo llamados **tiempo del ciclo de la estación de trabajo** (que también es el tiempo que transcurre entre las unidades sucesivas que salen por un extremo de la línea). En cada estación de trabajo, se trabaja en un producto, sea añadiéndole partes o terminando operaciones de ensamble. El trabajo desempeñado en cada estación está compuesto por muchas fracciones del trabajo, llamadas *tareas*, *elementos* y *unidades de trabajo*. Los análisis de tiempos y movimientos describen estas tareas. Por lo general se trata de grupos que no se pueden subdividir en la línea de ensamble sin pagar una sanción con movimientos extra.

Tiempo del ciclo de la estación de trabajo



¿QUÉ SE SIENTE AL TRABAJAR EN UNA LÍNEA DE ENSAMBLE?

Ben Hamper, el infame “Rivethead” que trabaja para General Motors, describe su nuevo empleo en la nueva línea de ensamble de la Suburban de Chevy con las palabras siguientes:

La sirena sonó y la línea de remache empezó a reptar. Me senté en el banquillo de trabajo y observé cómo el compañero al que iba a reemplazar atacaba sus obligaciones. Tomaba un extremo de un largo rail y, con la ayuda del trabajador que estaba más adelante en la línea, se lo lanzaba sobre la espalda. ¡CLAAANNNNN-GGG! Después corría nuevamente al banquillo y tomaba el muelle fundido de una dirección de cuatro ruedas y la barra de suspensión de un escape. Remachaba las piezas en el rail. Una vez terminado, empujaba el rail de nueva cuenta a su posición recta y tomaba una cruceta de la línea alimentadora pendiente sobre el que se enrollaba sobre la banca. Estirándose para tomarla con el brazo libre, agarraba otra pistola remachadora, mientras jugueteaba para colocar firmemente la cruceta de

modo que quedara alineada con el conjunto correcto de orificios. A continuación, introducía los remaches y empezaba a apretar la cruceta en su debido lugar. El sólo hecho de ver cómo trabajaba este compañero me desató un dolor de cabeza.

—¿Qué te parece si lo intentas? —me preguntó el compañero pasado un rato—. No vas a captar la sensación del trabajo ahí sentado en la banca—.

Cortésmente contesté que no, que no quería aprender nada de este monstruoso laberinto antes de que fuera enteramente necesario. Si el jefe pensaba que uno conocía el asunto en grado razonable, seguramente entraría y pondría a actuar a esa persona por cuenta propia. Yo tenía que seguir demorando las cosas para que Art tuviera algún tiempo para regresarme al taller de Cab.

—Pues tienes tres días —contestó el compañero— después el bebé será todo tuyo—.

Extracto de B. Hamper's, *Rivethead: Tales from the Assembly Line* (Warner Books, Nueva York, 1992), p. 90.

Balanceo de la línea de ensamble

Relación de precedencia



Administración interactiva de operaciones

Todo el trabajo que se desempeñará en una estación de trabajo es equivalente a la suma de las tareas asignadas a ella. El problema del **balanceo de la línea de ensamble** consiste en asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no tenga más de lo que se puede hacer en el tiempo del ciclo de la estación de trabajo y que el tiempo no asignado (es decir, inactivo) de todas las estaciones de trabajo sea mínimo. Las relaciones entre las tareas impuestas por el diseño del producto y las tecnologías del proceso complican el problema. Esto se llama **relación de precedencia**, la cual especifica el orden en que se deben realizar las tareas dentro del proceso de ensamble.

Los pasos para equilibrar una línea de ensamble son muy sencillos:

1. Especifique la secuencia de las relaciones de las tareas utilizando un diagrama de precedencia, el cual está compuesto por círculos y flechas. Los círculos representan tareas individuales y las flechas indican el orden en que se desempeñarán.
2. Determine el tiempo del ciclo (C) que requieren las estaciones de trabajo utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producto requerido por día (en unidades)}}$$

3. Determine el número mínimo de estaciones de trabajo (N_t) que, en teoría, se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo utilizando la siguiente fórmula (advierta que se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$N_t = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo (C)}}$$

4. Escoja la primera regla que usará para asignar las tareas a las estaciones de trabajo y una segunda regla para romper empates.
5. Asigne las tareas, de una en una, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos de las tareas sea igual al tiempo del ciclo de la estación de trabajo o que no haya más tareas viables debido a restricciones de tiempo o de secuencia. Repita el proceso con la estación de trabajo 2, la estación de trabajo 3 y así sucesivamente hasta que haya asignado todas las tareas.
6. Evalúe la eficiencia del balanceo obtenido empleando la fórmula:²

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Número real de estaciones de trabajo (N}_a\text{)} \times \text{Tiempo del ciclo de la estación de trabajo (C)}}$$

7. Si la eficiencia no es satisfactoria, vuelva a equilibrar utilizando otra regla de decisión.

EJEMPLO 7A.1: Balanceo de la línea de ensamble

La camioneta Modelo J será armada utilizando una banda transportadora. Se requieren 500 camionetas por día. El tiempo de producción por día es de 420 minutos y la ilustración 7A.9 presenta los pasos y los tiempos del ensamble de la camioneta. Tarea: Encuentre la condición de balanceo que minimiza el número de estaciones de trabajo, sujeto a las limitaciones del tiempo del ciclo y la precedencia.

SOLUCIÓN

1. Realice un diagrama de precedencia. La ilustración 7A.10 presenta la secuencia de las relaciones señaladas en la ilustración 7A.9. (La longitud de las flechas no tiene significado alguno.)
2. Determine el tiempo del ciclo de la estación de trabajo. En este caso se debe convertir a segundos porque los tiempos de las tareas están en segundos.

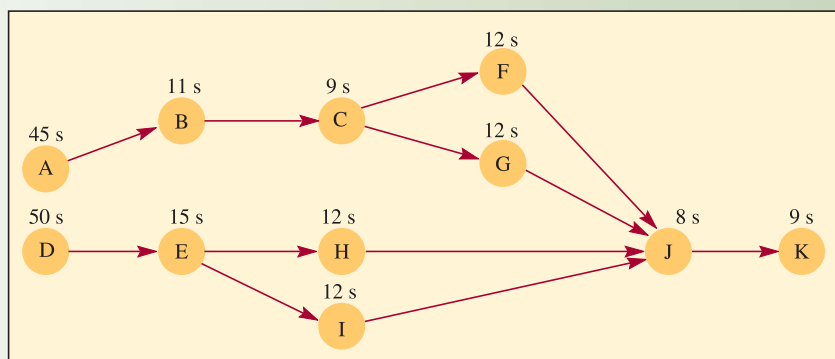
$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción por día}} = \frac{60 \text{ s} \times 420 \text{ min}}{500 \text{ camionetas}} = \frac{25\,200}{500} = 50.4$$

Pasos y tiempos para el ensamble de la camioneta modelo J

TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (EN SEGUNDOS)	DESCRIPCIÓN	TAREAS QUE DEBEN PRECEDER
A	45	Colocar retén del eje trasero y atornillar a mano cuatro tornillos a las tuercas.	—
B	11	Introducir eje trasero.	A
C	9	Apretar las tuercas de los tornillos del retén del eje trasero.	B
D	50	Colocar pieza del eje delantero y apretar a mano con cuatro tornillos a las tuercas.	—
E	15	Apretar los tornillos de la pieza del eje delantero.	D
F	12	Colocar llanta trasera #1 y apretar tapón.	C
G	12	Colocar llanta trasera #2 y apretar tapón.	C
H	12	Colocar llanta delantera #1 y apretar tapón.	E
I	12	Colocar llanta delantera #2 y apretar tapón.	E
J	8	Colocar la palanca de velocidades de la camioneta en la pieza del eje delantero y apretar a mano tuerca y tornillo.	F, G, H, I
K	9	Apretar tuerca y tornillo.	J
	195		

ilustración 7A.9

Pasos y tiempos para el ensamble de la camioneta modelo J

**ilustración 7A.10**

3. Determine el número mínimo de estaciones de trabajo que se requieren en teoría (el número real puede ser mayor):

$$N_t = \frac{T}{C} = \frac{195 \text{ segundos}}{50.4 \text{ segundos}} = 3.87 = 4 \text{ (redondeando)}$$

4. Elija las reglas para las asignaciones. Ciertas investigaciones han demostrado que algunas reglas son mejores que otras para problemas que tienen determinadas estructuras. En general, la estrategia consiste en utilizar una regla que asigne tareas que tienen muchas otras que les siguen o que duran mucho tiempo porque de hecho limitan el balanceo que se podría lograr. En este caso, se utiliza la siguiente regla principal:
- a) Clasifique las tareas por orden de prioridad según el número más alto de tareas subsiguientes:

TAREAS	NÚMERO DE SUBSIGUIENTES
A	6
B o D	5
C o E	4
F, G, H, o I	2
J	1
K	0

La segunda regla, invocada cuando existen empates derivados de la primera, es

- b) Clasifique por orden de prioridad las tareas con base en las que duren más tiempo (ilustración 7A.11). Nótese que D se debe asignar antes que B y que E es asignada antes que C debido a que esta regla deshace los empates.
5. Efectúe las asignaciones de las tareas para formar la estación de trabajo 1, la estación de trabajo 2 y así sucesivamente hasta asignarlas todas. La ilustración 7A.11A presenta las asignaciones de facto y la ilustración 7A.11B las presenta de forma gráfica. Al efectuar las asignaciones es importante que éstas cumplan con los requisitos de precedencia y del tiempo del ciclo.
6. Calcule la eficiencia, como se muestra en la ilustración 7A.11C.
7. Evalúe la solución. Una eficiencia de 77% indica un desbalance o una inactividad de 23% del tiempo ($1.0 - 0.77$) en la línea entera. Si se observa la ilustración 7A.11A se puede ver que hay un total de 57 segundos de inactividad y que el trabajo “selecto” está en la estación de trabajo 5.

¿Es posible tener un mejor balance? La respuesta es afirmativa en este caso. Trate de equilibrar la línea aplicando la regla b) y deshaciendo los empates con la regla a). (Esto le proporcionará un balance viable de cuatro estaciones.) ●

DIVISIÓN DE LAS TAREAS

Muchas veces el tiempo más largo requerido para una tarea constituye el tiempo más breve del ciclo de la estación de trabajo de la línea de producción. Este tiempo de la tarea representa el límite más bajo de tiempo, a no ser que sea posible dividir la tarea entre dos o más estaciones de trabajo.

Piense en la siguiente ilustración: suponga que los tiempos de las tareas de una línea de ensamble, en segundos, son: 40, 30, 15, 25, 20, 18, 15. La línea opera 7½ horas por día y la demanda es de 750 productos por día.

El tiempo del ciclo de la estación de trabajo necesario para producir 750 por día es 36 segundos ($[7\frac{1}{2} \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos}] / 750$). El problema es que se tiene una tarea que toma 40 segundos. ¿Cómo manejar dicha tarea?

Existen varias formas de poder acomodar una tarea de 40 segundos en un ciclo de 36 segundos, a saber:

1. **Dividir la tarea.** ¿Se puede dividir la tarea de modo que dos estaciones de trabajo procesen unidades completas?
2. **Compartir la tarea.** ¿Es posible compartir la tarea de modo que una estación de trabajo contigua desempeñe parte del trabajo? Esta solución es diferente de la división de la tarea de la primera opción porque la estación contigua interviene para ayudar y no para hacer algunas unidades que abarcan la tarea entera.

