

Un modelo de programación por metas para la elaboración del contrato-programa de un hospital público

A goal programming model to support the case-mix planning in state hospitals

MARIANO JIMÉNEZ LÓPEZ
JUAN ANTONIO RIVAS PÉREZ
MARIAN ZUBIA ZUBIAURRE

Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea

Recibido el 31 de enero de 2008. Aceptado el 8 de mayo de 2008.

Nº de clasificación JEL: C61

Resumen:

Proponemos un modelo de programación por metas para la estimación del plan de producción (case-mix) que debe reflejarse en el Contrato-Programa que suscriben anualmente los Hospitales Públicos y la Administración. Las variables de decisión son los volúmenes de actividad de cada servicio médico del hospital y los atributos son los indicadores básicos que se manejan al elaborar el Contrato-Programa: financiación, número de altas, estancia media y peso de complejidad. Para resolver nuestro modelo empleamos la herramienta SOLVER de la hoja de cálculo EXCEL. La utilización de esta herramienta permite simular varios escenarios de una manera ágil, lo que es de gran ayuda para el estudio y discusión de las cantidades a contratar entre el Hospital y la Administración. El artículo finaliza con una breve presentación de los resultados obtenidos al aplicar nuestro modelo a un hospital de tamaño medio (118 camas) del Servicio Vasco de Salud.

Palabras Clave:

Programación por metas, Hospital, Servicio de salud, Case-mix, Contrato-Programa.

ABSTRACT:

We are proposing a goal programming model to estimate the case-mix that should be included in the Contract-program that annually subscribe the Public Hospitals and the Administration in Spain. The decision variables are the activity level of each hospital medical service and the attributes are the basic indicators that are managed when elaborating the Contract-program: financing, number of discharges, average length of stay and complexity weight. We solve our model by the EXCEL's tool SOLVER. The use of this tool allows simulating several scenarios in an interactive way, which is very useful for the study and discussion of the quantities to contract between the Hospital and the Administration. The paper concludes with a brief presentation of the results obtained when applying our model to a hospital of the Basque Health Service.

Keywords:

Goal programming, Hospital, Health Service, Case-mix, Contract-Program.

* La dirección de contacto es: Mariano Jiménez López, E.U. Empresariales. Departamento de Economía Aplicada I, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, Plaza Oñati 1, 20018-San Sebastián, e-mail: mariano.jimenez@ehu.es

1. INTRODUCCIÓN¹

A finales del siglo pasado se estableció en España, para el sistema público de salud, un método de financiación prospectivo por medio de los llamados Contratos-Programa. La responsabilidad del Servicio Nacional de Salud ha sido transferida a las comunidades autónomas, por lo tanto es cada Gobierno Autónomo el responsable del mantenimiento de las infraestructuras de la salud pública. El Servicio Vasco de Salud (Osakidetza) suscribe anualmente con cada hospital un Contrato-Programa por el que, entre otras cosas, el ente público contrata el nivel de actividad del hospital para el año entrante y la cuantía de la correspondiente financiación.

El objetivo principal de este trabajo es aportar a los hospitales públicos un instrumento útil y sencillo que les ayude en la negociación del Contrato Programa con la Administración.

En España, para medir la actividad de un hospital, en el apartado de hospitalización, se utilizan los GRD (*grupos relacionados por el diagnóstico*), análogos a los DRG estadounidenses (*diagnosis related groups*). Los GRD son un sistema internacional de clasificación de pacientes en grupos homogéneos, de acuerdo con un consumo similar de recursos (Fetter et al. 1980). Cada GRD tiene asignado un *peso de complejidad*, que es una medida de la carga media de recursos que consume un paciente clasificado dentro del mismo.

La determinación de la actividad de un hospital es un problema decisional complejo en el que deben considerarse diversos criterios y, por lo tanto, entra en el campo de aplicación del paradigma conocido como «Teoría de la Decisión Multicriterio» (Multiple Criteria Decision Making, MCDM). Dentro de este paradigma existen diversos enfoques, de los cuales los más utilizados son los siguientes: 1) programación multiobjetivo (MOP), 2) programación compromiso (CP), 3) programación por metas (GP), 4) teoría de la utilidad multiatributo (MAUT), 5) método de las jerarquías analíticas (AHP), 6) análisis envolvente de datos (DEA).

Como dice Romero (1993, pag. 28), cuando el centro decisor toma sus decisiones en un contexto de objetivos múltiples, el enfoque más adecuado es la programación multiobjetivo, que consiste en generar el conjunto de soluciones eficientes y, en un segundo paso, decidir cual de las mismas es la preferida por el centro decisor. La programación compromiso es complementaria a la programación multiobjetivo, ya que permite hallar un subconjunto de la frontera eficiente, llamado *conjunto compromiso*, que refleja de manera realista las preferencias del decisor a la hora de elegir un punto de la frontera eficiente. Sin embargo, cuando el problema a resolver es de tamaño relativamente elevado, seis o más objetivos, la generación del conjunto eficiente es un problema computacionalmente intratable, por ello en dichos problemas los enfoques multiobjetivo y compromiso no son viables. En estas circunstancias es conveniente adoptar una postura más pragmática y basarse en la filosofía satisfaciente, propuesta por el premio Nobel de economía Herbert Simon (1955), la cual postula que en situaciones complejas el centro decisor no está en condiciones de maximizar nada, y menos una bien definida función de utilidad, (esto último elimina también de nuestro enfoque la MAUT). Simon afirma que en contextos decisionales complejos el cen-

¹ Este trabajo ha sido financiado por la Universidad del País Vasco: UPV 45/05

tro decisor sólo es capaz de fijar un nivel de aspiración para los diferentes atributos de su problema, conformándose con una solución que se acerque lo más posible a dichos niveles de aspiración. La programación por metas responde a la filosofía satisfaciente y podríamos decir que es la metodología que permite hacerla operativa. La complejidad de la actividad sanitaria hace que normalmente los responsables sanitarios adopten una filosofía satisfaciente, conformándose con alcanzar ciertos niveles de logro en cada objetivo. Por este motivo nos hemos decantado por utilizar la programación por metas en nuestro trabajo.

