

**Monografías**

**Universidad de Matanzas  
"Camilo Cienfuegos"**

**Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones**

**Autoras: MSc. Ing. Evis L. Diéguez Matellán  
Dra. Ing. Olga Gómez Figueroa  
Dr. C. Ing. Ernesto Negrín Sosa  
Dra. Ing. Cecilia Parra Ferié**

**Noviembre/2006**

## **Métodos de localización**

Existe un área de investigación denominada teoría de la localización que arranca con Weber a principios del siglo pasado y que está resultando enormemente fértil desde los años 60, habiendo creado infinidad de métodos analíticos cuyas aflicciones se extienden más allá de la administración de empresas, lo cual la convierte en un área pluridisciplinaria, (Domínguez Machuca et. al., 1995).

El desarrollo de estos métodos ha derivado en que los autores clasifiquen los mismos para una mejor comprensión, estudio y aplicación (Buffa, 1981; Salvendy, 1982; Pérez Gorostegui, 1990; Ballou, 1991; Vallhonrat & Corominas, 1991; Schroeder, 1992; Fernández Sánchez, 1993; Domínguez Machuca et. al., 1995; Chase & Aquilano, 2000; Gaither & Fraizer, 2000; Krajewski & Ritzman, 2000; MIT, 2001; Sepalla, 2003; Trespalacios, s.a ); aunque otros autores no los clasifican, (Whoite y Hernández, 1986; Hopeman, 1991; Heizer & Render, 2000).

La clasificación de los métodos de localización se rige por diversos criterios como se puede observar en el Anexo 1. Las clasificaciones realizadas por los autores se pueden agrupar como sigue: Métodos para la localización de una planta (Buffa, 1981; Pérez Gorostegui, 1990; Ballou, 1991; Vallhonrat & Corominas, 1991; Domínguez Machuca et. al., 1995), métodos para la localización de varias plantas (Buffa, 1981; Pérez Gorostegui, 1991; Vallhonrat & Corominas, 1991; Ballou, 1991; Domínguez Machuca et. al., 1995); localización de comercio y otros servicios (Pérez Gorostegui, 1990; Ballou, 1991; Schroeder, 1992; Domínguez Machuca et. al., 1995; Chase & Aquilano, 2000; Gaither & Fraizer, 2000), métodos cuantitativos (Everett & Ronald, 1981; Salvendy, 1982; Krajewski & Ritzman, 2000), métodos cualitativos Krajewski & Ritzman (2000), según problemas de localización (Everett & Ronald, 1981; Pérez Gorostegui, 1990), ambos abordan la clasificación según problemas de localización, pero Pérez Gorostegui (1990) menciona tres formas, no coincidiendo con Everett & Ronald (1981).

Otras clasificaciones encontradas en la literatura son: efectos de inversión de capital y del volumen, localización en el extranjero Buffa (1981); problemas en espacio continuo y discreto, problemas de localización con o sin interacción Vallhonrat & Corominas (1991); de clasificación aditivos o multiplicativos, de simulación o transporte Schroeder (1992); con y sin valoración objetiva de los factores intangibles Fernández Sánchez (1993); exactos, heurísticos, simulación Domínguez Machuca et. al. (1995), los autores Krajewski & Ritzman (2000) mencionan los métodos referidos por Domínguez Machuca et. al. (1995) pero no como clasificación sino como métodos específicos ; por niveles geográficos en apoyo al microanálisis, métodos para la toma de decisiones más complejas Chase & Aquilano (2000); otros métodos Krajewski & Ritzman (2000); problemas clásicos de localización en redes, colas especialmente distribuidas, otras aplicaciones de estos métodos MIT (2001); fundamentados en la analogía, análisis de regresión múltiple, modelos generales de interacción Trespalacios (s.a); modelos normativos, modelos descriptivos, competencia espacial Sepalla (2003).

Para abordar los tipos de métodos se seleccionó el nombre más común hallado durante la revisión bibliográfica, sin embargo varios autores no brindan la misma denominación. (Ver Anexo 2).

### **Tipos de métodos**

A continuación se abordarán los métodos empleados para localizar instalaciones.

#### **1. Método de los factores ponderados**

Este modelo permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones.

Los pasos a seguir son:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes (factores que afectan la selección de la localización).
2. Asignar un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa en los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, 1-10 o 1-100 puntos).
4. Hacer que la administración califique cada localidad para cada factor, utilizando la escala del paso 3.
5. Multiplicar cada calificación por los pesos de cada factor, y totalizar la calificación para cada localidad.
6. Hacer una recomendación basada en la máxima calificación en puntaje, considerando los resultados de sistemas cuantitativos también.

La ecuación es la siguiente:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

donde:

$S_j$  puntuación global de cada alternativa j

$W_i$  es el peso ponderado de cada factor i

$F_{ij}$  es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

#### **2. Método de la Media geométrica**

Este método surge con el objetivo de evitar que puntuaciones muy deficientes en algunos factores sean compensadas por otras muy altas en otros, lo que ocurre en el método de los factores ponderados. En esta técnica se emplean ponderaciones exponenciales en vez de lineales y se utiliza el producto de las puntuaciones en cada factor en vez de la sumatoria. La puntuación global de cada alternativa queda expresada como:

$$P_i = \prod P_{ij}^{w_j}$$

$P_i$  es la puntuación global de cada alternativa  $j$

$P_{ij}$  es la puntuación de las alternativas  $j$  por cada uno de los factores  $i$

$W_i$  es el peso ponderado de cada factor  $i$

### **3. Método de ponderación lineal**

Al seleccionar agregación por ponderación lineal se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Cardinalidad de los datos, lo cual supone que las evaluaciones para cada criterio son cantidades que admiten ordenación.
- ✓ Admitir una utilidad aditiva para los criterios; esto viene a significar que el decisor percibe la utilidad completa de cada alternativa como una suma de las valoraciones en cada criterio. De forma indirecta, además, se presupone que cada criterio se refiere a aspectos diferentes del problema no presentando relación de dependencia entre ellos. Este es un supuesto difícilmente verificable, como conoce todo aquel que tenga experiencia práctica en toma de decisiones.
- ✓ Necesidad de normalizar previamente las evaluaciones de la matriz de decisión.
- ✓ Sencillez de los cálculos y de la interpretación del procedimiento. Este aspecto hace que este método se aplique con muchísima frecuencia, aún a sabiendas de que, en un alto número de casos no está exento de arbitrariedades.

La metodología de obtención de las puntuaciones agregadas para las distintas alternativas por agregación mediante ponderación lineal, se va a tratar teniendo en cuenta que el procedimiento seleccionado para la normalización por fracción del ideal.

Se supone que conocido el vector de pesos  $(W_1, W_2, \dots, W_n)$  normalizado

convenientemente verificando:  $W_i > 0$  para todo  $i = 1, \dots, n$ ,  $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ . La

puntuación final para cada alternativa  $A_j$  se construye como la combinación lineal convexa:

$$P(A_j) = \sum_{i=1}^n W_i \cdot U_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Cuando en este método se emplean umbrales de saciedad existen más posibilidades para las alternativas de alcanzar la máxima evaluación normalizada<sup>1</sup>, es decir 1.

