

capítulo

LOGÍSTICA Y UBICACIÓN DE INSTALACIONES

383 FedEx: Compañía global líder en logística

384 Logística

Definición de logística
Definición de logística internacional
Definición de compañías de logística de terceros (tercerización)

384 Decisiones sobre logística

Definición de cross-docking
Definición de sistemas de centros y derivaciones

387 Temas de la ubicación de instalaciones

Definición de zona de libre comercio
Definición de bloques comerciales

389 Métodos de ubicación de plantas

Sistemas de calificación de factores *Definición de sistemas de calificación de factores*
Método de transporte de la programación lineal *Definición de método de transporte*
Método del centroide *Definición de método del centroide*

394 Ubicación de instalaciones de servicio

397 Conclusión

400 Caso: Applichem: el problema del transporte

FedEx: COMPAÑÍA GLOBAL LÍDER EN LOGÍSTICA

FedEx ofrece a sus clientes diversas soluciones de logística. Estos servicios se encuentran segmentados con base en el tipo de necesidad del cliente, y van desde centros de distribución estratégicos hasta servicios de logística a gran escala que incorporan entregas inmediatas. Los siguientes son algunos de los servicios principales prestados a los clientes empresariales:

- **Centros de distribución de FedEx:** Estos centros ofrecen a las empresas servicios de almacenamiento estratégico, recorriendo a una red de almacenes en Estados Unidos y el extranjero. Este servicio está dirigido especialmente a empresas cuyo tiempo es crítico. Los bienes guardados en estos centros están disponibles de manera continua para su entrega en 24 horas.



Servicio



**Cadena
de suministro**



- **Manejo de devoluciones de FedEx:** Las soluciones de devoluciones de FedEx están diseñadas para agilizar el área de devoluciones de una compañía en la cadena de suministro. Estas herramientas de proceso inteligentes dan a los clientes servicios que ofrecen recolección, entrega y rastreo en línea para los artículos que es necesario devolver.

- **Otros servicios de valor agregado:** FedEx ofrece a sus clientes muchos otros servicios de valor agregado. Un ejemplo de éstos es un servicio de combinación en tránsito prestado a muchos clientes que requieren de una entrega rápida. Por ejemplo, en el programa de combinación en tránsito para un emparador de computadoras, FedEx puede almacenar productos periféricos como monitores e impresoras en su centro aéreo de Memphis y juntar esos productos con la computadora durante su envío al cliente.

LOGÍSTICA



**Cadena
de suministro**

Logística

Logística internacional

Compañías de logística de terceros (tercerización)

Un aspecto importante al diseñar una cadena de suministro eficiente para bienes fabricados es determinar la forma en que esos artículos se mueven de la planta del fabricante al cliente. En el caso de los productos para el consumidor, este proceso comprende a menudo mover el producto de la planta de manufactura al almacén y luego a la tienda detallista. Quizás usted no piense en ello con frecuencia, pero considere todos estos artículos que tienen la etiqueta “Hecho en China”. Es muy probable que esa sudadera haya realizado un viaje más largo que los que usted hace. Si usted vive en Chicago en Estados Unidos y la sudadera está hecha en la región Fujian en China, quizá recorrió más de 6 600 millas, unos 10 600 kilómetros, casi la mitad de una vuelta al mundo, para llegar a la tienda detallista donde la compró. A fin de mantener bajo el precio de la sudadera, es necesario que el viaje sea lo más eficiente posible. No se sabe cómo viajó esa prenda; quizá lo hizo en avión o en una combinación de vehículos, recorriendo parte del camino en camión y el resto en barco o avión. La logística se ocupa de mover los productos a través de la cadena de suministro.

La Association for Operations Management define la **logística** como “el arte y la ciencia de obtener, producir y distribuir el material y el producto en el lugar y las cantidades apropiados”. Ésta es una definición muy amplia, y este capítulo se enfoca en la forma de analizar la ubicación de los almacenes y las plantas, y en cómo evaluar el movimiento de los materiales a y desde esos lugares. El término **logística internacional** se refiere a la gestión de estas funciones cuando el movimiento es en una escala mundial. Es evidente que, si la sudadera hecha en China se vende en Estados Unidos y Europa, su comercialización requiere de una logística internacional.

Hay compañías que se especializan en logística, como United Parcel Service (UPS), Federal Express (FedEx) y DHL. Estas empresas globales están en el negocio de mover todo, desde flores hasta equipo industrial. En la actualidad, una compañía de manufactura contrata una de estas empresas para que se haga cargo de muchas de sus funciones de logística. En este caso, las compañías de transporte se conocen como **compañías de logística de terceros (tercerización)**. La función más básica es mover los productos de un lugar a otro; pero es probable que además ofrezcan servicios adicionales como manejo de almacenes, control de inventario y otras funciones de servicio a clientes.

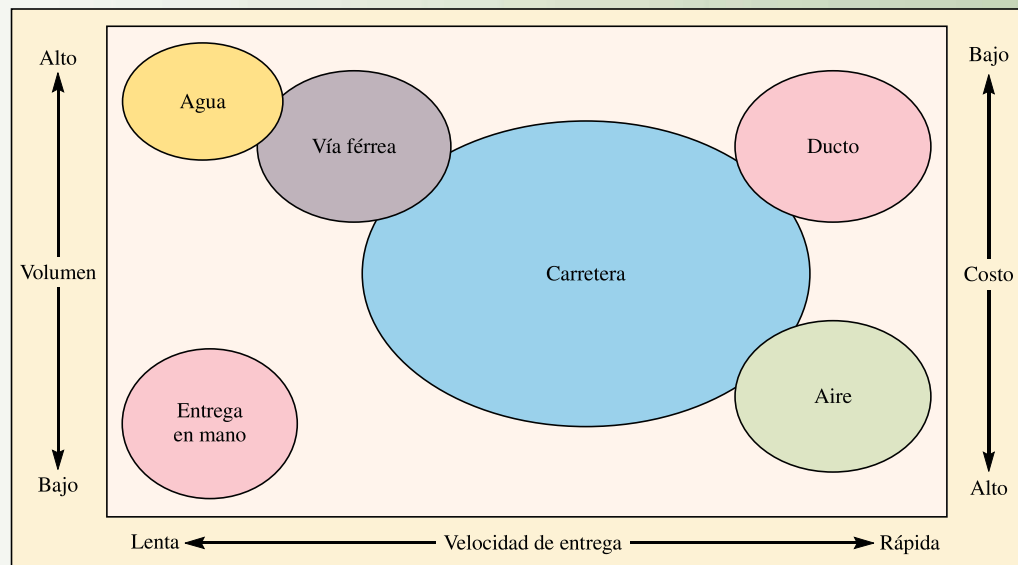
La logística es un gran negocio y representa de 8 a 9% del producto interno bruto de Estados Unidos, y va en crecimiento. Los centros de almacenamiento y distribución actuales, modernos y eficientes, son el corazón de la logística. Estos centros son cuidadosamente administrados y operados para garantizar el almacenamiento seguro y el flujo rápido de los bienes, los servicios y la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo.

DECISIONES SOBRE LOGÍSTICA

El problema de decidir cómo transportar mejor los bienes de las plantas a los clientes es complejo y afecta el costo de un producto. Comprende esfuerzos importantes relacionados con el costo de transporte del producto, la velocidad de la entrega y la flexibilidad para reaccionar ante los cambios. Los sistemas de información desempeñan un papel importante en la coordinación de actividades e incluyen tareas como distribución de los recursos, manejo de los niveles de inventario, programación y rastreo de pedidos. Un análisis completo de estos sistemas sale del alcance de este libro, pero en capítulos posteriores se revisa el control de inventarios básico y su programación.