En cuanto a los otros dos enfoques que nos quedan por comentar, el AHP y el DEA, no los hemos utilizado ya que no se amoldan a las características del problema decisional que deseamos estudiar. El AHP está basado en la comparación, por parejas, de criterios y alternativas, es decir está diseñado para problemas decisionales discretos y de dimensión moderada, ya que de otra manera el decisor se vería obligado a emitir un número elevadísimo de juicios de valor, (para n alternativas $n(n-1)/2$ juicios de valor). En cuanto al DEA está diseñado para analizar y comparar la eficiencia técnica de unidades organizativas homogéneas que operan en un entorno similar, como pueden ser los diversos hospitales de una organización sanitaria. Es evidente que este no es nuestro caso, ya que trabajamos con un solo hospital, aunque lógicamente esperamos que nuestra aportación, al mejorar el proceso de elaboración del Contrato Programa, contribuya a incrementar la eficiencia de dicho hospital.

La aplicación de las técnicas de optimización para la determinación de la actividad (case mix) de un hospital no es muy frecuente. Algunos autores como Feldstein (1967), Baligh y Laughhunn (1969) y Dowling (1976) proponen modelos mono-criterio para maximizar la cantidad y calidad de los servicios producidos considerando restricciones presupuestarias. Otros autores, Hughes y Soliman (1985), Robbins y Tuntiwongpiboon (1989), en el contexto de hospitales privados, proponen maximizar los ingresos. Sin embargo los modelos mono-criterio que maximizan la carga de trabajo tienden a incentivar los GRD con bajo consumo de recursos o con alta rentabilidad económica. En este sentido, como dicen Blake y Carter (2002), tales modelos son insatisfactorios para obtener resultados prácticos.

Algunos autores han utilizado modelos multicriterio para planificar la actividad de un hospital. A continuación, teniendo en cuenta lo dicho en los párrafos anteriores, haremos referencia únicamente a los enfoques de programación por metas. La primera aportación se debe a Lee (1973), que usa la programación por metas lexicográficas para valorar la compatibilidad de una estructura de criterios de prioridad en un hospital. Panitz (1988) trata de maximizar las horas de atención a los pacientes y la ocupación del personal en un centro de salud mental. Rifai y Pecenka (1989) muestran cómo un modelo de programación por metas puede ser usado para determinar la combinación de pacientes quirúrgicos que consigue optimizar las horas-quirófano, horas de sala de recuperación-cama y camas del Servicio quirúrgico-día. El objetivo de Kwak y Lee (1997) es asignar los horarios de trabajo entre el personal con el objeto de minimizar el coste y cumplir con la atención a los pacientes. Butler et al. (1992) determinan la asignación de camas entre los diferentes servicios en un hospital. Martín (1993) asigna los recursos en un hospital de acuerdo con los objetivos estratégicos del mismo. El modelo de Arenas et al. (1997) analiza el rendimiento de un servicio quirúrgico en un hospital público español. Después, Arenas et al. (2001) incorporan un enfoque de programación por metas borroso para resolver el modelo propuesto en 1997. El modelo de Martín et al. (2001) trata de determinar el reparto de presupuesto entre dife-

rentes hospitales del Sistema Andaluz de Salud. Blake y Carter [2002] utilizan dos modelos de programación por metas para determinar el volumen de actividad de cada médico, en el primero el coste permanece fijo, mientras que en el segundo se permite introducir cambios a los médicos de acuerdo con sus preferencias. Más adelante Blake y Carter [2003] proponen un modelo de programación por metas lexicográficas para estudiar el conflicto entre los médicos y el hospital dentro de diversos escenarios de financiación. Jiménez y otros (2005) formulan un modelo para la estimación del plan de producción de un hospital inspirado en el de Blake y Carter, pero adaptado a las características de los hospitales públicos españoles, en los que los médicos reciben un sueldo, no cobrando por la cantidad de casos tratados. Posteriormente (Jiménez y otros (2007)), para mejorar el tratamiento de la imprecisión e incertidumbre que aparece en la estimación de los coeficientes y las metas en una actividad tan compleja como es la salud pública, incorporan a su análisis elementos de matemática borrosa. Oddoye y otros [2007] elaboran un modelo que simula detalladamente la planificación de la Unidad de Valoración Médica para admisión de pacientes en un hospital del servicio nacional de salud británico y proponen un modelo de programación por metas para el análisis interactivo de los resultados de la simulación.

Las aportaciones más relevantes del presente trabajo son que el nuevo modelo se ajusta más estrictamente a la estructura del Contrato-Programa que los anteriormente publicados, que hemos refinado el proceso de resolución mediante la inclusión de una segunda etapa y que hemos desarrollado un procedimiento de resolución, mediante la hoja de cálculo EXCEL, fácilmente controlable por la dirección del hospital. Todo lo cual mejora sustancialmente la utilidad del modelo en la negociación del Contrato-Programa.

Este artículo se organiza como sigue: en el apartado 2 exponemos un modelo general de programación por metas específicamente adaptado al Contrato-Programa de los hospitales públicos españoles. En el apartado 3 mostramos cómo quedaría el modelo para un caso concreto, en particular lo hemos aplicado a un hospital del Servicio Vasco de Salud, lo resolvemos mediante la herramienta SOLVER de EXCEL y vemos cómo la dirección del hospital puede hacer fácilmente simulaciones para diferentes escenarios, lo que resulta de gran ayuda a la hora de elaborar y negociar el Contrato-Programa con la Administración.