Utiliza el mismo procedimiento de cálculo que el método de los factores ponderados, pero en él es necesario normalizar previamente las evaluaciones de la matriz de decisión, la normalización puede efectuarse por tres

---

<sup>3</sup>Este efecto provoca que en general el método de agregación por ponderación lineal con normalización por fracción del ideal utilizando umbrales, eleve las puntuaciones finales respecto al caso de no utilizar umbrales de saciedad. Se puede decir que la introducción de umbrales produce una tendencia a sobrevalorar las buenas alternativas en términos de puntuación final.

procedimientos: normalización por fracción del ideal, por fracción de la suma y por fracción del máximo.

#### **4. Método de preferencia jerárquica**

El método de puntuación de los factores ponderados basa su resultado en la multiplicación de datos ordinales (ponderaciones y puntuaciones), empleando de forma errónea la escala de valoración.

Lo anterior es evitado por el método de preferencia jerárquica, el cual acepta (A) o rechaza (R) la evaluación de una alternativa respecto a un criterio si supera un nivel mínimo de puntuación exigido por el decisor. Se elige aquella alternativa con mayor número de aceptaciones.

#### **5. Heurístico de Ardalan**

El objetivo de este método es encontrar instalaciones que puedan atender a todas las comunidades al menor costo ponderado de viajes-distancia. Se utiliza cuando se desea ubicar instalaciones para prestarle atención al mercado, en el cual la población está uniformemente distribuida dentro de los límites de la comunidad. Se necesita conocer el posible uso de las instalaciones por parte del mercado y los factores de ponderación que reflejan la importancia relativa de atender a los miembros del mercado en cada comunidad.

#### **6. Gráficos de volúmenes, ingresos y costes**

análisis del punto muerto. Distintos factores cuantitativos pueden expresarse en términos de costo total. Al localizar una determinada instalación pueden ser afectados los ingresos y los costos. El análisis del punto de equilibrio puede ser utilizado para determinar los rangos dentro de los cuales cada alternativa resulta ser la mejor. Este estudio se puede hacer matemática o gráficamente siguiendo los pasos que se enumeran a continuación:

1. Determinar los costos variables y los costos fijos para cada sitio. Recuerde que los costos variables son la parte del costo total que varía en forma directamente proporcional al volumen de la producción.
2. Trazar en una sola gráfica las líneas de costo total para todos los sitios.
3. Identificar los rangos aproximados en los cuales cada una de las localizaciones provee el costo más bajo.
4. Resolver algebraicamente para hallar los puntos de equilibrio sobre los rangos pertinentes.

#### **7. Método del centro de gravedad**

Puede utilizarse para la ubicación de un almacén que demanda servicio a varias tiendas detallistas, para ubicar plantas de fabricación teniendo en cuenta el punto desde donde se reciben los productos o materias primas y el punto(s) al cual(es) se dirige su salida (destino). Este método tiene en cuenta la localización de los mercados y los costos de transporte. El problema consiste en una localización central que minimice el costo total de transporte (CTT), el

cual se supone proporcional a la distancia recorrida y al volumen o peso de los materiales trasladados hacia o desde la instalación, por lo que se expresa:

$$CTT = \sum c_i \cdot v_i \cdot d_i$$

$c_i$  es el coste unitario de transporte correspondiente al punto  $i$

$v_i$  volumen o peso de los materiales movidos desde o hacia  $i$

$d_i$  distancia entre el punto  $i$  y el lugar donde se encuentra la instalación

El producto  $c_i \cdot v_i$  es igual al peso ( $w_i$ ) o importancia que cada punto  $i$  tiene en el emplazamiento de la instalación.

Para llegar a la solución óptima puede calcularse el centro de gravedad dentro del área marcada por las distintas localizaciones. Las coordenadas que definen ese punto central se determinan empleando las expresiones siguientes:

$$x^* = \sum c_i \cdot v_i \cdot x_i / \sum c_i \cdot v_i$$

$$y^* = \sum c_i \cdot v_i \cdot y_i / \sum c_i \cdot v_i$$

Para medir las distancias se puede trabajar sobre un mapa o plano de escala. Las distancias más utilizadas son la distancia rectangular y la distancia euclídea.

La distancia rectangular se emplea cuando los desplazamientos se hacen a través de giros de 90°, es decir, siguiendo el movimiento en dos direcciones, horizontales y verticales. Llamando  $K$  al factor de escala y siendo  $(x,y)$  el lugar donde ésta se encuentra, su valor vendría dado por:

$$d_i = K(|x - x_i| + |y - y_i|)$$

Para determinar la solución óptima directamente cuando se emplea este tipo de distancia se utiliza el modelo de la mediana simple.

La distancia euclídea es la línea recta que une el punto  $i$  con el lugar ocupado por la instalación. La distancia sería la siguiente:

$$d_i = K[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{1/2}$$

Para este tipo de distancia el óptimo se encontraría en las coordenadas siguientes:

$$x^* = \sum (c_i \cdot v_i \cdot x_i / d_i) / \sum (c_i \cdot v_i / d_i)$$

$$y^* = \sum (c_i \cdot v_i \cdot y_i / d_i) / \sum (c_i \cdot v_i / d_i)$$

## **8. Mediana simple**

Se emplea para hallar directamente la solución óptima (no siempre es un solo punto, puede ser también un segmento horizontal o vertical, o una zona rectangular) cuando se emplean distancias rectangulares al utilizar el método del centro de gravedad. Los pasos a seguir son:

- ✓ Identificar el valor medio de las cantidades desplazadas ponderadas por sus costes,  $c_i \cdot v_i / 2$ .

- ✓ Ordenar los puntos según su ordenada y según su abcisa, en forma creciente, acumulándose las cargas ponderadas que envían o reciben.
- ✓ La ordenada y la abcisa donde quede incluido el valor medio serán las que determinen el valor óptimo.

## **9. Método del factor preferencial**

Este método incluye los intereses personales, por lo que la localización se fija según un factor personal que influye en quién debe decidir (no en el analista).

## **10. Método del transporte**

Es una técnica de aplicación de la programación lineal, un enfoque cuantitativo que tiene como objetivo encontrar los medios menos costosos (óptimos) para embarcar abastos desde varios orígenes (fábricas, almacenes o cualquier otro de los puntos desde donde se embarcan los bienes) hacia varios destinos (cualquiera de los puntos que reciben bienes). En los problemas de localización, este método se puede emplear para el análisis de la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez, y en general, para cualquier reconfiguración de la red.

Para utilizar el método de transportación hay que considerar los siguientes pasos:

1. Los puntos de origen y la capacidad o abasto por período, para cada uno.
2. Los puntos de destino y la demanda por período para cada uno.
3. El costo de embarque por una unidad desde cada origen hacia cada destino.

El primer paso en el procedimiento de este tipo de problema es establecer una matriz de transportación, la cual tiene como objetivo resumir de manera provechosa y concisa todos los datos relevantes y continuar los cálculos del algoritmo.

Para crear la matriz de transportación deben seguirse los siguientes pasos:

- ✓ Crear una fila que corresponda a cada planta (existente o nueva) que se este considerando y crear una columna para cada almacén.
- ✓ Agregar una columna para las capacidades de las plantas y una fila para las demandas de los almacenes, e insertar después sus valores numéricos específicos.
- ✓ Cada celda que no se encuentre en la fila de requisitos ni en la columna de capacidad representa una ruta de embarque desde una planta hasta un almacén. Insertar los costos unitarios en la esquina superior derecha de cada una de esas celdas.