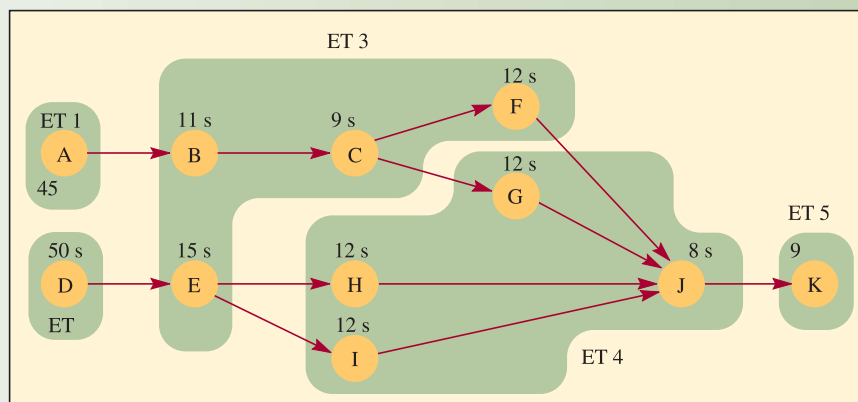
A. Balanceo basado en la regla del número mayor de tareas subsiguientes

ilustración 7A.11

	TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (EN SEGUNDOS)	TIEMPO RESTANTE NO ASIGNADO (EN SEGUNDOS)	TAREAS RESTANTES POR HACER	TAREA CON MÁS TAREAS SUBSIGUIENTES	TAREAS CON TIEMPO DE OPERACIÓN MÁS LARGO
Estación 1	A	45	5.4 inactivos	Ninguna		
Estación 2	D	50	0.4 inactivos	Ninguna		
Estación 3	B	11	39.4	C, E	C, E	E
	E	15	24.4	C, H, I	C	
	C	9	15.4	F, G, H, I	F, G, H, I	F, G, H, I
	F*	12	3.4 inactivos	Ninguna		
Estación 4	G	12	38.4	H, I	H, I	H, I
	H*	12	26.4	I		
	I	12	14.4	J		
	J*	8	6.4 inactivos	Ninguna		
Estación 5	K	9	41.4 inactivos	Ninguna		

*Indica una tarea elegida de forma arbitraria cuando existe un empate entre los tiempos de operación más largos.

B. Gráfica de precedencia de la camioneta modelo J

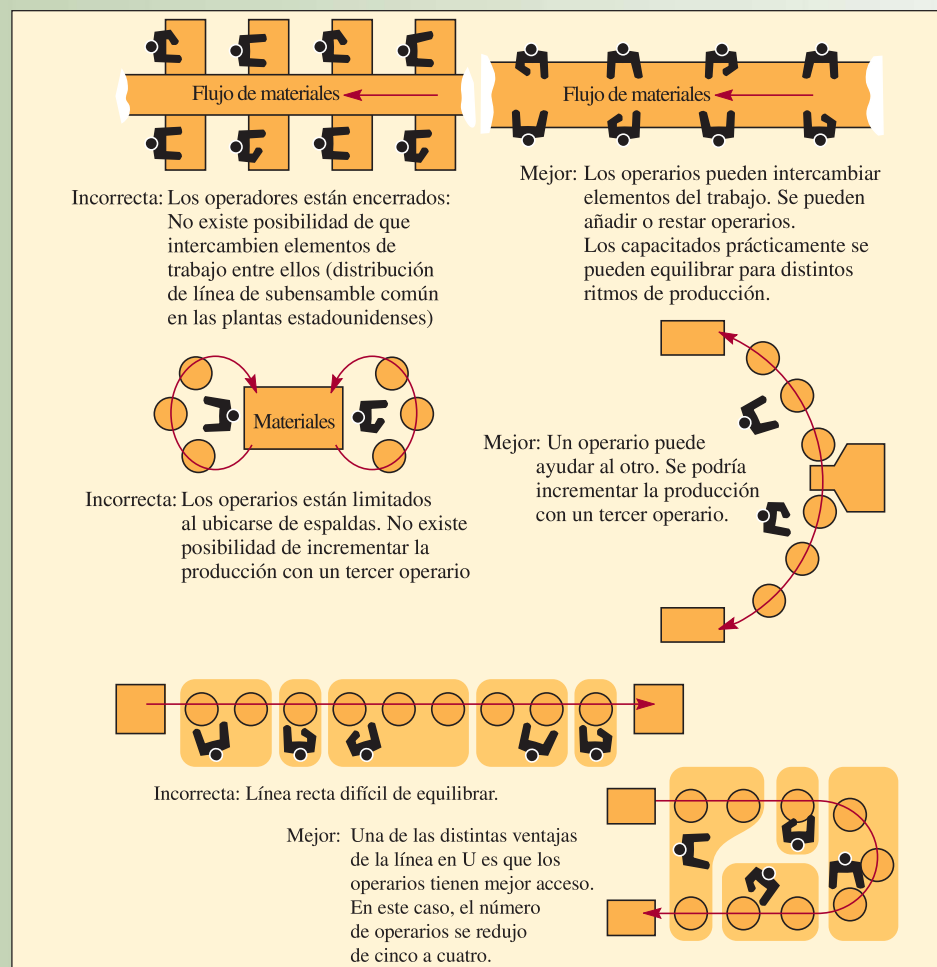


C. Cálculo de la eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{T}{N_c C} = \frac{195}{(5)(50.4)} = 0.77, \text{ o } 77\%$$

3. **Utilizar estaciones de trabajo paralelas.** Tal vez sea necesario asignar la tarea a dos estaciones de trabajo que operarían en paralelo.
4. **Recurrir a un trabajador más capacitado.** Dado que esta tarea excede el tiempo del ciclo de la estación de trabajo tan sólo 11%, un trabajador más veloz quizá pueda cumplir el tiempo de 36 segundos.
5. **Trabajar horas extra.** La producción a un ritmo de una unidad cada 40 segundos daría 675 por día, o 75 menos de los 750. El tiempo extra necesario para producir las 75 adicionales suma 50 minutos (75 × 40 segundos/60 segundos).
6. **Rediseñar.** Tal vez sea posible rediseñar el producto de modo que disminuya ligeramente el tiempo de la tarea.

Otras posibilidades para reducir el tiempo de la tarea son actualizar el equipamiento, un ayudante itinerante que apoye la línea, un cambio de materiales y trabajadores con múltiples habilidades que operen la línea en forma de equipo y no como trabajadores independientes.

ilustración 7A.12**Distribución de líneas flexibles**

Fuente: R. W. Hall, *Attaining Manufacturing Excellence* (Homewood, IL, Dow Jones-Irwin, 1987), p. 125. Derechos de reproducción © 1987 de McGraw-Hill Companies Inc.

DISTRIBUCIÓN FLEXIBLE DE LA LÍNEA Y EN FORMA DE U

Como se vio en el ejemplo anterior, el balanceo de la línea de ensamble muchas veces da por resultado que los tiempos de las estaciones de trabajo sean asimétricos. Las distribuciones flexibles de la línea, como los de la ilustración 7A.12, son comunes para atacar este problema. En el ejemplo de la compañía de juguetes, la línea en forma de U para compartir trabajo, como se presenta en la base de la figura, ayuda a resolver el desbalance.

MODELO MIXTO PARA EQUILIBRAR LA LÍNEA

Fabricantes que aplican el JIT, como Toyota, utilizan este enfoque. El objetivo es satisfacer la demanda de diversos productos y evitar que se formen inventarios grandes. El balance de la línea con un modelo mixto implica programar varios de los modelos que se producirán en un día o semana en una misma línea de forma cíclica.

EJEMPLO 7A.2: Modelo mixto para equilibrar la línea

A efecto de ilustrar como se hace, suponga que la compañía de juguetes tiene una línea de maquinado que realiza orificios en el marco de su camioneta modelo J y en el de su camioneta modelo K. El tiempo requerido para realizar los orificios no es igual para los dos tipos de camioneta.



El nuevo sistema de producción de Honda, en su planta de East Liberty, Ohio, permite que los sedán Accord sean producidos en la misma línea de ensamble que los compactos Civic y los camiones ligeros Element.

Suponga que, más adelante, la línea de ensamble final requiere el mismo número de marcos de la camioneta modelo J que de la modelo K. Suponga también que se desea establecer un tiempo de ciclo para la línea de maquinado equilibrado de modo que se produzca el mismo número de marcos J y K. Por supuesto que se podría producir marcos del modelo J durante varios días y, a continuación, producir marcos del modelo K hasta producir el mismo número de marcos. No obstante, esto crearía, innecesariamente, un inventario de trabajo en proceso.

Si se desea reducir el volumen del inventario de trabajo en proceso, se podría encontrar una mezcla del ciclo que disminuya sustantivamente la acumulación en el inventario, al mismo tiempo que cumpla con las restricciones de un número igual de marcos J y K.

Tiempos del proceso: 6 minutos por J y 4 minutos por K.

El día tiene 480 minutos (8 horas $\times$ 60 minutos)

SOLUCIÓN

$$6J + 4K = 480$$

Dado que se debe producir un número igual de J que de K (o $J = K$), se producirán 48J y 48K por día, o 6J y 6K por hora.

A continuación se presenta un balanceo de los marcos J y K.

Secuencia del modelo mixto equilibrado					Se repite 8 veces por día
Secuencia del modelo	J J	K K K	J J	J J	
Tiempo de operación	6 6	4 4 4	6 6	6 6	
Tiempo de los miniciclos	12	12	12	12	
Tiempo total del ciclo	60				

Esta línea está equilibrada con 6 marcos de cada tipo por hora, con miniciclos que duran 12 minutos.

Otro balanceo es J K K J K J, con tiempos de 6, 4, 4, 6, 4, 6. Este balanceo produce 3J y 3K cada 30 minutos con un miniciclo que dura 10 minutos (JK, KJ, KJ). ●

La forma en que Yasuhiro Mondon describe las operaciones de Toyota Motor Corporation ilustra la sencillez del balanceo con un modelo mixto (en condiciones de un programa de producción nivelada):

Las líneas finales de ensamble de Toyota son líneas de productos mixtos. El promedio de la producción diaria se obtiene a partir del número de vehículos que están dentro del programa de producción mensual, clasificados de acuerdo con sus especificaciones y dividiéndolos entre el número de días laborables.

Por cuanto se refiere a la secuencia de la producción de cada día, se calcula el tiempo del ciclo de cada vehículo con especificaciones diferentes. A efecto de que todos los vehículos especificados aparezcan dentro de su tiempo de ciclo, los diferentes vehículos especificados son ordenados de modo que uno siga al otro.³

PENSAMIENTO ACTUAL RESPECTO A LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE

No cabe duda que el uso generalizado de los métodos de la línea de ensamble para la producción ha incrementado de manera inmensa el ritmo de producción. Históricamente, el enfoque casi siempre ha sido utilizar a plenitud el trabajo humano; es decir, se han diseñado líneas de ensamble para minimizar el tiempo de inactividad de las personas. La utilización del equipo y las instalaciones han estado en el trasfondo porque se ha considerado que eran menos importantes. Investigaciones pasadas han tratado de encontrar soluciones óptimas como si el problema estuviera en un mundo que jamás cambia.

