

PONENCIA: ENFOQUE CUANTITATIVO PARA DECISIONES DE DISTRIBUCION

**Presentada por: Dra. Pilar Felipe
Lic. Anisley Suárez**

Introducción

En el enfoque logístico de las organizaciones, la distribución aparece como una de las tres áreas que componen el sistema logístico: Aprovisionamiento, producción y distribución. La distribución abarca una extensa variedad de actividades relacionadas con el movimiento de los productos terminados desde el final de la fabricación hasta el consumidor.

El sistema de distribución está integrado por el conjunto de recursos humanos, materiales y financieros propios o ajenos a la empresa cuyo objetivo va a ser colocar el producto terminado en los puntos de venta de la forma más efectiva y con el menor costo posible. Para ello se requiere tomar decisiones referidas a: el diseño del sistema de distribución, la localización de almacenes y puntos de venta, los medios de transporte y rutas a utilizar, el nivel de inventario a mantener, la organización de almacenes y manejo de materiales.

En los últimos años el estudio de la función de distribución ha ganado espacio a partir del desarrollo de herramientas analíticas que permiten abordar la solución de los cada vez más complejos problemas de decisión que surgen en esta área. Es precisamente el objetivo del trabajo presentar algunos modelos de optimización que sirven para apoyar cuantitativamente la toma de decisiones dentro del sistema de distribución física, transmitir la experiencia de las autoras en las aplicaciones concretas de los mismos a la solución de problemas en nuestras empresas así como expresar lo que consideramos principales dificultades que impiden una mayor utilización de los métodos cuantitativos en la toma de decisiones.

Distribución

La distribución es la parte de la administración que se encarga de movilizar la cantidad de recursos necesarios (tanto para producción como para venta) de insumos productivos o bienes (tangibles o intangibles) con el fin de cubrir las necesidades de logística de las empresas en los tiempos y lugares precisos.

Distribución física

Gaedeke y Tootelian definen la distribución física como:

“... todas las actividades comprendidas en el planeamiento, ejecución y control del flujo físico de materias primas, inventarios utilizados en el proceso y mercaderías finales desde el punto de origen hasta el punto de consumo. Las actividades principales incluyen servicio al cliente, control de inventarios, manipuleo de materiales, transporte, bodegaje y almacenamiento”.

Por tanto La distribución física es la parte que se encarga de administrar los flujos de productos tangibles con fines productivos e incluye todos los procesos de manejo de productos desde la obtención de materias primas hasta la entrega del producto final.

La distribución física de un producto generalmente cuenta con cinco elementos fundamentales:

1. El procesamiento de pedidos: Es la parte que se encarga de llevar la información del consumidor a la planta de producción con el fin de realizar productos y servicios de acuerdo a las necesidades del comprador.
2. El control de inventarios: Es la parte que controla el movimiento (entrada y salida) de insumos o productos para mantener un registro en los flujos de producción o ventas.

3. El transporte: Es la parte que se encarga de movilizar los insumos o productos con fines de producción (insumo), venta (distribución) o entrega final.
4. El manejo de materiales: Es la parte que se encarga de dar un tratamiento específico a los insumos productivos.
5. El almacenamiento: Es la arte que se encarga de guardar los insumos o productos para su conservación con el fin de vender o aprovechar en el futuro.

Se sugiere que la distribución física tiene dos componentes: la gerencia de materiales y la logística de comercialización. La gerencia de materiales se preocupa de las operaciones de suministro físico como el acopio, el almacenamiento y el movimiento de materias primas hacia y a través del procesamiento hasta el producto terminado. La logística de comercialización trata de la transferencia de las mercancías terminadas a los intermediarios, compradores últimos y usuarios finales.