En muchos problemas reales, a veces sucede que la capacidad excede a los requisitos  $r$  unidades, se agrega una columna (un almacén ficticio) con una demanda de  $r$  unidades y los costos de embarque en las nuevas celdas creadas son igual a \$0, pues en realidad esos embarques no se realizan, por lo que representan capacidad de planta no utilizada. Igualmente, si los

requerimientos exceden a la capacidad por  $r$  unidades, se agrega una fila más (una planta ficticia) con capacidad de  $r$  unidades y se asignan costos de embarque iguales a los costos faltantes de las nuevas celdas. Si estos últimos costos no se conocen o su valor es el mismo para todos los almacenes, se le asigna \$0 por unidad a los costos de embarque de cada celda de la fila ficticia. La solución óptima no resulta afectada, pues el mismo faltante de  $r$  unidades se necesita en todos los casos. Para lograr que la suma de todas las capacidades sea igual a la suma de todas las demandas es que se añade una planta ficticia o un almacén ficticio. Algunos paquetes de software los añaden automáticamente cuando el usuario introduce los datos.

Cuando la matriz inicial está conformada, el objetivo es establecer el patrón de asignación de menor costo que satisfaga todas las demandas y agote todas las capacidades. Este patrón se determina mediante el método de transporte, el cual garantiza que se hallará la solución óptima. La matriz inicial se completa con una solución que cumpla dos condiciones: sea factible y satisfaga las demandas de todos los almacenes y agote las capacidades de todas las plantas. Luego se crea una nueva matriz con una solución nueva, teniendo ésta un costo total más bajo. Este procedimiento iterativo se debe realizar hasta que no sea posible mejorar la solución anterior, cuando esto ocurra la solución óptima se ha encontrado.

En este método es obligatorio que se cumpla que el número de embarques no iguales a 0 en la solución óptima nunca sea mayor que la suma del número de planta y almacenes menos 1.

En el caso que se emplee un paquete de software sólo se introducen los datos correspondientes a la primera matriz.

### **11. Método de la esquina noroeste**

Este método se emplea para encontrar una solución factible inicial al problema del transporte y su uso comienza cuando los datos están reflejados en la Tabla (Matriz). Es necesario comenzar en la celda superior izquierda (o esquina noroeste de la tabla) y asignar unidades a las rutas de embarque de la siguiente manera:

1. Terminar el abasto (capacidad de la fábrica) de cada renglón antes de moverse hacia abajo, al siguiente renglón.
2. Terminar los requerimientos (almacén) de cada columna antes de moverse a la siguiente columna, hacia la derecha.
3. Verificar que todos los abastos y las demandas se hayan cumplido.

Con la aplicación de este método es poco casual obtener la solución óptima.

### **12. Modelo de Huff (Modelos Probabilísticos del Comportamiento Espacial ó Modelos de interacción espacial o de gravitación)**

Está basado en la Teoría General de Interacción plantea explícitamente el supuesto realista de que las personas pueden comprar en más de un punto de venta, por lo que se necesita determinar la probabilidad de que un cliente vaya de compras. Se emplea para la localización de centros comerciales, tiendas minoristas. El modelo es el siguiente:

$$N_{ik} = P_{ik} * C_i = \frac{S_k / T_{ik}^A}{(S_1 / T_{i1}^A) + (S_2 / T_{i2}^A) + \dots + (S_n / T_{in}^A)} * C_i$$

Siendo:

$N_{ik}$  el número de clientes de la zona  $i$  que se espera que acudan a comprar al lugar  $k$

$P_{ik}$  la probabilidad de que un cliente de la zona  $i$  acuda a comprar al lugar  $k$

$S_j$  el tamaño del local situado en  $j$

$T_{ij}$  el tiempo necesario para que un cliente se desplace de la zona  $i$  al lugar  $j$

$A$  es un parámetro que refleja el efecto del tiempo de desplazamiento sobre el comportamiento de los clientes en la compra; el cual Huff obtuvo para este parámetro valores comprendidos entre 2.1 y 3.2.

Este modelo es más adecuado cuando el número de establecimientos sobre los que se tiene información actual es reducido.

### **13. Ley de Gravitación del Comercio al Detalle**

Establece que la proporción de las ventas totales atraídas de una localidad intermedia por dos ciudades diferentes es directamente proporcional al volumen de sus poblaciones efectivas e inversamente proporcionales al cuadrado de las distancias existentes entre dicha localidad y las dos ciudades consideradas. La expresión matemática se muestra a continuación:

$$\left[ \frac{V_A}{V_B} \right] = \left[ \frac{P_A}{P_B} \right]^N * \left[ \frac{D_B}{D_A} \right]^n$$

Siendo

$V_A, V_B$  = proporción de ventas que las ciudades  $A$  y  $B$  atraen respectivamente de la localidad intermedia  $X$

$P_A, P_B$  = Habitantes de las poblaciones  $A$  y  $B$

$D_A, D_B$  = Distancia kilométrica desde las localidades  $A$  y  $B$  a la población intermedia  $X$ .

Los exponentes  $N$  y  $n$  son los factores que ponderan la importancia relativa de la población y la distancia. Debe determinarse en cada caso particular.

### **14 Análisis de regresión múltiple**

Para realizar el análisis de regresión múltiple se necesita:

- ✓ Un número mínimo razonable de puntos de venta de la empresa detallista en estudio.
- ✓ En el caso de que sean pocas tiendas, se debe tomar como unidad de análisis diversas áreas comerciales de un mismo punto de venta.

Los pasos para obtener y desarrollar la correspondiente ecuación de regresión múltiple son:

- ✓ Selección de las medidas adecuadas de comportamiento o variables respuesta (ventas globales, ventas per cápita, en los dos casos para cada punto de venta o sus áreas comerciales) y cuota de mercado se necesita información de la competencia.
- ✓ Selección de las variables independientes que se espera influyen en las medidas de comportamiento y para las que existe un número suficiente y periodificado de datos.

Las variables potenciales que pueden estudiarse son: características sociodemográficas de los consumidores (detalladas para cada punto de venta o sus áreas comerciales); estrategia de los diferentes competidores potenciales en la zona geográfica analizada; imagen de las tiendas y otros factores específicos relacionados con el emplazamiento comercial donde se ubican los detallistas. Las variables empleadas dependen del tipo de detallista que está siendo investigado.

- ✓ Establecer la relación funcional entre la variable respuesta y las variables explicativas y aplicar un programa estadístico de regresión múltiple para solucionar y estimar los coeficientes de la ecuación hipotizada.

Al concluir los pasos anteriores los resultados que se obtienen permiten predecir las ventas de una nueva localización en función de los datos de las variables explicativas para la mencionada ubicación.

En cualquier situación es necesario descartar los efectos de multicolinealidad entre las variables independientes, siendo favorable aplicar con anterioridad el análisis factorial.

### **15. Electra I**

Si se consideran los criterios de forma independiente y se comparan las distintas alternativas dos a dos, se podrá dibujar relaciones de preferencia donde se podría ver como la “mejor” estrategia varía con el criterio empleado en la evaluación. Este método se basa en el cálculo de dos tipos de medidas, el índice de concordancia y el índice de discordancia, los cuales permiten determinar el grado en que una alternativa resulte mejor que otra.