Matriz de diseño de sistemas de logística: estructura que describe los procesos de logística

ilustración 11.1



Una decisión clave consiste en cómo transportar el material. La matriz de diseño de sistemas logísticos que muestra la ilustración 11.1 presenta las alternativas básicas. Existen seis medios de transporte muy populares: carretera (camiones), agua (barcos), aire (aviones), vías férreas (trenes), ductos y entrega a mano. Cada modo es adecuado para manejar ciertos tipos de productos, como se describe a continuación:

- **Carretera (camión).** En realidad, pocos productos se mueven sin un tipo de transporte por carretera. Las carreteras ofrecen mucha flexibilidad para transportar bienes a casi cualquier lugar que no esté separado por agua. El tamaño del producto, su peso y su condición de líquido o bulto no afectan este modo de transporte.
- **Agua (barco).** Capacidad muy alta y costo muy bajo, pero los tiempos de tránsito son lentos y grandes áreas del mundo no son accesibles para la transportación por agua. Este modo es útil sobre todo para los artículos muy voluminosos como el petróleo, el carbón y los productos químicos.
- **Aire.** Rápido pero costoso. Los artículos pequeños, ligeros y costosos son los más apropiados para este modo de transporte.





- **Vías férreas (trenes).** Ésta es una alternativa de bajo costo, pero los tiempos de tránsito pueden ser largos y estar sujetos a la variabilidad. Lo adecuado del tren puede variar dependiendo de la infraestructura férrea. La infraestructura europea está muy desarrollada, por lo que resulta una alternativa atractiva en comparación con los camiones, mientras que en Estados Unidos, la infraestructura ha declinado en los últimos 50 años, por lo que resulta menos atractiva.
- **Ductos.** Un modo de transporte muy especializado y limitado a líquidos, gases y sólidos suaves. No es necesario empacarlos y los costos por milla son bajos. Aunque el costo inicial de construir un ducto es muy alto.
- **Entrega a mano.** Éste es el último paso en muchas cadenas de suministro. Hacer llegar el producto al cliente es una actividad relativamente lenta y costosa debido al alto contenido de mano de obra.

Pocas compañías utilizan un solo medio de transporte. Las soluciones multimodales son muy comunes, y encontrar las estrategias multimodales correctas puede ser un problema significativo. El problema de la coordinación y la programación de los transportistas requiere de sistemas de información muy completos capaces de rastrear los productos en todo el sistema. A menudo, se utilizan contenedores estandarizados con el fin de poder transferir el producto con eficiencia de un camión a un avión o barco.

Cross-docking Se utilizan almacenes de consolidación especiales cuando los embarques de varias fuentes se unen y combinan en embarques mayores con un destino común. Esto aumenta la eficiencia de todo el sistema. El **cross-docking** es una estrategia utilizada en estos almacenes de consolidación, donde en lugar de hacer envíos

más grandes, éstos se dividen en envíos más pequeños para la entrega local en un área. A menudo esto puede hacerse de manera coordinada a fin de que los bienes nunca se almacenen como inventario.

Los minoristas reciben los envíos de muchos proveedores en sus almacenes regionales y de inmediato ordenan los envíos de entrega a cada tienda usando cross-docking. Esto se realiza a menudo de manera coordinada mediante sistemas de control computarizados y da como resultado una cantidad mínima de inventario manejado en los almacenes.

Los **sistemas de centros y derivaciones** combinan la idea de la consolidación y el cross-docking. En este caso, el almacén se conoce como “centro” y su único propósito es el de clasificar los bienes. Los productos que llegan se clasifican de inmediato a las áreas de consolidación, cada una de las cuales tiene designado un lugar de envío específico. Los centros se ubican en lugares estratégicos cerca del centro geográfico de la región a la que sirven para minimizar la distancia que un producto debe viajar.

El diseño de estos sistemas es una tarea interesante y compleja. La sección siguiente se enfoca en el problema de la ubicación de plantas y almacenes como representativo del tipo de decisiones de logística que es necesario tomar. La logística es un tema muy amplio y sus elementos evolucionan conforme se amplían los servicios de valor agregado ofrecidos por las empresas de logística. Tener una red con diseño apropiado es fundamental para la eficiencia en la industria.

Cross-docking

Sistemas de centros y derivaciones

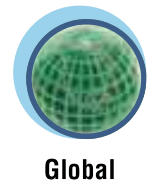
TEMAS DE LA UBICACIÓN DE INSTALACIONES

El problema de la ubicación de las instalaciones está presente tanto en las empresas nuevas como en las existentes, y su solución es crucial para el éxito eventual de una compañía. Un elemento importante al diseñar la cadena de suministro de una compañía es la ubicación de sus instalaciones. Por ejemplo, 3M cambió una parte importante de su actividad corporativa, incluido Investigación y Desarrollo, al clima más templado de Austin, Texas. Toys “Я” Us abrió instalaciones en Japón como parte de su estrategia global. Disney eligió París, Francia, para su parque temático en Europa, y BMW arma el auto deportivo Z3 en Carolina del Sur. Las decisiones de ubicación de las compañías de servicio y manufactura están guiadas por una variedad de criterios definidos por los imperativos competitivos. A continuación, se analizan los criterios que influyen en la planeación de la ubicación de una planta de manufactura y un almacén.

Proximidad con los clientes. Por ejemplo, NTN Drive Shafts de Japón construyó una importante planta en Columbus, Indiana, para estar más cerca de las principales plantas de manufactura automotriz en Estados Unidos, cuyos compradores quieren que los bienes se entreguen ayer. Dicha proximidad ayuda también a garantizar que las necesidades del cliente se tomen en cuenta en el desarrollo y armado de los productos.

Clima de negocios. Un clima de negocios favorable puede incluir la presencia de empresas de tamaño similar, la presencia de compañías en la misma industria y, en el caso de los sitios internacionales, la presencia de otras empresas extranjeras. La legislación gubernamental a favor de las empresas y la intervención del gobierno local para facilitar los negocios ubicados en cierta área a través de subsidios, reducción de impuestos y otro tipo de apoyo también son factores importantes.

Costos totales. El objetivo es seleccionar un sitio con el costo total más bajo. Esto incluye costos regionales, costos de distribución interna y costos de distribución externa. Los costos del terreno, la construcción, la mano de obra, los impuestos y la energía constituyen los costos regionales. Además, existen costos ocultos que resulta difícil medir. Éstos comprenden 1) el movimiento excesivo del material de preproducción entre ubicaciones antes de la entrega final a los clientes y 2) la pérdida de



La planta de Alcoa en Portland, Victoria (Australia) es una de más de dos docenas de fundidoras que producen principalmente aluminio para Alcoa. La creación de parques alrededor del sitio le ha ganado el título de “la fundidora en el parque” y es el único lugar fuera de Estados Unidos que tiene la certificación de Hábitat viable del Wildlife Habitat Enhancement Council.

LA CONVENIENCIA IMPULSA LAS DECISIONES EN HONDA

Honda anunció que construiría su sexta planta de ensamblaje en Greensburg, Indiana. Como lo publicó el *Chicago Tribune*, la decisión se basó en “La ubicación, la ubicación, la ubicación. Indiana la tenía. Illinois y Ohio no”. Honda invertirá 550 millones de dólares en la operación, que dará empleo a 2 000 trabajadores cuando empiece a producir 200 000 vehículos al año en 2008. No se anunció qué vehículos o modelos específicos se van a armar en Greensburg, pero será una “planta flexible” capaz de producir varios modelos.



Mientras los funcionarios de Indiana confirmaron la promesa de Honda de 141.5 millones de dólares en incentivos, Larry Jutte, ejecutivo de la compañía, rechazó la idea de que éstos fueran un factor. “No fue una cuestión de los incentivos ofrecidos; ésa nunca fue una consideración. Fue una cuestión de logística, el factor humano, la infraestructura y la ubicación.” Dijo que la decisión se basó en la proximidad a los proveedores de piezas, sobre todo de los motores de cuatro cilindros para las operaciones de Honda en Anna, Ohio. El sitio de Greensburg de 1 700 acres está cerca de la carretera I-74 y aproximadamente a 50 millas al suroeste de Indianápolis y se construirá con la expansión como una posibilidad. Hasta el momento, Honda ha invertido un total de 9 mil millones de dólares en instalaciones en América del Norte.