El objetivo que persigue la distribución es poner el producto a disposición del consumidor final en la cantidad demandada, en el momento en el que lo necesite y en el lugar donde desee adquirirlo, todo ello en una forma que estimule su adquisición en el punto de venta y a un costo razonable

La distribución (ese conjunto de actividades, como se desprende de su objetivo) es necesaria porque crea utilidad de tiempo, lugar y de posesión:

- Crea utilidad de tiempo, porque pone el producto a disposición del consumidor en el momento que lo precisa
- Crea utilidad de lugar, mediante la existencia de puntos de venta próximos al consumidor (es decir, aproxima el producto al consumidor)
- Crea utilidad de posesión, porque permite la entrega física del producto

Tipos de distribución

Distribución Intensiva: Un productor vende su producto a través de las tiendas disponibles en el mercado donde previsiblemente el público lo buscará. Los consumidores finales no posponen la compra para encontrar una marca en especial. Los minoristas no pagan la publicidad de un producto que vende también la competencia. Por tanto, la distribución intensiva impone casi todo el peso de la publicidad en los hombros del fabricante.

Distribución Selectiva: Un fabricante vende su producto a través de varios mayoristas y minoristas (pero no mediante todos ellos) en un mercado donde una persona suele buscarlo. Es adecuada para los bienes de comparación (como ropa y electrodomésticos) y para el equipo accesorio industrial. Una compañía a veces adopta una estrategia de distribución selectiva después de aplicar durante algún tiempo la distribución intensiva. Casi siempre se basa en el alto costo de esta última o bien del desempeño poco satisfactorio de los intermediarios. Hay intermediarios que acostumbran ordenar en cantidades pequeñas y nada rentables; otros son un mal riesgo de crédito. Al eliminar a este tipo de intermediarios, se reduce el número de tiendas y, en cambio, aumenta el volumen de ventas.

Distribución Exclusiva: El proveedor acepta vender su producto únicamente a un intermediario mayorista o minorista en determinado mercado. Los fabricantes adoptan a menudo una distribución exclusiva cuando es indispensable que el minorista mantenga un gran inventario. Así, también es adecuada cuando un distribuidor debe dar el servicio de instalación o de reparación. Los fabricantes de maquinarias agrícolas y de equipo para construcción conceden la distribución exclusiva.

Los canales de distribución

Un canal de distribución es “el camino que ha de seguir un producto desde su punto de origen/producción hasta su consumo, es decir (así como), el conjunto de personas u organizaciones que realizan las funciones de distribución a lo largo de dicho camino”

Clasificación de canales

Canal de distribución de bienes de consumo: Es hacer llegar los productos perecederos por diversos canales de distribución hacia las manos de los consumidores de manera fácil y rápida. Ejemplo: Los agricultores pueden hacer llegar sus productos por medio de una central de abastos o por medio de agentes de ventas.

Canal de distribución de los bienes industriales: Es cuando se dispone de diversos canales para llegar a las organizaciones que incorporan los productos a su proceso de manufactura u operaciones. Ejemplo: Las empresas que fabrican partes para la elaboración de un auto, las proporcionan a empresas ensambladoras para llevar a cabo su producción.

Canal de distribución de servicios: La naturaleza de los servicios da origen a necesidades especiales en su distribución. Y se pueden dar de dos formas:

- Una es que el servicio se aplique al demandante en el momento de producirse. Ejemplo: Una persona que demanda servicio de masaje; éste se aplica al mismo tiempo en que se produce.
- Otra forma puede ser que el demandante reciba el servicio hasta que el desee utilizarlo. Ejemplo: Cuando una persona hace una reservación de hotel, podría decirse que el servicio ya está comprado y producido. Pero llegará a ser utilizado hasta que el demandante lo decida.

Las empresas necesitan el apoyo de un canal de distribución que facilite la llegada de los productos con mayor rapidez y lo más cerca posible de las manos de los demandantes.

El canal de distribución lo constituye un grupo de intermediarios relacionados entre sí.

Las ventajas de utilizar intermediarios en oposición a la comercialización directa a los usuarios finales pueden demostrarse muy fácilmente. La eficiencia de la mayoría de los sistemas de comercialización consigue mejorarse gracias a la presencia de intermediarios eficaces. Esto se ilustra en la figura 1. que muestra que la presencia de un intermediario entre varios productores y consumidores

reduce el número de transacciones y debido a eso se consigue reducir los costos de acopio y de venta y el tiempo empleado en el mercadeo.