2. UN MODELO DE PROGRAMACIÓN POR METAS

En el Contrato-Programa, la actividad de un hospital consta de diversos apartados como: hospitalización, consultas intra y extrahospitalarias, urgencias, cirugía menor, programas especiales diferenciados, etc. Por sencillez, y por ser el apartado más importante dentro de la estructura de un hospital, en este trabajo mostraremos un modelo que se ocupa sólo de la hospitalización, aunque los otros apartados podrían ser incorporados fácilmente.

Para estimar el coste en el apartado de hospitalización, en el Contrato-Programa se diferencia entre *hospitalización genérica* y *procesos singularizados*. En la hospitalización genérica se distingue entre GRD de tipo «médico» y GRD de tipo «quirúrgico», se hace una estimación del número total de pesos de complejidad de cada tipo y la Administración aplica un precio unitario distinto para cada uno. Los procesos singularizados suelen ser unos pocos GRD a los que, por sus características especiales, se les asigna un precio medio específico por alta médica (véase la tabla 3).

Nuestro modelo de programación por metas pretende, fundamentalmente, facilitar la estimación de la financiación y de la actividad del hospital para el año entrante, y por tanto puede servir como ayuda en la realización del Contrato- Programa. Teniendo en cuenta que las unidades funcionales de un hospital son sus diferentes Servicios Médicos (Cardiología, Oftalmología, etc.), pensamos que una manera adecuada de conseguir nuestro propósito es desagregar la actividad global del hospital entre sus diversos Servicios Médicos, es decir estimando el nivel de actividad de cada uno de ellos. Para ajustarnos en lo posible a la estructura del Contrato-Programa, separaremos la actividad de cada Servicio Médico en GRD quirúrgicos y GRD médicos. Así mismo consideraremos de manera diferenciada los procesos singularizados, desagregándolos de la actividad del Servicio Médico al que pertenezcan.

Así pues las variables de decisión de nuestro modelo son los volúmenes de actividad de cada Servicio Médico, diferenciados en GRD de tipo médico y quirúrgico, y de cada proceso singularizado.

Los atributos de nuestro modelo serán los indicadores básicos relacionados con los GRDs que se manejan al elaborar el Contrato-Programa: número de altas, estancia media y peso de complejidad. Además, obviamente, habrá de considerarse la cuantía de la financiación que la Administración asignará al hospital.

Evidentemente la mejora simultánea de todos los atributos no es posible por lo que lo más operativo es establecer un nivel de aspiración para cada uno de ellos. Una vez establecidos éstos, las metas de nuestro modelo podrían ser las siguientes:

- 1) Ajustarse al presupuesto asignado o pactado con la Administración en el Contrato-Programa.
- 2) El número de altas de los GRD y de los procesos singularizados debería ajustarse al nivel de aspiración especificado por la Dirección Médica del Hospital.
- 3) La carga de actividad (o peso de complejidad) asumida por cada Servicio Médico debe ser cuanto menos igual a la históricamente realizada.
- 4) Se pretende que algunos indicadores de actividad del conjunto del hospital se mantengan en determinados valores, en concreto que la estancia media no exceda del nivel de aspiración deseado y que el peso medio de complejidad asumido por el Hospital no sea inferior al establecido como nivel de aspiración.

De manera general, previa consulta con los responsables de los Servicios Médicos, los niveles de aspiración de las diferentes metas los establece la Dirección del Hospital conciliando las necesidades de la población y los recursos limitados del hospital. Para ello se tienen en cuenta, entre otras cosas, los datos históricos, por ejemplo aumentando el nivel de aspiración de las actividades con mayor lista de espera, o las situaciones que alteren el contexto de periodos anteriores, como la adquisición de tecnología que mejore la eficiencia en una determinada actividad.

El propósito general de la programación por metas es minimizar las desviaciones entre los valores alcanzados para cada meta y su nivel de aspiración. Es decir que la solución óptima de nuestro modelo pretende proporcionar el case-mix, o plan de producción, que mejor se ajuste a las metas fijadas en el Contrato-Programa. Este proceso puede realizarse por diferentes métodos, los tres principales son (véase Romero 1993): la programación por metas ponderadas, la programación por metas lexicográficas y la programación por metas

MINIMAX. Como ya hemos dicho nuestra intención es construir una herramienta que sirva a la dirección de hospital para negociar el Contrato Programa, por lo tanto debe permitir una simulación ágil de diferentes escenarios. Por la estructura de nuestro problema nos hemos decantado por la programación por metas ponderadas, la cual permite contemplar simultáneamente todas las metas involucradas en la negociación del Contrato Programa y efectuar diversas simulaciones cambiando los valores de los pesos asignados a cada meta o variando los niveles de aspiración de cada una de ellas. La programación por metas lexicográficas, al priorizar de manera excluyente el logro de algunas metas, limita bastante la capacidad de simulación y su agilidad. Ello no es óbice para que, una vez cerrada la negociación, pueda haber metas cuyo nivel de logro haya quedado finalmente fijado por la Administración, en cuyo caso obviamente se abriría una fase en la que debería adoptarse el enfoque lexicográfico. En cuanto al enfoque MINIMAX, que busca la minimización de la máxima desviación de entre todas las desviaciones posibles, no parece adecuado su uso, ya que en nuestro modelo trabajamos con metas muy heterogéneas, como el presupuesto, el nivel de actividad o la estancia media, lo cual hace que no tenga mucho sentido la minimización de la distancia máxima. No obstante, como veremos más adelante, sí utilizaremos el enfoque MINIMAX de manera complementaria, en una segunda etapa, para hallar un case-mix más equilibrado de entre todos aquellos que previamente, con el enfoque ponderado, hubieran alcanzado un nivel de logro aceptable para el resto de las metas.

