

CAPÍTULO

2

LOCALIZACIÓN
DE INSTALACIONES

Objetivos del capítulo

1. Localización de las instalaciones
 - 1.1. Introducción a la localización
 - 1.2. Factores a tener en cuenta en la localización
2. Métodos para determinar la localización
 - 2.1. Método ponderado
 - 2.2. Programación lineal: problema del transporte
3. Localización de las instalaciones de las empresas de servicios
 - 3.1. Localización con ponderación de la población
 - 3.2. Localización con cobertura

Conceptos básicos

Actividades de autocomprobación

Ejercicios voluntarios

Referencias bibliográficas



OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

Este capítulo se centra en la localización de las instalaciones de la organización. De cara a la localización, que es determinar su mejor ubicación, al finalizar este capítulo el lector deberá:

- Ser capaz de identificar los factores que influyen en determinar la mejor localización de las instalaciones.
- Conocer el método a seguir de cara a hacer un estudio de localización.
- Conocer y poder aplicar las técnicas más usuales para elegir la mejor ubicación posible de las instalaciones.

Por otro lado, dada la especial idiosincrasia de las empresas de servicios, se quiere que el lector sea capaz de determinar la mejor localización:

- En función de la distancia y de las características de la población a la que se quiere dar servicio.
- Considerando el problema de cobertura, en el cual se tienen en cuenta una distancia máxima a la que se puede dar servicio y la cantidad de población que va a estar dentro del radio de acción de la empresa.

Para alcanzar estos objetivos, se ha organizado este capítulo en diferentes epígrafes que abarcan todo lo expuesto anteriormente.

1. LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

1.1. INTRODUCCIÓN A LA LOCALIZACIÓN

La localización de las instalaciones, tanto industriales como de servicios, de una compañía es de una importancia capital, ya que afectará al curso de la empresa durante muchos años. Una mala elección del lugar donde ubicar las instalaciones puede hacer que los costes logísticos sean tan altos que el beneficio empresarial desaparezca. Tradicionalmente los tres acercamientos que ha habido en esta materia han sido:

- Situar las instalaciones cerca de las materias primas o proveedores. Sobre todo cuando el coste de transporte de las mismas es muy alto.
- Situar las instalaciones cerca de los clientes. Cuando interesa debido a la facilidad de distribución a los clientes, así como por acuerdos comerciales con los clientes, que quieren que su fuente de suministro esté cerca de ellos.
- Situar las instalaciones donde los costes de mano de obra son muy bajos. En estos casos la diferencia de costes de mano de obra debe compensar el aumento de costes logísticos que conlleva.

1.2. FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA LOCALIZACIÓN

Partiendo de los tres acercamientos descritos, existen una serie de factores generales a considerar en la decisión de la localización de las instalaciones, los más usuales son los siguientes:

- **Costes logísticos.** Se busca que el conjunto de costes logísticos de la empresa sean mínimos. El transporte desde los proveedores hasta las instalaciones, y desde estas hasta los clientes debe ocasionar los menores costes posibles.
- **Zonas de libre comercio.** La instalación en una zona de libre comercio hace posible la venta de los productos en la misma sin necesidad de tener un coste asociado a los aranceles. Hay que analizar cuidadosamente dónde

van a estar los clientes, y ver si interesa situarse en una zona de libre comercio, aunque otros costes puedan aumentar, como el caso de la mano de obra. Ejemplo de estas zonas son la Unión Europea, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), etc.

- **Factores políticos.** En ciertos países existen una serie de riesgos políticos que hacen que una empresa no plantee la ubicación de sus instalaciones en el mismo cuando pueden presentarse inconvenientes como revueltas, inestabilidad a lo largo de los años del gobierno, acciones agresivas del gobierno en contra de empresas foráneas, etc.
- **Mano de obra.** En este caso hay dos factores a analizar. Por un lado, está la cualificación necesaria de la mano de obra para el proceso productivo y, por otro lado, están los costes de la mano de obra. Se buscará una ubicación donde los costes de la mano de obra sean los menores posibles, pero siempre dentro de los lugares donde existe mano de obra cualificada para realizar el trabajo. También deberá considerarse el riesgo de absentismo y conflictividad en las zonas que se analizan.
- **Infraestructuras.** Deben existir los medios de transporte adecuados tanto para que los proveedores hagan llegar las materias primas, como para que se pueda realizar una distribución de los productos a los clientes. Entre estas infraestructuras están las carreteras adecuadas, los ferrocarriles, el transporte marítimo, el transporte aéreo, etc.

Dentro de las infraestructuras no hay que olvidar, debido a su creciente importancia, las telecomunicaciones, ya que la ubicación deberá disponer de las más adecuadas para poder realizar la integración de los sistemas de información de la instalación con el resto de la compañía, así como con suministradores y clientes.

También hay que destacar dentro de este punto las infraestructuras en temas de materia energética, de manera que la localización cumpla con los requerimientos energéticos que se van a necesitar.