El índice de concordancia  $C_{ij}$  expresa la importancia de los criterios para los que la alternativa  $i$  es mejor (domina) a la  $j$ . Los  $C_{ij}$  se determinan sumando los pesos de los criterios para los cuales se da la mencionada dominancia y dividiendo el resultado por la suma total de las ponderaciones. Luego se establece un valor límite para cada uno de los índices siendo posible clasificar el conjunto de alternativas en dos tipos, las que son buenas (el núcleo) y las que pueden ser rechazadas.

El índice de discordancia  $d_{ij}$  tiene en cuenta aquellos criterios en los cuales  $i$  no domina a  $j$ , midiendo así el desacuerdo sobre la hipótesis de sobreclasificación. Para calcularlos, de los en que no domine a  $j$ , se escoge la máxima diferencia entre los valores asociados a dichas alternativas, dividiéndose ésta por la amplitud de la escala.

### **16. Modelo de Brown & Gibson**

Tiene como objetivo resolver el problema multidimensional de la localización. Se emplea para ubicar una planta. Este modelo clasifica los criterios que

influyen en la localización según la estructura del modelo, cuantifica los criterios y realiza el intercambio entre los criterios que intervienen en el mismo.

El modelo acepta cualquier relación de criterios que se plantee más los clasifica en criterios críticos, objetivos y subjetivos.

Los criterios objetivos se convierten a índices sin dimensiones para poder establecer la comparabilidad entre los criterios objetivos y subjetivos. La medida del factor objetivo para el lugar  $i$  ( $OFMi$ ) en función de los costos del factor objetivo ( $OFCi$ ) se define como sigue:

$$OFMi = \left[ OFCi \cdot \sum_i 1/OFCi \right]^{-1}$$

Como consecuencia de esta ecuación resulta lo siguiente:

- ✓ El lugar de mínimo costo tiene el factor objetivo más grande.
- ✓ Se conservan las relaciones de costos totales entre lugares.
- ✓ La suma de las medidas de los factores objetivos es 1.

### **17. Modelo Global de la localización**

Su principal objetivo es solucionar el problema multidimensional de la localización y es empleado para ubicar una planta. En este modelo se clasifican los criterios que influyen en la localización según la estructura del mismo, así como la cuantificación de los criterios y realiza el intercambio entre ellos.

La estructura del modelo es la siguiente: para cada lugar  $i$ , se define una medida de localización ( $LMi$ ) que refleja los valores relativos para cada uno de los criterios.

$$LMi = CFMi \cdot [X \cdot OFMi + (1 - X) \cdot SFMi]$$

Donde:

$CFMi$ : es la medida del factor crítico para el lugar  $i$ .

$CFMi$ : es igual a 0 ó 1.

$OFMi$ : es la medida del factor objetivo para el lugar  $i$ .

$$0 \leq OFMi \leq 1 \text{ y } \sum_i OFMi = 1$$

$SFMi$ : es la medida del factor subjetivo para el lugar  $i$ .

$$0 \leq SFMi \leq 1 \text{ y } \sum_i SFMi = 1$$

$X$ : es el peso de decisión del factor objetivo ( $0 \leq X \leq 1$ )

La medida del factor crítico ( $CFMi$ ) es la suma de los productos de los índices de los factores críticos individuales para el lugar  $i$ , respecto al factor crítico  $j$ .

Como el índice del factor crítico para cada lugar es 0 ó 1, dependiendo de que el lugar sea adecuado o no para el factor si cualquier índice del factor crítico es 0, entonces  $CFMi$  y la medida total de ubicación ( $LMi$ ) también tienen valor 0.

En tal caso se eliminaría el lugar  $i$ .

### **18. Modelo multiplicativo de interacción competitiva**

Este método surge para mejorar el Modelo de Huff, el cual solamente tiene en cuenta dos factores de atracción y disuasión: la superficie de ventas de las

empresas detallistas y la distancia. Se recomienda cuando el detallista busca la mejor localización para abrir un punto de venta.

Este modelo incorpora múltiples medidas de atracción y disuasión como la variable competencia, debido a que la probabilidad de seleccionar un establecimiento determinado no depende solo de las características del detallista y de la distancia a recorrer para acudir a comprar el mismo, sino también de la estrategia de otros competidores y de su distribución geográfica.

El modelo adopta la siguiente forma:

$$P_{ij} = \frac{\prod_{h=1}^s X_{hij}^{b_h}}{\sum_{j=1}^n \prod_{h=1}^s X_{hij}^{b_h}}$$

Donde:

$P_{ij}$ : es la probabilidad de que el cliente acuda a comprar al detallista  $j$ .

$X_{hij}$ : es cualquiera de los atributos  $h$  de las alternativas detallistas  $j$  consideradas por el consumidor  $i$ .

$b_h$ : son los parámetros que representan el efecto de cada atributo  $h$  sobre las probabilidades de elección.

$s$ : son los atributos de atracción y disuasión (superficie de venta, distancia subjetiva y objetiva, imagen, servicios ofrecidos y cualquier otro factor que considere oportuno el decidor).<sup>2</sup>

Los parámetros de esta ecuación se determinan a través de la regresión múltiple.

### **19. Modelos para localizar múltiples puntos de venta**

Se emplea cuando el detallista desea abrir varios establecimientos a la vez. El objetivo que persigue es maximizar la cuota de mercado y minimizar la cuota de canalización.

La expresión a maximizar es:

$$CE = \sum_{i=1}^m D_i \left[ 1 - \frac{\sum_{j=c+1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^a}}{\frac{S}{T_{ij}^a} + \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^a}} \right]$$

Siendo:

$CE$ : la cuota de mercado esperada correspondiente a todos los puntos de venta de la empresa detallista.

---

<sup>2</sup> Normalmente se incorpora al modelo un índice de imagen obtenido mediante escalas de medición de actitudes y análisis multivariable y que integra aspectos como calidad, limpieza, precios, surtido, promociones, amabilidad del personal de ventas, ambiente favorable de compras y similares. Para los parámetros  $b_h$  que representan los efectos de las distancias (subjetivas y objetivas), se espera que los signos asignados sean negativos por tratarse de factores de disuasión. Trespalacios, (s.a).

$D_i$ : es la demanda potencial clientes que residen en las zonas geográficas  $i$  pertenecientes al área comercial especificada.

$S$ : es la superficie de venta de la nueva tienda.

$S_j$ : es la superficie de venta de la tienda  $j$ .

$T_{ij}$ : es la distancia entre la zona geográfica  $i$  y la tienda  $j$ .

$n$ : son los puntos de venta de la empresa detallista y de la competencia.

$c$ : son los puntos de venta de la empresa detallista.

$m$ : las zonas geográficas de demanda en el área comercial considerada.

$a$ : es la sensibilidad al desplazamiento.

## **20. Modelos fundamentados en la analogía**

Para aplicar este modelo el investigador determina en primer lugar el área comercial, las características socio-demográficas de los clientes, la estrategia de la competencia y las ventas correspondientes a uno o varios puntos de venta, casi siempre pertenecientes a la misma cadena detallista. En segundo lugar intenta aplicar los resultados obtenidos a una nueva localización. Este enfoque se puede dividir en tres etapas:

- ✓ Recoger información sobre el lugar de residencia, perfil sociodemográfico y hábitos de compra para los clientes de diversas tiendas de una empresa detallista, todas ellas con rasgos comunes o muy similares a los de la nueva localización en estudio.
- ✓ Procesar la información obtenida elaborando un mapa que permita establecer las áreas comerciales en torno a las tiendas detallistas investigadas.
- ✓ Utilizar la información para realizar por analogía previsiones de ventas para la nueva localización.