Un dato interesante es que esta planta quedará cerca de Indy 500. “Durante más de 50 años, las carreras han sido una parte fundamental de la cultura de Honda, y las usamos para capacitar a nuestros ingenieros”, explicó Koichi Kondo, presidente y director general de American Honda. “El mes pasado, el auto ganador en Indy 500 tenía un motor Honda. De hecho, los 33 autos en la carrera tenían motores Honda.” Lo más sorprendente es que, en la carrera de 2006, por primera vez, no hubo ninguna falla en los motores. Kondo afirmó que Honda e Indiana han comenzado una larga carrera juntas.

Fuentes: “Convenience Drives Indiana to Victory”, *Chicago Tribune-Business*, 29 de junio de 2006, <http://blogs.edmunds.com/>; <http://corporate.honda.com/press>.

la capacidad de respuesta al cliente debido a la lejanía de la base de clientes más importante.

Infraestructura. El transporte por carretera, ferrocarril, aire o mar es vital; pero también es preciso cubrir los requerimientos de energía y telecomunicaciones. Además, la disposición del gobierno local a invertir en la actualización de la infraestructura a los niveles requeridos puede ser un incentivo para seleccionar una ubicación específica.

Calidad de mano de obra. Los niveles educativos y de habilidades de la mano de obra deben estar de acuerdo con las necesidades de la compañía. La disposición y la capacidad de aprender son todavía más importantes.

Proveedores. Una base de proveedores competitivos y de alta calidad hace que una ubicación determinada sea adecuada. La proximidad de las plantas de los proveedores más importantes también apoya los métodos de manufactura simple.

Otras instalaciones. La ubicación de otras plantas o centros de distribución de la misma compañía puede influir en el asentamiento de la nueva instalación dentro de la red. Los aspectos de la mezcla de productos y la capacidad tienen una interconexión muy estrecha con la decisión de la ubicación en este contexto.

Zonas de libre comercio. Una zona de comercio exterior o una **zona de libre comercio** es un lugar cerrado (bajo la supervisión del departamento de aduanas) en la que es posible comprar bienes extranjeros sin que estén sujetos a los requerimientos aduanales normales. En la actualidad, en Estados Unidos, hay alrededor de 260 zonas de libre comercio. Estos lugares especializados también existen en otros países. En las zonas de libre comercio, los fabricantes pueden usar componentes importados en el producto final o demorar el pago de los aranceles hasta que el producto se envíe al país anfitrión.

Riesgo político. Los escenarios geopolíticos que cambian con rapidez en muchos países presentan oportunidades emocionantes y desafiantes, pero la prolongada etapa de transformación por la que

Zona de libre comercio



Global

muchos países pasan dificultad en gran medida la decisión de ubicarse en esas áreas. Los riesgos políticos tanto en el país de ubicación como en el país anfitrión influyen en las decisiones de ubicación.

Barreras gubernamentales. Las barreras para entrar y ubicarse en muchos países se han eliminado actualmente gracias a la legislación. Sin embargo, al planear la ubicación, es preciso tomar en cuenta muchas barreras no legislativas y culturales.

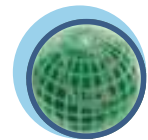
Bloques comerciales. El Acuerdo de Libre Comercio de América Central (ALCAC) es uno de los nuevos **bloques comerciales** en nuestro hemisferio. Estos acuerdos influyen en las decisiones de ubicación, dentro y fuera de los países que pertenecen al bloque comercial. Por lo regular, las empresas se ubican, o reubican, dentro de un bloque para aprovechar las nuevas oportunidades de mercado o los costos totales más bajos que el acuerdo comercial permite. Otras compañías (aquellas que se encuentran fuera de los países que pertenecen al bloque) deciden ubicarse dentro del mismo con el fin de no quedar descalificadas para competir en el nuevo mercado. Algunos ejemplos son el establecimiento de muchas plantas de manufactura automotriz japonesas en Europa antes de 1992, así como los movimientos recientes por parte de muchas empresas de comunicación y servicios financieros a México en el ambiente posterior al TLC.

Regulaciones ambientales. Las regulaciones ambientales que tienen un impacto sobre determinada industria en una ubicación se deben incluir en las decisiones de ubicación. Además de las implicaciones mensurables en los costos, estas regulaciones influyen en la relación con la comunidad local.

Comunidad anfitriona. El interés de la comunidad anfitriona en tener la planta es una parte fundamental en el proceso de evaluación. Las instalaciones educativas locales y la calidad de vida también son importantes.

Ventaja competitiva. Una decisión importante para las compañías multinacionales es el país en el que se va a ubicar la sede de cada negocio. Porter sugiere que una empresa puede tener varias sedes diferentes para cada negocio o segmento. La ventaja competitiva se crea en una sede en la que se establece una estrategia, se crean el producto central y la tecnología del proceso, y tiene lugar gran parte de la producción. De modo que una compañía debe cambiar su sede a un país que estimule la innovación y proporcione el mejor ambiente para la competitividad global.¹ Este concepto también se puede aplicar en el caso de las compañías nacionales que buscan obtener una ventaja competitiva sostenible. Esto explica, en parte, el surgimiento de los estados del sureste de Estados Unidos como el destino corporativo preferido en el país (es decir, el clima de negocios fomenta la innovación y la producción a bajo costo).

Bloques comerciales



Global

MÉTODOS DE UBICACIÓN DE PLANTAS

Como se verá, hay muchas técnicas para identificar los sitios potenciales para las plantas y otro tipo de instalaciones. El proceso requerido para centrar la decisión en un área en particular puede variar en gran medida dependiendo del tipo de negocio en el que está la empresa y las presiones competitivas a considerar. Como ya se estudió, a menudo existen muchos criterios diferentes que es necesario tomar en cuenta al seleccionar de un grupo de sitios factibles.

En esta sección, se muestran tres tipos de técnicas diferentes que han probado ser muy útiles para muchas empresas. El primero es el *sistema de calificación de factores* que permite considerar muchos tipos de criterios distintos utilizando escalas simples de calificación por puntos. A continuación, se considera el *método de transportación* de la programación lineal, una técnica muy poderosa para calcular el costo de usar una red de plantas y almacenes. Después, se revisa el *método del centroide*, técnica que se utiliza con frecuencia en las compañías de comunicación (proveedores de teléfonos celulares) para ubicar sus torres de transmisión. Por último, al final del capítulo, se considera la forma en que las empresas de servicios, como McDonald's y State Farm Insurance, usan las técnicas estadísticas para encontrar la ubicación de sus instalaciones.

SISTEMAS DE CALIFICACIÓN DE FACTORES

Los **sistemas de calificación de factores** son quizá las técnicas de ubicación generales que se utilizan con mayor frecuencia porque ofrecen un mecanismo para combinar diversos factores en un formato fácil de entender.

Sistemas de calificación de factores

Por ejemplo, una refinería asignó el siguiente rango de valores porcentuales a los principales factores que afectan un grupo de sitios posibles:

	RANGO
Combustibles en la región	0 a 330
Disponibilidad y confiabilidad de la energía	0 a 200
Clima laboral	0 a 100
Condiciones de vida	0 a 100
Transportes	0 a 50
Abastecimiento de agua	0 a 10
Clima	0 a 50
Suministro	0 a 60
Políticas y leyes fiscales	0 a 20

Se calificó cada sitio con base en cada factor y se seleccionó un valor porcentual de su rango asignado. Luego se compararon las sumas de los puntos asignados para cada sitio y se eligió el sitio con más puntos.

Un problema importante con los esquemas sencillos de calificación por puntos es que no toman en cuenta la amplia variedad de costos que pueden ocurrir en cada factor. Por ejemplo, quizás haya una diferencia de unos cuantos miles de dólares entre la mejor y la peor ubicación en un factor y varios cientos de dólares entre la mejor y la peor ubicación en otro factor. Es probable que el primer factor tenga la mayor cantidad de puntos pero que no sea de gran ayuda al tomar la decisión sobre la ubicación; y tal vez el segundo tenga pocos puntos pero muestre una diferencia real en el valor de las ubicaciones. Para manejar este problema, se sugiere la derivación de los puntos posibles para cada factor utilizando una escala de ponderación con base en las desviaciones estándar de los costos, en lugar de usar sólo las cantidades de los costos. De esta manera, es posible considerar los costos relativos.