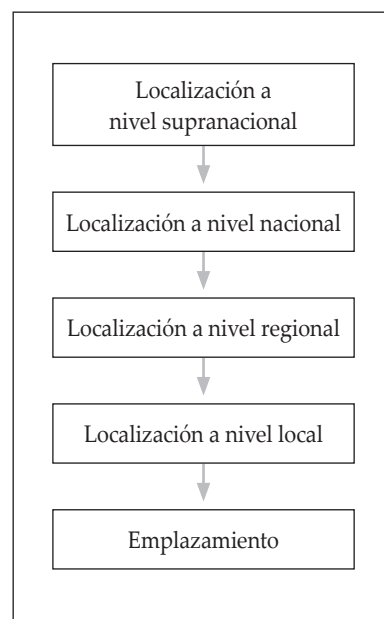
- **Legislaciones.** Habrá que considerar las legislaciones que son de aplicación a la problemática de la empresa, con especial atención a la legislación medioambiental. También habrá que analizar los casos de posibles subvenciones o incentivos por el hecho de situar la instalación en un país, región o localidad determinada.
- **Existencia de otras instalaciones de la empresa.** Siempre la ubicación de una nueva instalación debe tener relación con las demás instalaciones de que dispone la empresa, debiendo ser complementaria a las mismas.

- **Otros factores.** También se deberán considerar factores como el clima, riesgo de catástrofes naturales, cambios de divisas, impuestos, barreras culturales, etc.

El **proceso** que se seguirá para determinar la ubicación de la instalación será de mayor a menor, geográficamente hablando:

- **Localización a nivel supranacional.** Habrá que determinar la zona geográfica a nivel mundial que interesa. Las zonas de libre comercio son un factor importante en esta decisión, así como los costes logísticos y de mano de obra.
- **Localización a nivel nacional.** Una vez determinada la zona supranacional, se deberá determinar dentro de esa zona el país que más interesa. Los factores políticos, la legislación y los posibles incentivos del país, así como los costes asociados a la mano de obra serán muy tenidos en cuenta en esta decisión.
- **Localización a nivel regional.** Dentro del país escogido, se deberá determinar qué región es la más adecuada. En esta decisión tienen gran importancia la disponibilidad de todas las infraestructuras necesarias, así como la disponibilidad de la mano de obra cualificada necesaria.
- **Localización a nivel local.** Hay que determinar la localidad de la región escogida que más aporte a la empresa. La facilidad para obtener los terrenos necesarios, así como para la construcción de las instalaciones, junto con los posibles incentivos de la administración local serán tenidos en cuenta en la decisión. La existencia de polígonos industriales hace más fácil la ubicación de una nueva instalación.
- **Emplazamiento en la localidad seleccionada.** Hay que seleccionar el mejor posicionamiento físico posible dentro de la localidad, buscando que las infraestructuras de comunicaciones sean accesibles de una manera rápida.

Figura 1. Proceso de localización



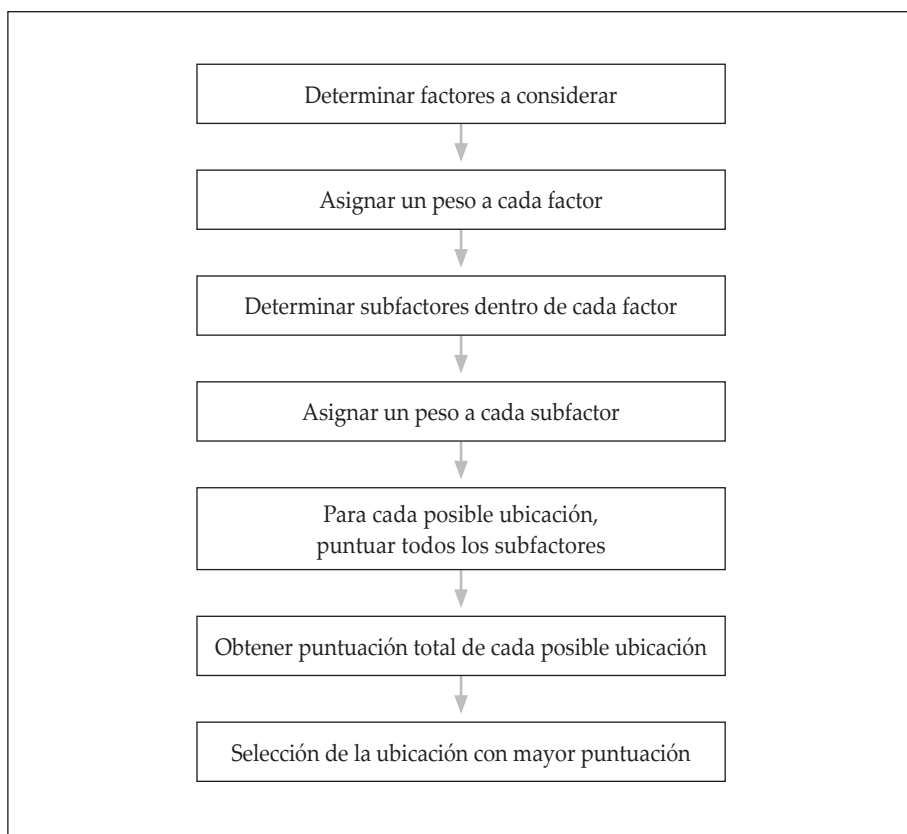
2. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN

Existen numerosos métodos para determinar las localizaciones de las instalaciones. A continuación se explican aquellos que son más relevantes:

2.1. MÉTODO PONDERADO

Este método consiste en analizar qué factores son los que hay que considerar para el caso concreto de que se trate y darles un peso o ponderación a cada uno. Luego hay que realizar un desglose de esos factores en subfactores, a los que se otorgará otro peso o ponderación dentro del factor considerado.

Figura 2. Método ponderado



Se dará una puntuación a cada subfactor de la posible ubicación analizada, en función de la cual y de las ponderaciones dadas, se obtendrá la puntuación final para cada localización propuesta. La localización que obtenga mayor puntuación será la elegida.

EJEMPLO 1

Se quiere determinar la mejor ubicación para una instalación de fabricación de componentes para la industria electrónica. Como el cliente está ubicado en las cercanías de Madrid se han determinado dos posibles opciones: Ocaña, en Toledo, y Guadalajara capital. Se han determinado los siguientes factores y subfactores, con sus correspondientes ponderaciones. Con base en esto, se va a determinar la puntuación total de las dos opciones. La puntuación de cada subfactor será de 0 a 100.

	Ponderación	Ocaña (Toledo)	Guadalajara
Factor A. Infraestructuras			
Transporte por carretera	10 %	85	85
Transporte por ferrocarril	5 %	50	65
Red de abastecimiento eléctrico	5 %	100	100
Telecomunicaciones	5 %	80	85
Puntuación total infraestructuras	25 %	80	84
Factor B. Mano de obra			
Cualificación	10 %	65	75
Salarios	7 %	80	60
Conflictividad	3 %	50	40
Puntuación total mano de obra	20 %	68	64,5
Factor C. Materias primas			
Cercanía a los suministradores	10 %	70	75
Fiabilidad de los suministradores	20 %	85	60
Puntuación total materias primas	30 %	80	65
.../...			

.../...

.../...

	Ponderación	Ocaña (Toledo)	Guadalajara
.../...			
Factor D. Leyes e impuestos			
Legislación industrial y ambiental	10 %	85	85
Impuestos	5 %	60	70
Puntuación total leyes e impuestos	15 %	76,7	80
Factor E. Suelo			
Coste del suelo de la instalación	5 %	90	70
Disponibilidad del suelo	5 %	40	65
Puntuación total suelo	10 %	65	67,5
Puntuación total	100 %	75,6	72,15

Por tanto, la mayor puntuación se ha obtenido con un 75,6 sobre 100 en la localidad de Ocaña (Toledo) que sería la ubicación elegida.

2.2. PROGRAMACIÓN LINEAL: PROBLEMA DEL TRANSPORTE

Este método utiliza técnicas de optimización para llegar a la mejor solución, es decir, aquella que minimiza los costes de transporte desde una serie de orígenes, a una serie de destinos. Se debe conocer los costes asociados al transporte entre cada origen y destino, así como las capacidades máximas de cada uno de ellos.

A continuación se muestra cómo sería la tabla utilizada para resolver este tipo de problemas. Aunque no se va a abordar detalladamente, ya que escapa del alcance de este manual, y además existe *software* específico para poder encontrar una solución.

Tabla 1. **Tabla de transporte**

Destinos D Orígenes O	D_1	...	D_n	Disponibilidades, d_i
O_1	C_{11} X_{11}	$C_{1...}$ $X_{1...}$	C_{1n} X_{1n}	d_1
O_2	C_{21} X_{21}	$C_{2...}$ $X_{2...}$	C_{2n} X_{2n}	d_2
...				$d...$
O_m	C_{m1} X_{m1}	$C_{m...}$ $X_{m...}$	C_{mn} X_{mn}	d_m
Necesidades, n_j	n_1	$n...$	n_n	$\sum_{i=1...m} d_i$ $\sum_{j=1...n} n_j$

3. LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS

La localización de las instalaciones de las empresas de servicios se rige por otros criterios distintos a las empresas industriales, y buscan la cercanía con los clientes en la mayor parte de los casos. Por ello, la mayoría de los métodos se basan en analizar la posible localización teniendo en cuenta la población a la que se dará servicio, y la distancia a las instalaciones de esta población. También se suele dar una ponderación relativa a la población en función del público objetivo de nuestro servicio.

Dentro de los distintos métodos existentes se van a estudiar los dos siguientes:

- Localización con ponderación de la población.
- Localización con cobertura.