## **21. Modelo Analítico Delphi**

Este método además de tener en cuenta factores tangibles e intangibles durante el proceso de toma de decisiones, consta de tres equipos: un equipo coordinador, el equipo vaticinador y el equipo estratégico, los cuales durante el proceso de toma de decisiones tienen diferentes tareas. Los pasos que a continuación se describen son los que se llevan a cabo durante la realización del método:

- ✓ Paso 1: Formar dos grupos Delphi. Un equipo consultor interno o externo actúa como coordinador para diseñar cuestionarios y realizar las averiguaciones Delphi. El mismo selecciona dos grupos de la organización para participar en dos averiguaciones Delphi: una para vaticinar las tendencias en los ambientes social y físico que afecten a la organización (el grupo vaticinador Delphi), y la segunda para identificar las metas y prioridades estratégicas de la organización (el grupo estratégico Delphi). Este último deben formarlo miembros de la alta gerencia de cada división/departamento de la /organización, así como los gerentes de todas las áreas funcionales.
- ✓ Paso 2: Identificar amenazas y oportunidades. El equipo coordinador, mediante varias tandas de cuestionarios y de retroalimentación, le solicita al equipo vaticinador Delphi que identifique las principales tendencias y oportunidades del mercado, así como las amenazas

contra las que se debe prevenir la organización. En la medida de lo posible este proceso debe obtener un consenso.

- ✓ Paso 3: Determinar la(s) dirección(es) y las metas estratégicas de la organización. El equipo coordinador le transmite las conclusiones de la investigación Delphi de vaticinio (según ya se indicó) al grupo estratégico Delphi, el cual las utiliza en la segunda averiguación Delphi para determinar las metas estratégicas y la dirección de la organización.
- ✓ Paso 4: Desarrollar alternativa(s). Una vez establecidas las metas a largo plazo por parte del grupo estratégico Delphi, éste debe centrar su atención en el desarrollo de diversas alternativas (las alternativas aplicadas a la selección de ubicación deben ser ampliación y/o contracción de las instalaciones de la(s) planta(s) existente(s), y/o desarrollo de ubicaciones alternativas para algunas partes de la organización o para la totalidad de la misma).
- ✓ Paso 5: Jerarquizar la(s) alternativa(s). El conjunto de alternativas desarrolladas en el paso anterior deben presentarse a los participantes en el grupo estratégico Delphi para que den sus juicios subjetivos de valor. Si éstos son complejos, es posible utilizar el proceso jerárquico analítico.

## **22. Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro)**

Este método se utiliza cuando la nueva fábrica se debe instalar en un lugar que depende de las relaciones de cooperación que esta posea con otras fábricas vecinas que estén instaladas.

El procedimiento de este problema se basa en la reducción de los costos de transporte en primer lugar, los costos de preparación del territorio pasan a un segundo plano o no son considerados según sea la magnitud de los primeros. Su solución plantea seleccionar aquel lugar o alternativa de localización en el cual se provoquen los menores gastos de transporte para la fábrica, o sea:

$$Q_{Tj} = \sum_{i=1}^m I_{ij} \cdot S_{ij} \quad (\text{Mínimo})$$

donde:

$Q_{Tj}$  es los gastos de transporte para la alternativa  $j$ , en  $t \cdot km / año$ .

$I_{ij}$  es la intensidad de transporte entre la fábrica y cada uno de los  $i$  puntos vecinos con que esta posee relación, en  $t / año$ .

$S_{ij}$  es la distancia entre cada uno de los  $i$  puntos vecinos y el punto o alternativa  $j$  de localización que se analiza, en  $km$ .

El proceso de selección de la alternativa que provoque un gasto de transporte mínimo, puede ser realizado de forma más racional considerando las intensidades de transporte mínimo, puede ser realizado de forma más racional considerando las intensidades de transporte como un vector ( $I$ ) y las distancias como una matriz de distancia ( $S$ ) entre cada alternativa y los diferentes puntos vecinos. De esta forma, mediante el producto matricial de  $I \cdot S$ , se selecciona aquella alternativa que provoque los menores gastos de transporte.

### **23. Método Promethee**

El método Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) es uno de los más recientes dentro de la categoría de los métodos de Superación. El objetivo esencial de este método es el de hacerlo fácilmente comprensible por el decisor, siendo efectivamente uno de los más intuitivos de la DMD (Decisiones Multicriterio Discretas).

Promethee hace uso del concepto de pseudocriterio teniendo como características esenciales las siguientes: con respecto a un cierto criterio  $i$  a maximizar, la relación  $R(A_j, A_k)$  de la alternativa  $A_j$  respecto de la  $A_k$  (con  $a_{ji}$   $a_{ki}$ ) suele tomarse como de preferencia si  $a_{ji} > a_{ki}$ , y como de indiferencia si  $a_{ji} = a_{ki}$ . O para simplificar notación, se puede definir  $d = a_{ji} - a_{ki}$ , y concretar  $R(A_j, A_k)$  en una función de preferencia  $R(d)$  que toma valores en  $[0,1]$ . De esta manera el criterio usual sería expresable así:

$$R(A_j, A_k) : R(d) = \begin{cases} 0 & \text{(indiferencia), si } d = 0 \\ 1 & \text{(estricta preferencia), si } d > 0 \end{cases}$$

Caben aquí diversas generalizaciones como el llamado cuasi-criterio con preferencia lineal, que utiliza dos umbrales  $p$  y  $q$  de preferencia y de indiferencia:

$$R(A_j, A_k) : R(d) = \begin{cases} 0, & \text{si } d \leq q \\ (d - q) / (p - q), & \text{si } q < d \leq p \\ 1, & \text{si } d > p \end{cases}$$

Definidos por el decisor los parámetros  $p$  y  $q$  de cada criterio  $i$  del problema, pueden calcularse los denominados índices de preferencia  $c_{jk}$  (se suponen los pesos normalizados, de manera que su suma = 1):

$$c_{jk} = \sum_i w_i R_i(A_j, A_k)$$

Cuando  $c_{jk}$  se aproxima a 0 significa una débil preferencia, global a todos los criterios, de  $A_j$  respecto a  $A_k$ . Y cuando se aproxima a 1 una fuerte preferencia.

La información hasta el momento puede representarse en forma de un grafo, y sobre el mismo calcular los llamados flujos salientes, entrantes y netos en cada nodo (alternativa)  $j$  del mismo:

$$\begin{aligned} \text{flujo saliente} &= \sum_k c_{jk} \\ \text{flujo entrante} &= \sum_k c_{kj} \\ \text{flujo neto} &= \text{flujo saliente} - \text{flujo entrante} \end{aligned}$$

El método Promethee utiliza esta información para concluir que:

$A_j$  supera a  $A_k$  si el flujo neto de  $j$  es mayor que el de  $k$   
 $A_j$  es indiferente con  $A_k$  si los flujos son iguales.