Método de transporte

MÉTODO DE TRANSPORTE DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

El **método de transporte** es un método de programación lineal especial. (Recuerde que la programación lineal se estudia con detalle en el capítulo 2A.) Obtiene su nombre de su aplicación en problemas que comprenden la transportación de productos de varias fuentes a diversos destinos. Los dos objetivos comunes de estos problemas son 1) minimizar el costo de enviar n unidades a m destinos o 2) maximizar la utilidad de enviar n unidades a m destinos.



Administración
interactiva
de operaciones

EJEMPLO 11.1: U. S. Pharmaceutical Company

Suponga que la U. S. Pharmaceutical Company tiene cuatro fábricas que surten los almacenes de cuatro clientes importantes y su gerencia quiere determinar el programa de envíos a un costo mínimo para su producción mensual relacionada con estos clientes. Los costos de suministro a la fábrica, las demandas de almacenamiento y los costos de envío por caja de estos medicamentos se muestran en la ilustración 11.2.

La matriz de transportación para este ejemplo aparece en la ilustración 11.3, donde la disponibilidad de los suministros en cada fábrica se muestra en la columna de la extrema derecha y las demandas de almacenamiento

ilustración 11.2

Datos sobre el problema de transporte de U.S. Pharmaceutical

FÁBRICA	SUMINISTRO	ALMACÉN	DEMANDA	DE	A COLUMBUS	A ST. LOUIS	A DENVER	A LOS ÁNGELES
Indianápolis	15	Columbus	10	Indianápolis	\$25	\$35	\$36	\$60
Phoenix	6	St. Louis	12	Phoenix	55	30	25	25
Nueva York	14	Denver	15	Nueva York	40	50	80	90
Atlanta	11	Los Ángeles	9	Atlanta	30	40	66	75

Matriz de transportación para el problema de U.S. Pharmaceutical

De \ A	Columbus	St. Louis	Denver	Los Ángeles	Suministro a la fábrica
Indianápolis	25	35	36	60	15
Phoenix	55	30	25	25	6
Nueva York	40	50	80	90	14
Atlanta	30	40	66	75	11
Requerimientos de destino	10	12	15	9	46

ilustración 11.3

Pantalla de Excel® que muestra el problema de U.S. Pharmaceutical

De/A	Columbus	St. Louis	Denver	Los Ángeles	Suministro a la fábrica
Indianápolis	25	35	36	60	15
Phoenix	55	30	25	25	6
Nueva York	40	50	80	90	14
Atlanta	30	40	66	75	11
Requerimientos	10	12	15	9	

Candidato Solución	Envío total
Indianápolis	0
Phoenix	0
Nueva York	0
Atlanta	0
Total suministrado	10

Cálculos de costo	Costo total
Indianápolis	0
Phoenix	0
Nueva York	0
Atlanta	0
Costo total	1132

ilustración 11.4

Excel: US Pharmaceutical.xls

aparecen en renglón inferior. Los costos de envío se muestran en los cuadros pequeños dentro de las celdas. Por ejemplo, el costo de envío de una unidad de la fábrica de Indianápolis a la bodega del cliente en Columbus es de 25 dólares.

SOLUCIÓN

Es posible resolver este problema utilizando la función Solver de Excel® de Microsoft®. La ilustración 11.4 muestra cómo establecer el problema en la hoja de cálculo. Las celdas B6 a E6 contienen los requisitos para cada almacén de cliente. Las celdas F2 a F5 contienen la cantidad que es posible suministrar de cada planta. Las celdas B2 a E5 presentan el costo de enviar una unidad para cada combinación de planta y almacén potenciales.

Las celdas para la solución del problema son B9 a E12. En un principio, es posible dejar estas celdas en blanco al crear la hoja de cálculo. Las celdas en la columna F9 a F12 son la suma de cada renglón e indican cuánto se envía realmente de cada fábrica en la solución posible. De modo similar, las celdas en el renglón B13 a E13 presentan la suma de la cantidad enviada a cada cliente en la solución posible. La función Suma de Excel® se puede usar para calcular estos valores.

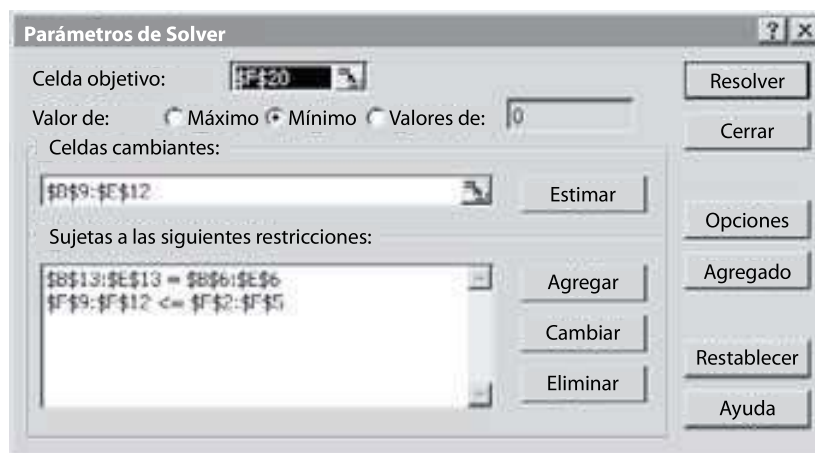
Tutorial: Solver del método de transporte



Tutorial: Introducción a Solver

El costo de la solución posible se calcula en las celdas B16 a E19. Este cálculo se realiza multiplicando la cantidad enviada en la solución posible por el costo del envío por unidad por esa ruta en particular. Por ejemplo, al multiplicar B2 por B9 en la celda B16 se obtiene el costo de envío entre Indianápolis y Columbus para la solución posible. El costo total mostrado en la celda F20 es la suma de estos costos individuales.

Para solucionar el problema, es necesario entrar en la aplicación Solver de Excel®. Solver se encuentra seleccionando Herramientas y luego Solver en el menú de Excel® (en Excel 2007, es posible entrar a Solver por medio de la barra de Datos). Aparece una pantalla similar a la que se presenta a continuación. Si no puede encontrar Solver en esa ubicación, es probable que no se haya agregado el complemento necesario al instalar Excel® en su computadora. Puede agregar Solver con facilidad si tiene el disco de instalación de Excel® original.

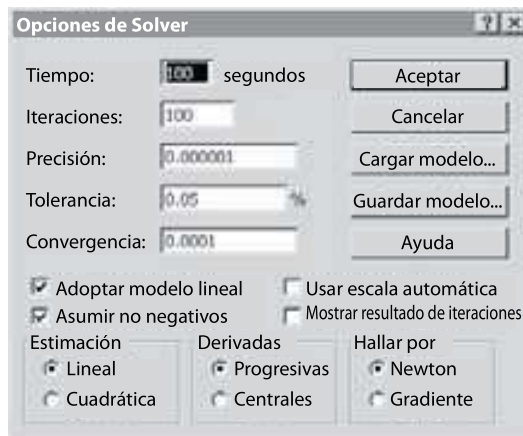


Toma de pantallas de Excel® de Microsoft® Excel © 2003 Microsoft Corporation.

Ahora es necesario establecer los parámetros de Solver. Primero, establezca la celda objetivo. Ésta es la celda en la que se calcula el costo total asociado con la solución. En el problema de ejemplo, se trata de la celda F20. Luego, es necesario indicar que se minimiza esa celda, mediante la selección del botón “Mínimo”. La ubicación de la solución se indica con el cuadro de texto “Cambiando las celdas”. En el ejemplo, estas celdas son de la B9 a la E12.

A continuación, es necesario indicar las restricciones para el problema. Para el problema del transporte, es preciso tener la seguridad de cubrir la demanda del cliente y que no se excede la capacidad de las plantas de manufactura. Para garantizar el cumplimiento de la demanda, dé clic en “Agregar” y destaque el rango de las celdas en las que se calculó la cantidad total enviada a cada cliente. Este rango es de B13 a E13 en el ejemplo. Luego, seleccione “=” indicando que desea que la cantidad enviada sea igual a la demanda. Por último, del lado derecho, escriba el rango de celdas en el que se establece la demanda real del cliente en la hoja de cálculo. En el ejemplo, este rango es de B6 a E6.