3.1. LOCALIZACIÓN CON PONDERACIÓN DE LA POBLACIÓN

Se va a explicar el algoritmo heurístico de Ardalán. Este método de localización tiene en cuenta, por un lado, las distancias entre las distintas posibilidades de localización y, por otro, la cantidad de población en las distintas localizaciones, con la ponderación de cada una de estas poblaciones en función del servicio que se va a ofrecer. En el ejemplo que se pone a continuación, si se quiere montar un gimnasio, tendrá una mayor ponderación aquel núcleo de población que tenga mayor número de personas entre 18 y 40 años, ya que son el público al que va dirigido.

Consecuentemente se necesitan dos tablas: la tabla de distancias entre las distintas localizaciones y la tabla de poblaciones.

Los pasos que sigue el método son los siguientes:

1. Calcular la tabla con las distancias ponderadas: cada distancia hay que multiplicarla por su población y por su ponderación. Cada fila indica las distancias «desde» esa localización. Cada columna indica las distancias «hasta» esa localización.
2. En la tabla de distancias ponderadas se suma por columnas, y aquella que sea el mínimo de todas las columnas indica dónde estará la primera localización.
3. Ahora se vuelve a calcular la tabla con las distancias ponderadas, excluyendo la localización ya decidida. Hay que considerar ahora que la distancia máxima ponderada la marca la distancia ponderada a la localidad ya elegida. La siguiente localización se encontrará en la columna que tenga el mínimo.
4. Volver al paso 3 hasta completar el número de localizaciones deseado.

EJEMPLO 2

Una cadena de gimnasios está en expansión y quiere ubicar dos gimnasios en la zona norte de Madrid con la intención de dar servicio a cuatro pequeñas poblaciones.

Las distancias medias en kilómetros entre cada población vienen dadas en la siguiente tabla:

.../...

.../...

Tabla de distancias

Kilómetros	A	B	C	D
A	0	15	5	17
B	15	0	18	16
C	5	18	0	12
D	17	16	12	0

Asimismo cada localidad tendrá una ponderación relativa en función del público objetivo del gimnasio, y de la población que vive en el mismo. En esta ponderación influyen las características de edad y sexo de la localidad en cuestión, ya que a los gimnasios acuden más los varones de 20 a 40 años, y las mujeres de 25 a 45 años. El número de personas que viven en cada localidad viene dado en miles:

Tabla de poblaciones

Localidad	Población	Ponderación relativa población
A	20	1,1
B	18	1
C	5	1,2
D	25	0,9

Hay que obtener en qué dos localidades se situarían los dos gimnasios para que las distancias a recorrer por las personas de la zona norte de Madrid sea mínima en función de la ponderación dada.

Solución

Primero se debe calcular la tabla con las distancias ponderadas. Para calcularla, hay que basarse en la tabla de distancias, y cada distancia se multiplica por su población y por su ponderación. Por ejemplo, desde la localidad A:

- De A hasta B: $15 \times 20 \times 1,1 = 330$.
- De A hasta C: $5 \times 20 \times 1,1 = 110$.
- De A hasta D: $17 \times 20 \times 1,1 = 374$.

.../...

.../...

Se suma por columnas, y aquella que sea el mínimo de todas las columnas indica dónde será la localización del primer gimnasio.

Tabla de distancias ponderadas

Kilómetros	A	B	C	D
A	0	330	110	374
B	270	0	324	288
C	30	108	0	72
D	382,5	360	270	0
Total	682,5	798	704	734

El emplazamiento del primer gimnasio será la localidad A. Se vuelve a calcular la tabla con las distancias ponderadas, excluyendo a A. Hay que considerar ahora que la distancia máxima ponderada la marca la distancia ponderada a la localidad A. Por tanto:

- De B a cualquier otra localidad la máxima distancia ponderada será 270, que es la distancia que hay de B a A.
- De C a cualquier otra localidad la máxima distancia ponderada será 30, que es la distancia que hay de C a A.
- De D a cualquier otra localidad la máxima distancia ponderada será 382,5, que es la distancia que hay de D a A.

Por ejemplo, desde B hasta C la distancia media ponderada según la anterior tabla era de 324, pero, como el máximo se ha dicho que tiene que ser de 270 desde B, se pondrá esta cantidad.

Tabla de distancias ponderadas (segunda localización)

Kilómetros	B	C	D
B	0	270	270
C	30	0	30
D	360	270	0
Total	390	540	300

El emplazamiento del segundo gimnasio estará en la localidad D.

3.2. LOCALIZACIÓN CON COBERTURA

Este método se basa en determinar una distancia máxima a la cual se va a dar servicio, es lo que se conoce como **cobertura**. En función de las posibles localizaciones con cobertura, y de la población de cada una, se determinarán las localizaciones definitivas.

Los puntos de partida de este método son:

- La población de cada uno de los lugares a los que se quiere dar servicio.
- Un gráfico de red donde se recojan los caminos existentes entre los diversos lugares y las distancias.
- El radio de cobertura que se quiere (suele ser una política de empresa).