Visiones más nuevas de la línea de ensamble adoptan una perspectiva más amplia. La intención es incorporar una mayor flexibilidad para los productos fabricados en la línea, más variación en las estaciones de trabajo (como el número de trabajadores y el tamaño), más confiabilidad (por medio de un mantenimiento preventivo de rutina) y un producto de gran calidad (por medio de mejor maquinado y capacitación). El recuadro de Innovación, que habla de Dell Computer, describe cómo usar una combinación de líneas de ensamble y celdas de producción (el tema de la siguiente sección) cuando la demanda del producto cambia velozmente.

INNOVACIÓN

LA PLANTA DE SERVIDORES DE DELL COMPUTER USA LAS CELDAS

Las celdas unipersonales de producción que pueblan el corazón de la planta refuerzan la flexibilidad, elemento crítico del modelo de producción por pedido de Dell Computer. El operario experimentado de una celda estándar, con la ayuda de instrucciones para su trabajo en línea por la Web, puede armar cualquiera de las diez plataformas básicas de servidores con distintas configuraciones.

“Con el enfoque de construcción progresiva al viejo estilo, uno agrupaba bastante su producción todos los días, comenta Mark Lozano, gerente senior de control de producción. Uno



no podía cambiar lo que bajaba por la línea. Pero ahora, uno puede construir lo que quiera cuando quiera. En una celda tal vez tengamos una máquina de gran capacidad que sigue a una de baja capacidad. Este tipo de flexibilidad nos permite tener un tiempo más breve en el ciclo de todas nuestras plataformas”.

Los componentes de los servidores inician su recorrido por la planta en uno de dos puntos. En un área, las tarjetas madre son preparadas e instaladas en el chasis de la computadora. En la otra, el área de armar juegos, otros componentes son tomados de los estantes de existencias con la ayuda de un sistema computarizado que “elige por luz” y son colocados en las bolsas. De ahí, bandas inteligentes, ligadas al sistema de ejecución de la manufactura, entregan los materiales a una celda de construcción abierta que utiliza un proceso de jalar.

En la celda, el operario hace el resto, incluso coloca los tornillos. Kris Vorm, director de ingeniería dice: “La siguiente persona que la puede abrir es el cliente”. No hay un inspector de calidad más adelante que examine el interior de la unidad, a no ser que las pruebas electrónicas subsiguientes arrojen un molesto problema de calidad. Con un sistema de compañeros, un operario le pide a otro que haga una inspección visual antes de que atornille la tapa de la caja. La siguiente parada es el estante extendido de pruebas, donde se efectúa un detallado diagnóstico antes de bajar y probar el sistema operativo y el software de aplicaciones, todo ello basado en las especificaciones del cliente.

CELDAS

La distribución de celdas asigna máquinas diferentes a las celdas para que trabajen en productos que tienen requerimientos de procesamiento y formas similares. Las distribuciones basadas en celdas de manufactura ahora son utilizadas ampliamente en el maquinado metálico, la producción de chips de computadora y el trabajo de ensamblaje. El objetivo general es derivar los beneficios de la distribución por productos en una producción de tipo de talleres de trabajo. Algunos de estos beneficios son:

1. **Mejores relaciones humanas.** Las celdas contienen a unos cuantos trabajadores que forman un pequeño equipo de trabajo; un equipo produce unidades completas de trabajo.
2. **Mayor experiencia de los operarios.** Los trabajadores sólo ven un número limitado de piezas diferentes en un ciclo finito de producción, por lo cual la repetición significa un aprendizaje rápido.
3. **Menos inventario de trabajo en proceso y manejo de materiales.** Una celda combina varias etapas de producción, por lo cual hay menos piezas viajando por el taller.
4. **Preparación más rápida para la producción.** Menos trabajos significan menos maquinado y, por lo tanto, cambios más rápidos en las máquinas.

CREACIÓN DE UNA CELDA DE PRODUCCIÓN

El cambio de una distribución por proceso a una de celdas entraña tres pasos:

1. Agrupar las piezas en familias que siguen una secuencia común de pasos. Este paso requiere desarrollar y mantener una clasificación computarizada de las piezas y un sistema de codificación. Con frecuencia esto representa un gasto mayor en sistemas, aun cuando muchas compañías han desarrollado procedimientos que son un atajo para identificar las familias de piezas.
2. Identificar los patrones dominantes del flujo de las familias de piezas como base para ubicar o reubicar los procesos.
3. Agrupar las máquinas y los procesos físicamente dentro de las celdas. Muchas veces habrá piezas que no están asociadas con una familia y no se puede ubicar una maquinaria especializada en una celda sola debido a su uso general. Estas piezas y maquinaria inconexas son colocadas en una “celda remanente”.

La ilustración 7A.13 presenta el proceso para crear celdas con cuatro familias de piezas. La pieza A muestra la distribución original del proceso. La pieza B muestra una matriz de las rutas basada en el flujo de las piezas. La pieza C presenta la organización final en celdas, con el equipo ordenado en forma de U tradicional. El ejemplo supone que existen múltiples tornos, fresadoras, etc., de modo que cada celda contará con el número requerido de cada tipo de ellos ubicado físicamente en su interior.

CELDAS VIRTUALES DE PRODUCCIÓN

Cuando no es fácil mover el equipo, muchas compañías dedican una máquina en particular, de un conjunto de máquinas idénticas, a una distribución por proceso. Por decir, una celda virtual de producción para un proceso de producción de dos meses para un trabajo podría colocar el taladro 1 en el área de perforación, la fresadora 3 en el área de fresado y el área de ensamble 1 en el área de máquinas de ensamble. A efecto de acercar el flujo de la celda, todo el trabajo correspondiente a una familia particular de piezas se desempeñaría exclusivamente con estas máquinas específicas.

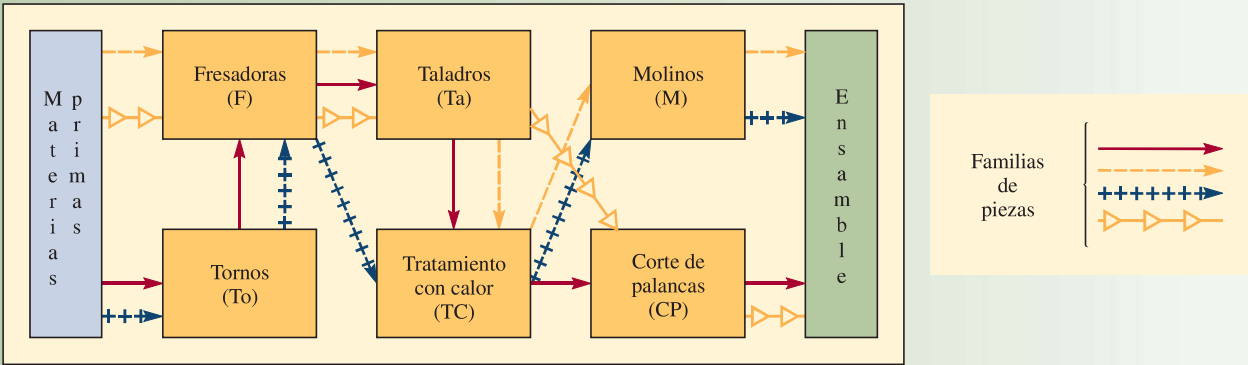
DISTRIBUCIONES POR PROYECTO

La distribución por proyecto se caracteriza porque tiene un número relativamente pequeño de unidades de producción en comparación con los formatos del centro de trabajo y la línea de ensamble. Cuando prepare la distribución por proyecto, piense que el producto es el eje de una rueda y que los materiales y el equipamiento están colocados de forma concéntrica en torno al punto de producción por orden de uso y dificultad de traslado. Así, al construir yates por pedido, por ejemplo, los remaches que se emplean en toda la construcción estarían colocados en el casco o cerca de él; las piezas pesadas del motor, que se deben trasladar al casco una sola vez, estarían colocadas en una ubicación más distante y las grúas estarían junto al casco porque se usan constantemente.

ilustración 7A.13

Creación de celdas de manufactura

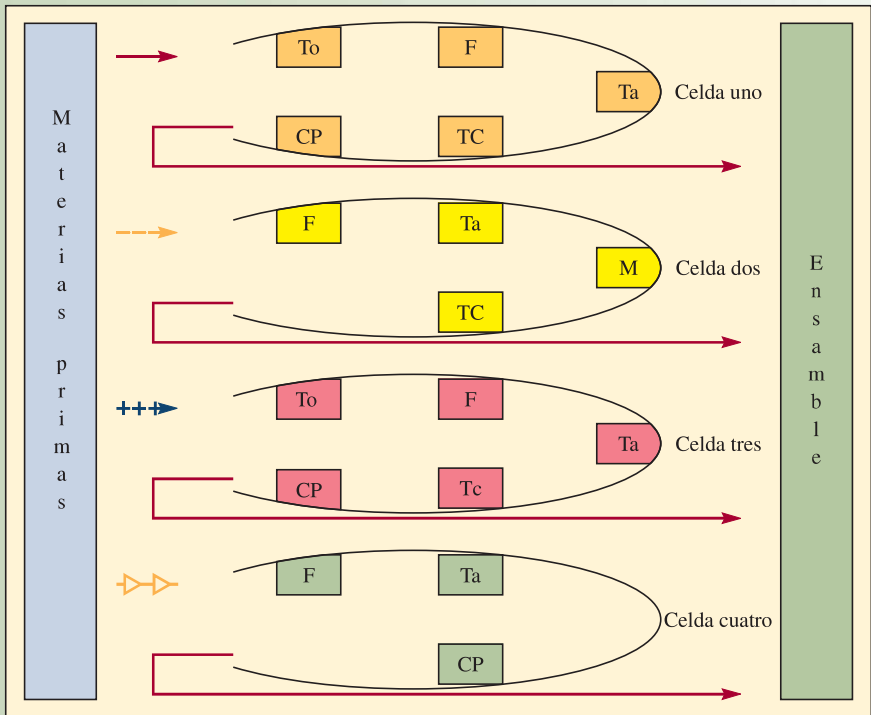
A. Distribución original del centro de trabajo (taller de tarea)



B. Matriz de rutas basada en el flujo de las piezas

Materias primas	Familia de piezas	Tornos	Fresadoras	Taladros	Tratamiento con calor	Molinos	Corte de palancas	a	Ensamble
	→	X	X	X	X		X	→	
	- - - - -		X	X	X	X		- - - - -	
	+++	X	X	X	X		X	+++	
	△△△		X	X			X	△△△	

C. Reasignación de las máquinas para formar celdas con base en los requerimientos de procesamiento de las familias de piezas



En la distribución por proyecto es común que las tareas estén bastante sujetas a un orden y, en la medida que la precedencia determine las etapas de producción, la distribución se podría crear ordenando los materiales de acuerdo con su prioridad tecnológica. Cabe esperar que este procedimiento se presente al crear la distribución de una máquina herramienta grande, como una máquina de estampado, en cuyo caso la manufactura sigue una secuencia rígida, el ensamble se realiza de abajo hacia arriba, y se van añadiendo piezas a la base, casi como si fueran bloques de construcción.