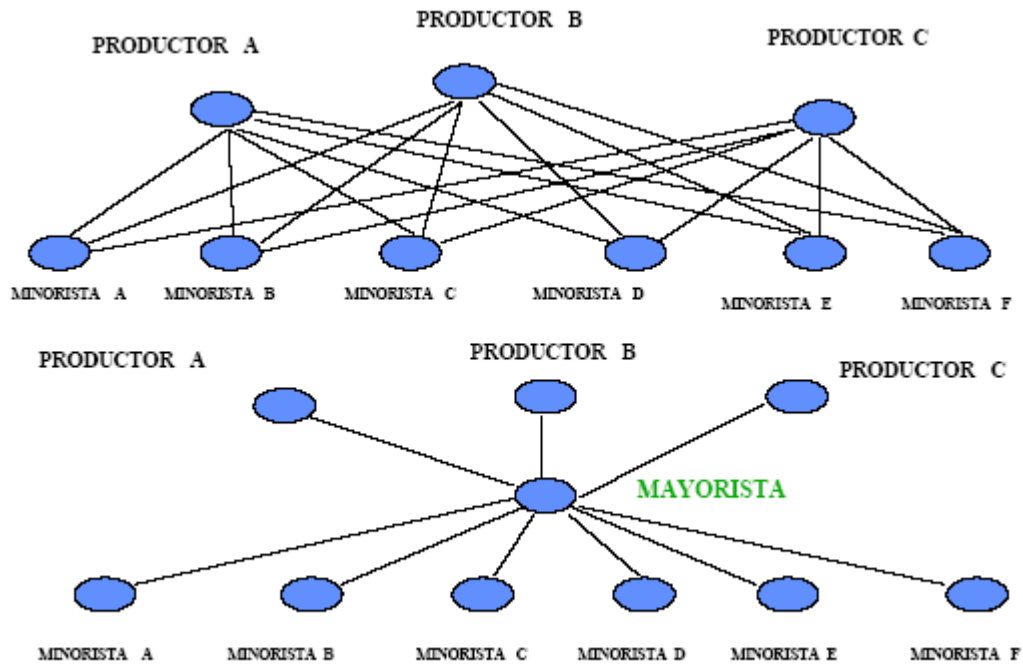
La existencia de un intermediario está justificada tan sólo en la medida en que realiza funciones de comercialización que otros no pueden o no quieren realizar, o cuando desempeña las funciones de mercadeo más eficientemente que el productor y/u otros intermediarios alternativos.

Ventajas de los intermediarios

1. Reducen el número de transacciones que deben realizar las partes, simplificando los intercambios comerciales. Esto se puede ver en la figura 1.
2. Adecua la oferta a la demanda, puesto que compran en grandes cantidades al fabricante y venden en cantidades más pequeñas al consumidor final o a otro intermediario que no quiere o no puede almacenar grandes existencias de producto.
3. Crea surtido, mientras que el fabricante se especializa en un número reducido de líneas de productos, el intermediario al comprar a varios fabricantes permiten al consumidor elegir dentro de un surtido amplio de marcas de la misma clase de producto
4. Asumen parte del transporte y del almacenamiento del producto.
5. Realizan determinadas actividades de marketing, de forma independiente o conjunta con el fabricante.
6. Transmiten la propiedad, la posesión o el derecho de uso del producto
7. Conceden financiación: por una parte conceden un crédito al fabricante pues le anticipan el pago de los productos antes de que se vendan a los consumidores y por otra parte le conceden financiación a los clientes al admitir el pago aplazado y con tarjetas de crédito.
8. Prestan sus servicios adicionales tales como la instalación y reparación del producto, asesoramiento, formación.

9. Asumen riesgos pues si adquieren la propiedad del producto, corre el riesgo de no poderlos vender o de hacerlo a un precio inferior al de compra.

Figura 1. Sistema de mercadeo Directo y sistema de mercadeo con intermediarios



Tipos de intermediarios

Mayoristas

El comerciante mayorista es aquel que vende al por mayor, es decir, se trata de un intermediario que se caracteriza por vender a los minoristas, a otros mayoristas o a los fabricantes de otros productos, pero no al consumidor o usuario final.

Las principales funciones o tareas que lleva a cabo un mayorista pueden agruparse en las siguientes:

- Compra en grandes cantidades a fabricantes u otros mayoristas

- Almacena grandes cantidades de producto
- Agrupa los productos en lotes menores que los de aprovisionamiento para venderlos a los minoristas a otros mayoristas.
- Transporta las mercancías
- Acomete ciertas actividades de promoción del producto
- Se encarga de entregar al comprador el producto
- Concede créditos a los clientes
- Al adquirir la propiedad de los productos, asume riesgos
- Presta asesoramiento a los minoristas sobre aspectos como las características del producto, productos demandados, gestión comercial, gestión administrativa, etc.

La realización de estas funciones supone ventajas tanto para el fabricante como para el minorista.

Minoristas

También llamados detallistas, es aquel intermediario que se dedica a la venta de productos al detalle o a por menor. Se puede definir como “un intermediario que vende directamente al consumidor los productos necesarios para su uso individual o familiar”.

Existen otros intermediarios que si bien realizan funciones de mayoristas o minoristas, se diferencian de éstos en que no adquieren la propiedad de los productos que distribuyen.

Agentes comerciales

Es un profesional libre que representa a su empresa, sin dependencia laboral alguna, para vender y difundir o divulgar sus marcas y productos así como otras misiones que le sean encomendadas.

Las características de los agentes comerciales son:

- No actúan en su nombre, sino en nombre y por cuenta de una o varias empresas
- El agente no tiene vinculación laboral con la empresa que representa, su relación contractual es mediante contrato mercantil denominado contrato de agencia.
- La relación entre agente y empresa representada es estable, el contrato es de amplia duración (no sólo para una operación); si no se especifica en el contrato se considera una relación indefinida.
- Recibe una contribución que suele consistir en un fijo más comisiones por operación realizada.
- El objetivo es vender.

Cada empresa tendrá que identificar alternativas para llegar a sus mercados meta, que van desde la venta directa hasta el uso de canales con uno, dos, tres o más niveles de intermediarios.

Como niveles de intermediarios se entiende el número de intermediarios que intervendrán en la transportación de productos al consumidor.

Niveles de los intermediarios

- **Productor – Consumidor:** Es el nivel más corto, los artículos se venden directamente del fabricante al consumidor.
- **Productor – Minorista – Consumidor:** En este nivel un intermediario (minoristas compra los productos al fabricante para posteriormente venderlos al consumidor final.
- **Productor – Mayorista – Minorista – Consumidor:** Este canal es el más factible y tradicional, el mayorista compra los productos al fabricante, posteriormente el mayorista puede venderlos ya sea al mayoreo o menudeo, en caso de que sea al mayoreo, los minoristas compran los productos en esas tiendas para finalmente venderlos al consumidor.

- **Productor – Agente – Mayorista – Minorista – Consumidor:** Los fabricantes recurren a los agentes, quienes a su vez utilizan a los mayorista que venden a las grandes cadenas de tiendas o tiendas pequeñas.

Modelos de optimización para el diseño del sistema de distribución

Una vez que se configura el canal de distribución a utilizar y se definen las condiciones comerciales bajo las cuales va a operar, se plantea un problema que está relacionado con la circulación de los productos entre los centros de producción y los centros de consumo. El problema consiste entonces en determinar las cantidades a enviar desde cada centro de fabricación o distribución a los puntos de consumo, de forma que se satisfaga la demanda y se logre un costo de transportación y distribución total mínimo. Es precisamente en este punto en que pueden aplicarse modelos de optimización que permitan lograr el diseño óptimo del sistema de distribución.

El modelo más conocido y generalmente más utilizado para la solución de este problema es el llamado modelo clásico de transporte o modelo de Hitchcock, el cual se formalizará de la forma siguiente:

Modelo clásico de transporte

Notación:

Subíndices

i - Orígenes $i=1..I$ j - Destinos $j=1..J$

Variables de decisión

X_{ij} - Unidades de producto a transportar desde el origen i hasta el destino j

Parámetros

O_i -Oferta del origen i

D_j - Demanda del destino j

C_{ij} - Costo unitario de transporte desde el origen i al destino j

El modelo tiene la siguiente expresión:

$$MINZ = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = O_i \quad i=1..I \quad (1.1)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = D_j \quad j=1..J \quad (1.2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i=1..I \quad j=1..J$$

En el modelo las restricciones **(1.1)** son las llamadas restricciones de oferta y garantizan que la cantidad total de producto que puede enviar cada origen i debe ser igual a la cantidad de producto de que se dispone en este. Por otra parte las restricciones **(1.2)** son las llamadas restricciones de demanda, las cuales aseguran que la cantidad total de producto que recibe cada destino j sea igual a su demanda. Estos constituyen los dos tipos de restricciones básicas que están presentes en todo modelo de transporte.

Por otra parte debe señalarse que el planteamiento del modelo ha sido realizado partiendo del supuesto de que la oferta total es igual a la demanda total, esto es, que existe una situación de equilibrio entre oferta y demanda. En la práctica esto no tiene que ser necesariamente así pues puede darse el caso de que la oferta total sea mayor o menor que la demanda total, situación que se conoce como de desequilibrio.

Para plantear el modelo en esos casos hay que realizar modificaciones en los signos de las restricciones de oferta y demanda, en dependencia de si la oferta total es mayor que la demanda total o si la oferta total es menor que la demanda total.

El modelo de transporte expuesto anteriormente parte del supuesto de que la distribución del producto se realiza en forma directa desde los centros de producción o distribución a las zonas de consumo. Sin embargo, en ocasiones puede resultar conveniente para el sistema de distribución que se diseña el uso

de almacenes intermedios. Esto nos conduce al llamado problema de transporte considerando una etapa intermedia, que algunos autores llaman problema de trasbordo, pero que esta denominación puede introducir confusiones pues existe el llamado problema de transporte con trasbordo con características similares a este, pero también con sus diferencias.

A continuación se pasa a exponer este tipo de modelo, formalizando primeramente a este.

Modelo de transporte con una etapa intermedia

Notación:

Se utiliza la misma que en el modelo de transporte clásico a la cual se le agrega:

k - Almacén intermedio $k=1\dots K$

C_{ik} - Costo unitario de transporte desde el origen i al almacén intermedio k

C_{kj} - Costo unitario de transporte desde el almacén k al destino j

El modelo tiene la siguiente expresión:

$$MINZ = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K C_{ik} X_{ik} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J C_{kj} X_{kj}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} + \sum_{k=1}^K X_{ik} = O_i \quad i=1..I \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} + \sum_{k=1}^K X_{kj} = D_j \quad j=1..J \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ik} = \sum_{j=1}^J X_{kj} \quad k=1..K \quad (2.3)$$

$$X_{ij}, X_{ik}, X_{kj} \geq 0 \quad i=1..I \quad j=1..J \quad k=1..K$$

En este modelo las restricciones **(2.1)** constituyen las restricciones de oferta, las **(2.2)** son las restricciones de demanda, mientras que las **(2.3)** representan ecuaciones de balance para los almacenes intermedios. En este planteamiento

no hemos incluido restricciones de capacidad para los almacenes intermedios. El considerarlas no supondría ninguna dificultad para el planteamiento del modelo.

Los modelos de optimización expuestos constituyen los modelos más sencillos y parten de que el sistema servirá para distribuir un solo producto e implícitamente que esta distribución se realiza mediante un solo medio de transporte sin que su capacidad represente una restricción.

Sin embargo, en la realidad, la transportación se puede realizar mediante diferentes medios de transporte, lo cual implicará diferentes costos de transportación.

Y por otra parte en muchas ocasiones debe realizarse la transportación de diferentes productos empleando diferentes medios de transporte. Esto conduce a la necesidad de realizar un planteamiento generalizado del modelo de transporte, el cual pasamos a formalizar.