Los pasos que sigue el método son los siguientes:

1. Realizar la tabla de distancias mínimas entre los distintos municipios, a partir del gráfico de red.
2. A partir de esta tabla, se determina la población que se puede cubrir desde una determinada localización, teniendo en cuenta que las casillas de la tabla anterior cuya distancia es mayor al radio de cobertura indican que a ese lugar no se le puede servir desde esa posible localización. Esta será la tabla de cobertura.
3. Se elige como localización aquella que pueda cubrir mayor población.
4. Seguir eligiendo localizaciones; la siguiente localización es aquella que cubra el resto de las poblaciones que faltan, o el mayor número de ellas, y que tenga una mayor puntuación.

EJEMPLO 3

Una cadena de supermercados quiere introducirse en una nueva zona del oeste madrileño, y se ha fijado en los siguientes municipios, de los que se especifica su población:

.../...

.../...

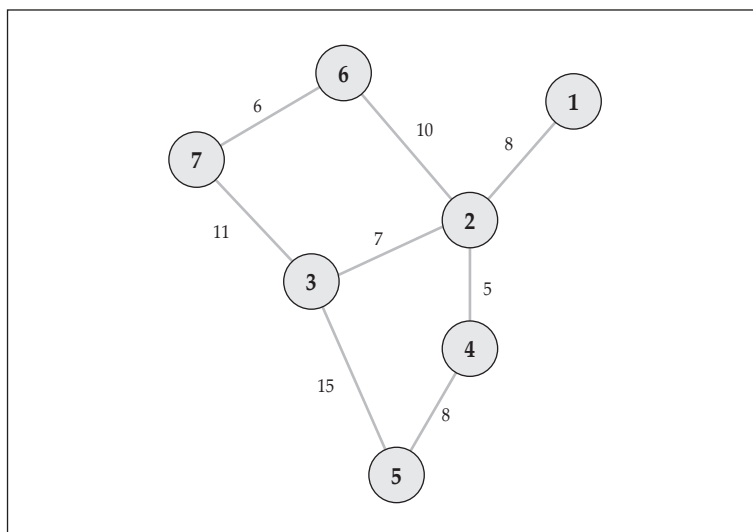
Tabla de poblaciones

	Localidad	Habitantes (miles)
1	Villanueva del Pardillo	16
2	Villanueva de la Cañada	18
3	Quijorna	3
4	Brunete	10
5	Sevilla la Nueva	9
6	Valdemorillo	12
7	Navalagamella	2
	Total	70

Quiere situar dos nuevos supermercados entre todas estas localidades, buscando que se cubra la mayor parte de la población, con la condición de que el radio de cobertura de un supermercado sea de 12 kilómetros, que es la distancia máxima a la que se puede servir a un cliente.

El grafo de distancias, teniendo en cuenta la red de carreteras existente, es el siguiente:

Figura 3. Grafo de distancias



.../...

.../...

Solución

En primer lugar se debe realizar una tabla de distancias mínimas entre los distintos municipios, a partir del grafo. En sombreado se ponen aquellas localizaciones que están a más de 12 kilómetros:

Tabla de distancias mínimas

	Distancias (km)	1	2	3	4	5	6	7
1	Villanueva del Pardillo		8	15	13	21	18	24
2	Villanueva de la Cañada	8		7	5	13	10	16
3	Quijorna	15	7		12	15	17	11
4	Brunete	13	5	12		8	15	21
5	Sevilla la Nueva	21	13	15	8		23	26
6	Valdemorillo	18	10	17	15	23		6
7	Navalagamella	24	16	11	21	26	6	

A partir de esta tabla, se determina la población que se puede cubrir desde una determinada localización, teniendo en cuenta que las casillas de la tabla anterior sombreadas indican que a esa población no se puede servir.

Tabla de cobertura

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	Villanueva del Pardillo	16	18	0	0	0	0	0	34
2	Villanueva de la Cañada	16	18	3	10	0	12	0	59
3	Quijorna	0	18	3	10	0	0	2	33
4	Brunete	0	18	3	10	9	0	0	40
5	Sevilla la Nueva	0	0	0	10	9	0	0	19
6	Valdemorillo	0	18	0	0	0	12	2	32
7	Navalagamella	0	0	3	0	0	12	2	17

.../...

.../...

Villanueva de la Cañada tiene la mayor puntuación. Será la primera localización elegida, ya que cubre todas las poblaciones excepto Sevilla la Nueva y Navalagamella.