La puntuación que el sistema visualizará será el flujo neto de cada alternativa normalizado a escala [0,100] según la fórmula

$$v_i = ((f_i + (m-1)) / 2 (m-1)) * 100$$

## **24. Método Distancia al ideal (TOPSIS)**

Los métodos de Distancia al Ideal se caracterizan por manejar una alternativa ideal, concebida como aquella que el decisor elegiría sin dudar si pudiera. Como esto es poco posible, habrá que conformarse con seleccionar la alternativa (real) más próxima a la ideal.

Para Zeleny (1982) el concepto de ideal y de solución de compromiso incluso "... representa algo más que una conveniente herramienta técnica. Es una hipótesis sobre la racionalidad subyacente en los procesos humanos de decisión".

En el contexto específico de la Decisión Multicriterio Discreta, puede considerarse al método TOPSIS como una de las concreciones más fructíferas y operativas de este tipo de métodos.

El método TOPSIS ( Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) de Hwang y Yoon (1981) afronta el dilema de trabajar con el ideal o con el anti-ideal. TOPSIS lo resuelve de forma ecléctica: Para cada alternativa  $j$  con puntuaciones  $a_{ij}$  en los criterios  $i = 1, n$ , calcula  $dp^+(j)$  y  $dp^-(j)$ , las distancias (según la métrica  $p$  elegida) ponderadas (según los pesos  $w_i$  de los criterios) al ideal  $a^+$  o al anti-ideal  $a^-$ :

$$dp^+(j) = [SUMA_i w_i^{**p} |a_i^+ - a_{ij}|^{**p}]^{** 1/p} \quad , j = 1, m$$

$$dp^-(j) = [SUMA_i w_i^{**p} |a_{ij} - a_i^-|^{**p}]^{** 1/p} \quad , j = 1, m$$

y a continuación se obtiene el Ratio de Similitud al Ideal:

$$Dp(j) = dp^-(j) / (dp^+(j) + dp^-(j)) \quad , j = 1, m$$

que oscilará desde  $Dp(j) = 0$  (en el anti-ideal) hasta  $Dp(j) = 1$  (en el ideal). Por ello  $Dp(j)$  constituye una puntuación global final de las alternativas que directamente las ordena de mejor a peor (Max  $Dp(j)$ ).

## **25. Método Lexicográfico**

El método Lexicográfico con tolerancias se basa en el concepto de semiorden de Luce (1956), razón por la cual también se le conoce como Semiorden Lexicográfico. En él, cada criterio  $C_i$  lleva ahora asociado una tolerancia  $s_i$  de indiferencia, de forma que dos alternativas  $A_j$  y  $A_k$  se consideran indiferentes (empatadas) respecto a dicho criterio  $i$  si y sólo si  $|a_{ij} - a_{ik}| \leq s_i$ .

Se advierte que la previsible mayor necesidad de recurrir a los subsiguientes criterios a fin de dirimir empates.

Aun cuando se demuestra (Tversky, 1969) que este procedimiento puede dar lugar a intransitividad en la ordenación final de las alternativas, pueden diseñarse mecanismos para evitar estos efectos indeseables, tal y como se ha hecho en SSD-AAPP.

## **Bibliografía**

|    |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Bitlél, L. / Ramsey, J. (2001 ) Enciclopedia Del Management OCEANO/ CENTRUM                                                                                                                                                                               |
| 2  | Bonilla Díaz, Richar L. (2004). Trabajo de Diploma Marco Teórico y Referencial de la Planificación de los Servicios Complementarios de un Destino Turístico.Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Facultad de Industrial Economía. Matanzas. Cuba. |
| 3  | Buffa Elwood, S. (1981). Administración de Operaciones. La administración de sistemas productivos. Universidad de California, Los Ángeles (1ª Ed.), Editora Limusa, México.                                                                               |
| 4  | Buffa, E. L. & Sarin, R. G. (1984). Administración de Producción (3ª Ed.). Editorial El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.                                                                                                                                  |
| 5  | Buffa, E. L. & Sarin, R. K. (1987). Modern Production / Operations Management. Editorial Miley, New York, EE.UU.                                                                                                                                          |
| 6  | Buffa, E. L. (1961). Modern Production Management. John Wiley & Sons. New York, EE.UU.                                                                                                                                                                    |
| 7  | Chase, R. B. & Aquilano, N. J. (2001). Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios (8ª Ed.). McGraw-Hill Interamericana, S.A., Santa Fe de Bogotá, Colombia.                                                                      |
| 8  | Companys Pascual, R. (1989/a/). Planificación y Programación de la Producción. Editores Boixaren Marcombo. Barcelona. España.                                                                                                                             |
| 9  | Valladares C. (2004)” En que ciudad es mas barato montar un negocio “ Revista Emprendedores Las Claves de la Economía y del éxito Profesional.. No 76. Enero p.98                                                                                         |
| 10 | Cruz Laffitte, Gabriel, Chirino Ángel Luis, González, Raciél y Nadal Mario ( 2001) “ Metodología para la ubicación de instalaciones nauticas”.IPE Journal. Pan-American Istitute of Naval Engineering. No 24. Junio pp 14-17                              |
| 11 | De Heredia, Rafael. (1995). Dirección Integrada de Proyectos. DIP “ Project Management”. Segunda Edicion. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid, España.                                                 |
| 12 | Díaz Adenso.( 1993) Producción, gestión y control. Editora Ariel, S.A . Barcelona. España                                                                                                                                                                 |
| 13 | Domínguez Machuca, J. A. (1995). Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos. Editorial Ariel, S.A., Barcelona, España.                                                                                                                      |
| 14 | Everet, E. A. (1991). Administración de la Producción y las Operaciones. Conceptos, Modelos y Funcionamiento. Prentice- Hall Hispanoamericana S.A, México.                                                                                                |
| 15 | Fernández Sánchez, E. (1993). Dirección de la Producción I. Fundamentos Estratégicos. Editorial Civitas, S.A., España                                                                                                                                     |
| 16 | Gaither, N. & Frazier, G. (2000). Administración de la Producción y Operaciones. Editores Internacional Thomson, México.                                                                                                                                  |
| 17 | Gil Jiménez, Eleamsys (2003) Trabajo de Diploma. Marco Teórico y Referencial de la Planificación de los Servicios Complementarios de un Destino Turístico. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Matanzas. Cuba                                    |
| 18 | Heizer, J. & Render, B. (1997). Dirección de la Producción. Decisiones Estratégicas (4ª Ed.) Prentice- Hall Iberia, Madrid, España.                                                                                                                       |
| 19 | Hernández Díaz, Edgar A. (1987), Planificación turística. Un enfoque                                                                                                                                                                                      |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | metodológico. Editorial Trillas. México. Pp. 12-59.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 20 | Hopeman, J Richard. (1992) Administración de Producción y Operaciones Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V, México.                                                                                                                                                                     |
| 21 | Krajewski, L. J. & L. P. Ritzman. (2000). Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis (5ª Ed.). Editora Pearson educación. México.                                                                                                                                                     |
| 22 | Morciego Córdova, Loiret (2004). Trabajo de Diploma. Procedimientos y métodos para la localización de instalaciones. Peculiaridades en sistemas de servicios. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos “, Matanzas, Cuba.                                                                     |
| 23 | Padrón Robaina, D. (1998). Master de Gestión de Empresas de Servicios. Módulo: Dirección de Operaciones. --/s.l./.                                                                                                                                                                              |
| 24 | Pérez Goróstegui, E. (1990). Economía de Empresa (Introducción). Editorial centro de Estudios Ramon Areces, S.A, España.                                                                                                                                                                        |
| 25 | Planells Monzón, Adria (2004). Propuesta del Sistema de Indicadores para Análisis de la Oferta de los Servicios de Restauración y Comercial en un Destino Turístico. Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba. |
| 26 | Render, B. & Heizer. (1996). Principios de la Administración de Operaciones. Pretice-Hall Hispanoamericana, S.A., México.                                                                                                                                                                       |
| 27 | Resolución No 157 (1998) Perfeccionamiento de las regulaciones Complementarias del Proceso Inversionista. Ministerio de Economía y Planificación.                                                                                                                                               |
| 28 | Salvendy, G. (1982). Handbook of Industrial Engineering. Editorial Pueblo y Educación, Cuba.                                                                                                                                                                                                    |
| 29 | Schroeder , R. (1992). Administración de Operaciones (3ª Ed.) McGraw-Hill Interamericana de México.                                                                                                                                                                                             |
| 30 | Troncoso Calvo, Javier A. (2004) Elementos Básicos de Administración de Ingeniera de Proyectos. Trabajo de Diploma Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos “, Matanzas, Cuba.                                                                         |
| 31 | Valladares, Cristina. (2004). “¿En que ciudad es más barato montar un negocio?” Revista Emprendedores “Las Claves de la Economía y del éxito Profesional”. No 76. Enero p.98.                                                                                                                   |
| 32 | Vallhonrat, Josep M & Corominas, Albert. (1991). Localización, distribución en planta y manutención. FOINSA. Barcelona. España.                                                                                                                                                                 |
| 33 | Whoite, G. & Hernández Pérez, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fabricas de Producción de Maquinarias (parte I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.                                                                                                              |