Modelo generalizado de transporte

Notación:

Subíndices

i - Orígenes $i=1\dots I$

j - Destinos $j=1\dots J$

p - Productos $p=1\dots P$

t - Medios de Transporte $t=1\dots T$

Variables de decisión

X_{pijt} - Unidades de producto p a enviar desde el origen i al destino j por el medio de transporte t

Parámetros

C_{pijt} - Costo de transportar una unidad de producto p desde el origen i al destino j por el medio de transporte t

O_{pi} - Oferta del producto p en el origen i

D_{pj} - Demanda del producto p en el destino j

T_{pt} - Cantidad de producto p que se puede transportar por el medio t

El modelo tiene la siguiente expresión:

$$\text{MINZ} \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T C_{pijt} X_{pijt}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T X_{pijt} = O_{ip} \quad i=1..I \quad p=1..P$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T X_{pijt} \leq D_{pj} \quad p=1..P \quad j=1..J$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{pijt} \leq T_{pt} \quad p=1..P \quad t=1..T$$

$$X_{pijt} \geq 0 \quad p=1..P \quad i=1..I \quad j=1..J \quad t=1..T$$

Obsérvese que en el modelo anterior se partió del supuesto de que existía desequilibrio, ya que la oferta total era menor que la demanda total. Dicho modelo también puede plantearse en situación de equilibrio o de desequilibrio, o sea, para el caso en que la oferta total sea mayor que la demanda total.

Cabe destacar que a partir de este modelo generalizado de transporte pueden presentarse en la práctica variantes de este, como son:

- Se debe transportar un único producto pero pueden utilizarse para ello varios medios de transporte.
- Se deben transportar varios productos pero se utilizara un solo medio de transporte que puede ser restrictivo o no.

Para plantear estas situaciones deberán realizarse las modificaciones necesarias al modelo generalizado de transporte a fin de adecuar este a las nuevas condiciones.

Un criterio que puede también ser utilizado para decidir la vinculación óptima fábricas-centros de consumo es el de minimizar el costo total de producción transporte.

Esto da origen a los llamados modelos de producción transporte, que se caracterizan por ser modelos de transporte en los cuales se le incluye en la función objetivo el costo de producción del producto o productos a transportar.

Modelo de optimización para la localización y dimensionamiento de almacenes

Otro de los problemas relacionados con el sistema de distribución es el de la localización y dimensionamiento de nuevos almacenes. Los modelos empleados en la actualidad para la decisión de localización de almacenes se pueden clasificar en: modelos geométricos, modelos de simulación, modelos heurísticos y modelos de optimización.

En este trabajo se presentará un modelo de optimización para resolver el problema de la localización y dimensionamiento de los almacenes.

Este modelo permite determinar la cantidad de producto a transportar teniendo en cuenta los centros de producción, los almacenes intermedios y los centros de consumo, y además la solución nos debe indicar dónde ubicar el o los almacenes intermedios y la capacidad a instalar, teniendo como criterio económico el minimizar el costo total. Por sus características este es un modelo en entero mixto, ya que en su planteamiento habría variables de decisión continuas y binarias.

Su planteamiento matemático es el siguiente:

Notación:

Subíndices

i - Orígenes i=1..I k - Almacenes k=1..K j – Destinos j=1...J

Variables de decisión

X_{ij} - Cantidad de producto a enviar del origen i al destino j

X_{ik} - Cantidad de producto a enviar del origen i al almacén k

X_{kj} - Cantidad de producto a enviar del almacén k al destino j

Y_k - Variable binaria asociada al almacén k

Parámetros

C_{ij} - Costo unitario de transporte desde el origen i al destino j

C_{ik} - Costo unitario de transporte desde el origen i al almacén k

C_{kj} - Costo unitario de transporte desde el almacena k al destino k

C_k - Costo fijo asociado al almacén k

O_i - Oferta del producto en el origen i

D_j - Demanda del producto en el destino j

G_k - Capacidad mínima del almacén k

H_k - Capacidad máxima del almacén k

El modelo tiene la siguiente expresión:

$$MINZ = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K C_{ik} X_{ik} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J C_{kj} X_{kj} + \sum_{k=1}^K C_k + Y_k$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} + \sum_{k=1}^K X_{ik} = O_i \quad i=1\dots I$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} + \sum_{k=1}^K X_{kj} \geq D_j \quad j=1\dots J$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ik} \geq G_k Y_k \quad k=1\dots K$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ik} \leq H_k Y_k$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ik} = \sum_{j=1}^J X_{kj} \quad k=1..K \quad (2.3)$$

$$X_{ij}, X_{ik}, X_{kj} \geq 0 \quad i=1..I \quad j=1..J \quad k=1..K$$

Los dos primeros tipos de restricciones del modelo corresponden respectivamente a las restricciones de Oferta y Demanda, los dos siguientes corresponden a las capacidades mínimas y máximas para cada almacén y el último tipo de restricción representa la condición de equilibrio entre lo que recibe y envía cada almacén.

Modelos para la selección de rutas

Dentro de los problemas de decisión relacionados con el sistema de distribución adquiere también importancia relevante el referido a la selección de las rutas de distribución. El problema de planificar o diseñar las rutas de distribución consiste en definir la estrategia de movimiento de cada vehículo del centro (o centros) distribuidor(es), a fin de satisfacer la demanda de los clientes, teniendo en cuenta un conjunto dado de restricciones.

Los modelos cuantitativos que pueden utilizarse para la solución de esta problemática pueden clasificarse en: modelos que tienen en cuenta orígenes y destinos diferentes y aquellos en los cuales se tiene en cuenta que la ruta comienza y termina en el mismo punto.

Para la solución del primer caso se pueden utilizar los algoritmos de Ford, Floyd, Bellman Kalaba y el método de la matriz. Para la solución del segundo caso pueden utilizarse, entre los más conocidos, el algoritmo de barrido y los métodos de Lataire, Clark y Wright, el de Ferguson, etc. Actualmente comienzan a emplearse técnicas multicriterio para la solución de estos problemas.¹

¹ Ver Rosario Garza y Caridad González: Ob.cit.

Experiencias en la aplicación de modelos para el sistema de distribución física

Se debe primeramente destacar que los modelos de distribución en general son los modelos que más aplicación han tenido, no solo por el tipo de problema que resuelven, sino porque resultan muy sencillos desde el punto de vista matemático, existiendo programas eficientes para su solución por medios computacionales que admiten cientos de variables y restricciones.

Sin embargo, para su aplicación práctica la limitante fundamental esta dada en la determinación de los costos. La estructura del modelo implica la necesidad de tener los costos desglosados por origen y destino en el caso más simple, hasta llegar a necesitarlos por origen, destino, producto y medio de transporte en el caso más complejo. En muchas ocasiones en nuestras empresas no se cuenta con esa información en forma directa. Esto significa que normalmente para la aplicación práctica de estos modelos se requiere un trabajo previo para la determinación de los costos en la forma requerida.

Otra característica que tienen estos modelos es su tamaño en términos de variables y restricciones. Lo común es que los modelos tengan cientos y hasta miles de variables y cientos de restricciones. Actualmente esto no constituye limitante, puesto que existen paquetes computacionales que admiten esas dimensiones.

El mayor trabajo se presenta a la hora de introducir los datos concretos en el paquete computacional seleccionado. Si el modelo es muy grande se pueden introducir errores en los datos que pueden conducir a soluciones no factibles, de ahí que en estos casos se requiere un fuerte trabajo de validación de la información contenida en el modelo.

La aplicación de modelos para la selección de las rutas en ocasiones se complica por la necesidad de determinar en primer lugar el criterio económico a utilizar y en segundo lugar, por la cantidad de información que se requiere compilar para su aplicación.

Como experiencia práctica de la aplicación de estos modelos se puede señalar entre otros los siguientes trabajos de investigación:

- Transportación óptima de carne y pollo en la Ciudad de La Habana.
- Aplicación de modelos de optimización en el transporte de materias primas para piensos.
- Modelos de transporte para el acopio de leche fresca en provincia Habana
- Distribución óptima de alcohol y kerosén.
- Modelos de inventario para productos seleccionados en el almacén de la Empresa de Servicios Gastronómicos.
- Modelos de inventario y transportación de productos en almacenes portuarios.