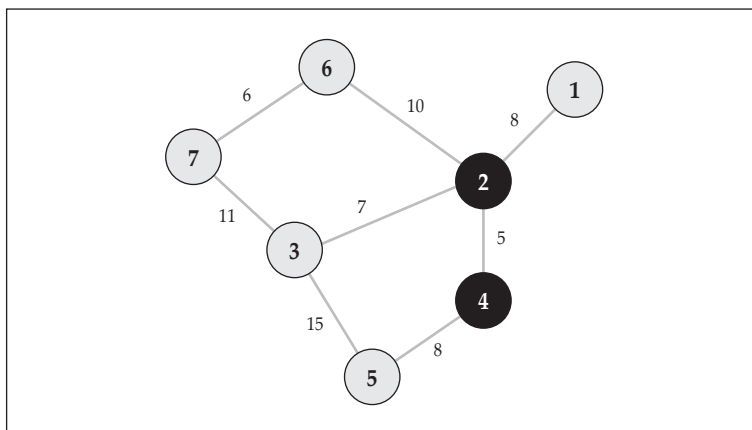
La siguiente localización será aquella que cubra el resto de las poblaciones que faltan y tenga una mayor puntuación. Se elimina Villanueva del Pardillo, ya que no cubre las poblaciones que faltan (Sevilla la Nueva y Navalagamella), y vemos que no hay ninguna posible localización que cubra las dos poblaciones que faltan, así que se analizarán aquellas que cubren una de las dos poblaciones.

Tabla de cobertura (segunda localización)

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
3	Quijorna	0	18	3	10	0	0	2	33
4	Brunete	0	18	3	10	9	0	0	40
5	Sevilla la Nueva	0	0	0	10	9	0	0	19
6	Valdemorillo	0	18	0	0	0	12	2	32
7	Navalagamella	0	0	3	0	0	12	2	17

El siguiente municipio que cubre más población es Brunete. Será la segunda localización elegida. Se ve que no hay ningún municipio que pueda cubrir todas las poblaciones que faltaban, por lo que con las dos localizaciones decididas, Navalagamella no tendrá servicio. Situándolas en el grafo se tiene:

Figura 4. Grafo de distancias con las localizaciones





CONCEPTOS BÁSICOS

- Algoritmo de Ardalán.
- Emplazamiento.
- Infraestructuras.
- Localización.
- Localización a nivel local.
- Localización a nivel nacional.
- Localización a nivel regional.
- Localización a nivel supranacional.
- Localización con cobertura.
- Localización con ponderación de la población.
- Método ponderado.
- Zonas de libre comercio.



ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

Enunciado 1

Enumerar los factores que se deben tener en cuenta en la localización.

Enunciado 2

Se quiere ubicar dos balnearios urbanos en la ciudad de Madrid, para dar servicio a cinco barrios. Las distancias medias en kilómetros entre cada barrio vienen dadas en la siguiente tabla:

Tabla de distancias

Kilómetros	A	B	C	D	E
A	0	5	12	7	15
B	5	0	7	6	8
C	12	7	0	8	5
D	7	6	8	0	6
E	15	8	5	6	0

Asimismo cada barrio tendrá una ponderación relativa en función del público objetivo del balneario urbano y de la población que vive en el mismo:

Tabla de poblaciones

Barrio	Población	Ponderación relativa población
A	50	0,9
B	35	1,2
C	65	0,8
D	42	1
E	25	1,2

Hay que obtener en qué dos barrios se situarían los dos balnearios para que las distancias a recorrer por las personas de Madrid sea mínima.

Enunciado 3

Una cadena de comida rápida quiere introducirse en una nueva zona de la sierra oeste madrileña, y se ha fijado en los siguientes municipios, de los que se especifica su población:

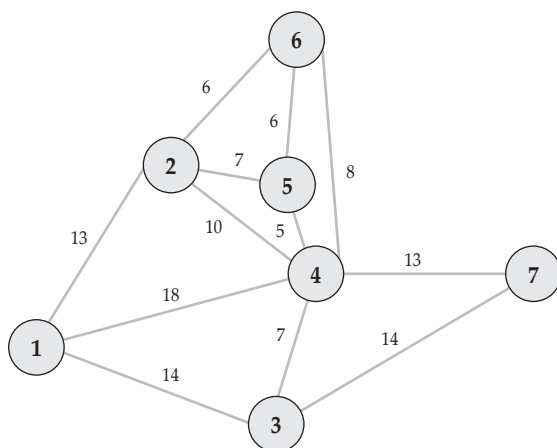
Tabla de población

	Localidad	Habitantes (miles)
1	El Escorial	15
2	Guadarrama	16
3	Galapagar	32
4	Collado Villalba	60
5	Alpedrete	13
6	Collado Mediano	7
7	Hoyo de Manzanares	8
	Total	151

Se quiere situar dos nuevos restaurantes entre todas estas localidades, buscando que se cubra la mayor parte de la población, con la condición de que el radio de cobertura desde un restaurante sea de 14 kilómetros, que es la distancia máxima a la que se puede servir a un cliente.