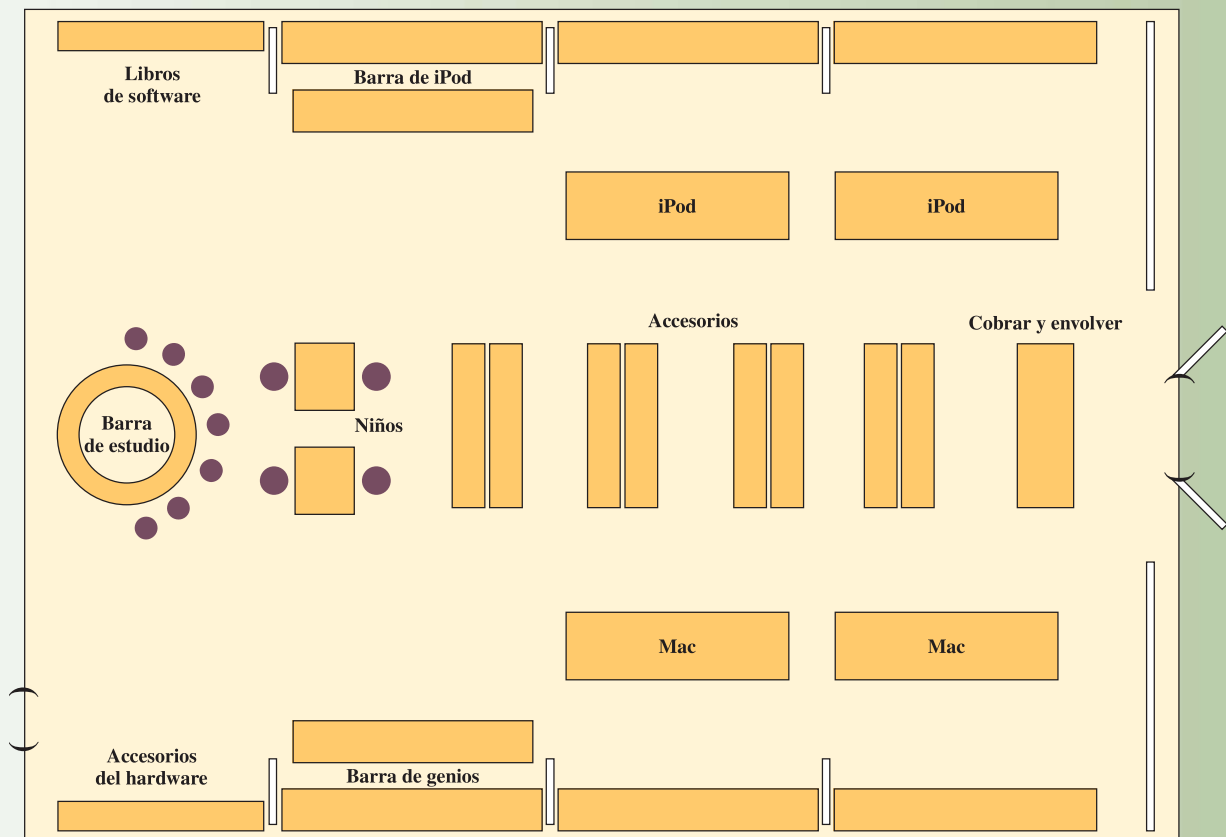
En lo que se refiere a las técnicas cuantitativas de distribución, la literatura que aborda los formatos por proyectos no dice gran cosa, si bien éstos se han utilizado desde hace miles de años. No obstante, en determinadas situaciones tal vez sea posible especificar criterios objetivos y crear la distribución por proyecto empleando medios cuantitativos. Por ejemplo, si el costo del manejo de materiales es considerable y si el sitio de construcción permite que el material se mueva más o menos en línea recta, entonces podría ser provechoso emplear la técnica de distribución del centro de trabajo.

DISTRIBUCIÓN PARA SERVICIOS MINORISTAS

El objetivo de la *distribución para servicios minoristas* (como la que hay en tiendas, bancos y restaurantes) es maximizar la utilidad neta por metro cuadrado de espacio de piso. Una compañía que ha sabido aprovechar cada centímetro de la distribución de su espacio para alcanzar este objetivo es Apple Computer. La ilustración 7A.14 presenta la distribución de una tienda minorista de Apple. Los clientes entran y salen de la tienda por un área de “pagar y envolver”. Los productos Mac y los iPods a nivel de la entrada están en la primera sección a la derecha y a la izquierda, en mostradores y en exhibidores en el muro. Los accesorios de estos productos están en el área central de la tienda.

Distribución de una tienda minorista de Apple

ilustración 7A.14



Todas las tiendas de Apple tienen una barra de Genios, donde los clientes reciben asesoría técnica o servicio de preparación y reparación de sus productos. A efecto de atender a la creciente cantidad de clientes de iPod en la barra de Genios, algunas tiendas nuevas también tienen una barra de iPod. La mayor parte de las tiendas tienen una estación llamada El Estudio, con un contexto parecido al de la barra de Genios, donde los clientes se pueden reunir con un “creativo” y recibir ayuda para proyectos que van desde organizar un álbum de fotos hasta la composición de música y la edición de películas. Las áreas para probar y “experimentar” los productos están ubicadas al fondo de la tienda. El software y los libros también están ubicados en la parte de atrás de la tienda. Un área especial para niños, con sillas bajas y una mesa redonda, ofrece un área para que prueben algunos productos populares.



Servicio

SERVICESCAPES

Como se dijo antes, el objetivo general de la distribución en los servicios detallistas suele ser maximizar la utilidad neta por metro cuadrado de espacio de piso. En las operaciones, esta meta muchas veces se traduce a criterios como “minimizar el costo de manejo” o “maximizar la exposición al producto”. No obstante, como observaron Sommers y Kernan hace más de 30 años, el hecho de aplicar estos criterios y otros similares durante la planeación de la distribución de los servicios “da por resultado tiendas que parecen almacenes y que requieren que los compradores aborden la tarea igual que las personas que escogen mercancía para surtir pedidos o que colocan mercancía en las vitrinas”.⁴ Por supuesto que los clientes de Wal-Mart y de Home Depot aceptan estos arreglos de buen agrado porque buscan ahorrar dinero en los precios.

Sin embargo, los servicios tienen otros aspectos, más humanistas, que también se deben considerar en la distribución. Bitner acuñó el término *servicescape* para referirse al contexto físico que rodea la prestación de los servicios y la manera en que este entorno afecta a los clientes y a los empleados. Para crear una buena distribución en la compañía de servicios (o en la fracción de la compañía manufacturera dedicada a los servicios) es preciso comprender el *servicescape*, el cual tiene tres elementos que se deben tomar en cuenta: las condiciones del ambiente, la distribución y la funcionalidad del espacio y los letreros, símbolos y otros objetos.⁵

El término *condición del ambiente* se refiere a las características del entorno, como la cantidad de ruido, la música, la iluminación, la temperatura y el olor que afectan el desempeño y el talante del empleado y las percepciones de los clientes respecto al servicio, la cantidad de tiempo que permanecerán en el interior del establecimiento y la cantidad de dinero que gastarán. Si bien muchas de estas características están sujetas primordialmente a la influencia del diseño del edificio (como la colocación de luminarias, los acabados acústicos y los ventiladores), la distribución en el interior del edificio también tiene un efecto. Las áreas cerca del lugar donde se prepara la comida olerán a comida, la iluminación en el pasillo de las butacas de un teatro debe ser suave, las mesas colocadas cerca del escenario serán ruidosas y las ubicadas cerca de la entrada tendrán corrientes de aire.

Dos aspectos de la *funcionalidad y la distribución del espacio* son especialmente importantes: la planeación de la ruta de circulación de los clientes y la forma de agrupar la mercancía. La meta de la planeación de la circulación es brindar a los clientes un camino que los exponga a la mayor cantidad de mercancía posible, al mismo tiempo que, a lo largo de la ruta, se colocan los servicios que se necesitarán y en la secuencia en que se necesitarán. Por ejemplo, las mueblerías de IKEA han sido diseñadas para garantizar que los clientes pasen por delante de cada producto antes de que paguen y salgan del establecimiento. Las tiendas también cuentan con barras de comida por el camino de modo que los compradores puedan comer algo sin salirse del camino. Las características de los pasillos tienen particular importancia. Además de determinar el número de pasillos que habrá, se debe tomar la decisión de su anchura, porque ésta está en función directa del tránsito esperado o deseado. El ancho de los pasillos también afecta la dirección del flujo que transita por el servicio. Dairy Store de Stew Leonard en Norwalk, Connecticut, ha sido diseñada de modo que resulta prácticamente imposible darle la vuelta al carrito de la compra una vez que se ha ingresado en el flujo de la ruta para las compras. En la distribución, los puntos focales que captan la atención de los clientes también se pueden emplear para atraerlos en la dirección deseada. La famosa luz azul de Kmart es un ejemplo. La foto de la página siguiente muestra otro ejemplo.

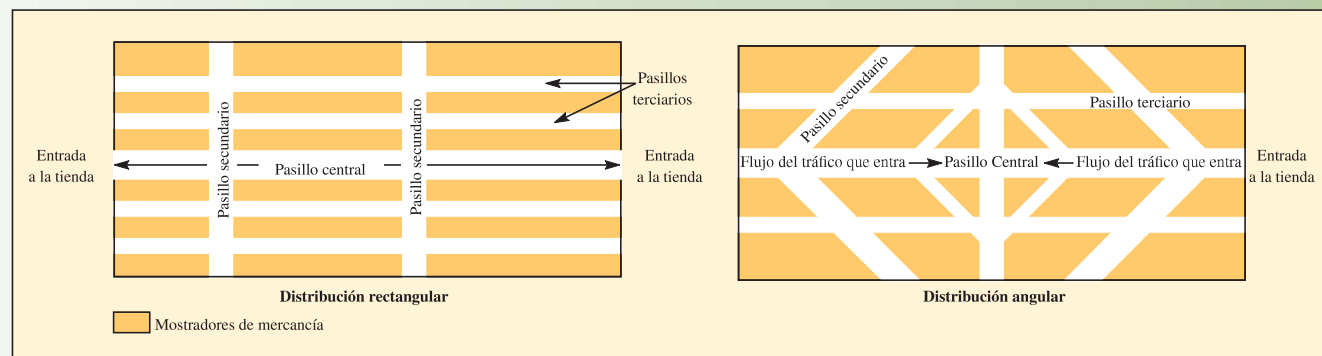
A efecto de resaltar la visibilidad que los clientes tienen de la mercancía conforme van recorriendo el pasillo principal, se pueden colocar pasillos secundarios y terciarios en ángulo. Piense en las dos distribuciones que presenta la ilustración 7A.15. La distribución rectangular probablemente requeriría aditamentos menos caros y tendría más espacio de exhibición. Si las consideraciones del almacenaje son importantes para la gerencia de la tienda, ésta sería la distribución más aconsejable. Por otra parte, la distribución angular ofrece al comprador una visibilidad mucho más clara de la mercancía y, en igualdad de condiciones, presenta un entorno de ventas más deseable.