El segundo grupo de restricciones que asegura que no se excede la capacidad de la planta de manufactura se captura de modo similar. El rango de celdas que indica la cantidad enviada de cada fábrica es F9 a F12. Estos valores deben ser menores o iguales a ($\leq$) la capacidad de cada fábrica, que se encuentra en las celdas F2 a F5. Para programar Solver, es necesario ajustar algunas opciones. Dé clic en el botón “Opciones” y aparecerá la pantalla siguiente:



Es necesario ajustar dos opciones para solucionar los problemas de transporte. Primero, es necesario “Adoptar un modelo lineal”. Esto indica a Solver que no hay ningún cálculo no lineal en la hoja de cálculo. Esto es importante porque Solver puede usar un algoritmo muy eficiente para calcular la solución óptima al problema, si existe esta condición. Después, es necesario marcar el cuadro “Asumir no negativo”. Con esto, se le indica a Solver que los valores en la solución deben ser mayores o iguales a cero. En los problemas de transporte, el envío de cantidades negativas no tiene sentido. Dé clic en “Aceptar” para regresar a la ventana principal de Solver y luego en “Resolver” para realmente resolver el problema. Solver le notificará que encontró una solución. Indique que quiere guardar esa solución. Y, por último, dé clic en Aceptar para regresar a la hoja de cálculo principal. La solución debe estar en las celdas B9 a E12.

Es posible utilizar el método de transporte para solucionar varios tipos de problemas siempre y cuando se aplique de manera innovadora. Por ejemplo, se puede usar para probar el impacto del costo de distintas ubicaciones posibles en toda la red de producción-distribución. Para hacerlo, se podría agregar un nuevo renglón que contiene el costo de envío unitario desde una fábrica en una nueva ubicación, por decir, Dallas, al grupo de almacenes del cliente, además de la cantidad total del suministro. Luego, es posible resolver esta matriz en particular para calcular el costo total mínimo. A continuación, se podría reemplazar la fábrica localizada en Dallas en el mismo renglón de la matriz con una fábrica en un lugar diferente, Houston, y solucionar el problema una vez más para obtener el costo total mínimo. Suponiendo que las fábricas en Dallas y Houston sean idénticas en otros aspectos importantes, se seleccionaría la ubicación resultante en el costo total más bajo para la red.

Para información adicional sobre el uso de Solver, véase el capítulo 2A, “Programación lineal utilizando Excel de Microsoft”. ●

MÉTODO DEL CENTROIDE

El **método del centroide** es una técnica para ubicar instalaciones que considera las instalaciones existentes, las distancias entre ellas y los volúmenes de bienes a enviar. A menudo, la técnica se emplea para ubicar almacenes intermedios o de distribución. En su forma más sencilla, este método supone que los costos de transporte de entrada y salida son iguales y no incluye costos de envío especiales por menos que cargas completas.

Otra aplicación importante del método del centroide en la actualidad es la ubicación de torres de comunicación en las áreas urbanas. Algunos ejemplos son las torres de radio, TV y telefonía celular. En esta aplicación, el objetivo es encontrar sitios cercanos a grupos de clientes, asegurando así la claridad de las señales de radio.

El método del centroide empieza por colocar las ubicaciones existentes en un sistema de coordenadas. Por lo regular, las coordenadas se basan en las medidas de longitud y latitud debido a la rápida adopción de los sistemas GPS para trazar las ubicaciones en un mapa. Con el fin de que los ejemplos sean sencillos, se utilizan coordenadas arbitrarias X , Y . La ilustración 11.5 muestra un ejemplo de la distribución en rejilla.

Método del centroide

Diagrama de rejilla para el ejemplo del centroide

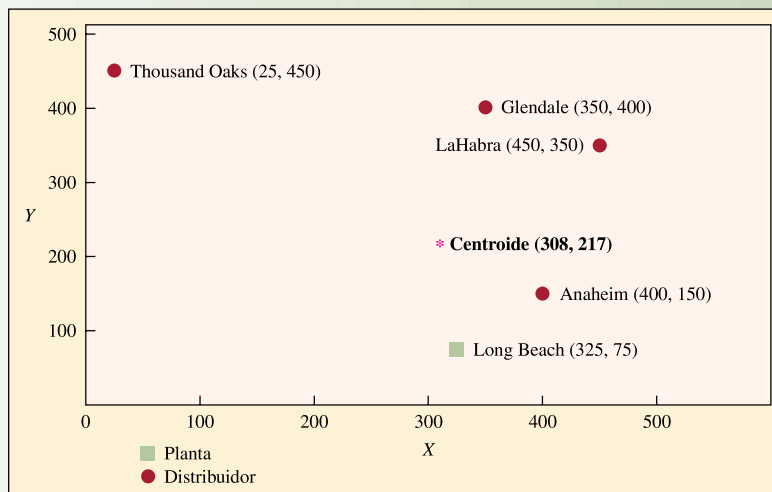
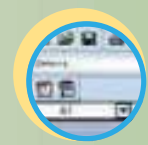


ilustración 11.5

VOLUMEN DE ENVÍOS	
LOCACIÓN	GALONES DE GASOLINA AL MES (MILLONES)
Long Beach	1500
Anaheim	250
LaHabra	450
Glendale	350
Thousand Oaks	45



Excel:
Método_del_centroide.xls



Administración interactiva de operaciones

El centroide se encuentra calculando las coordenadas X y Y que dan como resultado el costo de transporte mínimo. Se usan las fórmulas

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i} \quad C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i}$$

donde

C_x = coordenada X del centroide

C_y = coordenada Y del centroide

d_{ix} = coordenada X de la i -ésima ubicación

d_{iy} = coordenada Y de la i -ésima ubicación

V_i = Volumen de los bienes movidos a o de la i -ésima ubicación

EJEMPLO 11.2: HiOctane Refining Company

La HiOctane Refining Company necesita ubicar una instalación intermedia entre su refinería en Long Beach y sus principales distribuidores. La ilustración 11.5 muestra el mapa de coordenadas y la cantidad de gasolina enviada a y desde la planta y los distribuidores.

En este ejemplo, para la ubicación en Long Beach (la primera ubicación), $d_{1x} = 325$, $d_{1y} = 75$ y $V_1 = 1\,500$.

SOLUCIÓN

Utilizando la información de la ilustración 11.5, se pueden calcular las coordenadas del centroide:

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{(325 \times 1\,500) + (400 \times 250) + (450 \times 450) + (350 \times 350) + (25 \times 450)}{1\,500 + 250 + 450 + 350 + 450} \\ &= \frac{923\,750}{3\,000} = 307.9 \\ C_y &= \frac{(75 \times 1\,500) + (150 \times 250) + (350 \times 450) + (400 \times 350) + (450 \times 450)}{1\,500 + 250 + 450 + 350 + 450} \\ &= \frac{650\,000}{3\,000} = 216.7 \end{aligned}$$

Esto da a la gerencia las coordenadas X y Y de aproximadamente 308 y 217, respectivamente, y proporciona un punto de inicio para buscar un nuevo sitio. Al analizar la ubicación del centroide calculado en el mapa, se puede ver que quizá sea más eficiente en costos enviar directamente entre la planta de Long Beach y el distribuidor en Anaheim, que a través de una bodega cerca del centroide. Antes de tomar la decisión sobre la ubicación, es probable que la gerencia vuelva a calcular el centroide, cambiando los datos para que reflejen lo anterior (es decir, reduzca los galones enviados desde Long Beach en la cantidad que Anaheim necesita y elimine a Anaheim de la fórmula). ●

UBICACIÓN DE INSTALACIONES DE SERVICIO



Servicio

Debido a la variedad de empresas de servicios y el costo relativamente bajo de establecer una instalación de servicio en comparación con una planta de manufactura, las instalaciones de servicio nuevas son mucho más comunes que las fábricas y bodegas nuevas. De hecho, hay pocas comunidades en las que el rápido crecimiento de la población no ha ido acompañado de un crecimiento rápido de las tiendas detallistas, restaurantes, servicios municipales e instalaciones de entretenimiento.