El grafo de distancias, teniendo en cuenta la red de carreteras existente, es el siguiente:

Figura 5. Grafo de distancias



Enunciado 4. Localización de instalaciones con ponderación de la población. Localización de una gasolinera

Se quiere ubicar una gasolinera en una nueva localización, para dar servicio a cuatro municipios. Las distancias medias en kilómetros entre cada uno de ellos vienen dadas en la siguiente tabla:

Tabla de distancias

Kilómetros	A	B	C	D
A	0	20	7	22
B	20	0	23	19
C	7	23	0	15
D	22	19	15	0

Asimismo cada municipio tendrá una ponderación relativa en función del público objetivo y de la población que vive en el mismo:

Tabla de ponderación

Localidad	Población	Ponderación relativa población
A	25	0,8
B	10	1,1
C	20	1
D	8	1,25

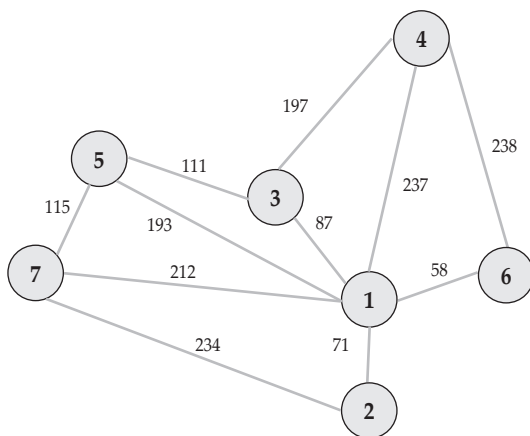
Hay que obtener en qué municipio se situaría la nueva gasolinera para que la distancia a recorrer por las personas sea mínima, teniendo en cuenta la ponderación relativa de cada población.

Enunciado 5. Localización de instalaciones con cobertura

Una cadena de distribución quiere tener dos nuevos almacenes centrales en la zona centro de la península, y se ha fijado en los siguientes municipios, en los que se especi-

ficán los centros de distribución a los que tiene que dar servicio, y la red de carreteras existente con las distancias:

	Localidad	Centros a servir
1	Madrid	25
2	Toledo	5
3	Segovia	6
4	Burgos	7
5	Valladolid	10
6	Guadalajara	3
7	Salamanca	16
	Total	72



Se quiere situar los dos nuevos almacenes centrales entre todas estas poblaciones, buscando que se cubra la mayor parte de los centros de distribución, con la condición de que el radio de cobertura es de 225 kilómetros, que es la distancia máxima a la que puede servir a un centro de distribución. Hay que determinar las dos nuevas ubicaciones.

Solución 1

Los factores que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

- Costes logísticos.
- Zonas de libre comercio.
- Factores políticos.
- Mano de obra.
- Infraestructuras.
- Legislaciones.
- Existencia de otras instalaciones de la empresa.
- Otros factores como el clima, posibles desastres naturales, cambios de divisas, impuestos, barreras culturales, etc.

Solución 2

Primero se debe calcular la tabla con las distancias ponderadas. Se suma por columnas, y aquella que tenga el menor valor de todas las columnas indica dónde será la localización del primer balneario:

Tabla de distancias ponderadas

Kilómetros	A	B	C	D	E
A	0	225	540	315	675
B	210	0	294	252	336
C	624	364	0	416	260
D	294	252	336	0	252
E	450	240	150	180	0
Total	1.578	1.081	1.320	1.163	1.523

En este caso el primer balneario estará situado en el barrio B. Se va a analizar dónde deberá situarse el segundo. Se vuelve a actualizar la tabla de distancias ponderadas, ex-

cluyendo a B. Hay que recordar que la máxima distancia ponderada desde cualquier barrio será la que había con el barrio B:

Tabla de distancias ponderadas (segunda localización)

Kilómetros	A	C	D	E
A		225	225	225
C	364	0	364	260
D	252	252	0	252
E	240	150	180	0
Total	856	627	769	737

Por tanto, el segundo balneario se situará en el barrio C.

Solución 3

En primer lugar se realizará una tabla de distancias mínimas entre los distintos municipios, a partir del gráfico. En sombreado se ponen aquellas poblaciones que están a más de 14 kilómetros:

Tabla de distancias mínimas

	Distancias (km)	1	2	3	4	5	6	7
1	El Escorial		13	14	18	20	19	28
2	Guadarrama	13		17	10	7	6	23
3	Galapagar	14	17		7	12	15	14
4	Collado Villalba	18	10	7		5	8	13
5	Alpedrete	20	7	12	5		6	18
6	Collado Mediano	19	6	15	8	6		21
7	Hoyo de Manzanares	28	23	14	13	18	21	

A partir de esta tabla, se determina la población que se puede cubrir desde una determinada localización, teniendo en cuenta que las casillas de la tabla anterior sombreadas indican que a esa población no se puede servir:

Tabla de cobertura

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	El Escorial	15	16	32	0	0	0	0	63
2	Guadarrama	15	16	0	60	13	7	0	111
3	Galapagar	15	0	32	60	13	0	8	128
4	Collado Villalba	0	16	32	60	13	7	8	136
5	Alpedrete	0	16	32	60	13	7	0	128
6	Collado Mediano	0	16	0	60	13	7	0	96
7	Hoyo de Manzanares	0	0	32	60	0	0	8	100

Collado Villalba será la primera localización, ya que cubre todas las poblaciones excepto El Escorial.

