

CAPITULO 4

UTILIZACION Y PLANIFICACION DE SERVICIOS

El ejemplo que sigue da idea de algunos elementos susceptibles de evaluación cuantitativa para la planificación de servicios de hospitales en los casos siguientes:

- i) posibilidad hipotética de elegir entre un corto número de soluciones posibles; y
- ii) uso de la programación lineal, en caso de que no haya opción entre varias estrategias precisas.

CASO DE ANALISIS Y EVALUACION PARA LA ELECCION ENTRE CUATRO SOLUCIONES PROPUESTAS

En una región (véase la Fig. 16) dividida en cinco distritos y con una población total de 900 000 habitantes funcionan los siguientes establecimientos de salud:

<i>Establecimientos</i>	<i>Número de camas</i>
Un hospital regional	400
Cuatro hospitales de distrito, con 100 camas cada uno . . .	400
11 centros primarios de salud, nueve de ellos con diez camas cada uno y dos con cinco camas cada uno	100
Total	<u>900</u> camas

La proporción camas/habitantes es, por tanto, de 1: 1000.

El número anual de hospitalizaciones, la duración media de la hospitalización y el índice de ocupación constan en el Cuadro 19. La distribución de las altas se indica en el Cuadro 20.

Se prevé que la región tendrá un millón de habitantes dentro de diez años y que en ese intervalo habrá también modificaciones de la proporción trabajadores agrícolas/trabajadores industriales, mejoras de la red de comunicaciones y de los sistemas de distribución de enfermos, cambios de los usos de la población, etc. y que todos esos factores influirán en las tasas de altas (salidas de pacientes) en los hospitales.

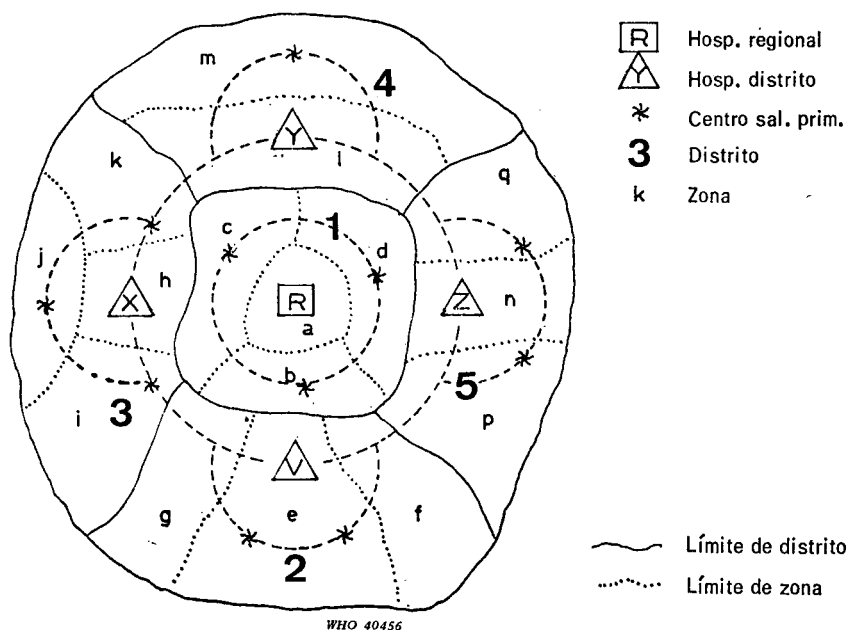


Fig. 16. Diagrama indicativo de los distritos y las zonas de la región y de la situación de los hospitales y los centros de salud

Cuadro 19. Número anual de hospitalizaciones, duración media de la hospitalización e índices de ocupación

Tipo de establecimiento	Hospitalizaciones anuales	Total de jornadas de hospitalización	Duración media de la hospitalización (días)	Índice de ocupación (%)
Hospital regional	12 000	180 000	15	123
Hospitales de distrito (por hospital)	2 000	36 000	18	98
Total correspondiente a los cuatro hospitales	8 000	144 000	18	98
Centros primarios de salud (por centro de 10 camas)	200	1 200	6	32
Total correspondiente a los 11 centros (dos de ellos con cinco camas)	2 000	12 000	6	32
TOTAL	22 000	336 000	15,2	102