Stew Leonard diseña sus tiendas para que los clientes sigan el flujo del camino cuando hacen sus compras. Caricaturas graciosas están colocadas por toda la tienda para captar la atención de los clientes y atraerlos hacia las distintas áreas de su interior.

Distribución de una tienda minorista de Apple

ilustración 7A.15



Ahora es práctica común basar los grupos de mercancía en la visión que el comprador tiene de los artículos relacionados, como contraria a la de las características físicas de los productos o a la del espacio en los anaqueles y los servicios requeridos. Esta filosofía de agrupación por asociación se encuentra en las *boutiques* de las tiendas de departamentos y las secciones de *gourmet* en los supermercados.

Viene al caso hacer una mención especial de unos cuantos lineamientos derivados de investigaciones de mercado y otras relacionadas con la planeación de la circulación y la agrupación de la mercancía.

1. En los supermercados, la gente tiende a observar un comportamiento de compra que sigue un patrón perimetral. Al colocar los artículos de elevada utilidad en los muros de la tienda se incrementará la probabilidad de que la gente los compre.
2. La mercancía rebajada que está colocada al final de un pasillo en los supermercados casi siempre se vende mejor que los mismos artículos rebajados colocados en otro lugar a lo largo del pasillo.
3. Los departamentos de crédito y otros que no se dedican a las ventas y que requieren que los clientes esperen para recibir el servicio deben estar colocados en los pisos altos o en las áreas “muertas”.
4. En las tiendas de departamentos, los lugares que están más cerca de la entrada a la tienda y contiguos a las vitrinas del frente son más valiosos en términos de potencial de ventas.

LETREROS, SÍMBOLOS Y OTROS OBJETOS

El término *letreros, símbolos y otros objetos* se refiere a aquellas partes del servicio que tienen un significado social. Tal como ocurre con el ambiente, éstos suelen ser una característica del diseño del edificio, aun cuando la orientación, la ubicación y el tamaño de muchos objetos y áreas pueden tener un significado especial. Por ejemplo:

- Antes, los ejecutivos de crédito de los bancos se podían identificar con facilidad porque sus escritorios estaban ubicados en una sección más alta del piso del banco llamada plataforma.
- Una persona que está sentada en el escritorio ubicado más cerca de la entrada suele ser la encargada de saludar a los clientes y de dirigirles a su destino.
- En una tienda con centros de trabajo, las áreas enlosetadas indican que se trata de pasillos para avanzar, mientras que las áreas alfombradas indican que son departamentos para mirar la mercancía.
- Algunos vendedores de automóviles tienen pizarras instaladas en sus oficinas porque una persona que escribe en una pizarra es símbolo de alguien digno de confianza y a quien se debe prestar atención (como un profesor).

Estos ejemplos seguramente le han llevado a comprender que la influencia de los factores conductuales provoca que la creación de reglas sólidas para la distribución del servicescape sea bastante difícil. Baste con decir que la elección de la distribución no es simplemente cuestión de escoger entre el espacio de exhibición y la facilidad de operación.

DISTRIBUCIÓN DE OFICINAS



Servicio



Global

La tendencia en la *distribución de oficinas* se dirige hacia las oficinas más abiertas, con espacios personales de trabajo separados tan sólo por muros divisorios bajos. Las compañías han eliminado los muros fijos para fomentar mayor comunicación y trabajo en equipo. Los letreros, los símbolos y otros objetos, como se explicó en la sección de la distribución para servicios, posiblemente son más importantes en la distribución de oficinas que en los servicios detallistas. Por ejemplo, el tamaño y la orientación de los escritorios indicarían la importancia o el profesionalismo de las personas sentadas detrás de ellos.

Las oficinas centrales de administración muchas veces están diseñadas y distribuidas de modo que transmitan la imagen deseada de la compañía. Por ejemplo, el complejo de oficinas administrativas de Scandinavian Airlines System (SAS), en las afueras de Estocolmo, es un conjunto de canales de dos pisos, con muros de cristal que dan la sensación de que existe la comunicación abierta y la jerarquía plana (pocos niveles de organización) características de la filosofía administrativa de la compañía.

Service-Master (la muy rentable compañía de administración de conserjería) ha colocado su “Sala de Conocimiento” en el centro de sus oficinas centrales. Esta sala contiene todos los productos físicos, los manuales de operaciones y las muestras pictóricas de rutas de carrera y otros símbolos del conocimiento clave esencial para el negocio. “Desde esta sala, el resto de la compañía se ve como un enorme aparato que sirve para llevar el conocimiento del mercado a sus empleados y clientes en potencia”.⁶

CONCLUSIÓN

La distribución de las instalaciones es donde se ve la realidad de las cosas en lo que respecta al diseño y la operación de un sistema de producción. Una buena distribución de la fábrica (o la oficina) puede proporcionar una verdadera ventaja competitiva porque facilita los procesos de flujo de materiales e información. También refuerza la vida laboral de los empleados. Una buena distribución para los servicios puede ser un “escenario” efectivo para desempeñar el encuentro del servicio. En conclusión, estas son algunas señales de una buena distribución en distintos entornos:

SEÑALES DE UNA BUENA DISTRIBUCIÓN PARA OPERACIONES DE PRODUCCIÓN Y DE OFICINAS

1. Patrón de flujo en línea recta (o adaptación).
2. Un mínimo de marcha atrás en el camino.
3. Tiempo de producción previsible.
4. Escaso almacenamiento de materiales entre etapas.

5. Pisos de planta abiertos para que todo el mundo vea lo que está sucediendo.
6. Operaciones que representan un cuello de botella bien controlado.
7. Estaciones de trabajo más cercanas.
8. Manejo y almacenaje ordenado de los materiales.
9. Nada de volver a manejar los materiales si no es necesario.
10. Fácil adaptación a condiciones cambiantes.

SEÑALES DE UNA BUENA DISTRIBUCIÓN PARA LOS SERVICIOS FRENTE A FRENTE

1. Patrón del flujo del servicio fácil de entender.
2. Instalaciones adecuadas de espera.
3. Fácil comunicación con los clientes.
4. Facilidad para mantener vigilados a los clientes.
5. Puntos claros de entrada y de salida, con capacidad adecuada para pagar a la salida.
6. Departamentos y procesos ordenados de modo que los clientes sólo vean lo que uno quiere que vean.
7. Balance entre las áreas de espera y las áreas de servicios.
8. Movimiento mínimo de materiales y para caminar.
9. Ausencia de amontonamientos.
10. Elevado volumen de ventas por metro cuadrado de piso.

VOCABULARIO BÁSICO

Centro de trabajo También llamada *distribución de taller de trabajo* o *distribución por funciones*; formato en el cual el equipo o las funciones similares se juntan en un mismo grupo.

Línea de ensamble El equipo o los procesos de trabajo son ordenados de acuerdo con los pasos progresivos para fabricar el producto.

Celda de manufactura Agrupa máquinas que no son similares para trabajar en productos que tienen requerimientos de procesamiento y formas similares.

Distribución por proyecto El producto permanece en un lugar y el equipo es llevado al producto.

Planeación sistemática de la distribución (PSD) Técnica para resolver problemas de la distribución de procesos cuando el uso de

datos numéricos de los flujos entre departamentos no es posible. La técnica usa un diagrama de relaciones de actividades que se ajusta por prueba y error hasta encontrar un patrón satisfactorio de adyacencias.

Tiempo del ciclo de la estación de trabajo El tiempo entre unidades sucesivas que salen del final de una línea de ensamble.

Balanceo de la línea de ensamble El problema de asignar todas las tareas de una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no tiene más de lo que se puede hacer dentro del tiempo de su ciclo, logrando minimizar el tiempo de inactividad en todas las estaciones de trabajo.

Relación de precedencia El orden en que se deben desempeñar las tareas dentro del proceso de ensamble.

PROBLEMAS RESUELTOS

PROBLEMA RESUELTO 1

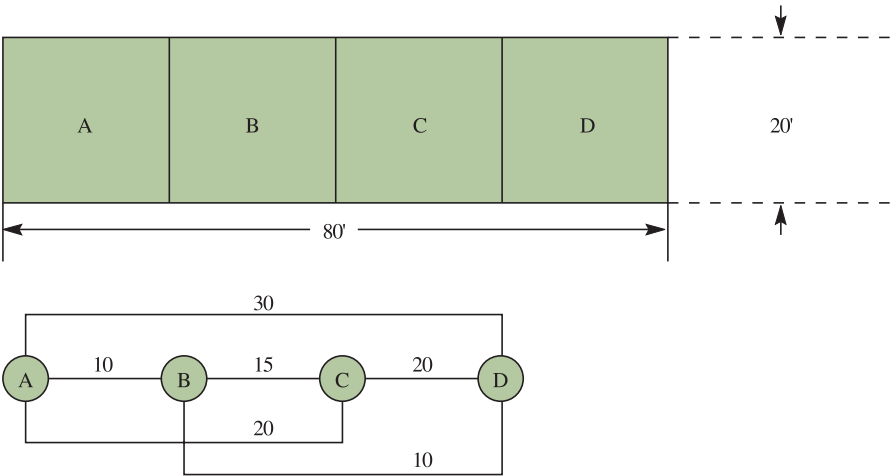
La oficina de asesoría de una universidad tiene cuatro despachos, cada uno dedicado a problemas específicos: solicitudes (despacho A), asesoría de horarios (despacho B), impugnación de calificaciones (despacho C) y asesoría de estudiantes (despacho D). La oficina mide 80 pies de largo y 20 de ancho. Cada despacho mide 20 por 20 pies. La ubicación actual de los despachos es A, B, C, D; es decir, una línea recta. El resumen de la carga muestra el número de contactos que cada consejero de un despacho tiene con los asesores de los otros despachos. Suponga que todos los asesores tienen el mismo valor.

Resumen de la carga: $AB = 10$, $AC = 20$, $AD = 30$,
 $BC = 15$, $BD = 10$, $CD = 20$.

- a) Evalúe esta distribución de acuerdo con el método del costo de manejo de los materiales.
- b) Mejore la distribución intercambiando las funciones de los despachos. Muestre qué tanto mejoró utilizando el mismo método que en el inciso a).

Solución

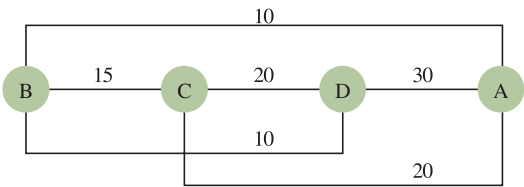
a)



Utilizando el método del costo de manejo de los materiales del ejemplo de la compañía de juguetes (véanse las ilustraciones 7A.1 y 7A.7) se obtienen los costos siguientes, suponiendo que cada elemento que no está contiguo duplica la distancia inicial del costo/unidad.

$AB = 10 \times 1 = 10$
 $AC = 20 \times 2 = 40$
 $AD = 30 \times 3 = 90$
 $BC = 15 \times 1 = 15$
 $BD = 10 \times 2 = 20$
 $CD = 20 \times 1 = 20$
Costo actual = 195

b) Una mejor distribución sería BCDA.