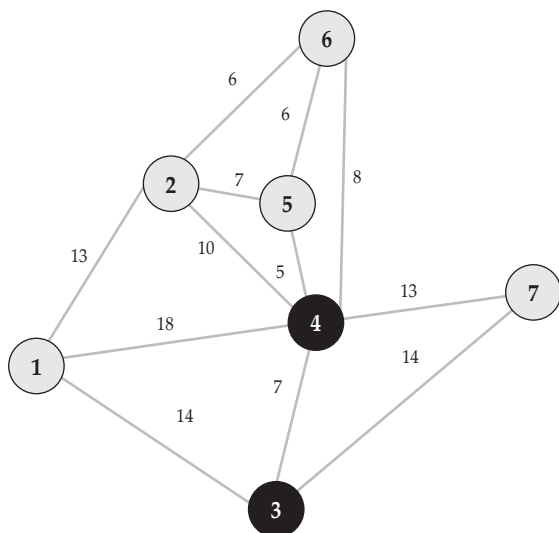
La siguiente localización será aquella que cubra el resto de las poblaciones que faltan y tenga una mayor puntuación. Se eliminan Collado Villalba, Alpedrete, Collado Mediano y Hoyo de Manzanares, ya que no cubren la población de El Escorial:

Tabla de cobertura (segunda localización)

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	El Escorial	15	16	32	0	0	0	0	63
2	Guadarrama	15	16	0	60	13	7	0	111
3	Galapagar	15	0	32	60	13	0	8	128

El siguiente municipio que cubre más población es Galapagar. Será la segunda localización y con las dos opciones elegidas se cubren todas las poblaciones. Situándolas en el grafo se tiene:

Figura 6. Grafo de distancias con las localizaciones



Solución 4

Por ejemplo, la distancia ponderada de A a B se calcula como la distancia multiplicada por la población de A y por la ponderación relativa de la población: $20 \times 25 \times 0,8 = 400$.

Tabla de distancias ponderadas

Kilómetros	A	B	C	D
A	0	400	140	440
B	220	0	253	209
C	140	460	0	300
D	220	190	150	0
Total	580	1.050	543	949

Como la localización que tiene menor total es la C, será la opción elegida.

Solución 5

Tabla de distancias

	Distancias (km)	1	2	3	4	5	6	7
1	Madrid		71	87	237	193	58	212
2	Toledo	71		158	308	264	129	234
3	Segovia	87	158		197	111	145	226
4	Burgos	237	308	197		308	238	423
5	Valladolid	193	264	111	308		251	115
6	Guadalajara	58	129	145	238	251		270
7	Salamanca	212	234	226	423	115	270	

Tabla de cobertura con el radio de 225 kilómetros:

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	Madrid	25	5	6	0	10	3	16	65
2	Toledo	25	5	6	0	0	3	0	39
3	Segovia	25	5	6	7	10	3	0	56
4	Burgos	0	0	6	7	0	0	0	13
5	Valladolid	25	0	6	0	10	0	16	57
6	Guadalajara	25	5	6	0	0	3	0	39
7	Salamanca	25	0	0	0	10	0	16	51

Madrid será la primera localización, ya que tiene la mayor puntuación total.

Para la segunda localización se van a analizar aquellas poblaciones que no cubre Madrid:

	Cobertura	1	2	3	4	5	6	7	Total
3	Segovia	25	5	6	7	10	3	0	56
4	Burgos	0	0	6	7	0	0	0	13

La segunda elegida será Segovia.



EJERCICIOS VOLUNTARIOS

1. ¿Qué tipo de infraestructuras hay que considerar al realizar un análisis de localización?
2. ¿En qué consiste el método ponderado? ¿Qué pasos hay que seguir en el mismo?



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Básica

- Ardalan, A. «An efficient heuristic for service facility location», Proceedings, Northeast Decision Sciences Institute Conference, 1984.
- Chapman, S. N. *Planificación y control de la producción*, México, Pearson Education, 2006.
- Davis, M. M.; Aquilano, N. J. y Chase, R. B. *Fundamentals of operations management*, International Edition, McGraw-Hill, 1999.
- *Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios*, Santa Fe de Bogotá, McGraw-Hill, 2000.
- Domínguez Machuca, J. A. *et al. Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*, Madrid, McGraw-Hill, 1995.
- Gaither, N. y Frazier, G. *Administración de producción y operaciones*, México, Thomson Editores, 2000.
- Heizer, J. y Render, B. *Dirección de la producción. Decisiones tácticas*, Madrid, Pearson Education, 2001.
- Peña Esteban, F. D. de la. *Dirección de la producción*, Madrid, CEF, 2011.
- Peña Esteban, F. D. de la *et al. Problemas de organización industrial*, Madrid, Vision Net, 2005.

Avanzada

- Aguirre, J. M.; Rodríguez, M. M. y Tous, D. *Organización y métodos de trabajo*, Madrid, Pirámide, 2002.
- Bufa, E. S. *Dirección de operaciones*, México, Limusa, 1973.
- Drucker, P. F. *La gerencia*, Buenos Aires, El Ateneo, 1973.
- Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P. y Simchi-Levi, E. *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*, New York, McGraw-Hill, 2000.