Cuadro 20. Desglose de la tasa efectiva de altas (número anual de altas dadas en los hospitales por 1000 habitantes)

Distrito y zona	Número anual de altas	Población en miles de habitantes	Tasa de altas
Distrito 1			
zona a	8 000	200	40
zona b	500	50	10
zona c	750	75	10
zona d	750	75	10
Total	10 000	400	
Distrito 2			
zona e	1 500	50	30
zona f	500	25	20
zona g	200	25	20
Total	2 500	100	
Distrito 3			
zona h	1 900	75	25,3
zona i	200	25	8
zona j	200	25	8
zona k	200	25	8
Total	2 500	150	
Distrito 4			
zona l	2 000	80	25
zona m	500	40	12,5
Total	2 500	120	
Distrito 5			
zona n	1 800	60	30
zona p	350	30	11,7
zona q	350	40	8,75
Total	2 500	130	
Total	20 000^a	9000	

Notas:

1. En el hospital regional R, situado en la zona 1a, se dieron 12 000 altas en el año, de las que 10 000 correspondían a personas con domicilio en el distrito 1, y 2000 a personas procedentes de los distritos 2, 3, 4 y 5 (500 altas por distrito).

2. En el hospital de distrito V, situado en la zona 2e, se dieron 2000 altas en el año, pero 500 enfermos con domicilio en el distrito fueron enviados al hospital regional R. Lo mismo ocurrió en los distritos 3, 4 y 5.

^a Sin contar las altas en centros primarios de salud.

Se supone asimismo:

a) que el índice de ocupación de los hospitales tendrá que reducirse del 102% al 80%;

b) que la duración media de la hospitalización tendrá que bajar a 13 días; y

c) que no variará el número de hospitalizaciones en los centros primarios de salud.

Cuadro 21. Variaciones previsibles del número anual de altas

Distrito y zona	Población en miles de habitantes	Tasa de altas previsible	Número previsible de altas al año
Distrito 1			
zona a	265	80	21 200
zona b	50	20	1 000
zona c	70	20	1 400
zona d	70	20	1 400
Total	455		25 000
Distrito 2			
zona e	60	60	3 600
zona f	30	25	750
zona g	25	25	625
Total	115		4 975
Distrito 3			
zona h	80	50	4 000
zona i	25	15	375
zona j	25	15	375
zona k	30	20	600
Total	160		5 350
Distrito 4			
zona l	90	50	4 500
zona m	40	20	800
Total	130		5 300
Distrito 5			
zona n	70	50	3 500
zona p	30	20	600
zona q	40	20	800
Total	140		4 900
Total	1000	45 525 (promedio)	45 525 ^a

^a Sin contar 2000 altas en centros primarios de salud.

Tomando esos datos como base podemos preparar una tabulación de las altas anuales previsibles en los diferentes distritos (Cuadro 21).

Tendremos, en consecuencia, que la proporción camas/habitantes será en el conjunto de la región:

$$45\ 525 \times \left(\frac{13}{365 \times 0,85} \right) = 1,91$$

de donde se infiere que para una población de un millón de habitantes se necesitarán 1910 camas, es decir unas 1100 más que las disponibles.

Admitamos ahora los siguientes supuestos:

a) todos los centros primarios de salud están situados a 20 kilómetros del hospital de distrito más próximo o del hospital regional, y todos los hospitales de distrito están a 40 kilómetros de este último (hospital R de la Figura 16);

b) el traslado de un enfermo de su domicilio al hospital y de éste a su domicilio cuesta una unidad monetaria por kilómetro;

c) los gastos de construcción necesarios para instalar una cama suplementaria son de 30 000 unidades monetarias en el hospital regional y de 35 000 en los hospitales de distrito, en los que habría que ampliar los servicios centrales y los servicios técnicos para aumentar el número de camas;

d) prestan servicio en el hospital regional cinco médicos y en cada uno de los cuatro hospitales de distrito hay un solo facultativo. Como la norma establecida por las autoridades locales es de un médico por 40 camas, a las 2000 camas previstas corresponderá una plantilla de 50 médicos, de los que sólo podrán contratarse 30, para repartirlos de una manera u otra entre el hospital regional y los hospitales de distrito.