De acuerdo con estas consideraciones proponemos el siguiente modelo (al que llamaremos **M1**):

$$\begin{aligned} \text{Min } & w_R \frac{d_R^- + d_R^+}{R} + w_A \left(\sum_i \left(\frac{d_{M_i}^- + d_{M_i}^+}{A_{M_i}} + \frac{d_{Q_i}^- + d_{Q_i}^+}{A_{Q_i}} \right) + \sum_j \frac{d_{S_j}^- + d_{S_j}^+}{A_{S_j}} \right) + w_P \sum_i \frac{d_{P_i}^-}{P_i} + \\ & + w_{P_H} \frac{d_{P_H}^-}{P_H \left(\sum_i (X_{M_i} + X_{Q_i}) + \sum_j X_{S_j} \right)} + w_{E_H} \frac{d_{E_H}^+}{E_H \left(\sum_i (X_{M_i} + X_{Q_i}) + \sum_j X_{S_j} \right)} \end{aligned} \quad (\text{M1})$$

Sujeto a:

- 1) $\sum_i (C_M P_{M_i} X_{M_i} + C_Q P_{Q_i} X_{Q_i}) + \sum_j C_{S_j} X_{S_j} + d_R^- - d_R^+ = R$
- 2) $X_{M_i} + d_{M_i}^- - d_{M_i}^+ = A_{M_i} \quad \forall i$
- 3) $X_{Q_i} + d_{Q_i}^- - d_{Q_i}^+ = A_{Q_i} \quad \forall i$
- 4) $X_{S_j} + d_{S_j}^- - d_{S_j}^+ = A_{S_j} \quad \forall j$
- 5) $L_{M_i} \leq X_{M_i} \leq U_{M_i} \quad \forall i$
- 6) $L_{Q_i} \leq X_{Q_i} \leq U_{Q_i} \quad \forall i$
- 7) $L_{S_j} \leq X_{S_j} \leq U_{S_j} \quad \forall j$

- 8) $P_{Mi} X_{Mi} + P_{Qi} X_{Qi} + P_{Sj} X_{Sj} + d_{Pi}^- - d_{Pi}^+ = P_i \quad \forall i, j$ (sólo si el proceso singularizado j es realizado por el servicio médico i)
- 9) $\sum_i (P_{Mi} X_{Mi} + P_{Qi} X_{Qi}) + \sum_j P_{Sj} X_{Sj} + d_{Pi}^- - d_{Pi}^+ = P_H \left(\sum_i (X_{Mi} + X_{Qi}) + \sum_j X_{Sj} \right)$
- 10) $\sum_i (E_{Mi} X_{Mi} + E_{Qi} X_{Qi}) + \sum_j E_{Sj} X_{Sj} + d_{Ei}^- - d_{Ei}^+ = E_H \left(\sum_i (X_{Mi} + X_{Qi}) + \sum_j X_{Sj} \right)$
- 11) $E_{Mi} X_{Mi} + E_{Qi} X_{Qi} + E_{Sj} X_{Sj} \leq ED_i \quad \forall i, j$, (sólo si el proceso singularizado j es realizado por el servicio médico i)
- 12) *Todas las variables* ≥ 0

Subíndices

i para distinguir los diferentes Servicios Médicos del hospital.

j para distinguir los diferentes procesos singularizados.

Variables

-*Variables de decisión:*

X_{Mi} número de casos de GRD de tipo médico, a realizar por el Servicio Médico i .

X_{Qi} número de casos de GRD de tipo quirúrgico, a realizar por el Servicio Médico i .

X_{Sj} número de casos a realizar del proceso singularizado j .

-*Variables de desviación:*

d_{i}^-, d_{i}^+ desviaciones negativas y positivas respecto del correspondiente nivel de aspiración. Obsérvese que, en la función de logro, para evitar soluciones sesgadas hacia el cumplimiento de metas con niveles de aspiración elevados, en vez de minimizar la suma de las desviaciones no deseadas absolutas, minimizamos la suma de las desviaciones porcentuales, es decir normalizadas dividiéndolas por sus respectivos niveles de aspiración.

-*Pesos de penalización:*

Los coeficientes w_i de la función objetivo (o de logro) representan la penalización asignada por el decidor al no cumplimiento de la correspondiente meta.

-*Coefficientes de los primeros miembros:*

C_M precio por unidad de complejidad de GRD de tipo Médico.

C_Q precio por unidad de complejidad de GRD de tipo Quirúrgico.

C_{Sj} precio por alta del proceso singularizado j .

P_{Mi} peso medio de complejidad estimado para los GRD de tipo Médico del Servicio Médico i .

P_{Qi} peso medio de complejidad estimado para los GRD de tipo Quirúrgico del Servicio Médico i .

P_{Sj} peso de complejidad del proceso singularizado j .

E_{Mi} estancia media estimada para GRD Médico del Servicio Médico i .

E_{Qi} estancia media estimada para GRD Quirúrgico del Servicio Médico i .

E_{Sj} estancia media estimada para el proceso singularizado j .

Valores de los segundos miembros:

- R financiación estimada para todo el hospital en el área de hospitalización.
- A_{Mi} volumen de actividad previsto para los GRD de tipo Médico realizados por el Servicio Médico i .
- A_{Qi} volumen de actividad previsto para los GRD de tipo Quirúrgico realizados por el Servicio Médico i .
- A_{Sj} volumen de actividad previsto para el proceso singularizado j .
- L_{Mi}, U_{Mi} volumen de actividad, mínimo y máximo previstos, de GRD de tipo Médico a realizar por el Servicio Médico i .
- L_{Qi}, U_{Qi} volumen de actividad, mínimo y máximo previstos, de GRD de tipo Quirúrgico a realizar por el Servicio Médico i .
- L_{Sj}, U_{Sj} volumen de actividad, mínimo y máximo previstos, del proceso singularizado j .
- P_i peso de complejidad total asumible por el Servicio Médico i .
- P_H peso medio de complejidad deseado para el conjunto del Hospital.
- E_H estancia media deseada para el conjunto del Hospital.
- ED_i nº de estancias disponibles en el Servicio Médico i (número de camas \times 365 días).