$AB = 10 \times 3 = 30$
 $AC = 20 \times 2 = 40$
 $AD = 30 \times 1 = 30$
 $BC = 15 \times 1 = 15$
 $BD = 10 \times 2 = 20$
 $CD = 20 \times 1 = 20$
Costo mejorado = 155

PROBLEMA RESUELTO 2

Las tareas siguientes deben ser desempeñadas en una línea de ensamble en la secuencia y los tiempos especificados:

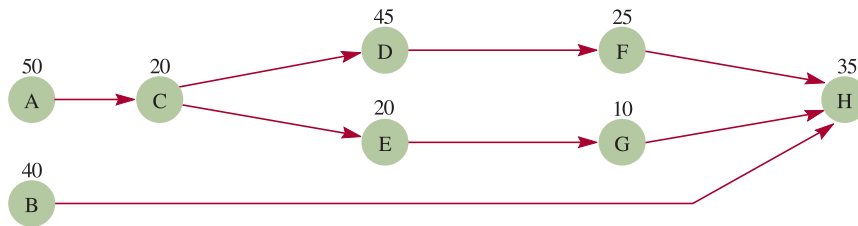
TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	TAREAS QUE DEBEN PRECEDER
A	50	—
B	40	—
C	20	A
D	45	C
E	20	C
F	25	D
G	10	E
H	35	B, F, G

- a) Dibuje un diagrama esquemático.
- b) ¿Cuál es el número mínimo de estaciones que se requiere, en teoría, para satisfacer la demanda pronosticada de 400 unidades por jornada de 8 horas?

- c) Aplique la regla de la tarea de tiempo más largo para equilibrar la línea en el número mínimo de estaciones para producir 400 unidades por día.

Solución

a)



- b) En teoría, el número mínimo de estaciones para satisfacer $D = 400$ es

$$N_t = \frac{T}{C} = \frac{245 \text{ segundos}}{\left(\frac{60 \text{ segundos} \times 480 \text{ minutos}}{400 \text{ unidades}} \right)} = \frac{245}{72} = 3.4 \text{ estaciones}$$

c)

	TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	TIEMPO REMANENTE NO ASIGNADO	TAREA REMANENTE VIALE
Estación 1	A	50	22	C
	C	20	2	Ninguna
Estación 2	D	45	27	E, F
	F	25	2	Ninguna
Estación 3	B	40	32	E
	E	20	12	G
	G	10	2	Ninguna
Estación 4	H	35	37	Ninguna

PROBLEMA RESUELTO 2

Los ingenieros de producción de Suny Manufacturing estaban trabajando en un nuevo juguete de control remoto llamado Camión Monster. La compañía contrató a un asesor en producción para que ayudara a establecer cuál era el mejor tipo de proceso de producción para satisfacer la demanda que se había pronosticado para este nuevo producto. El asesor recomendó que utilizaran una línea de ensamble. Le dijo a los ingenieros de producción que la línea debía tener capacidad para producir 600 Camiones Monster por día para satisfacer la demanda pronosticada. Los trabajadores de la planta trabajan ocho horas diarias. A continuación se presenta la información de la tarea del nuevo Camión Monster:

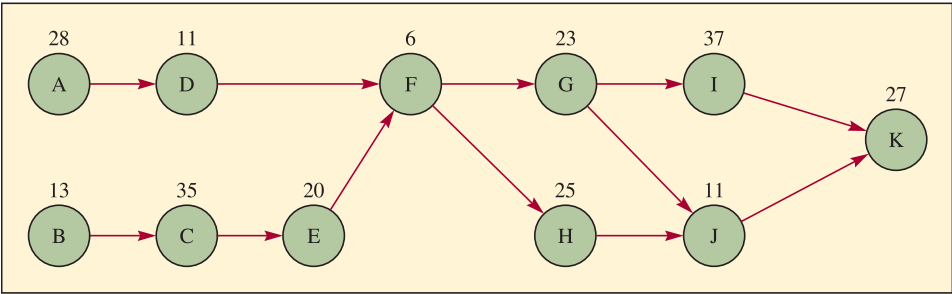
TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	TAREAS QUE DEBEN PRECEDER
A	28	—
B	13	—
C	35	B
D	11	A
E	20	C
F	6	D, E
G	23	F
H	25	F
I	37	G
J	11	G, H
K	27	I, J
Total	236	

- a) Dibuje el diagrama esquemático.
 b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo que se requiere para satisfacer la demanda pronosticada de 600 camiones por día considerando una jornada de ocho horas?

- c) Dada la respuesta del inciso b) ¿cuál es el número mínimo de estaciones de trabajo en teoría?
- d) Utilice la tarea de tiempo más largo, por orden alfabético, como elemento para romper el empate y equilibrar la línea en el número mínimo de estaciones para producir 600 camiones por día.
- e) Utilice la tarea de tiempo más corto con el número más grande de tareas subsiguientes como elemento para romper el empate y equilibrar la línea en el número mínimo de estaciones para producir 600 camiones por día.

Solución

a)



b)
$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producto por día}} = \frac{60 \text{ segundos} \times 480 \text{ minutos}}{600 \text{ camiones}} = \frac{28\,800}{600} = 48 \text{ segundos}$$

c)
$$N_t = \frac{T}{C} = \frac{236 \text{ segundos}}{48 \text{ segundos}} = 4.92 = 5 \text{ (redondeado)}$$

d)

	TAREAS VIABLES	TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	TIEMPO REMANENTE SIN ASIGNAR
Estación 1	A, B	A	28	20
	B, D	B	13	7
Estación 2	C, D	C	35	13
	D	D	11	2
Estación 3	E	E	20	28
	F	F	6	22
Estación 4	G, H	H	25	23
	G	G	23	0
Estación 5	I, J	I	37	11
	J	J	11	0
Estación 6	K	K	27	21

e)

TAREA	NÚMERO DE TAREAS SUBSIGUIENTES
A	7
B	8
C	7
D	6
E	6
F	5
G	3
H	2
I	1
J	1
K	0

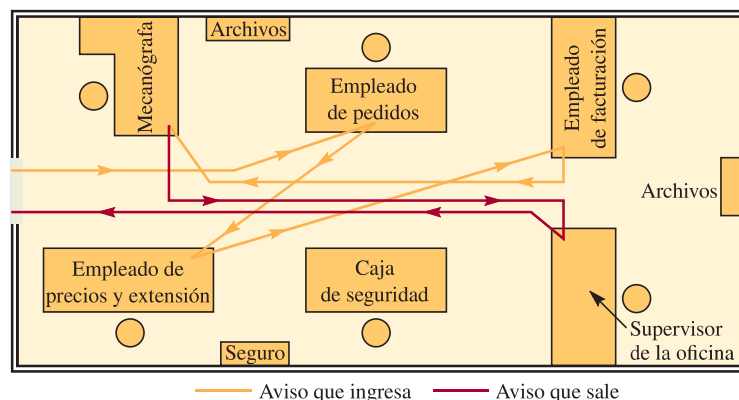
	TAREAS VIABLES	TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	TIEMPO REMANENTE SIN ASIGNAR
Estación 1	A, B	B	13	35
	A, C	A	28	7
Estación 2	C, D	D	11	37
	C	C	35	2
Estación 3	E	E	20	28
	F	F	6	22
Estación 4	G, H	G	23	25
	H, J	H	25	0
Estación 5	I, J	J	11	37
	I	I	37	0
Estación 6	K	K	27	21

PREGUNTAS DE REPASO Y DISCUSIÓN

1. ¿Qué tipo de distribución se utiliza en un gimnasio?
2. ¿Cuál es el objeto de equilibrar una línea de ensamble? ¿Usted cómo manejaría una situación en la cual un trabajador que, si bien se esfuerza, es 20% más lento que las otras diez personas de una línea?
3. ¿Cómo determina el porcentaje de tiempo inactivo derivado del balanceo de una línea de ensamble dada?
4. ¿Cuál es el requisito esencial para que las líneas con modelo mixto sean convenientes?
5. ¿Por qué sería difícil crear una celda de manufactura?
6. ¿En qué sentido la distribución de las instalaciones puede ser un problema de marketing en los servicios? Presente un ejemplo de la distribución de un sistema de servicios diseñada para maximizar la cantidad de tiempo que el cliente está dentro del sistema.
7. Piense en una tienda de departamentos. ¿Cuáles departamentos no deberían estar ubicados uno junto a otro? ¿Algunos departamentos se beneficiarían por estar contiguos?
8. ¿Cómo ayudaría una gráfica de flujo a planear la distribución de un servicescape? ¿Qué tipo de características actuarían como punto focal o atraerían a los clientes de alguna otra manera para que siguieran ciertas rutas al transitar por el servicio? En un supermercado, ¿cuáles departamentos deberían estar ubicados al principio de la ruta de los clientes? ¿Cuáles deberían estar ubicados al final?

PROBLEMAS

1. La Cooperativa Cyprus Citrus envía un elevado volumen de pedidos individuales de naranjas al norte de Europa. El papeleo para los avisos de embarque se realiza con la distribución que se presenta a continuación. Revise el plano para mejorar el flujo y, de ser posible, conservar los espacios.



2. Una línea de ensamble fabrica dos modelos de camiones: Buster y Duster. Los Buster toman 12 minutos cada uno y los Duster toman 8 minutos cada uno. El requisito de producción es de 24 diarios de cada tipo. Formule una secuencia perfectamente balanceada con un modelo mixto para satisfacer la demanda.

3. Una línea de ensamble operará ocho horas al día con una producción deseada de 240 unidades por día. La tabla siguiente contiene información acerca de los tiempos de la tarea de este producto y las relaciones de precedencia:

TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	PRECEDENTE INMEDIATO
A	60	—
B	80	A
C	20	A
D	50	A
E	90	B, C
F	30	C, D
G	30	E, F
H	60	G

- a) Dibuje el diagrama de precedencia.
 b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de la estación de trabajo?
 c) Balancee esta línea utilizando la tarea de tiempo más largo.
 d) ¿Cuál es la eficiencia del balanceo de su línea?
4. La producción diaria deseada de una línea de ensamble es de 360 unidades. Esta línea operará 450 minutos por día. La tabla que se presenta a continuación contiene información acerca de los tiempos de la tarea de este producto y de las relaciones de precedencia:

TAREA	TIEMPO DE LA TAREA (SEGUNDOS)	PRECEDENTE INMEDIATO
A	30	—
B	35	A
C	30	A
D	35	B
E	15	C
F	65	C
G	40	E, F
H	25	D, G

- a) Dibuje el diagrama de precedencia.
 b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de la estación de trabajo?
 c) Balancee la línea utilizando el número mayor de las tareas siguientes. Utilice la tarea de tiempo más largo como segundo criterio.
 d) ¿Cuál es la eficiencia del balanceo de su línea?
5. La tabla siguiente presenta algunas tareas y el orden en que se deben desempeñar de acuerdo con lo requerido para su ensamble. Las tareas se combinarán en las estaciones de trabajo para crear una línea de ensamble. La línea opera 7½ horas por día. La producción requerida es de 1 000 unidades por día.