Por lo regular, los servicios tienen varios sitios para mantener un contacto cercano con los clientes. La decisión de la ubicación está estrechamente relacionada con la decisión de selección de mercados. Si el mercado meta son los grupos de universitarios, las ubicaciones en las comunidades de retiro (a pesar de su conveniencia en términos de costos, disponibilidad de recursos, etc.) no son alternativas viables.



A menos de dos millas del aeropuerto internacional de Twin Cities, con la intersección de cuatro carreteras importantes en la propiedad de 78 acres, Bloomington's Mall of America es reconocido globalmente como el complejo de entretenimiento y tiendas al detalle más grande de Estados Unidos. El centro comercial, que sirve a más de 28 millones de personas que se encuentran a un día de camino, así como muchas más que lo toman como destino, da empleo a más de 12 000 personas y el tránsito total es de 35 a 42 millones de visitantes al año. Los visitantes pasan un promedio de tres horas en el centro comercial, tres veces el promedio nacional entre los centros comerciales.

Las necesidades de mercado afectan también el número de sitios a construir, así como el tamaño y las características de los mismos. Mientras que las decisiones de ubicación de la fábrica a menudo se toman para minimizar los costos, muchas técnicas de decisión sobre la ubicación de los servicios maximizan el potencial de utilidades de diversos sitios. A continuación se presenta un modelo de regresión múltiple que se puede usar para ayudar a seleccionar sitios adecuados.

EJEMPLO 11.3: Búsqueda de sitios para ubicar hoteles

La selección de sitios adecuados es crucial para el éxito de una cadena hotelera. De las cuatro consideraciones de mercado principales (precio, producto, promoción y ubicación), se ha demostrado que la ubicación y el producto son las más importantes para las empresas con presencia en varios lugares. Como resultado de ello, los propietarios de cadenas hoteleras que pueden elegir sitios adecuados con rapidez tienen una ventaja competitiva distintiva.

La ilustración 11.6 muestra la lista inicial de variables incluidas en un estudio para ayudar a una cadena de hoteles a determinar las ubicaciones potenciales para sus hoteles nuevos. Se recopilaron datos sobre 57 sitios existentes. El análisis de los datos identificó las variables que se correlacionan con las utilidades operativas en dos años (véase la ilustración 11.7).

SOLUCIÓN

Se elaboró un *modelo de regresión* (véase el capítulo 13). Su forma final es

$$\begin{aligned} \text{Utilidad} = & 39.05 - 5.41 \times \text{población del estado por hotel (1 000)} \\ & + 5.86 \times \text{precio del hotel} \\ & - 3.91 \times \text{raíz cuadrada del ingreso mediano del área (1 000)} \\ & + 1.75 \times \text{universitarios a cuatro millas} \end{aligned}$$

El modelo muestra que la utilidad se ve afectada por la penetración en el mercado, afectada en forma positiva por el precio, negativamente por los ingresos más altos (los hoteles funcionan mejor en áreas con ingresos medianos bajos) y positivamente por las universidades cercanas.

La cadena hotelera implementó el modelo en una hoja de cálculo y la usa en forma regular para vigilar las adquisiciones potenciales de bienes raíces. El fundador y presidente de la cadena de hoteles aceptó la validez del modelo y ya no se siente obligado a seleccionar personalmente los sitios.

Este ejemplo demuestra que se puede obtener un modelo específico a partir de los requerimientos de organizaciones de servicio y utilizarlo para identificar las características más importantes en la selección de sitios. ●

ilustración 11.6

Variables independientes recopiladas para la primera etapa de elaboración de modelos

CATEGORÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Competitivo	INNRATE	Precio del hotel
	PRICE	Tarifa por habitación para el hotel
	RATE	Tarifa por habitación competitiva promedio
	RMS 1	Habitaciones de hotel a una milla
	RMSTOTAL	Habitaciones de hotel a tres millas
	ROOMSINN	Habitaciones de hotel
Generadores de demanda	CIVILIAN	Personal civil en la base
	COLLEGE	Inscripciones a las universidades
	HOSP 1	Camas de hospital a una milla
	HOSPOTL	Camas de hospital a cuatro millas
	HVYIND	Alto empleo industrial
	LGTIND	Pocos acres industriales
	MALLS	Pies cuadrados de centros comerciales
	MILBLKD	Base militar bloqueada
	MILITARY	Personal militar
	MILTOT	MILITARES + CIVILES
	OFC 1	Espacio de oficinas a una milla
	OFCTOTAL	Espacio de oficinas a cuatro millas
	OFCCBD	Espacio de oficinas en el Distrito de Negocios Central
	PASSENGR	Pasajeros en tránsito en el aeropuerto
	RETAIL	Rango de actividad detallista
	TOURISTS	Turistas anuales
	TRAFFIC	Conteo de tránsito
	VAN	Camioneta al aeropuerto
Demográfico	EMPLYPCT	Porcentaje de desempleo
	INCOME	Ingreso familiar promedio
	POPULACE	Población residencial
Conciencia del mercado	AGE	Años que lleva abierto el hotel
	NEAREST	Distancia al hotel más cercano
	STATE	Población del estado por hotel
	URBAN	Población urbana por hotel
Físico	ACCESS	Accesibilidad
	ARTERY	Arteria de tránsito importante
	DISTCBD	Distancia al centro
	SIGNVIS	Visibilidad del anuncio

ilustración 11.7

Resumen de las variables correlacionadas con el margen de operaciones

VARIABLE	AÑO 1	AÑO 2
ACCESS	.20	
AGE	.29	.49
COLLEGE		.25
DISTCBD		-.22
EMPLYPCT	-.22	-.22
INCOME		-.23
MILTOT		.22
NEAREST	-.51	
OFCCBD	.30	
POPULACE	.30	.35
PRICE	.38	.58
RATE		.27
STATE	-.32	-.33
SIGNVIS	.25	
TRAFFIC	.32	
URBAN	-.22	-.26

CONCLUSIÓN

En este capítulo, el enfoque estuvo en la ubicación de los sitios de manufactura y distribución en la cadena de suministro. Ciertamente, el término *logística* abarca mucho más y no sólo los aspectos de diseño que se estudiaron en este capítulo, sino también el problema más amplio que representa mover los bienes por toda la cadena de suministro.

En el capítulo, se cubrieron las técnicas comunes para diseñar la cadena de suministro. La programación lineal, en particular, el método de transporte, es una forma útil de estructurar estos problemas de diseño de logística. Es posible solucionar los problemas con facilidad utilizando Solver de Excel; el capítulo se ocupa también de cómo hacerlo. Los cambios drásticos en el ambiente empresarial global dan mayor importancia a la toma de decisiones en relación con la forma de obtener y entregar los productos. Estas decisiones se deben tomar con rapidez y con base en los costos reales involucrados. El modelado de costos utilizando hojas de cálculo, cuando está combinado con la optimización, es una herramienta muy útil para el análisis de estos problemas.

El capítulo también estudia brevemente la ubicación de las instalaciones de servicio, como restaurantes y tiendas detallistas, con el uso del análisis de regresión. Estos problemas son complejos, y el modelado con hoja de cálculo es, una vez más, una importante herramienta de análisis.

VOCABULARIO BÁSICO

Logística: 1) En un contexto industrial, el arte y la ciencia de obtener, producir y distribuir material y productos en el lugar y las cantidades apropiados. 2) En un sentido militar (donde se usa con mayor frecuencia), su significado incluye también el movimiento de personal.

Logística internacional: Todas las funciones relacionadas con el movimiento de materiales y bienes terminados en una escala global.

Compañía de logística de terceros: Compañía que maneja todas o parte de las operaciones de entrega de productos de otra empresa.

Cross-docking: Estrategia usada en los almacenes de consolidación, donde en lugar de hacer envíos muy grandes, éstos se dividen en envíos menores para su entrega en un área local.

Sistemas de centros y derivaciones: Sistemas que combinan la idea de la consolidación y del cambio en tránsito.