El problema consiste en averiguar cuál será la más económica de las cuatro soluciones siguientes para la instalación de las 1100 camas nuevas, habida cuenta de los gastos de transporte, los de ampliación de locales y los de sostenimiento.

Las cuatro soluciones propuestas son las siguientes:

1) Envío directo al hospital regional del 80% de los enfermos necesitados de hospitalización que acudan a los centros primarios de salud, y uso de los hospitales de distrito para convalecientes y casos crónicos principalmente. La duración media de la estancia en el hospital regional quedaría reducida a diez días y la de la estancia en hospitales de distrito aumentaría a 20 días aproximadamente. El sostenimiento de una cama costaría 10 000 unidades monetarias en el hospital regional y 5000 en los hospitales de distrito.

No se introducirían modificaciones importantes en los hospitales de distrito y las 1100 camas suplementarias se instalarían en el hospital regional.

2) Envío a los hospitales de distrito del 80% de los enfermos que acudieran a los centros primarios de salud; el hospital regional quedaría reservado para los casos más graves (20%). La duración media de la hospitalización sería de 15 días en el hospital regional y de 10 días en los hospitales de distrito. Los gastos anuales de sostenimiento serían de 12 000 unidades monetarias por cama en el hospital regional y de 8000 por cama en los hospitales de distrito, pues habría que aumentar las disponibilidades de material clínico y las plantillas de personal preparado.

3) Reparto de las 1100 camas suplementarias por partes iguales entre el hospital regional y los cuatro hospitales de distrito (220 camas en cada establecimiento). En este caso, los gastos anuales de sostenimiento serían de 9000 unidades monetarias por cama en todos los hospitales.

4) Instalación de 500 camas suplementarias en el hospital regional, de 400 en uno de los cuatro hospitales de distrito y de 66 en cada uno de los tres restantes. Los gastos anuales de sostenimiento serían en este caso de 10 000 unidades monetarias por cama en los dos primeros hospitales y de 6000 unidades por cama en los otros tres.

Para la evaluación de esas distintas soluciones se utilizan los supuestos y las reglas siguientes:

i) Las previsiones numéricas son enteramente fidedignas.

ii) Lo que se dice de los centros primarios de salud se considera aplicable a los hospitales de distrito. En la solución N° 1, por ejemplo, la propuesta de enviar al hospital regional al 80% de los enfermos que acuden a los centros primarios de salud puede aplicarse también a los hospitales de distrito.

iii) Como las propuestas se refieren únicamente a los cinco hospitales, no se tienen en cuenta los servicios disponibles en los centros primarios de salud.

iv) Para calcular los gastos de transporte, se supone que toda la población de cada zona vive en la localidad donde está instalado el centro primario de salud, el hospital de distrito o el hospital regional, supuesto admisible ya que, en principio, los enfermos acudirán en primer lugar al establecimiento instalado en su zona de residencia.

v) Para el cálculo de las distancias entre los distintos centros de salud u los hospitales se admite el supuesto de que todos los trayectos necesarios pueden hacerse por carretera. Para normalizar las distancias resultantes, se les restan las respectivas distancias mínimas posibles y se duplica la diferencia para tener en cuenta el trayecto de regreso (véase el Cuadro 22). Así, por ejemplo, todos los enfermos de la zona « c » tendrán que recorrer un mínimo de 20 km en cada dirección, puesto que el hospital más próximo, R, está a 20 km. En esas condiciones, aunque la distancia efectiva desde la zona

« c » hasta un hospital « X » sea de 30 km aproximadamente, la distancia suplementaria será de 10 km, y por esto se calculan en 20 km los trayectos suplementarios de ida y vuelta entre la zona « c » y el hospital « X ».

Cuadro 22. Trayectos suplementarios de ida y vuelta

Desde la zona:	Trayectos suplementarios de ida y vuelta al hospital (en km)				
	R	V	X	Y	Z
a	0	80	80	80	80
b	0	0	50	50	80
c	0	70	20	20	70
d	0	70	70	20	20
e	80	0	115	160	115
f	70	0	120	135	80
g	70	0	80	135	120
h	80	115	0	115	160
i	40	40	0	85	85
j	80	105	0	105	160
k	40	85	0	40	85
l	80	160	115	0	115
m	80	160	105	0	105
n	80	115	160	115	0
p	70	80	135	120	0
q	70	120	135	80	0

Solución N° 1

Propuesta: Envíese al hospital regional al 80% de los enfermos necesitados de hospitalización e instálense en ese hospital las 1100 camas suplementarias.

Análisis: El número de admisiones en el hospital y los gastos de transporte serán los indicados en el Cuadro 23.

Gastos anuales de sostenimiento = $1500 \times 10\,000 + 400 \times 5000 = 17\,000\,000$ de unidades.

Total de gastos anuales de funcionamiento, contando los gastos de transporte = 18 270 000 unidades, aproximadamente.

Para el cálculo de los coeficientes de ocupación, supondremos que el 20% de los 21 200 enfermos procedentes de la zona « a » estarán hospitalizados 20 días por término medio, con lo que tendremos:

Número anual de jornadas de hospitalización previsible en el hospital regional = $40\ 660 \times 10 + 4250 \times 10 = 449\ 100$

$$\text{Coeficiente de ocupación del hospital } R = \frac{449\ 100}{1500 \times 365} \times 100\% \\ = 82\% \text{ aproximadamente.}$$

Cabría reducir el coeficiente de ocupación del hospital regional enviando a los hospitales de distrito a algunos enfermos de la zona « a », pero esto daría lugar a un aumento de los gastos de transporte.

Cuadro 23. Número de admisiones y gastos de transporte correspondientes a la solución N° 1

Zonas de procedencia de los enfermos	Número de admisiones en cada hospital					Total de admisiones	Gastos de transporte en miles de unidades monetarias
	R	V	X	Y	Z		
a	21 200	—	—	—	—	21 200	—
b	800	200	—	—	—	1 000	0
c	1 120	—	150	130	—	1 400	5,6
d	1 120	—	—	35	245	1 400	5,6
e	2 880	720	—	—	—	3 600	230
f	600	150	—	—	—	750	42
g	500	125	—	—	—	625	35
h	3 200	—	800	—	—	4 000	256
i	300	—	75	—	—	375	12
j	300	—	75	—	—	375	24
k	480	—	120	—	—	600	19,2
l	3 600	—	—	900	—	4 500	288
m	640	—	—	160	—	800	51,2
n	2 800	—	—	—	700	3 500	224
p	470	—	—	—	120	600	33,6
q	640	—	—	—	160	800	44,8
Total:	40 660	1195	1220	1225	1225	45 525	1271,0

Solución N° 2

Propuesta: Envíese a los hospitales de distrito al 80% de los enfermos necesitados de hospitalización reservando el hospital regional para los casos más graves (el 20%). La duración media de la hospitalización será de unos 15 días en el hospital regional y de unos 10 días en los hospitales de distrito, con lo que se obtendrá una media general inferior a la de la solución N° 1. Para mayor facilidad, supondremos que el tiempo medio de estancia en los hospitales de distrito será de 11 días.

Análisis: Con un índice de ocupación del 80% cada una de las camas de los hospitales de distrito será utilizada para 26,5 enfermos al año, por término medio. La diferencia de los gastos de sostenimiento entre una cama del hospital regional y otra de un hospital de distrito es de 4000 unidades monetarias. Pero el transporte de 26,5 enfermos desde la zona « a » a uno de los hospitales de distrito costará $80 \times 26,5 = 2120$ unidades monetarias. Resulta, pues, más económico transportar a hospitales de distrito al 80% de los enfermos de la zona « a » que asistírlas en el hospital regional.

Las cifras de admisiones y los gastos de transporte serían los indicados en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Número de admisiones y gastos de transporte correspondientes a la solución N° 2

Zona de procedencia de los enfermos	Número de admisiones en cada hospital					Total de admisiones	Gastos de transporte en miles de unidades monetarias
	R	V	X	Y	Z		
a	4250	4185	3765	3805	5245	21 200	1355
b	200	800	—	—	—	1 000	0
c	280	—	1120	—	—	1 400	22,4
d	280	—	—	1120	—	1 400	22,4
e	720	2880	—	—	—	3 600	57,6
f	150	600	—	—	—	750	10,5
g	125	500	—	—	—	625	8,8
h	800	—	3200	—	—	4 000	64
i	75	—	300	—	—	375	3
j	75	—	300	—	—	375	6
k	120	—	480	—	—	600	4,8
l	900	—	—	3600	—	4 500	72
m	160	—	—	640	—	800	12,8
n	700	—	—	—	2800	3 500	56
p	120	—	—	—	480	600	8,4
q	160	—	—	—	640	800	11,2
Total:	8865	9165	9165	9165	9165	45 525	1714,9

En el supuesto de que las 1100 camas suplementarias se repartan entre los hospitales de distrito a razón de 275 por establecimiento y de que los gastos de instalación de una cama sean de 30 000 unidades monetarias en el hospital regional y de 35 000 en los hospitales de distrito, tendremos:

Gastos anuales de sostenimiento = $1500 \times 8000 + 400 \times 12\,000 = 16\,800\,000$ unidades monetarias.

Total de gastos anuales de funcionamiento, contando los gastos de transporte = $18\,510\,000$ unidades, aproximadamente.

Desembolsos suplementarios de capital = $5000 \times 1500 = 7\,500\,000$ unidades, aproximadamente.

Coefficiente de ocupación en el hospital regional =

$$\frac{8865 \times 15}{400 \times 365} \times 100\% = 90\% \text{ aproximadamente.}$$

Coefficiente de ocupación en los hospitales de distrito =

$$\frac{9165 \times 11}{375 \times 365} \times 100\% = 75\% \text{ aproximadamente.}$$

Cabría reducir el coeficiente de ocupación del hospital regional instalando en él parte de las camas suplementarias, pero en ese caso aumentarían considerablemente los gastos de sostenimiento, puesto que cada una de las camas instaladas en el hospital regional costaría 4000 unidades monetarias más por año.

Solución N° 3

Propuesta: Repártanse las 1100 camas suplementarias por partes iguales entre el hospital regional y los cuatro hospitales de distrito (220 camas por establecimiento).

Análisis: Para que el coeficiente de ocupación fuera el mismo en todos los hospitales, el número anual de admisiones tendría que ser de 45 525 (620/1900), es decir, de 14 725 aproximadamente en el hospital regional y de 7700 aproximadamente en cada hospital de distrito.

Las cifras de admisiones y los gastos de transporte serían los indicados en el Cuadro 25.

Gastos anuales de sostenimiento = $1900 \times 9000 = 17\,100\,000$ unidades.

Total de gastos anuales de funcionamiento, contando los gastos de transporte = $17\,670\,000$ unidades aproximadamente.

Desembolsos suplementarios de capital = $880 \times 5000 = 4\,400\,000$ unidades.

Coefficiente de ocupación en todos los hospitales = 79% aproximadamente.

Cuadro 25. Número de admisiones y gastos de transporte correspondientes a la solución N° 3

Zona o distrito de procedencia de los enfermos	Número de admisiones en cada hospital					Total de admisiones	Gastos de transporte en miles de unidades monetarias
	R	V	X	Y	Z		
Zonas							
a	14 725	1725	2350	1000	1400	21 200	518
b	—	1000	—	—	—	1 000	—
c	—	—	—	1400	—	1 400	28
d	—	—	—	—	1400		28
Distritos							
2	—	4975	—	—	—	4 975	—
3	—	—	5350	—	—	5 350	—
4	—	—	—	5300	—	5 300	—
5	—	—	—	—	4900	4 900	—
Total:	14 725	7700	7700	7700	7700	45 525	574

Solución N° 4

Propuesta: Instálense 500 camas suplementarias en el hospital regional, 400 en uno de los hospitales de distrito y 66 en cada uno de los tres restantes.

Análisis: El número anual de admisiones sería de 21 600 en el hospital regional; de 12 000 en el primer hospital de distrito; y de 3975 en cada uno de los tres hospitales de distrito restantes. Si se examinan los gastos de transporte del Cuadro 23 se verá sin dificultad que las 400 camas deben instalarse en el hospital Y.

El número de admisiones y los gastos de transporte serían los indicados en el Cuadro 26.

Gastos anuales de sostenimiento = $1400 \times 10\,000 + 500 \times 6000 = 17$ millones de unidades.

Gastos anuales de funcionamiento, contando los gastos de transporte = 17 390 000 unidades aproximadamente.

Desembolsos suplementarios de capital = $700 \times 5000 = 3\,500\,000$ unidades.

Coefficiente de ocupación en todos los hospitales = 79% aproximadamente.

Cuadro 26. Número de admisiones y gastos de transporte correspondientes a la solución N° 4

Zona de procedencia de los enfermos	Número de admisiones en cada hospital					Total de admisiones	Gastos de transporte en miles de unidades monetarias
	R	V	X	Y	Z		
a	21 200	—	—	—	—	21 200	—
b	—	—	—	1000	—	1 000	50
c	—	—	—	1400	—	1 400	28
d	—	—	—	1400	—	1 400	28
e	—	3600	—	—	—	3 600	—
f	375	375	—	—	—	750	26,2
g	—	—	—	625	—	625	84,4
h	—	—	4000	—	—	4 000	—
i	—	—	—	375	—	375	31,8
j	—	—	—	375	—	375	39,4
k	—	—	—	600	—	600	24
l	—	—	—	4500	—	4 500	—
m	—	—	—	800	—	800	—
n	—	—	—	—	3500	3 500	—
p	—	—	—	125	475	600	15
q	—	—	—	800	—	800	64
Total:	21 575	3975	4000	12000	3975	45 525	390,8

Comparación de las cuatro soluciones

Los resultados del análisis de las cuatro soluciones se resumen en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Comparación de las cuatro soluciones

Solución N°	Gastos anuales de funcionamiento en millones de unidades	Desembolsos suplementarios de capital en millones de unidades	Relación entre los coeficientes de ocupación de los distintos hospitales
1	18,27	0	Bastante equilibrada
2	18,51	7,5	Poco equilibrada
3	17,67	4,4	Equilibrada
4	17,39	3,5	Equilibrada

Como puede verse, la solución N° 1 es preferible a la N° 2 y la N° 4 preferible a la N° 3. En otras palabras, la solución N° 1 es más favorable que la N° 2 y la N° 4 más que la n° 3 por relación a cada uno de los tres criterios considerados. Podemos hacer, por tanto, caso omiso de las soluciones N° 2 y N° 3.

Si se comparan las soluciones N° 1 y N° 4 se verá con claridad que, con una inversión suplementaria de 3 500 000 unidades, esta última permitirá economizar todos los años 0,88 millones. Para comparar esa inversión inicial suplementaria con el importe anual de las economías tendremos que fijar un «plazo de amortización» (tiempo que tarda en reducirse a cero el valor contable inicial de una inversión; un plazo de amortización de 10 años, por ejemplo, significa que una inversión inicial de 10 unidades monetarias equivale a un desembolso anual de una unidad). Si el plazo de amortización pasa de cuatro años, la solución N° 4 será preferible a la N° 1. Como, en la práctica, los plazos de amortización suelen ser de 14 a 20 años, la solución N° 4 será la más favorable.

METODO DE PROGRAMACION LINEAL EN CASO DE INDETERMINACION DE LAS ESTRATEGIAS POSIBLES

Se empieza por establecer un modelo partiendo del supuesto de que no se dispone de ninguna instalación. El problema consistirá entonces en determinar dónde deben construirse los cinco hospitales y cuántas camas debe tener cada uno, conociendo el importe de los gastos de funcionamiento, las necesidades previsibles, etc.

Supongamos que el subíndice i indica el tipo de casos, por ejemplo, casos graves, convalecientes, etc. (es decir, $i = 1, \dots, I$); que el subíndice j indica la zona (es decir, una de las 16 que hemos tomado en consideración); y que el subíndice k indica la situación del hospital (es decir, $k = 1, \dots, 5$, puesto que sólo se consideran posibles cinco ubicaciones).