TAREA	TAREAS PRECEDENTES	TIEMPO (SEGUNDOS)	TAREA	TAREAS PRECEDENTES	TIEMPO (SEGUNDOS)
A	—	15	G	C	11
B	A	24	H	D	9
C	A	6	I	E	14
D	B	12	J	F, G	7
E	B	18	K	H, I	15
F	C	7	L	J, K	10

- a) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de la estación de trabajo?
 b) Balancee la línea utilizando la tarea de tiempo más largo basado en el pronóstico de 1 000 unidades, explicando cuáles tareas se desempeñarían en cada estación de trabajo.
 c) ¿Cuál es la eficiencia del balanceo de su línea en el caso del inciso b)?
 d) Una vez iniciada la producción, el departamento de marketing se dio cuenta que habían subestimado la demanda y que deben incrementar la producción a 1 100 unidades. ¿Qué medidas tomaría usted? Sea específico en términos cuantitativos si fuera necesario.

6. Se ha presentado una solución inicial para el siguiente problema de distribución de un centro de trabajo. Dados los flujos descritos y un costo de 2.00 dólares por unidad por pie, calcule el costo total de la distribución. Cada local tiene 100 pies de largo y 50 de ancho, como muestra la siguiente ilustración. Utilice los centros de los departamentos para las distancias y mida la distancia utilizando una distancia rectilínea.

DEPARTAMENTO		A	B	C	D
DEPARTAMENTO	A	0	10	25	55
	B		0	10	5
	C			0	15
	D				0

7. El diseño de una línea de ensamble será para que opere $7\frac{1}{2}$ horas por día y que suministre una demanda constante de 300 unidades por día. A continuación se presentan las tareas y los tiempos para su desempeño:

TAREA	TAREAS PRECEDENTES	TIEMPO DE DESEMPEÑO (SEGUNDOS)	TAREA	TAREAS PRECEDENTES	TIEMPO DE DESEMPEÑO (SEGUNDOS)
a	—	70	g	d	60
b	—	40	h	e	50
c	—	45	i	f	15
d	a	10	j	g	25
e	b	30	k	h, i	20
f	c	20	l	j, k	25

- Dibuje el diagrama de precedencia.
 - ¿Cuál es el tiempo del ciclo de la estación de trabajo?
 - ¿Cuál es el número mínimo de estaciones de trabajo en teoría?
 - Asigne las tareas a las estaciones de trabajo utilizando el tiempo de operación más largo.
 - ¿Cuál es la eficiencia del balanceo de su línea?
 - Suponga que la demanda incrementa 10%. ¿Cómo reaccionaría usted ante este hecho? Suponga que sólo puede operar $7\frac{1}{2}$ horas por día.
8. S.L.P. Craft ha pedido su ayuda para elaborar la distribución de una nueva clínica de pacientes ambulatorios que construirá en California. Los datos que se presentan en el diagrama a continuación se han obtenido a partir de un análisis de otra clínica construida recientemente. Se incluye el número de viajes que los pacientes hacen entre departamentos en un día típico (mostrados sobre la línea diagonal) y las ponderaciones numeradas (definidos en la ilustración 7A.8) entre departamentos de acuerdo con lo especificado por los médicos de la nueva clínica (debajo de la diagonal). El nuevo edificio medirá 60 pies por 20 pies.
- Dibuje una gráfica de flujo entre departamentos que minimice los viajes de los pacientes.
 - Cree un diagrama de relaciones “buenas” utilizando la planeación sistemática de la distribución.
 - Elija la distribución obtenida en el inciso a o en el b y dibuje los departamentos a escala dentro del edificio.
 - ¿Esta distribución será satisfactoria para el personal de enfermería? Explique por qué.

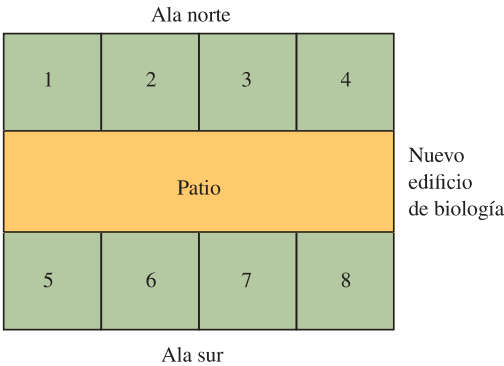
DEPARTAMENTO	2	3	4	5	6	SUPERFICIE REQUERIDA (PIES CUADRADOS)
1 Recepción	A 2	O 5	E 200	U 0	O 10	100
2 Rayos X		E 10	I 300	U 0	O 8	100
3 Quirófano			I 100	U 0	A 4	200
4 Consultorios (5)				U 0	I 15	500
5 Laboratorio					O 3	100
6 Estación de enfermeras						100

9. Las tareas siguientes serán desempeñadas en una línea de ensamble:

TAREA	SEGUNDOS	TAREAS QUE DEBEN PRECEDER
A	20	—
B	7	A
C	20	B
D	22	B
E	15	C
F	10	D
G	16	E, F
H	8	G

La jornada de trabajo es de siete horas. La demanda del producto terminado es de 750 por día.

- a) Encuentre el tiempo del ciclo.
 - b) ¿Cuál es el número de estaciones de trabajo en teoría?
 - c) Dibuje el diagrama de precedencia.
 - d) Balancee la línea utilizando las restricciones de la secuencia y la regla del tiempo más largo de operaciones.
 - e) ¿Cuál es la eficiencia de la línea balanceada como en el inciso d)?
 - f) Suponga que la demanda aumentara de 750 a 800 unidades por día. ¿Qué haría usted? Muestre las cantidades o los cálculos.
 - g) Suponga que la demanda pasa de 750 a 1 000 unidades por día. ¿Qué haría usted? Muestre las cantidades o los cálculos.
10. El presidente de Dorton University ha pedido al departamento de AO que asigne a ocho profesores de biología (A, B, C, D, E, F, G y H) a ocho cubículos (numerados del 1 al 8 en el diagrama) del nuevo edificio de biología.



Las distancias y los flujos de doble sentido son:

DISTANCIAS ENTRE OFICINAS (PIES)									FLUJOS EN DOBLE SENTIDO (UNIDADES POR PERIODO)								
	1	2	3	4	5	6	7	8		A	B	C	D	E	F	G	H
1	—	10	20	30	15	18	25	34	A	—	2	0	0	5	0	0	0
2		—	10	20	18	15	18	25	B		—	0	0	0	3	0	2
3			—	10	25	18	15	18	C			—	0	0	0	0	3
4				—	34	25	18	15	D				—	4	0	0	0
5					—	10	20	30	E					—	1	0	0
6						—	10	20	F						—	1	0
7							—	10	G							—	4
8								—	H								—

- a) Si no hay restricciones (limitaciones) ante la asignación de los profesores a los cubículos, ¿cuántas asignaciones alternativas habría que evaluar?

- b) El departamento de biología ha enviado la siguiente información y solicitudes al departamento de AO:

Los cubículos 1, 4, 5 y 8 son los únicos que tienen ventanas.

A debe ser asignado al cubículo 1.

D y E, los subdirectores del departamento de biología, deben tener ventanas.

H debe estar del otro lado del patio justo enfrente de D.

A, G y H deben estar en la misma ala.

F no debe estar junto a D o G ni directamente enfrente de G.

Encuentre la asignación óptima de los profesores a los cubículos que cumpla con todas las peticiones del departamento de biología y que minimice el costo total del manejo de materiales. Puede utilizar una lista de flujos de ruta como ayuda para los cálculos.

RUTA	FLUJO	RUTA	FLUJO	RUTA	FLUJO	RUTA	FLUJO	RUTA	FLUJO
A-B	2	B-C	0	C-D	0	D-E	4	E-F	1
A-C	0	B-D	0	C-E	0	D-F	0	E-G	0
A-D	0	B-E	0	C-F	0	D-G	0	E-H	0
A-E	5	B-F	3	C-G	0	D-H	0	F-G	1
A-F	0	B-G	0	C-H	3			F-H	0
A-G	0	B-H	2					G-H	4
A-H	0								

11. La siguiente tabla presenta el flujo de materiales por los ocho departamentos. La tabla muestra los flujos de ingreso y de salida de los distintos departamentos, pero suponga que la dirección del flujo no es importante. Además, suponga que el costo de trasladar el material sólo depende de la distancia que se traslade.

	DEPARTAMENTOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	—	20						
2	15	—	25				4	
3		5	—	40	5			
4			5	—	10			
5				20	—	30		
6						—	20	
7				3			—	10
8							5	—

- a) Cree un esquema de la distribución en el cual los departamentos estén ordenados en una cuadrícula de 2×4 , donde cada cuadro representa una superficie de 10×10 metros cuadrados.
- b) Evalúe su distribución midiendo la distancia multiplicada por el flujo. Suponga que la distancia se mide en línea recta (en este caso, los departamentos que están directamente adyacentes están separados por 10 metros y los que están en diagonal están separados por 20 metros).
12. Una empresa utiliza un sistema de ensamble en serie y debe responder lo siguiente:
- a) Se desea una producción de 900 unidades por turno (7.5 horas) para un nuevo sistema de procesamiento. El sistema requiere que el producto pase por cuatro estaciones donde el contenido del trabajo de cada estación dura 30 segundos. ¿Cuál es el tiempo del ciclo que se requiere para este sistema?
- b) ¿Qué tan eficiente es su sistema con el tiempo de ciclo que calculó?
- c) La estación 3 cambia y ahora requiere 45 segundos para terminar el trabajo. ¿Qué se debe hacer para satisfacer la demanda (suponga que sólo hay disponibles 7.5 horas)? ¿Cuál es la eficiencia del nuevo sistema?
13. La compañía Sun River es un productor regional de té, jugos exóticos y bebidas energéticas. Dado el interés por un estilo de vida más sano, la demanda de su fórmula sin azúcar ha registrado un incremento.

La operación del empaçado final requiere 13 tareas. Sun River embotella su producto sin azúcar 5 horas al día, 5 días a la semana. La demanda del producto es de 3 000 botellas a la semana. Utilizando los datos que se presentan a continuación, resuelva el problema del balanceo de la línea de ensamble y calcule la eficiencia de su solución. Utilice la tarea de tiempo más largo como criterio para su decisión.

TAREA	TIEMPO DE DESEMPEÑO (MINUTOS)	TAREA QUE DEBE SEGUIR
1	0.1	—
2	0.1	1
3	0.1	2
4	0.2	2
5	0.1	2
6	0.2	3, 4, 5
7	0.1	1
8	0.1	7
9	0.2	8
10	0.1	9
11	0.2	6
12	0.2	10, 11
13	0.1	12

14. Considere las siguientes tareas, tiempos y precedentes en el caso de una línea de ensamble de cajas de convertidores de televisión.

TIEMPO DE LA TAREA	TIEMPO (MINUTOS)	ELEMENTO PRECEDENTE
A	1	—
B	1	A
C	2	B
D	1	B
E	3	C, D
F	1	A
G	1	F
H	2	G
I	1	E, H

Dado un tiempo de ciclo de cuatro minutos, prepare dos distribuciones alternativas. ¿Cuál es la eficiencia de sus distribuciones?

PROBLEMA AVANZADO

15. La planta de Francis Johnson necesita diseñar una línea de ensamble muy eficiente para fabricar un nuevo producto. La línea de ensamble debe producir 15 unidades por hora y sólo hay espacio para cuatro estaciones de trabajo. La tabla siguiente muestra las tareas y el orden en que se deben desempeñar. Las tareas no se pueden dividir y sería demasiado costoso duplicar una tarea cualquiera.

TAREA	TIEMPO DE LA TAREA	ELEMENTO PRECEDENTE
A	1	—
B	2	—
C	3	—
D	1	A, B, C
E	3	C
F	2	E
G	3	E

- Dibuje el diagrama de precedencia.
- ¿Cuál es el tiempo del ciclo de la estación de trabajo?
- Balancee la línea de modo que sólo se requieran cuatro estaciones de trabajo. Utilice el método que considere conveniente.
- ¿Cuál es la eficiencia del balanceo de su línea?

C A S O : EL SOUVLAKI DE SOTERIOU

Soteriou deja de limpiar el piso y levanta la vista; la luz está encendida. Esto significa que la energía ha sido conectada finalmente y que su restaurante pronto volverá a abrir sus puertas en su nueva dirección.

El Souvlaki de Soteriou es como muchos de los pequeños restaurantes que se encuentran en el perímetro que rodea a la universidad. El restaurante se especializa en comida griega souvlaki (costillas de carnero), gyros, tiropita (empanadas de queso) y baklava (un pastelillo de pistache y miel) y goza de enorme popularidad entre los estudiantes.

Las operaciones son similares a las de casi todos los restaurantes de comida rápida. Los clientes entran y se forman en fila junto a la caja para colocar sus pedidos y pagar. Una vez preparada la comida se le entrega al cliente en el mostrador principal. Las bebidas son de autoservicio y los clientes despejan las mesas cuando terminan de comer. Soteriou normalmente se encarga de la cocina con la ayuda de un asistente que trabaja en la caja registradora.

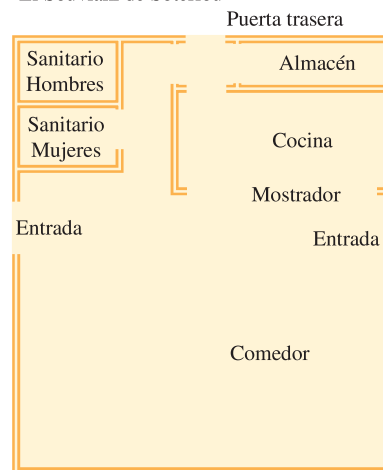
Hasta fecha reciente, el restaurante de Soteriou estaba en un centro comercial, en la zona de restaurantes, pero el daño provocado por un temblor, las limitaciones de espacio y las malas condiciones de los sanitarios le llevaron a cambiar el restaurante a este nuevo local. El nuevo local está en un pequeño edificio independiente y en donde antes se servían hamburguesas. Los dueños anteriores han retirado todo el equipo y las mesas, pero dejaron un enorme mostrador fijo para el servicio, el cual marca la separación física entre la cocina y el comedor (véase plano adjunto).

Sabedor de que los estudiantes cada vez están más conscientes de su salud (y tal vez un poco precipitado ante el espacio extra de piso del nuevo local), Soteriou ha decidido añadir una barra de ensaladas de autoservicio en el nuevo restaurante. La barra de ensaladas será muy parecida a la de otros restaurantes, pero con un toque más mediterráneo.

Al parecer, la nueva cocina no es mucho más grande que la vieja, pero es más estrecha. Para preparar sus especialidades griegas en la nueva cocina, Soteriou necesitará una parrilla/horno, un refrigerador para guardar la comida, una mesa de preparación (con charolas de caliente y frío para los condimentos, los acompañamientos y el pan de pita), un asador vertical de espita para la carne del gyro, una vitrina exhibidora con los tiropitas, el baklava y un lugar para los vasos y las tazas para las máquinas de autoservicio de bebidas.

La nueva área del comedor incluirá una zona de fumar y otra de no fumar, la barra de ensaladas, las máquinas de autoservicio de bebidas y un área para las colas de la caja. Por supuesto que la ubicación de la caja registradora será importante para la distribución de la cocina y del comedor.

El Souvlaki de Soteriou



Recargado sobre el mango del trapeador, Soteriou contempla el piso limpio y vacío. Ansioso de abrir el nuevo local, ya ha ordenado todo el equipo que necesita, pero ¿dónde lo colocará? Por desgracia, el equipo llegará mañana por la mañana. Cuando la cuadrilla de la entrega lo coloque en su lugar, él y su ayudante tendrán dificultad para reordenarlo solos.

PREGUNTAS

Las matrices de las ilustraciones 7A.16 y 7A.17 muestran la importancia de la cercanía en el caso del equipo de cocina y el comedor. Utilice la planeación sistemática de la distribución (con pesos numéricos de referencia) para preparar una distribución del piso de la cocina y del comedor del Souvlaki de Soteriou.

La cocina

	PARRILLA	MESA PREPARACIÓN	REFRIGER.	ASADOR VERTICAL	VITRINA DE EXHIBICIÓN
Caja registradora	X	A	X	U	A
Parrilla	—	A	A	U	E
Mesa de preparación	—	—	I	A	U
Refrigerador	—	—	—	U	X
Asador vertical	—	—	—	—	U
Vitrina de exhibición	—	—	—	—	—

ilustración 7A.16

ilustración 7A.17 El comedor

	NO FUMAR	FUMAR	BEBIDAS	BARRA DE ENSALADAS	ÁREA DE ESPERA
Caja registradora	U	U	I	I	A
No fumar	—	X	E	E	U
Fumar	—	—	I	I	U
Bebidas	—	—	—	U	U
Barra de ensaladas	—	—	—	—	X
Área de Espera	—	—	—	—	—

Fuente: Este caso fue preparado por Douglas Stewart. Su objetivo no es mostrar el manejo correcto o incorrecto de los alimentos.

C A S O : RENOVACIÓN DE LICENCIAS DE CONDUCIR ESTATALES

Henry Coupe, gerente de la sucursal metropolitana del departamento estatal de vehículos automotores, trató de analizar las operaciones de renovación de las licencias de conducir. Se debían desempeñar varios pasos en el proceso. Tras estudiar el proceso de renovación de licencias, identificó los pasos y los tiempos asociados al desempeño de cada paso, como muestra la ilustración 7A.18.

Coupe encontró que cada paso estaba asignado a una persona diferente. Cada solicitud era un proceso por separado en la secuencia que muestra la ilustración. Coupe determinó que su oficina debía estar preparada para dar cabida a la demanda máxima de procesamiento de 120 solicitudes de renovación por hora.

Observó que el trabajo estaba dividido asimétricamente entre los oficinistas y que la persona encargada de comprobar si había infracciones propendía a no cumplir bien su tarea para poder seguir el ritmo de los otros oficinistas. En los periodos de demanda máxima se formaban largas colas.

Coupe también encontró que los trabajos 1, 2, 3 y 4 eran manejados por oficinistas generales que recibían un pago de 12.00 dólares

por hora. El trabajo 5 era desempeñado por un fotógrafo que recibía un pago de 16 dólares por hora. El trabajo 6, la emisión de licencias temporales, por política del estado, tenía que ser manejado por un policía de tránsito uniformado. Los policías recibían un pago de 18 dólares por hora, pero se les podía asignar a cualquier trabajo, menos a la fotografía.

Una revisión de los trabajos arrojó que el trabajo 1, revisar si la solicitud estaba correcta, debía ser realizado antes que cualquier otro paso. Asimismo, el trabajo 6, emisión de la licencia temporal, no se podía desempeñar mientras no se hubiesen realizado todos los demás pasos. Las sucursales debían pagar 20 dólares por hora por cada cámara para sacar las fotos.

Coupe estaba sometido a una enorme presión para incrementar la productividad y reducir los costos, pero el director regional del departamento de vehículos automotores también le había dicho que debía manejar mejor la demanda de las renovaciones o, de lo contrario, “rodarían cabezas”.

ilustración 7A.18 Tiempos del proceso de renovación de licencias de conducir estatales

TRABAJO	PROMEDIO DE TIEMPO PARA REALIZAR (SEGUNDOS)
1. Revisar si la solicitud de renovación está correcta	15
2. Procesar y registrar pago	30
3. Revisar archivo para ver si hay infracciones y restricciones	60
4. Realizar examen de la vista	40
5. Fotografiar al solicitante	20
6. Emitir licencia temporal	30

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el número máximo de solicitudes por hora que se pueden manejar con la configuración actual del proceso?

2. ¿Cuántas solicitudes se pueden procesar por hora si se suma a otro oficinista para comprobar si existen infracciones?
3. Suponiendo que se añade un oficinista, ¿cuál es el número máximo de solicitudes que puede manejar el proceso?

4. ¿Qué sugeriría usted para modificar el proceso para dar cabida a 120 solicitudes por hora?

Fuente: P.R. Olsen, W.E. Sasser y D.D. Wyckoff, *Management of Service Operations: Text, Cases, and Readings*, pp. 95-96 © 1978. Reproducido con autorización de Pearson Education Inc., Upper Saddle River, Nueva Jersey.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Bitner, M.J. "Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customers and Employees", *Journal of Marketing* 56 (abril de 1992), pp. 57-71.
- Bollinger, S. *Fundamentals of Plant Layout*. Society of Manufacturing Engineers in Association with Richard Muther and Associates, 1998.
- Ghosh, S. y R. Gagnon. "A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems". *International Journal of Production Research* 27, núm. 4 (1989), pp. 637-670.
- Heragu, S. *Facilities Design*, Boston, MA: PWS Publishing Company, 1997.
- Hyer, N. y U. Wemmerlöv, *Reorganizing the Factory: Competing through Cellular Manufacturing*, Portland, OR: Productivity Press, 2002.
- Love, J.F. *McDonald's: Behind the Arches*. Nueva York: Bantam, 1986.
- Meyers, F.E. *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2000.
- Sule, D.R. *Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design*. Boston: PWS Publishing Company, 1994.
- Tompkins, J.A. y J.A. White. *Facilities Planning*. Nueva York: John Wiley & Sons, 2003.
- Underhill, P. *Why We Buy: The Science of Shopping*. Simon & Schuster, Nueva York, 1999.

NOTAS

1. Véase R. Muther y J.D. Wheeler, "Simplified Systematic Layout Planning", *Factory* 120, núms. 8, 9, 10 (agosto, septiembre y octubre de 1962), pp. 68-77, 111-119, 101-113.
2. El tiempo del ciclo de la estación de trabajo utilizado en este cálculo debe ser el tiempo real del ciclo que utilice la línea de ensamble.
3. Y. Monden, *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management* (Atlanta, GA, Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, 1983), p. 208.
4. M. S. Sommers y J.B. Kernan, "A Behavioral Approach to Planning, Layout and Display", *Journal of Retailing*, invierno de 1965-1966, pp. 21-27.
5. M.J. Bitner, "Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customers and Employees", *Journal of Marketing* 56 (abril de 1992), pp. 57-71.
6. R. Norman, *Service Management*, 2a. ed. (Nueva York: John Wiley & Sons, 1991), p. 28.