Hay que resaltar que a distribución de pesos (w_\bullet) entre las diversas metas depende del consenso alcanzado entre la dirección médica y la gerencia, ya que la primera tiende a valorar más las metas relacionadas con logros asistenciales, mientras que la segunda prioriza más las de tipo económico.

Obsérvese que en el modelo **M1** la función objetivo no es lineal, ya que en los sumandos correspondientes al peso de complejidad y estancia media, las variables de decisión aparecen en el denominador. Para evitar esta dificultad proponemos sustituir dicho modelo por el siguiente modelo lineal, aproximado al **M1**, (al que llamaremos **M1'**),

$$\begin{aligned} \text{Min } w_R \frac{d_R^- + d_R^+}{R} + w_A \left(\sum_i \left(\frac{d_{Mi}^- + d_{Mi}^+}{A_{Mi}} + \frac{d_{Qi}^- + d_{Qi}^+}{A_{Qi}} \right) + \sum_j \frac{d_{Sj}^- + d_{Sj}^+}{A_{Sj}} \right) + w_P \sum_i \frac{d_{Pi}^-}{P_i} + \\ + w_{PH} \frac{d_{PH}^-}{P_H \left(\sum_i A_{Mi} + \sum_i A_{Qi} + \sum_j A_{Sj} \right)} + w_{EH} \frac{d_{EH}^+}{E_H \left(\sum_i A_{Mi} + \sum_i A_{Qi} + \sum_j A_{Sj} \right)} \end{aligned} \quad (\mathbf{M1}')$$

Sujeto a:

Las mismas restricciones que el modelo **M1**, excepto la 9) y la 10) que son sustituidas por las siguientes:

$$9') \sum_i (P_{Mi} X_{Mi} + P_{Qi} X_{Qi}) + \sum_j P_{Sj} X_{Sj} + d_{PH}^- - d_{PH}^+ = P_H \left(\sum_i A_{Mi} + \sum_i A_{Qi} + \sum_j A_{Sj} \right)$$

$$10') \sum_i (E_{Mi} X_{Mi} + E_{Qi} X_{Qi}) + \sum_j E_{Sj} X_{Sj} + d_{E_H}^- - d_{E_H}^+ = E_H \left(\sum_i A_{Mi} + \sum_i A_{Qi} + \sum_j A_{Sj} \right)$$

Es decir proponemos sustituir, en la función objetivo y en las restricciones 9) y 10) del modelo **M1**, el volumen total de actividad $\sum (X_{Mi} + X_{Qi}) + \sum X_{Sj}$, el cual evidentemente no se podría conocer hasta resolver dicho modelo, por el volumen total estimado $\sum A_{Mi} + \sum A_{Qi} + \sum A_{Sj}$. Si la solución obtenida al resolver el modelo lineal aproximado **M1'**, no es admitida por el decisor se puede repetir el procedimiento sustituyendo ahora, en **M1'**, el valor $\sum A_{Mi} + \sum A_{Qi} + \sum A_{Sj}$ por el volumen total de actividad obtenido al solucionar **M1'**. Este procedimiento puede reiterarse hasta que el centro decisor admita el resultado o hasta que no se produzcan cambios significativos en el mismo.

Es evidente que podríamos haber simplificado el proceso, evitando el modelo **M1'**, si hubiéramos tratado las restricciones 8) y 9) como restricciones rígidas, tipo la 11), en vez de como metas. Pero no lo hemos considerado apropiado por las siguientes razones: en el caso de las camas la restricción es rígida porque se trata de un problema de disponibilidad física objetivamente medible, cuyo desbordamiento provocaría serios problemas operativos, sin embargo, tanto en el caso de la estancia media, como en el del peso de complejidad, se trata más bien de niveles de aspiración cuya falta de logro puede ser admisible, si a cambio se alcanzan otro tipo de metas. Es decir se trata de metas cuyo logro tiene bastante menos importancia que el de las otras metas (financiación, case-mix) para el centro decisor, de manera que aunque, en principio, se desea que alcancen un determinado nivel de aspiración, no se considera imprescindible que así ocurra. Ponerlas como restricciones rígidas sería asignarles una importancia prioritaria que, en realidad, no tienen.

El modelo aproximado **M1'** es un programa lineal, por lo tanto puede resolverse fácilmente utilizando programas de ordenador como LINGO o la herramienta SOLVER de EXCEL. Estos programas utilizan el método simplex. Como es bien sabido, el método simplex proporciona una solución extrema del conjunto factible. De manera que, de entre todas las soluciones óptimas alternativas de **M1'**, el ordenador obtiene una solución en la cual algunos niveles de actividad son iguales a su cota inferior $L_{.i}$, y otros iguales a su cota superior $U_{.i}$. Esto normalmente no es bien admitido por la Dirección Médica, que prefiere alcanzar menos metas a cambio de que la actividad se reparta mejor entre los diferentes Servicios. Esto es admisible para la Gerencia siempre que no varíe la cuantía de la financiación requerida. Así pues, para obtener una solución más equilibrada, que respete a su vez el requerimiento de la gerencia en cuanto a financiación, proponemos resolver un segundo modelo, en el que nuestro objetivo es encontrar una solución que minimice la desviación máxima respecto del correspondiente nivel de aspiración $A_{..}$, considerando sólo aquellas soluciones que requieran la misma financiación que la obtenida en la primera etapa y que, a su vez, no empeoren el valor óptimo hallado en la primera etapa para la estancia media y peso medio de complejidad.