La experiencia práctica alcanzada en la realización de estos y otros trabajos de investigación en este campo permitió corroborar los significativos ahorros en términos de costo que permiten la aplicación de los resultados que proporcionan estos tipos de modelos.

Sin embargo, es necesario destacar que aun cuando en términos generales se reconocen las ventajas que proporciona el uso de métodos cuantitativos para la toma de decisiones, en nuestra opinión, la aplicación de estas técnicas aún no constituye una práctica común en la gestión de nuestras empresas. Las causas pueden ser diversas entre las cuales se pueden mencionar:

- El desconocimiento que en ocasiones se tiene de los tipos de problemas que se pueden resolver con estos métodos.
- El criterio de que los modelos son muy “complicados” de entender y construir, y que se pueden buscar otros procedimientos para la solución de los problemas.
- La dinámica de la toma de decisiones en la gestión de las empresas y el “retardo” relativo de la solución de los modelos.

Realmente lograr una aplicación sistemática de los métodos cuantitativos enfrenta un conjunto de dificultades, puesto que implica en primer lugar un cambio en la mentalidad y forma de enfocar la toma de decisiones en la gestión de las empresas, además de los problemas relacionados con la captación y adecuación de la información para conformar los datos de partida que alimentan a los modelos y la necesidad de contar con un personal capacitado para ejecutar de una manera sistemática estas tareas. En los últimos años la creación de los llamados sistemas de apoyo a la decisión que se vienen desarrollando en algunas empresas, donde pueden integrarse, junto a otro tipo de información relevante para la toma de decisiones, modelos cuantitativos, contribuirán sin dudas a lograr un uso sistemático de estas técnicas en la toma de decisiones.

Conclusiones

La distribución física abarca una extensa variedad de actividades relacionadas con el movimiento de los productos terminados desde el final de la fabricación hasta que llega al consumidor, y que puede incluir el traslado de materias primas desde las fuentes de suministro hasta la línea de producción. Resulta particularmente importante para las empresas definir el sistema de distribución física de sus productos. Decisiones de particular importancia en este marco están referidas a la vinculación de fábricas o centros de distribución con sus centros de consumo, localización de almacenes y puntos de ventas, medios de transporte y rutas a utilizar, niveles de inventario a mantener, organización de almacenes, manejo de materiales, etcétera.

En el diseño del sistema de distribución debe emplearse como criterio económico la minimización del costo, siendo necesario como información de partida la definición del canal de distribución a emplear.

Para el diseño del sistema de distribución física pueden ser empleados modelos de optimización que van desde el modelo más sencillo, conocido por modelo clásico o de Hitchkoch, hasta el llamado modelo generalizado y sus variantes, para el caso en que la distribución a establecer sea de forma directa, o sea, fábrica o centro de distribución a centros de consumo.

También pueden emplearse modelos que consideren almacenes intermedios ya existentes, siendo también posible resolver, mediante modelos de optimización, otro problema relativo al sistema de distribución física, referido a la localización y dimensionamiento de nuevos almacenes.

Los modelos de transporte para la distribución física de la producción en general son modelos sencillos desde el punto de vista matemático y potencialmente de bastante aplicación. Su principal dificultad para las aplicaciones prácticas es la determinación de los costos, en la forma requerida por los modelos, información que, en muchos casos, no se dispone de esa forma en las empresas por lo que se requiere de un trabajo previo para determinarlos. Esta misma situación presentan los modelos que permiten la selección de las rutas y los modelos de inventarios.

Los resultados obtenidos en las aplicaciones prácticas realizadas demuestran que el uso de los modelos cuantitativos para el diseño de sistemas de distribución física permite obtener ahorros significativos de costo, y constituyen un apoyo cuantitativo para la toma de decisiones en esta área de mucha importancia para las empresas.

Aun cuando no se ha logrado una aplicación sistemática del uso de métodos cuantitativos para la toma de decisiones en los problemas de la distribución física, se considera que existen condiciones para lograr un uso sistemático de estas técnicas.