**Anexo 1. Clasificación de los métodos de localización. Fuente: Elaboración propia**

| <b>Autores:</b> | <b>Clasificación:</b> | <b>Métodos</b>    |
|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Buffa Elwood, S | 1. Modelos para la    | ✓ Modelo de Brown |

|                                          |                                                                     |                                                                                  |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| (1981)                                   | localización de una planta                                          | & Gibson                                                                         |
|                                          | 2. Efectos de la inversión de capital y del volumen                 | ✓ Punto de equilibrio                                                            |
|                                          | 3. Localización de varias plantas                                   | ✓ Programación lineal (Matriz de distribución, Método de transporte).            |
|                                          | 4. Localización en el extranjero.                                   | ✓ Simulación<br>✓ Heurístico<br>✓ Técnica de ramificación y acotación.           |
| Everett E. Adam & Ronald J. Ebert (1981) | 1. Modelos cuantitativos.                                           | ✓ Modelo matemático.                                                             |
|                                          | 2. Según problemas de localización.                                 | ✓ Mediana simple<br>✓ Programación lineal Simulación                             |
| Salvendy, G. (1982)                      | 1. Procedimientos de ubicación.                                     | ✓ Procedimiento general de ubicación.                                            |
|                                          | 2. Cuantitativos                                                    | ✓ Aproximación del centro de gravedad.<br>✓ Aproximación de programación lineal. |
|                                          | 3. Otros métodos                                                    | ✓ Método de Monte Carlo.<br>✓ Método de programación heurística.                 |
| Pérez Gorostegui (1990)                  | Según problemas de localización:<br>1. Instalaciones independientes | ✓ Método de los factores ponderados                                              |
|                                          | 2. Varios almacenes y fabricas independientes                       | ✓ Programación lineal.                                                           |
|                                          | 3. Centros comerciales                                              | ✓ Modelo de Huff.                                                                |
| Ballou, Ronald (1991)                    | 1. Modelos para la localización de un solo elemento en la red.      | ✓ Método de Weber.<br>✓ Método de la Cuadrícula.                                 |
|                                          | 2. Modelos para la localización de varios almacenes.                | ✓ Análisis de agrupación.<br>✓ Modelo algorítmico.                               |

|                               |                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mini modelo analítico.</li> <li>✓ Uso combinado de la programación entera y la programación lineal.</li> <li>✓ Simulación y muestreo.</li> <li>✓ Métodos heurísticos (Modelo Kuehn-Hamburger y Modelo DISPLAN).</li> </ul> |
|                               | 3. Centros de servicio y puntos de venta.                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista compensada de factores.</li> <li>✓ Modelo de gravedad (Huff).</li> <li>✓ Análisis de regresión.</li> </ul>                                                                                                           |
| Vallhonrat & Corominas (1991) | Según la complejidad de los modelos y las técnicas a utilizar                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Problemas en espacio continuo o discreto</li> </ul>                |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Problemas de localización de una o varias instalaciones</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Schroeder (1992)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Problemas de localización con o sin interacción</li> </ul>         |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                               | 1. De clasificación aditivos o multiplicativos                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo aditivo o multiplicativo de puntaje.</li> </ul>                                                                                                                                                                     |
|                               | 2. De simulación o transporte                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Matriz de transporte de programación lineal (Programación lineal con una estructura espacial).</li> </ul>                                                                                                                  |
| Fernández Sánchez (1993)      | 3. Ubicación de comercios competitivos.                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo de Huff.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
|                               | 1. Con valoración objetiva de los factores intangibles                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                   |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | 2. Sin valoración objetiva de factores                    | ✓ Modelo jerárquico de localización, factor preferencial.                                                                                                                                                                                                                             |
| Domínguez Machuca, et. al. (1995) | 1. Exactos                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Factores ponderados</li> <li>✓ Centro de gravedad</li> <li>✓ Mediana simple</li> <li>✓ Gráficos de volumen, ingresos y costos</li> <li>✓ Electra I</li> <li>✓ Método del transporte, programación dinámica o programación entera.</li> </ul> |
|                                   | 2. Heurísticos                                            | ✓ Heurística de Ardalan.                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                   | 3. Simulación                                             | ✓ Simuladores                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                   | 4. Ubicación de una sola instalación                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preferencia jerárquica.</li> <li>✓ Factores ponderados.</li> </ul>                                                                                                                                                                           |
|                                   | 5. Ubicación de varias instalaciones                      | ✓ Método del transporte.                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                   | 6. Localización de tiendas minoristas.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis de regresión estadístico.</li> <li>✓ Ley de gravitación de comercio.</li> <li>✓ Modelo de Huff.</li> </ul>                                                                                                                          |
| Chase & Aquilano (2000)           | 1. Por niveles geográficos: en apoyo al macroanálisis.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clasificación de factores.</li> <li>✓ Programación lineal.</li> <li>✓ Centro de gravedad.</li> </ul>                                                                                                                                         |
|                                   | ✓ Métodos para la toma de decisiones más complejas.       | ✓ Delphi.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                   | 2. Para la ubicación de instalaciones de servicio         | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelación por regresión.</li> <li>✓ Procedimiento heurístico de Ardalan.</li> </ul>                                                                                                                                                         |
| Gaither & Fraizer (2000)          | 1. Por tipos de instalaciones y sus factores de ubicación |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                             |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | dominantes                                                           |                                                                                                                                                                                                                   |
|                             | 2. Análisis de ubicación de menudeo y otros servicios                |                                                                                                                                                                                                                   |
|                             | 3. Análisis de ubicaciones para instalaciones industriales           |                                                                                                                                                                                                                   |
|                             | 4. Integración de factores cuantitativos y cualitativos              |                                                                                                                                                                                                                   |
| Krajewski & Ritzman. (2000) | 1. Métodos de enfoques sobre la base de factores cualitativos.       | ✓ Método del puntaje ponderado.                                                                                                                                                                                   |
|                             | 2. Modelos de enfoques sobre la base de factores cuantitativos       | ✓ Método de carga-distancia.<br>✓ Análisis del punto de equilibrio.<br>✓ Método del transporte.                                                                                                                   |
|                             | 3. Otros métodos                                                     | ✓ Simulación.<br>✓ Heurísticos.<br>✓ Optimización.                                                                                                                                                                |
| MIT (2001)                  | 1. Problemas clásicos de localización en redes.                      | ✓ Problemas de media.<br>✓ Problemas de centro.<br>✓ Problemas de requisitos.                                                                                                                                     |
|                             | 2. Colas espacialmente distribuidas. con 2 servidores y n servidores | ✓ Modelo de colas "hipercubo" de 2 servidores.<br>✓ Modelo de colas "hipercubo" de n servidores.                                                                                                                  |
|                             | 3. Otras aplicaciones de estos métodos.                              | ✓ El problema del camino más corto, (utilizando el algoritmo de etiquetado de nodos de Dijkstra).<br>✓ El problema del árbol de expansión mínima (MST).<br>✓ Problema del viajante de comercio.<br>✓ Problema del |