Para ello, en un segundo paso, planteamos el siguiente modelo MINMAX de programación por metas (véase Romero, 1993), (al que llamaremos **M2**):

Min D

Sujeto a:

$$\frac{d_{Mi}^- + d_{Mi}^+}{A_{Mi}} \leq D$$

$$\frac{d_{Qi}^- + d_{Qi}^+}{A_{Qi}} \leq D$$

$$\frac{d_{Sj}^- + d_{Sj}^+}{A_{Sj}} \leq D$$

$$X_{Mi} + d_{Mi}^- - d_{Mi}^+ = A_{Mi}$$

$$X_{Qi} + d_{Qi}^- - d_{Qi}^+ = A_{Qi} \quad (\mathbf{M2})$$

$$X_{Sj} + d_{Sj}^- - d_{Sj}^+ = A_{Sj}$$

$$L_{Mi} \leq X_{Mi} \leq U_{Mi}$$

$$L_{Qi} \leq X_{Qi} \leq U_{Qi}$$

$$L_{Sj} \leq X_{Sj} \leq U_{Sj}$$

$$\sum_i (C_M P_{Mi} X_{Mi} + C_Q P_{Qi} X_{Qi}) + \sum_j C_{Sj} X_{Sj} = R^*$$

$$\sum_i ((P_{Mi} - P_H^*) X_{Mi} + (P_{Qi} - P_H^*) X_{Qi}) + \sum_j (P_{Sj} - P_H^*) X_{Sj} \geq 0$$

$$\sum_i ((P_{Mi} - E_H^*) X_{Mi} + (P_{Qi} - E_H^*) X_{Qi}) + \sum_j (P_{Sj} - E_H^*) X_{Sj} \leq 0$$

$$E_{Mi} X_{Mi} + E_{Qi} X_{Qi} + E_{Sj} X_{Sj} \leq ED_i \quad \forall i, j, (\text{sólo si el proceso singularizado } j \text{ es realizado por el servicio médico } i)$$

Todas las variables ≥ 0

Donde R^* , P_H^* y E_H^* son, respectivamente, el coste, el peso de complejidad medio, y la estancia media para el conjunto del hospital, de la solución óptima obtenida al solucionar el modelo **M1'**.

3. APLICACIÓN A UN HOSPITAL PÚBLICO

Para probar la utilidad de nuestro modelo nos hemos puesto en contacto con la Dirección del Hospital Zumárraga² del Servicio Vasco de Salud (Osakidetza), que nos ha suministrado los datos utilizados para el desarrollo de su Contrato-Programa y ha colabo-

² Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Dirección del Hospital Zumárraga por su colaboración y las facilidades dadas para la realización de este trabajo.

rado con nosotros en determinar los niveles de aspiración de los diferentes atributos (financiación, volumen de actividad, estancia media y pesos de complejidad), así como en la valoración de los resultados.

El hospital en estudio es relativamente pequeño dentro de la estructura del Servicio Vasco de Salud; dispone de 118 camas. Tiene ocho Servicios Médicos: Cirugía General, Medicina Interna, Oftalmología, Otorrinolaringología, Pediatría, Tocoginecología, Traumatología y Urología. El hospital tiene tres plantas para hospitalización con 40, 50 y 28 camas respectivamente, la primera ocupada por Medicina Interna, la segunda compartida por Cirugía General, Traumatología y Urología y la tercera por Tocoginecología, y Pediatría.

En el Contrato-Programa, en el área de hospitalización, debe realizarse una estimación del nivel de actividad para el año venidero de acuerdo con un esquema similar al que se ve en la Tabla 3. Los precios son determinados por la Administración, mientras que las cantidades deben negociarse entre la Administración y el Hospital.

3.1. Resolución mediante la herramienta SOLVER de la hoja de cálculo EXCEL

Como venimos comentando nuestro modelo pretende ayudar a la elaboración del Contrato-Programa de un hospital público. En la elaboración del mismo deben estimarse valores para magnitudes de cuantía incierta, por ello, para que el modelo cumpla la función que le hemos asignado, su proceso de solución debe permitir cambios en las ponderaciones, niveles de aspiración y, en general, en la cuantía de los diversos coeficientes. Es decir debe permitir simular diferentes escenarios de una manera ágil.

Para conseguir esto proponemos resolver nuestro modelo utilizando la herramienta SOLVER que viene implementada con la hoja de cálculo EXCEL.

Con este fin hemos elaborado un documento EXCEL con cuatro hojas vinculadas entre sí. En la **Hoja 1** (véase Tabla 1 del Anexo) la Dirección del Hospital introduce los datos correspondientes a los niveles de aspiración deseados para el año venidero, los cuales, finalmente, deberán consensuarse con la Administración. Como ya hemos comentado, con el fin de facilitar la estimación del nivel de actividad y de la cuantía de la financiación, proponemos desagregar la actividad del Hospital entre sus diversos Servicios Médicos. En la **Hoja 2**, cuyos valores están vinculados con los de la Hoja 1, construimos el modelo de programación por metas ponderadas **M1'**, el cual resolvemos mediante SOLVER. En la **Hoja 3**, cuyos valores están vinculados a su vez con los de la Hoja 2, construimos, y resolvemos con SOLVER, el modelo **MINIMAX M2**. En la **Hoja 4**, que está vinculada con la Hoja 3, se muestran los resultados (véase la Tabla 2 del Anexo). Finalmente, puesto que los resultados de la Hoja 4 están desagregados por Servicios Médicos, para adaptarlos al formato final del Contrato-Programa los agregamos de acuerdo con el esquema mostrado en la Tabla 3.

Obsérvese que con este procedimiento la Dirección del Hospital tan sólo debe introducir los datos en la Hoja 1 y luego simplemente activar SOLVER sucesivamente en las Hojas 2 y 3, para obtener de manera inmediata las soluciones en la Hoja 4. Esto permite a la Dirección del Hospital hacer fácilmente simulaciones con diversos valores para sus estimaciones, lo que puede ser una herramienta muy útil para establecer el plan de producción del año venidero y por tanto para la negociación del Contrato-Programa con la Administración.

Por ejemplo consideremos los valores que se presentan en la Tabla 1 del anexo, cuyos resultados aparecen en la Tabla 2. Podemos observar que incluso asignando algo más de importancia (40%) a la obtención de un case-mix que se ajuste a la financiación propuesta (19.152.420 €) el resultado es un case-mix que mayoritariamente tiene unos niveles de actividad por debajo de la meta establecida y que, aún así, correspondería a una financiación de 19.357.247 €, superior a la propuesta. Además podemos advertir que el peso de complejidad que soportarían la mayoría de los servicios médicos es inferior al que podrían asumir por su capacidad y que el índice de ocupación de camas sería bastante bajo, excepto en la 1ª planta. Es evidente por tanto que, con la financiación propuesta, la actividad del hospital quedaría por debajo de su capacidad y de la demanda de la población.

4. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Hemos construido un modelo de programación por metas adaptado a la estructura del Contrato-Programa de los hospitales públicos españoles y hemos implementado un procedimiento de solución, mediante la hoja de cálculo EXCEL, que permite realizar fácilmente simulaciones para diferentes valores del volumen de actividad de los Servicios Médicos, de la cuantía de la financiación, de la estancia media y del peso de complejidad, lo que supone una herramienta muy útil en la negociación del Contrato-Programa entre el Hospital y la Administración.

En un futuro deseamos ampliar el modelo, que actualmente hace referencia solamente a la actividad de hospitalización, de manera que abarque la actividad completa del hospital, incluyendo también las consultas intra y extrahospitalarias, urgencias, cirugía menor y programas especiales diferenciados.

Es evidente que la utilidad de nuestro enfoque está limitada por la cuantía y la calidad de los datos disponibles. Por ello es imprescindible que el hospital al que se aplique tenga una contabilidad analítica suficientemente desarrollada. A medida que la contabilidad analítica de los hospitales se desarrolle se podrán incorporar al modelo nuevas metas y restricciones. En este sentido hubiéramos deseado, por ejemplo, incorporar restricciones y metas relacionadas con el tiempo medio estándar consumido por el personal sanitario por unidad de GRD, tanto en consulta como en quirófano. Pero estos datos aún no están disponibles de una manera fiable en el sistema sanitario español y por ello, hemos preferido esperar a que así sea para incorporarlos a nuestro modelo.

5. ANEXO. TABLAS

Tabla 1. Hoja 1 del fichero de Excel en donde la Dirección del Hospital introduce los datos correspondientes a los niveles de aspiración deseados para el año venidero. (Datos 2007)

| Presupuesto para el año 2007 en el área de hospitalización | | | | | | |
|--|--------------|-------------|----------|---------------------------------|----------------|------------|
| FINANCIACIÓN HOSPITALIZACIÓN | 19.152.420 € | | | Penalizaciones previstas a 2007 | | |
| ESTANCIA MEDIA DESEADA | 4,4 | | | Desviaciones de las metas | | |
| PESO MEDIO DESEADO | 1,3 | | | Coste | 5,40 | |
| CAMAS DISPONIBLES | PLANTA 1: | | 40 | Altas | 0,35 | |
| | PLANTA 2: | | 50 | Estancia Media | 0,10 | |
| | PLANTA 3: | | 20 | Peso cama Hospital | 0,10 | |
| | | | | Peso cama S. Materno | 0,05 | |
| Precio por unidad de peso de GRD Quirúrgico | 3.400 € | | | | | |
| Precio por unidad de peso de GRD Médico | 1.800 € | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALTAS | | PRECIO | PRECIO POR | ESTANCIA MEDIA | PESO TOTAL |
| | Nº previsto | Utilización | 4000 | UNIDAD DE PESO (U) | ESTIMADA | |
| | | admisible | ESTIMADO | | | |
| HOSPITALIZACIÓN GENERAL | | | | | | |
| SERVICIO MEDICO | | | | | | |
| QUIRURJIA (GRD Quirúrgico) | 740 | 3,0% | 1.510 | 2000 | 5,8 | |
| QUIRURJIA (GRD Médico) | 400 | 3,0% | 1.210 | 1800 | 5,8 | 1470,477 |
| MEDICINA INTERNA (GRD Quirúrgico) | 21 | 3,0% | 2.434 | 2000 | 13,3 | |
| MEDICINA INTERNA (GRD Médico) | 1648 | 3,0% | 1.892 | 1800 | 7,8 | 3148,890 |
| OPHTALMOLOGIA (GRD Quirúrgico) | 23 | 3,0% | 1.033 | 2000 | 0 | 790,079 |
| OTORRINO (GRD Quirúrgico) | 220 | 3,0% | 0,78 | 2000 | 5,8 | |
| OTORRINO (GRD Médico) | 47 | 3,0% | 0,708 | 1800 | 5,4 | 208,726 |
| PEDIATRIA (GRD Quirúrgico) | 0 | 3,0% | 1,866 | 2000 | 4 | |
| PEDIATRIA (GRD Médico) | 481 | 3,0% | 0,918 | 1800 | 3,3 | 431,606 |
| GINECOLOGIA (GRD Quirúrgico) | 448 | 3,0% | 0,934 | 2000 | 3,9 | |
| GINECOLOGIA (GRD Médico) | 138 | 3,0% | 0,688 | 1800 | 3 | 859,078 |
| TRAUMATOLOGIA (GRD Quirúrgico) | 303 | 3,0% | 1,712 | 2000 | 0 | |
| TRAUMATOLOGIA (GRD Médico) | 280 | 3,0% | 0,934 | 1800 | 0 | 2688,552 |
| UROLOGIA (GRD Quirúrgico) | 187 | 3,0% | 1,792 | 2000 | 8,7 | |
| UROLOGIA (GRD Médico) | 420 | 3,0% | 1,603 | 1800 | 0,7 | 470,384 |
| PROCESOS SINGULARES | | | | | | |
| GRD 38 (Cataratas) | 0 | 3,0% | 0,824 | 1007 | 0 | |
| GRD 37x373 (Parto) | 640 | 3,0% | 0,586 | 1706 | 2,9 | |
| GRD 017x018 (Sustracción de catarata) | 86 | 3,0% | 3,902 | 3000 | 11,0 | |
| Utilización prevista en el nº de altas | 0,0% | | | | | |

Tabla 3. Actividad y financiación, estimadas por nuestro modelo para 2007 (véase Tabla 2), presentadas en el formato utilizado en el Contrato-Programa.

| Descripción | Unid. medida | Precio € | Nº unidades | Total € |
|---------------------------------------|--------------|----------|--------------|-----------------|
| HOSPITALIZACIÓN | | | | |
| Procesos singularizados | | | | |
| Sustitución de cadera (GRD817 y 818) | nº de altas | 9460 | 86 | 815342 |
| Cataratas (GRD 39) | nº de altas | 1097 | 939 | 1030434 |
| Parto (GRD 372 y 373) | nº de altas | 1766 | 638 | 1126380 |
| Total procesos singularizados | | | 1.663 | 2972156 |
| Hospitalización genérica | | | | |
| Peso GRD médico | nº de pesos | 1830 | 4384 | 8023076 |
| Peso GRD quirúrgico | nº de pesos | 2460 | 3.399 | 8362015 |
| Total hospitalización genérica | | | 7.783 | 16385091 |
| Total hospitalización | | | | 19357247 |

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENAS, M.; LAFUENTE, E. Y RODRÍGUEZ, M.V. (1997). «Goal Programming Model for Evaluating Hospital Service Performance». En Caballero, R., Ruiz, F. and Steuer, R. (eds.), *Advances In Multiple Objective And Goal Programming. (Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems, No. 455)*. Springer, pp. 57-65.
- ARENAS, M.; BILBAO, A.; JIMÉNEZ, M. Y RODRÍGUEZ URÍA, M.V. (2001). «A fuzzy goal programming model for evaluating a hospital service performance». En Zopounidis, C.; Pardalos, P.M. y Baourakis, G. (eds.), *Fuzzy Sets in Management, Economics and Marketing*. World Scientific.
- BALIGH, H.H. Y LAUGHUNN, D.J. (1969). «An economic and linear model of the hospital». *Health Services Research*, No. 4, pp. 293-303.
- BLAKE, J.T. Y CARTER, M.W. (2002). «A goal programming approach to strategic resource allocation in acute care hospital». *European Journal of Operational Research*, No. 140, pp. 541-561.
- BLAKE J.T. Y CARTER M.W. (2003). «Physician and hospital funding options in public system with decreasing resources». *Socio-Economic Planning Sciences*; Vol. 37, No. 1, pp. 45-68.
- BUTLER, T.W.; KARWAN, K.R.; SWEIGART, J.R. Y REEVES, G. (1992). «An integrative model based approach to hospital layout». *IIE Transactions*, Vol. 24, No. 2, pp. 144-152.
- CUERVO, J.I.; VARELA, J. Y BELENES, R. (1994). *Gestión de hospitales. Nuevos instrumentos y tendencias*. Vicens Vivens.
- DOWLING, W.A. (1976). *Hospital production*. Health and Company, Lexington, MA.
- FELDSTEIN, M.S. (1967). *Economic Analysis for Health Service Efficiency*. North-Holland, Amsterdam.

- FETTER R.B; YOUNGSOO S.; FREEMAN J.L.; AVERILL R.F. Y THOMPSON J.D. (1980). «Case mix definition by diagnosis related groups». *Med Care* 18 (sup), pp. 1-53.
- HUGHES, W.L. Y SOLIMAN, S.Y. (1985). «Short-term case mix management with linear programming». *Hospital and Health Service Administration*, No. 30, pp. 52-60.
- JIMÉNEZ, M.; RIVAS, J.A. Y ZUBIA M. (2005). «Un modelo de programación por metas para el plan de producción de un hospital del servicio vasco de salud». *Cuadernos del CIMBAGE* 7, pp. 1-24.
- JIMÉNEZ, M.; RIVAS J.A. Y ZUBIA M. (2007). «Using fuzzy goal programming techniques to support the case mix planning in hospital». 22nd European Conference on Operational Research. Prague.
- KWAK, N.K. Y LEE, C.H. (1997). «A linear goal programming model for human resource allocations in a health-care organization». *Journal of Medical Systems*, Vol. 21, No. 3, pp. 129-140.
- LEE, S.M. (1973). «An aggregative resource allocation model for hospital administration». *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 7, No. 4, pp. 381-395.
- MARTÍN, F. (1993). *Aproximación a la elaboración de un modelo de asignación de recursos hospitalarios mediante la programación por metas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- MARTÍN, J.J.; LÓPEZ DEL AMO, M.P.; CABALLERO, R. Y MOLINA, J. (2001). «A goal programming scheme to determine the budget assignment among the hospitals of a sanitary system». En Zanakis, Doukidis and Zopounidis (Ed). *Recent developments and applications in decision making*. Kluwer Academic Publishers.
- ODDOYE, O.R.; JONES, D.F.; TAMIZ, M. Y SCHMIDT, P. (2007). «Combining simulation and goal programming for healthcare planning in medical assessment unit». *European Journal of Operational Research*, Article in Press, doi:10.1016/j.ejor.2007.10.029.
- PANITZ, E. (1988). *The services mix decision in not-for-profit organizations: a math programming approach to community mental health service mix selection*. Ph.D. Dissertation, University of Kentucky.
- RIFAI, A.K. Y PECENKA, J.O. (1989). «An application of goal programming in healthcare planning». *International Journal of Production Management*, No. 10, pp. 28-37.
- ROBBINS, W.A. Y TUNTIWONGPIBOON, N. (1989). «Linear programming is a useful tool in case-mix management». *Healthcare Financial Management*, Vol. 43, No. 6, pp. 114-116.
- ROMERO, C. (1993). *Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*, Alianza Universidad Textos, Madrid.
- SIMON, H.A. (1955). «A behavioural model of rational choice». *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 69, pp. 99-118