Zona de libre comercio: Instalación cerrada (bajo la supervisión de los funcionarios aduanales gubernamentales) en la que es posible

comprar bienes extranjeros sin que éstos se encuentren sujetos al pago de los aranceles normales.

Bloque comercial: Grupo de países que están de acuerdo en un grupo de convenios especiales que regulan el comercio de bienes entre los países miembros. Las compañías se pueden ubicar en lugares que se ven afectados por el acuerdo con el fin de aprovechar las nuevas oportunidades de mercado.

Sistema de calificación de factores: Estrategia para seleccionar la ubicación de una instalación al combinar un grupo de factores diversos. Se desarrollan escalas de puntos para cada criterio. Luego, se evalúa cada sitio potencial con base en cada criterio, y se combinan los puntos para calcular una calificación para el sitio.

Método de transporte: Método de programación lineal especial que resulta útil para solucionar problemas que comprenden la transportación de productos de diversas fuentes a varios destinos.

Método del centroide: Técnica para ubicar instalaciones que considera las instalaciones existentes, las distancias entre ellas y los volúmenes de bienes a enviar.

REPASO DE LAS FÓRMULAS

Centroide

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i} \quad C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i}$$

PROBLEMA RESUELTO

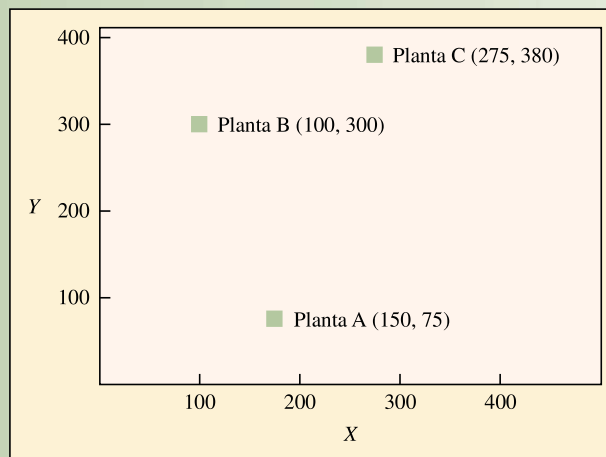
Cool Air, fabricante de acondicionadores de aire automotrices, produce actualmente su línea XB-300 en tres lugares diferentes: planta A, planta B y planta C. Hace poco, la gerencia decidió armar todas las compresoras, un componente importante de su producto, en una instalación por separado, la planta D.

ilustración 11.8

Matriz de ubicación de plantas



Excel:
Método_del_
centroide.xls



CANTIDAD DE COMPRESORAS REQUERIDAS POR CADA PLANTA	
PLANTA	COMPRESORAS REQUERIDAS AL AÑO
A	6 000
B	8 200
C	7 000

Utilizando el método del centroide y la información mostrada en la ilustración 11.8, determine la mejor ubicación para la planta D. Suponga una relación lineal entre los volúmenes enviados y los costos de envío (sin cargos adicionales).

Solución

$$d_{1x} = 150 \quad d_{1y} = 75 \quad V_1 = 6\,000$$

$$d_{2x} = 100 \quad d_{2y} = 300 \quad V_2 = 8\,200$$

$$d_{3x} = 275 \quad d_{3y} = 380 \quad V_3 = 7\,000$$

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i} = \frac{(150 \times 6\,000) + (100 \times 8\,200) + (275 \times 7\,000)}{6\,000 + 8\,200 + 7\,000} = 172$$

$$C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i} = \frac{(75 \times 6\,000) + (300 \times 8\,200) + (380 \times 7\,000)}{21\,200} = 262.7$$

$$\text{Planta D}[C_x, C_y] = D[172, 263]$$

PREGUNTAS DE REPASO Y DISCUSIÓN

1. Por lo regular ¿qué motiva a las empresas a iniciar un proyecto de ubicación o reubicación de una instalación?
2. Mencione cinco razones principales por las que una nueva compañía manufacturera de componentes electrónicos se debe mudar a su ciudad o pueblo.
3. ¿De qué manera las decisiones de ubicación de instalaciones difieren para las instalaciones de servicio y las plantas de manufactura?
4. ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas de reubicar una empresa de manufactura pequeña o mediana (que fabrica productos maduros) de Estados Unidos a México en el ambiente posterior al TLC?
5. Si usted pudiera reubicar su nueva compañía de desarrollo de software a cualquier parte del mundo, ¿qué lugar elegiría y por qué?

PROBLEMAS

1. Consulte la información proporcionada en el problema resuelto. Suponga que la gerencia decide cambiar 2 000 unidades de producción de la planta B a la planta A. ¿Esto cambia la ubicación propuesta de la planta D, la instalación de producción de compresoras? Si es así, ¿dónde debe quedar ubicada la planta D?

2. Se planea instalar una pequeña planta de manufactura que va a suministrar piezas a tres instalaciones de manufactura muy grandes. Las ubicaciones de las plantas actuales con sus coordenadas y requerimientos de volumen aparecen en la tabla siguiente:

UBICACIÓN DE LA PLANTA	COORDENADAS (x, y)	VOLUMEN (PIEZAS POR AÑO)
Peoria	300 320	4 000
Decatur	375 475	6 000
Joliet	470 180	3 000

Utilice el método del centroide con el fin de determinar la mejor ubicación para esta nueva instalación.

3. Bindley Corporation tiene un contrato por un año para suministrar motores para todas las lavadoras producidas por Rinso Ltd. Rinso fabrica las lavadoras en cuatro lugares de Estados Unidos: Nueva York, Fort Worth, San Diego y Minneapolis. Los planes requieren que en cada lugar se produzcan las siguientes cantidades de lavadoras:

Nueva York	50 000
Forth Worth	70 000
San Diego	60 000
Minneapolis	80 000

Bindley tiene tres plantas que pueden producir los motores. Las plantas y sus capacidades de producción son

Boulder	100 000
Macon	100 000
Gary	150 000

Debido a las variaciones en los costos de producción y transporte, la utilidad que Bindley obtiene por cada 1 000 unidades depende del lugar donde se producen y a dónde se envían. La tabla siguiente muestra los cálculos del departamento de contabilidad sobre las utilidades en dólares por cada unidad. (El envío se hará en lotes de 1 000.)

PRODUCIDO EN	ENVIADO A			
	NUEVA YORK	FOTH WORTH	SAN DIEGO	MINNEAPOLIS
Boulder	7	11	8	13
Macon	20	17	12	10
Gary	8	18	13	16

Dada la maximización de las utilidades como un criterio, Bindley quiere determinar cuántos motores debe producir en cada planta y cuántos motores debe enviar de cada planta a cada destino.

- a) Desarrolle una matriz de transporte para este problema.
 b) Busque la solución óptima utilizando Excel de Microsoft®.
4. Rent'R Cars es una compañía arrendadora de autos con varios locales en la ciudad y ha puesto a prueba una nueva política de "regresar el auto en el lugar más conveniente para usted" con el fin de mejorar el servicio a sus clientes. Pero esto significa que la compañía tiene que mover los autos de manera constante por toda la ciudad para mantener los niveles adecuados de disponibilidad de los vehículos. La oferta y la demanda para los autos económicos, y el costo total de mover estos vehículos entre los sitios se muestran a continuación.

De \ A	D	E	F	G	Suministro
A	\$9	\$8	\$6	\$5	50
B	9	8	8	0	40
C	5	3	3	10	75
Demanda	50	60	25	30	165

- a) Busque la solución que minimiza los costos utilizando Excel de Microsoft®.
 b) ¿Qué sería necesario hacer con los costos para asegurar que A siempre envíe el auto a D como parte de la solución óptima?

5. Un fabricante local de arneses de alambre considera la fusión de sus tres instalaciones de producción localizadas en el mismo condado, a una nueva instalación. Utilizando el método del centroide, determine la mejor ubicación para la nueva instalación. Es justo suponer una relación lineal entre la cantidad enviada y los costos de envío.
- La matriz del plan se muestra a continuación con coordenadas:

UBICACIÓN	COORDENADAS	UNIDADES POR AÑO
Jasper	150 100	6 500
Huntgingburg	100 400	7 500
Celestine	300 350	8 000

6. Whirlpool Appliances produce refrigeradores en Los Ángeles y Detroit y suministra refrigeradores a sus clientes en Houston y Tampa. Los costos de enviar un refrigerador entre los diversos puntos se muestran a continuación. En Los Ángeles se puede producir hasta 2 900 unidades y en Detroit hasta 2 000. Determine cómo utilizar mejor la capacidad de Los Ángeles y Detroit para minimizar los costos de envío.

COSTOS DE ENVÍO UNITARIOS					
DE/A	LA	DETROIT	ATLANTA	HOUSTON	TAMPA
LA		\$140	\$100	\$90	\$225
Detroit	\$145		\$111	\$110	\$119
Atlanta	\$100	\$115		\$113	\$78
Houston	\$89	\$109	\$121		
Tampa	\$210	\$117	\$82		

7. Peoples Credit Union tiene dos sitios de procesamiento de cheques. El sitio 1 puede procesar 10 000 cheques al día, y el sitio 2 procesa 6 000 cheques diarios. La unión de crédito procesa tres tipos de cheques: empresariales, de salarios y personales. El costo de procesamiento por cheque depende del sitio, como se muestra a continuación. Cada día, es necesario procesar 5 000 cheques de cada tipo. Determine cómo minimizar el costo de procesamiento diario utilizando Excel.

	NEGOCIO	SALARIO	PERSONAL
SITIO 1	\$0.05	\$0.04	\$0.02
SITIO 2	\$0.03	\$0.04	\$0.05

C A S O : APPLICHEM: EL PROBLEMA DEL TRANSPORTE

La gerencia de Applichem enfrenta el difícil problema de distribuir sus clientes de acuerdo con la capacidad de fabricación de las plantas localizadas en todo el mundo. Desde hace mucho tiempo, reconoce que las plantas de manufactura difieren en gran medida en eficiencia, pero ha tenido poco éxito al mejorar las operaciones en las plantas deficientes. Por el momento, la gerencia ha decidido enfocarse en cómo utilizar mejor la capacidad de sus plantas en vista de las diferencias en los costos de fabricación que existen actualmente. La gerencia reconoce que este estudio puede dar como resultado una reducción significativa de la producción o quizás el cierre de una o más de las plantas existentes.

Applichem fabrica un producto llamado Release-ease. Los fabricantes de moldes de plástico utilizan este producto químico. Las piezas de plástico se hacen inyectando plástico caliente en un molde que tiene la forma de la pieza. Cuando el plástico se enfría lo suficiente, la pieza se saca del molde y éste se vuelve a usar para otras piezas. Release-ease es un polvo, aplicado como parte del proceso de manufactura, que permite sacar con facilidad la pieza del molde.

Applichem ha fabricado el producto desde principios de la década de 1950 y la demanda ha sido consistente a través del tiempo. Un estudio reciente realizado por el equipo de investigación de mercados de Applichem indicó que la demanda de Release-ease será estable durante los próximos cinco años. Aunque Applichem tiene cierta competencia, sobre todo en los mercados europeos, la gerencia piensa que, mientras puedan ofrecer un producto de calidad a un precio competitivo, los clientes serán fieles a Applichem. Release-ease se vende a un precio promedio de un dólar por libra.

La compañía tiene plantas capaces de fabricar Release-ease en las siguientes ciudades: Gary, Indiana; Windsor, Ontario, Canadá; Frankfurt, Alemania; Ciudad de México, México; Caracas, Venezuela; y Osaka, Japón. Aunque las plantas se enfocan en cubrir la demanda de las regiones más cercanas, se manejan exportaciones e importaciones considerables del producto por varias razones. La tabla siguiente contiene información sobre cómo se ha cubierto la demanda durante el último año:

PRODUCTOS HECHOS Y ENVIADOS DURANTE EL AÑO PASADO (× 100 000 LIBRAS)

DE/A	MÉXICO	CANADÁ	VENEZUELA	EUROPA	ESTADOS UNIDOS	JAPÓN
Cd. de México	3.0		6.3			7.9
Windsor, Ontario		2.6				
Caracas			4.1			
Frankfurt			5.6	20.0	12.4	
Gary					14.0	
Osaka						4.0

Las diferencias en las tecnologías empleadas en las plantas y en los costos locales de la materia prima y la mano de obra dieron lugar a diferencias importantes en el costo de producir Release-ease en cada lugar. Estos costos pueden cambiar en gran medida debido al tipo de cambio y a los cambios en las leyes laborales en algunos de los países. Esto sucede sobre todo en México y Venezuela. La capacidad de cada planta difiere también en cada lugar, y por el momento la gerencia no está interesada en aumentar la capacidad. La tabla siguiente muestra los detalles sobre los costos de producir y la capacidad de cada planta:

COSTOS Y CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS

PLANTA	COSTO DE PRODUCCIÓN (× 1 000 LIBRAS)	CAPACIDAD DE LAS PLANTAS (× 100 000 LIBRAS)
Ciudad de México	95.01	22.0
Windsor, Ontario	97.35	3.7
Caracas	116.34	4.5
Frankfurt	76.69	47.0
Gary	102.93	18.5
Osaka	153.80	5.0

Al considerar cómo usar mejor la capacidad de sus plantas, la gerencia de Applichem necesita tomar en cuenta el costo de envío del producto de una región a otra. En la actualidad, Applichem envía su producto alrededor del mundo, pero resulta muy costoso. Los costos involucrados no sólo son los de transporte, sino también los

aranceles que impone la aduana en algunos países. Sin embargo, Applichem está comprometida a cubrir la demanda y, en ocasiones, lo hace a pesar de que no obtiene una utilidad en todos los pedidos.

La tabla siguiente muestra con detalle la demanda en cada país, el costo de transportar el producto de cada planta a cada país y los aranceles actuales impuestos por cada país. (Estos porcentajes no reflejan los aranceles actuales.) Los aranceles de importación se calculan de acuerdo con la producción aproximada más el costo de transportación del producto a cada país. (Por ejemplo, si el costo de producción y envío de 1 000 libras de Release-ease enviadas a Venezuela es de 100 dólares, el arancel sería de $100 \times 0.5 = \$50$.)

PRODUCTOS HECHOS Y ENVIADOS DURANTE EL AÑO PASADO (× 100 000 LIBRAS)

DE/A	MÉXICO	CANADÁ	VENEZUELA	EUROPA	ESTADOS UNIDOS	JAPÓN
Cd. de México	0	11.40	7.0	11.00	11.00	14.00
Windsor, Ontario	11.00	0	9.00	11.50	6.00	13.00
Caracas	7.00	10.00	0	13.00	10.40	14.30
Frankfurt	10.00	11.50	12.50	0	11.20	13.30
Gary	10.00	6.00	11.00	10.00	0	12.50
Osaka	14.00	13.00	12.50	14.20	13.00	0
Demanda total (× 100 000 libras)	3.0	2.6	16.0	20.00	26.4	11.9
Impuesto	0.0%	0.0%	50.0%	9.5%	4.5%	6.0%

PREGUNTAS

Dada toda esta información, elabore una hoja de cálculo (Applichem.xls es un inicio) y responda las siguientes preguntas para la gerencia:

1. Evalúe el costo relacionado con la forma en que actualmente se utiliza la capacidad de las plantas de Applichem.
2. Determine el uso óptimo de la capacidad de las plantas de Applichem utilizando Solver en Excel.
3. ¿Qué le recomendaría hacer a la gerencia de Applichem? ¿Por qué?



Excel:
Applichem

Fuente: Este caso se basa aproximadamente en datos incluidos en "Applichem(a)", Escuela de Negocios de Harvard, 9-685-051.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Drezner, Z. y H. Hamacher. *Facility Location: Applications and Theory*, Berlín, Springer Verlag, 2004.
- Goldsby, T.J. y R. Martichenko. *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*, Fort Lauderdale, FL, J. Ross Publishing, 2005.

- Murphy, P.R. y D. Wood. *Contemporary Logistics*, 9a. ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2007.

NOTA

1. M.E. Porter, "The Competitive Advantage of Nation", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1990.