Supondremos, además, que

x_{ijk} = número de casos de tipo i de la zona j que se enviarían al hospital k .

r_{ij} = número total de casos de tipo i de la zona j . (Se da por supuesto que este número y el anterior son conocidos).

b_{ik} = número total de camas necesarias en el hospital k para casos de tipo i .

t_i = tiempo medio de hospitalización por caso de tipo i (expresado en 365-avos de año).

d_{jk} = coste del transporte de cada enfermo desde la zona j hasta el hospital k .

c_{ik} = promedio anual de gastos de sostenimiento de una cama para casos de tipo i en el hospital k .

e_{ik} = cuota anual de amortización de los gastos de instalación de una cama para casos de tipo i en el hospital k . Si la instalación de una cama cuesta por ejemplo 30 000 unidades monetarias que han de amortizarse en 15 años, la cuota anual de amortización será de 2000 unidades.

u = coeficiente de ocupación óptimo para todos los hospitales.

Con el método de programación lineal, la solución del problema coincidirá con el mínimo de la función objetiva

$$\sum_{i,j,k} d_{jk} x_{ijk} + \sum_{i,k} b_{ik} (c_{ik} + e_{ik})$$

siempre que se cumplan las tres condiciones siguientes:

$$1) \sum_k x_{ijk} = r_{ij}$$

$$2) t_i \sum_j x_{ijk} \leq ub_{ik}$$

$$i = 1, \dots, 1$$

$$j = 1, \dots, 16$$

$$k = 1, \dots, 5$$

$$3) x_{ijk} \geq 0$$

El primer término de la función objetiva representa el total de gastos de transporte, el segundo el total de gastos de sostenimiento de las camas previstas, contando las cuotas de amortización. La primera de las condiciones impone que el número total de casos enviados a los diferentes hospitales sea igual a la demanda total de servicios, y la segunda establece que la demanda total que pesa sobre un hospital determinado no debe exceder de la capacidad de éste, habida cuenta del coeficiente de ocupación.

La operación siguiente es la adaptación del modelo a la capacidad efectiva de los hospitales. Se parte del supuesto de que $e_{ik} = e_k$ para todos los valores de i , es decir, que los gastos de instalación de una cama en un hospital no dependen del tipo de enfermos que vayan a ocuparla aunque los gastos de sostenimiento puedan variar según el tipo de enfermos. Llamando s_k al número de camas disponibles en el hospital k , tendremos el nuevo programa lineal:

$$\sum_{i,j,k} d_{jk} x_{ijk} + \sum_{i,k} c_{ik} b_{ik} + \sum_k e_k \left(\sum_i b_{ik} - s_k \delta_k \right)$$

cuyo mínimo se trata de determinar habida cuenta de las condiciones siguientes:

$$\sum_k x_{ijk} = r_{ij}$$

$$t_i \sum_j x_{ijk} \leq ub_{ik}$$

$$\sum_i b_{ik} - s_k \geq \delta_k I$$

$$\sum_i b_{ik} - s_k \leq \delta_{ik} S$$

$$i = 1, \dots, 1$$

$$j = 1, \dots, 16$$

$$k = 1, \dots, 5$$

$$x_{ijk} \geq 0$$

$$\delta_k = 0 \text{ ó } 1$$

Los dos primeros términos de la función objetiva no requieren explicación; el tercero indica que la instalación de una cama suplementaria en el hospital k acarreará un desembolso de e_k . La variable auxiliar δ_k será igual a 0 si no se instala ninguna cama suplementaria y valdrá 1 en otro caso. Las dos primeras condiciones no necesitan tampoco explicación. En la tercera y la cuarta, I y S son números positivos y representan los límites arbitrarios, inferior y superior, del número de camas. I podría ser un número muy pequeño, por ejemplo 0,5, y S muy grande, por ejemplo 2000. La justificación de esas dos condiciones es la necesidad de que

$$\delta_k = 0, \text{ si } \sum_i b_{ik} \leq s_k,$$

y $\delta_k = 1$ en otro caso. Estamos, pues, en un problema mixto de programación por enteros, que se resolverá sin dificultad usando un ordenador electrónico.

El uso de modelos de programación lineal se propone únicamente como un primer paso y lo más probable es que hubiera que modificar mucho los modelos para hacerlos más o menos representativos de cualquier situación de hecho. Cuando los costes o la demanda futura sean inciertos, pueden variarse los parámetros correspondientes para obtener las distintas soluciones posibles (simulación), entre las que el encargado de la planificación elegirá una, modificándola en caso necesario para tener en cuenta los factores que no sean susceptibles de expresión numérica.