|                               |                                         |                                                                                                                                          |
|-------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                                         | cartero chino.<br>✓ Método de Crofton.                                                                                                   |
| Trespalcios et. al. (1) (s.a) | 1. Métodos fundamentados en la analogía | ✓ Métodos fundamentados en la analogía                                                                                                   |
|                               | 2. Análisis de regresión múltiple       | ✓ Análisis de regresión múltiple.                                                                                                        |
|                               | 3. Modelos generales de interacción     | ✓ Ley de gravitación del comercio al detalle.<br>✓ Modelo de Huff                                                                        |
| Seppalla (2003)               | 1. Modelos Normativos                   | ✓ Basados en el centro de gravedad<br>✓ De programación lineal<br>✓ De simulación<br>✓ Heurísticas (Método ,de Kuehn y Hamburger (1963)) |
|                               | 2. Descriptivos                         | ✓ Teoría del lugar central<br>✓ De gravedad                                                                                              |
|                               | 3. Competencia espacial                 |                                                                                                                                          |

**Anexo 2. Denominaciones a los métodos de localización. Fuente: elaboración propia.**

| Métodos                                                                                                                                            | Denominación                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Centro de gravedad.<br>(Salvendy, 1982; Whoite y Hernández, 1986; Domínguez Machuca et. al., 1995; Heizer & Render, 2000; Chase & Aquilano, 2000). | ✓ Método de carga-distancia.<br>(Krajewski & Ritzman, 2000). |
| Mediana simple.<br>(Adam & Ebert, 1981; Domínguez Machuca et. al., 1995).                                                                          |                                                              |
| Heurístico de Ardalan.                                                                                                                             | ✓ Método de programación                                     |

|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Chase & Aquilano, 2000).                                                                                     | heurística. (Salvendy, 1982).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Modelo lineal de ordenamiento (Whoite y Hernández, 1986).                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Transporte (Domínguez Machuca et. al., 1995; Heizer & Render, 1996).                                          | <p>Programación lineal. (Adam &amp; Ebert, 1981; Pérez Gorostegui, 1990).</p> <p>Problema de programación lineal (resolverlo en una matriz de distribución). (Buffa, 1981).</p> <p>Modelos económicos-matemáticos. (Woithe &amp; Hernández, 1986.)</p> <p>Programación Lineal (Modelo de transporte de la PL). (Salvendy, 1982).</p> <p>Matriz o Algoritmo de transporte. (Schroeder, 1995).</p> <p>Programación lineal (Método de transporte de PL). (Chase &amp; Aquilano, 2000).</p> |
| Método de la esquina noroeste. (Heizer & Render, 1996).                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Gráficos de volúmenes, ingresos y costos: análisis del punto muerto. (Domínguez Machuca et. al., 1995).       | ✓ Análisis del punto de equilibrio. (Buffa, 1981; Heizer & Render, 1996; Krajewski & Ritzman, 2000).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Criterio del factor preferencial. (Fernández Sánchez, 1993)                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Criterio del factor dominante. (Gaither & Fraizer, 2000).                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ley de gravitación del comercio al detalle. (Reilly y Converse, s.a, analizado por Trespalacios, s.a ).       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ley del punto límite (Converse analizado por Trespalacios, s.a).                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modelo de Huff. (Pérez Gorostegui, 1990; Schroeder, 1995; Trespalacios, s.a).                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modelo de localización múltiple. (Trespalacios, s.a).                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Modelo multiplicativo de interacción competitiva. Nakanishi y Cooper (1974) analizado por Trespalacios, s.a). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Factores ponderados. (Domínguez Machuca et. al., 1995).                                                       | <p>✓ Procedimiento general de ubicación (Salvendy, 1982).</p> <p>✓ Modelo aditivo de puntaje (Schroeder, 1995).</p> <p>✓ Modelo jerárquico (Fernández Sánchez, 1993).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Método de clasificación de factores (Heizer &amp; Render, 1996)</li> <li>✓ Sistemas de clasificación de factores. (Chase &amp; Aquilano, 2000).</li> <li>✓ Puntajes ponderados en una matriz de preferencias. (Krajewski &amp; Ritzman, 2000).</li> <li>✓ Ponderación lineal. (Ayuda Assp)</li> </ul> |
| Exponencial.                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo multiplicativo. (Pérez Gorostegui, 1990);</li> <li>✓ Media geométrica. (Domínguez Machuca et. al., 1995).</li> <li>✓ Modelo multiplicativo de puntaje. (Schroeder, 1995).</li> <li>✓ No lo nombra. (Chase &amp; Aquilano, 2000).</li> </ul>                                                    |
| Calificaciones relativas agregadas. (Gaither & Fraizer, 2000). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Preferencia jerárquica. (Domínguez Machuca et. al., 1995).     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Electra I (Domínguez Machuca et. al., 1995).                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Modelo de Brow & Gibson. (Buffa, 1981).                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Método global de la localización. (Buffa, pero no lo nombra)   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Fundamentados en la analogía. (Trespalcios, s.a).              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Analítico Delphi. (Chase & Aquilano, 2000).                    | ✓ Métodos de Delphi. (Buffa, 1981; Salvendy, 1982).                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Análisis de regresión múltiple. (Trespalcios, s.a).            | ✓ Modelación por regresión. (Chase & Aquilano, 2000).                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Sistemas de simulación por computadoras. (Adam & Ebert, 1981). | ✓ Simulación. (Buffa, 1981; Adam & Ebert, 1981; Ballou, 1991; Domínguez Machuca et. al., 1995; Krajewski & Ritzman, 2000; Sepalla, 2003).                                                                                                                                                                                                      |
| Matriz de decisión. (Sitio internet # 10).                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Prometheé                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Distancia al ideal.                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Lexicográfico.                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Localización sobre redes.                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |