

## **Análisis del estado de las listas de espera quirúrgicas bajo diversas hipótesis de permanencia máxima\***

Arenas Parra, M<sup>1</sup>.; Bilbao Terol, A.<sup>1</sup>; Caballero, R.<sup>2</sup>; Cerdá, E.<sup>3</sup>; Pérez  
Gladish, B.<sup>1</sup>; Rodríguez Uría, M.V.<sup>1</sup>

### **Resumen:**

---

En Arenas y otros (1998) se ha analizado la planificación óptima de la actividad quirúrgica de los servicios de un hospital público mediante un modelo bicriterio con restricciones dinámicas que fue elaborado con los datos de dicho hospital en el marco de las restricciones impuestas por los financiadores de la Sanidad Pública. El modelo propuesto permite cambios en parámetros como son los períodos de planificación, disponibilidades, etc. En este trabajo se contempla la posibilidad de ir reduciendo la permanencia máxima en la lista de espera quirúrgica impuesta por las autoridades sanitarias y que para el año 1999 era de seis meses. Para ello hemos resuelto diversos problemas. La comparación de las fronteras eficientes de cada uno de ellos nos muestra como, bajo ciertas condiciones, es posible reducir la lista de espera residual. Mediante el análisis de las listas de espera proporcionadas por cada modelo, es posible observar para qué procesos es factible que la lista de espera residual sea cero y para qué procesos se podrán reducir en gran medida, pese a no lograr eliminarlas del todo.

---

**Palabras clave:**- *Gestión de Hospitales, Programación Multiobjetivo, Teoría de la Decisión.*

---

\* Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, proyecto BFM 2000-0010.

<sup>1</sup> Universidad de Oviedo

<sup>2</sup> Universidad de Málaga

<sup>3</sup> Universidad Complutense de Madrid

Autor responsable: M.V. Rodríguez . E-mail: vrodri@econo.uniovi.es

## **1 - INTRODUCCIÓN**

Uno de los principales problemas en los sistemas sanitarios públicos son las listas de espera quirúrgicas. En los últimos años la situación se ha agravado debido, en parte, a los avances científicos, técnicos y médicos, así como al cambio de actitud experimentado por la población, que es ahora más exigente al poseer más información.

El problema de las listas de espera no viene dado tanto por el número de pacientes incluidos en las mismas, sino por el tiempo máximo que un paciente debe permanecer en ellas hasta ser atendido. Por ello los Contratos de Gestión suscritos por las autoridades sanitarias con los centros hospitalarios en los últimos años, plantean entre sus objetivos funcionales, como prioritario, la reducción de las listas de espera quirúrgicas.

La gestión cuantitativa de las listas de espera quirúrgicas es, sin embargo, altamente compleja, debido a que las listas son evidentemente dinámicas y a que las inclusiones teóricas en las mismas utilizadas para su determinación se llevan a cabo basándose en predicciones históricas. En el momento actual en que muchos procesos quirúrgicos ya no necesitan hospitalización, los quirófanos son la instalación que impone mayores restricciones al funcionamiento de los hospitales.

Con este trabajo planteamos un modelo matemático que permite planificar y gestionar de modo óptimo la demanda de actividad quirúrgica de un servicio quirúrgico, en este caso de Traumatología, de un Hospital del grupo II de INSALUD, modulando su programación en función de la relación entre oferta, demanda y tiempos de espera. Contemplamos además la posibilidad de ir reduciendo la permanencia máxima en lista de espera quirúrgica impuesta por

las autoridades sanitarias y que para el año 1999 era de seis meses.

## **2 - DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

Mediante el problema que resolvemos en este trabajo, pretendemos determinar la actividad quirúrgica que es necesario planificar por parte de la gerencia del Hospital para que, teniendo en cuenta el flujo de pacientes de las diversas patologías que acuden al centro hospitalario, aquellos puedan ser atendidos dentro del marco de excelencia que es exigible a un servicio público de este tipo.

En trabajos anteriores hemos incluido en el modelo una aproximación a los costes operativos tanto de las intervenciones que se realizan dentro del hospital como de las que se realizan fuera del mismo mediante concertación. Sin embargo, en el presente trabajo hemos optado por no incluirlos, debido a que en la actualidad no es posible comparar el coste de una intervención en el hospital de referencia con su coste en un centro concertado. Esto es así, porque es en el hospital donde se realiza el diagnóstico, el preoperatorio y el seguimiento tras la operación, y actualmente ningún hospital hace público el desglose de estos costes no siendo posible por ello, su comparación con el de los centros concertados.

Con este trabajo, trataremos simplemente de determinar cual es la planificación óptima de la actividad quirúrgica que permitiría al centro hospitalario cumplir los requisitos de máxima permanencia en lista de espera, impuestos por las Autoridades Sanitarias.

De cara a la reducción de las listas de espera, el Hospital puede llevar a cabo su actividad quirúrgica mediante dos modalidades de intervención: modalidad ordinaria, por las mañanas en el propio centro hospitalario, o

mediante modalidad extraordinaria, por las tardes o en centros concertados.

### **2.1. - Datos y variables del problema.**

Trabajamos con datos reales y estimados, proporcionados por un hospital tipo II del INSALUD y hemos realizado la planificación de la actividad quirúrgica de los servicios de Traumatología, Cirugía General, Oftalmología, Ginecología, Urología y Otorrinolaringología. En este trabajo presentaremos el problema para un solo servicio, el de **Traumatología**, que nos parece suficientemente representativo del problema global.

El flujo de pacientes, admisiones menos exclusiones de la lista sin sometimiento a intervención quirúrgica, se obtiene mediante previsiones de elaboración propia, basadas en la actividad real de los dos años anteriores, datos que han sido proporcionados por el hospital.

El tiempo de quirófano disponible será contabilizado considerando que la actividad máxima de los mismos es de seis horas y media diarias, más realista a nuestro entender que pensar que las siete horas disponibles son utilizadas completamente. Además, las sesiones de quirófano se consideran asignadas a los servicios de un modo ya establecido por acuerdos internos y no es posible cambiarlos en esta fase de la planificación. Ello es debido a que en este punto interviene un tercer decisor con gran poder, pero desligado de la gestión global del centro hospitalario: el Jefe de Servicio.

La duración de cada proceso en estudio ha sido determinada a partir de los datos de hojas de quirófano tomada como promedio, más los veinte minutos de preparación de quirófano.

Dado que inicialmente trataremos de determinar la máxima actividad en horario ordinario, sólo consideraremos dos formas de proceso: la interna

ordinaria y la extraordinaria que se llevará a cabo indistintamente en forma de autoconcertación o de concertación externa.

A continuación daremos nombre a cada una de las variables del problema, por proceso para el servicio que presentamos, en las dos modalidades en que aquéllos pueden ser realizados de cara a la planificación: como actividad ordinaria o como extraordinaria, incluyendo aquí los procesos concertados y los autoconcertados.

Denotaremos las variables basándonos en el servicio al que pertenecen y éste por su inicial, en este trabajo presentamos los resultados correspondientes al servicio de Traumatología, que denotaremos mediante su inicial ( $T$ ).

Si el proceso se realiza en forma horaria normal, la variable que define el servicio carecerá de prefijo; si se realiza en forma extraordinaria, el prefijo será una  $X$ . Cada proceso vendrá definido por un primer índice  $i$ , de dos dígitos, que indicará el proceso considerado; un segundo índice  $j$ , también de dos dígitos, nos informará del mes en que debe realizarse el proceso de referencia. El modelo ha sido actualizado con datos reales referentes al flujo neto de pacientes correspondientes a los tres primeros meses del año, así que el período de planificación comprenderá los meses de abril (mes cuatro) hasta diciembre (mes doce).

Si se trata de nombrar la lista de espera de cualquiera de los procesos, se precederá la variable correspondiente de la letra  $L$ .

| Modalidad | Servicio | Proceso | Mes |
|-----------|----------|---------|-----|
| -- / X    | T        | i       | j   |

**Tabla 1. Formato de las variables de actividad o variables de decisión.**

| Lista | Servicio | Proceso | Mes |
|-------|----------|---------|-----|
| L     | T        | i       | j   |

**Tabla 2. Formato de las variables de lista de espera o variables de estado.**

Consideraremos siete de los procesos más representativos, en cuanto a lista de espera se refiere, del Servicio de Traumatología. Estos procesos representan aproximadamente un 61% de la actividad del servicio. El decisor considera que todas los procesos considerados dentro del Servicio de Traumatología presentan la misma gravedad y por ello no se les otorga ninguna ponderación que los diferencie unos de otros en cuanto a la urgencia de la intervención. La selección de los procesos a considerar dentro del servicio, si ha seguido un criterio de selección basado en el volumen de sus listas de espera. Hemos seleccionado aquellos procesos que generan mayores listas de espera.

La siguiente tabla explica, para cada proceso del servicio considerado, el formato de los nombres que asignaremos a cada una de las variables del problema. Se incluyen en la misma otros campos que proporcionan información de interés como son el número de código de cada proceso, el tiempo medio de quirófano expresado en minutos que utiliza el mismo y la posibilidad de que sea realizable en modalidad extraordinaria, sea concertado externamente o autoconcertado, por las tardes en el propio hospital<sup>1</sup>.

| CÓDIGO | Nombre Proceso              | Variable | Tiempo | Posible extra |
|--------|-----------------------------|----------|--------|---------------|
| 239    | Neoplasia                   | T01      | 87     | 1             |
| 354    | Mononeuritis M.S.           | T02      | 79     | 1             |
| 715    | Osteoartrosis               | T03      | 164    | 1             |
| 717    | Desgarro interno rodilla    | T04      | 118    | 1             |
| 727    | Enfermedades sinovia/tendón | T05      | 75     | 1             |
| 735    | Hallux Valgus               | T06      | 85     | 1             |
| 736    | Otras deformidades Adq.     | T07      | 129    | 1             |

**Tabla 3. Procesos considerados.**

## 2.2. - Restricciones del modelo.

Las restricciones del modelo son:

- **Ecuaciones de estado,  $j = 4, \dots, 12$ :**

$$LT_{i(j+1)} = LT_{ij} + AT_{ij} - ET_{ij} - XT_{ij} - T_{ij} \quad (1)$$

Las ecuaciones de estado son restricciones dinámicas que nos informan del estado de la lista de espera para cada uno de los procesos considerados ( $i$ ) en un determinado momento del tiempo ( $j$ ).

Denotamos por  $AT_{ij}$  el número de admisiones estimadas para el proceso  $i$  del servicio  $T$  en el mes  $j$ ;  $ET_{ij}$  representa el número de exclusiones sin sometimiento a proceso quirúrgico, también estimadas, para cada proceso  $i$ , cada mes  $j$ .

En estas ecuaciones, son variables de decisión las referentes a la actividad,  $XT_{ij}$  y  $T_{ij}$ , y serán proporcionadas mediante la resolución del problema; las variables correspondientes al estado de la lista de espera  $LT_{i(j+1)}$  y  $LT_{ij}$  también se obtendrán con la resolución del problema. Quedan, por tanto, como datos que se han de fijar para el modelo, los referentes a las previsiones de entradas así como los de previsiones de exclusiones mencionadas en el párrafo anterior.

- **Horas de quirófano disponibles mensualmente:**

Estas restricciones sólo afectan a la planificación quirúrgica que se lleva a cabo en horario ordinario y expresan que el tiempo de quirófano total empleado por cada proceso no puede superar el disponible:

$$\sum_{i=1}^7 t_i T_{ik} \leq TQ_k \quad (2)$$

donde  $TQ_k$  indica en minutos, el tiempo de quirófano del que dispone el servicio de Traumatología para el mes  $k$  y donde  $t_i$  es el tiempo medio de quirófano, expresado también en minutos, que utiliza cada uno de los procesos en estudio en este servicio.

Los datos referentes al tiempo de quirófano asignado al servicio de Traumatología se muestran en la siguiente tabla:

| Mes     | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Minutos | 4449 | 5388 | 6114 | 4449 | 4021 | 4828 | 5388 | 5388 | 4894 |

Tabla 4. Tiempo de quirófano asignado al servicio de Traumatología para los procesos considerados.

- **Límites superiores a la permanencia en lista de espera:**

Reflejan el hecho de que a lo largo del año 1999 el tiempo máximo que un paciente puede permanecer en lista de espera debe ser de seis meses, formulado exigiendo que la suma de actividades ordinaria y extraordinaria realizadas entre abril del año en curso y el mes  $k$ -ésimo, supere al número de pacientes que llevarían seis o más meses en lista de espera para cada proceso  $i$  en el momento  $k$  ( $s_{ik}$ ):

$$\sum_{j=4}^k [T_{ij} + (XT_i)_j] \geq s_{ik} \quad (3)$$

El cálculo de las cotas mínimas, que serán la parte derecha de las ecuaciones, es sencillo, se realiza a partir del estado de la lista de espera al comienzo del período de planificación y a partir de ahí se acumulan estos valores mes a mes.



Para el servicio de Traumatología se tiene el siguiente estado de la lista de espera para Enero del año que se desea planificar, que será 1999:

| Proc./<br>Mes | 4 | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|---------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 239           | 0 | 0 | 0 | 4  | 3  | 2  | 4  | 4  | 11 |
| 354           | 0 | 0 | 0 | 5  | 1  | 6  | 14 | 13 | 16 |
| 715           | 0 | 0 | 0 | 10 | 11 | 8  | 18 | 15 | 32 |
| 717           | 0 | 0 | 0 | 8  | 12 | 22 | 18 | 12 | 15 |
| 727           | 0 | 0 | 0 | 6  | 8  | 11 | 5  | 10 | 9  |
| 735           | 0 | 0 | 0 | 9  | 15 | 9  | 14 | 28 | 21 |
| 736           | 0 | 0 | 0 | 2  | 1  | 1  | 5  | 2  | 6  |

Tabla 5. Estado de la lista de espera el 1/1/99 para el servicio de Traumatología.

Así que, si el tiempo máximo de permanencia en lista de espera fuese de 6 meses, en Abril de 1999 tendrán que salir de la lista de espera todos los que lleven 6 ó más meses en ella, que serán todos los que hayan entrado antes o durante el mes de Noviembre. En la tabla anterior se detalla el número de pacientes que entraron cada mes y que aun continuaban en lista de espera al final del año, por lo que si se quiere saber cuántos han de salir durante el mes de Abril de 1999, tan solo se han de acumular los pacientes de meses anteriores a Noviembre, y esa será la actividad mínima que haya que realizar durante el mes de enero. La ecuación correspondiente al primer mes del período de planificación (mes cuatro en nuestro caso) para los procesos de Traumatología sería:

$$\sum_{i=1}^7 [T_{i4} + XT_{i4}] \geq s_{i4}$$

Donde  $T_{i1}$  y  $XT_{i1}$  corresponden a la actividad ordinaria y extraordinaria (si la hubiese) de los procesos de Traumatología para el primer mes del período de planificación (abril), mientras que en la parte derecha de la ecuación se irían acumulando los pacientes que están todavía en lista de espera pertenecientes a

meses anteriores al mes de Noviembre del año anterior.

Los parámetros  $s_{ik}$ , relativos al servicio de Traumatología son los siguientes:

| Proc. | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 239   | 13  | 17  | 28  | 39  | 41  | 44  | 45  | 52  | 58  |
| 354   | 26  | 39  | 55  | 62  | 66  | 70  | 74  | 78  | 92  |
| 715   | 47  | 62  | 94  | 102 | 122 | 140 | 145 | 164 | 187 |
| 717   | 60  | 72  | 87  | 99  | 102 | 109 | 110 | 116 | 120 |
| 727   | 30  | 40  | 49  | 61  | 61  | 61  | 65  | 71  | 83  |
| 735   | 47  | 75  | 96  | 117 | 131 | 145 | 148 | 163 | 180 |
| 736   | 9   | 11  | 17  | 25  | 32  | 36  | 42  | 46  | 49  |

Tabla 6. Parámetros  $s_{ik}$  correspondientes a Traumatología.

- **Cotas al número de procesos realizables fuera del horario normal:**

El significado de estas ecuaciones no es otro que el de acotar la actividad global mínima que a priori se ha concertado con otros centros basándose en los datos históricos. Esta actividad mínima ha de indicarse por proceso y mes. Estas restricciones consistirán en desigualdades del tipo:

$$XT_{ij} \geq r_{ij} \quad (4)$$

siendo  $r_{ij}$  la cota inferior a la actividad extraordinaria por proceso y mes.

Estas ecuaciones reflejan información de tipo cualitativo: el decisor conoce de antemano que algunos procesos, imposibles de asumir, serán derivados en al menos ciertas cantidades, que a lo largo del año se irán concretando. Igualmente conoce que algunos procesos no se derivarán, salvo grandes problemas. El procedimiento a seguir para determinar qué pacientes han de derivarse a otros centros es el siguiente: si hay pacientes en lista se saturarán las disponibilidades externas del hospital ya que el propio modelo se ocupará de asignar pacientes internamente.

No impondremos que las variables tomen valores enteros, pues los tiempos de duración de cada intervención son tiempos medios y por ello la planificación quirúrgica que llevaremos a cabo será una planificación aproximada.

### 2.3. - Las funciones objetivo para la planificación óptima.

Se consideran dos objetivos: el primero  $F_1$ , proporcionará la máxima capacidad operativa del centro en su horario y configuración ordinarios:

$$\text{Max } F_1 = \text{Max} \sum_{i=1}^7 \sum_{j=4}^{12} [T_{ij}] \quad (5)$$

Con tal actividad no es posible cubrir el requisito de permanencia máxima en lista de espera, así que minimizando el segundo objetivo considerado  $F_2$  se determina la actividad mínima indispensable que ha de realizarse de modo extraordinario, todo ello para verificar el requisito de permanencia máxima en lista de espera:

$$\text{Min } F_2 = \text{Min} \sum_{i=1}^7 \sum_{j=4}^{12} [XT_{ij}] \quad (6)$$

Lógicamente, entre las soluciones de ambos problemas cabe cualquier posibilidad que sea satisfactoria para el centro decisor o que, al menos, presente para el mismo algún interés, dentro del conjunto de soluciones que sean factibles. Para ofrecer al decisor información suficiente determinaremos la frontera eficiente definida por las posibles soluciones Pareto óptimas del problema.

Manejaremos conjuntamente ambas funciones objetivo mediante su combinación lineal convexa de modo que las variaciones del parámetro nos permitan determinar dicha frontera eficiente. Para resolver el problema

planteado hemos optado por el programa HYPERLINDO:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } [F_2 - \lambda Z] / \lambda \in [0, 1] \\
 & \text{sujeto a :} \\
 & Z = F_1 + F_2 \\
 & LT_{i(j+1)} = LT_{ij} + AT_{ij} - ET_{ij} - XT_{ij} - T_{ij} \\
 & \sum_{i=1}^7 t_i T_{ik} \leq TQ_k \\
 & \sum_{j=4}^k [T_{ij} + XT_{ij}] \geq s_{ik} \\
 & XT_{ij} \geq r_{ij}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Las variaciones de  $\lambda \in [0, 1]$  proporcionan el conjunto de puntos eficientes en el sentido de Pareto del programa considerado. En particular para  $\lambda = 0$  se obtendrá el mínimo de la función de actividad extraordinaria,  $F_2$ , y para  $\lambda = 1$  el máximo de la actividad interna,  $F_1$ , ambos alcanzables dentro del conjunto de soluciones que proporciona el conjunto factible.

Resolveremos un primer problema en el que consideraremos como restricción a la permanencia en lista de espera un tiempo máximo de seis meses, para posteriormente ir resolviendo nuevos problemas mediante los que le ofreceremos al Centro Decisor las planificaciones de actividad que permitirían reducir este tiempo máximo de permanencia en lista. Completamos la información sobre la actividad a realizar con el estudio de las fronteras eficientes correspondientes a cada uno de los problemas planteados para cada formulación distinta del problema inicial.

### 3 - LA FRONTERA EFICIENTE DEL PROBLEMA BAJO DISTINTAS HIPÓTESIS DE PERMANENCIA MÁXIMA EN LISTA DE ESPERA

Mediante la resolución del programa (7) haciendo variar el parámetro  $\lambda \in [0,1]$  obtendremos los puntos Pareto-óptimos del programa bi-objetivo inicial.

#### 3.1 Frontera eficiente considerando como hipótesis una permanencia máxima de 6 meses.

De la resolución del problema (7) considerando una permanencia máxima en lista de espera de seis meses, se obtienen los siguientes resultados de actividad global<sup>ii</sup> para cada valor de  $\lambda$ <sup>iii</sup>:

| Lambda | Actividad Extraordinaria | Minutos Act. Extra. | Actividad Interna | Minutos Act. Interna |
|--------|--------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| 0      | 266                      | 25255               | 381               | 44919                |
| 0.72   | 265                      | 25255               | 384               | 44919                |
| 0.77   | 268                      | 25642               | 386               | 44919                |
| 0.78   | 271                      | 26114               | 389               | 44919                |
| 0.81   | 275                      | 26630               | 392               | 44919                |
| 0.932  | 289                      | 28324               | 400               | 44919                |
| 0.943  | 300                      | 29603               | 406               | 44919                |
| 0.952  | 315                      | 31187               | 411               | 44919                |
| 0.953  | 324                      | 32249               | 416               | 44919                |
| 0.9975 | 357                      | 35120               | 416               | 44919                |
| 1      | 358                      | 35207               | 417               | 44919                |

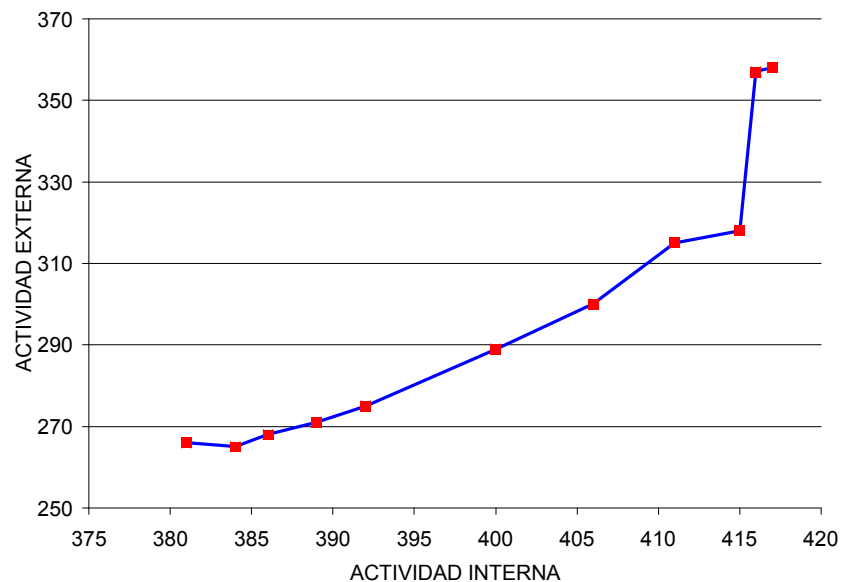
**Tabla 7: Actividad para cada valor de  $\lambda$ .  
Hipótesis: 6 meses permanencia máxima en lista.**

En la tabla anterior aparecen los resultados de actividad total tanto interna como externa que habría que llevar a cabo si la hipótesis de permanencia máxima en lista de espera es de seis meses. Se incluyen dos campos adicionales que reflejan la actividad total a realizar en ambas modalidades, expresada en minutos.

Hemos de señalar que la aparente “mejor solución”, cuantitativamente hablando, para este problema, es la que se obtiene al minimizar la actividad extraordinaria requerida para poner la lista de espera en los límites admisibles (solución correspondiente a  $\lambda = 0$ ). Las otras soluciones hacen crecer la actividad extraordinaria variando apenas la actividad interna.

Obsérvese como la actividad interna del servicio es tal, que utiliza siempre todo el tiempo disponible (44919 minutos), es decir, se saturan las restricciones relativas a la disponibilidad de quirófanos, pero el número de procesos que se realizan para cada valor del parámetro varía: se está produciendo una redistribución de tiempo entre el tipo y número de procesos que resulta más conveniente en cada caso, dependiendo de que los procesos puedan o deban, ser derivados hacia la actividad extraordinaria.

En el *Gráfico 1* representamos la frontera eficiente del problema, formada por combinaciones eficientes de actividad interna y externa:



**Gráfico 1: Frontera eficiente.**  
**Hipótesis: 6 meses permanencia máxima en lista.**

Obsérvese también, como la actividad extraordinaria va creciendo al alejarse de su mínimo, como no podía ser menos, y el efecto de las diversas combinaciones de esta actividad con la interna se ve reflejado en la composición y el número de procesos que forman parte de la lista de espera residual a final de año.. Además el gráfico informa al Decisor sobre las combinaciones de actividad que suponen una infrautilización de recursos ( combinaciones por encima de la frontera eficiente) y sobre las que son inalcanzables dadas sus restricciones (combinaciones por debajo de la frontera eficiente).

### *3.2 Estado de las listas de espera residuales considerando como hipótesis una permanencia máxima de 6 meses.*

Las ecuaciones de estado del modelo describen como ya se ha dicho anteriormente, el estado de la lista de espera para cada proceso en un mes determinado.

El mes número 13 representa el estado de la lista de espera al finalizar el último mes del período a planificar, que será siempre Diciembre; el estado al finalizar este mes corresponderá al estado de la lista de espera al comienzo del mes siguiente, que respetando el orden, sería el mes 12+1.

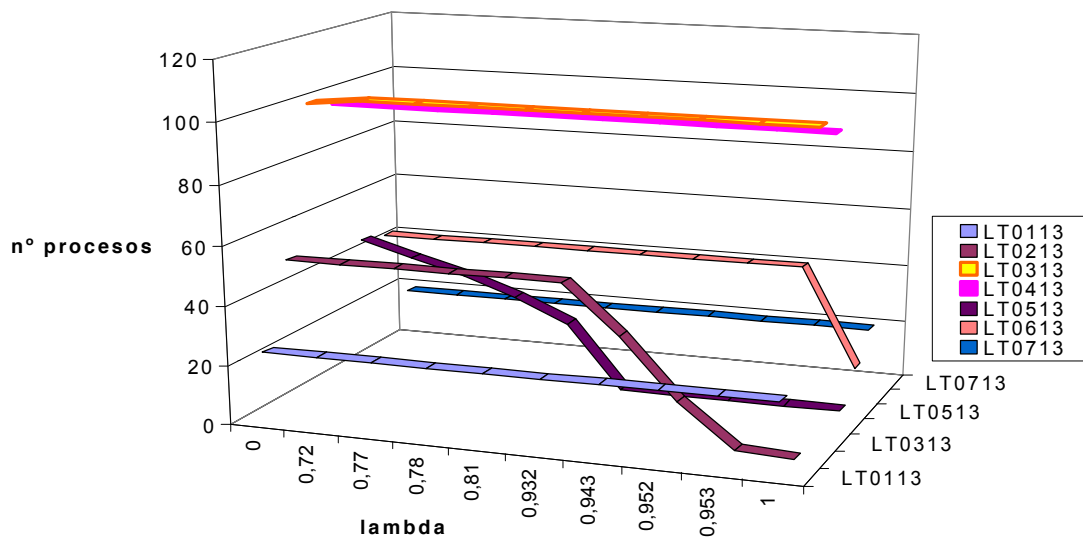
En la tabla siguiente se detallan los valores de las listas de espera residuales obtenidos mediante la resolución del programa (7) para cada valor de  $\lambda$ :

| LAMBDA | LT <sub>0113</sub> | LT <sub>0213</sub> | LT <sub>0313</sub> | LT <sub>0413</sub> | LT <sub>0513</sub> | LT <sub>0613</sub> | LT <sub>0713</sub> |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0      | 24                 | 51                 | 100                | 97                 | 46                 | 44                 | 19                 |
| 0,72   | 24                 | 51                 | 102                | 97                 | 41                 | 44                 | 19                 |
| 0,77   | 24                 | 51                 | 102                | 97                 | 36                 | 44                 | 19                 |
| 0,78   | 24                 | 51                 | 102                | 97                 | 30                 | 44                 | 19                 |
| 0,81   | 24                 | 51                 | 102                | 97                 | 22                 | 44                 | 19                 |
| 0,932  | 24                 | 51                 | 102                | 97                 | 0                  | 44                 | 19                 |
| 0,943  | 24                 | 35                 | 102                | 97                 | 0                  | 44                 | 19                 |
| 0,952  | 24                 | 15                 | 102                | 97                 | 0                  | 44                 | 19                 |
| 0,953  | 24                 | 1                  | 102                | 97                 | 0                  | 44                 | 19                 |
| 1      | 24                 | 0                  | 102                | 97                 | 0                  | 10                 | 19                 |

Tabla 8: Estado de la lista residual para los distintos valores de  $\lambda$ .

**Hipótesis: 6 meses permanencia máxima en lista.**

En el siguiente gráfico representamos el estado previsible de las listas de espera en enero del año 2000, para cada una de las combinaciones de actividad determinadas por los distintos valores de  $\lambda$ :



**Gráfico 2: Estado de las listas de espera residuales.**  
**Hipótesis: 6 meses permanencia máxima en lista.**

Podemos observar como dos procesos,  $T02$  y  $T05$ , reducen su lista de



espera residual a cero. Se mantienen en valores constantes el resto de procesos debido a que o bien estos procesos no admiten derivación o tienen una demanda tan elevada que no puede ser reducida a cero.

### 3.3 Frontera eficiente considerando como hipótesis una permanencia máxima de 4 meses.

Si la hipótesis con la que trabajamos es la de una permanencia máxima en lista de espera de 4 meses, nos encontramos con un problema que resulta ser *infactible*: dadas las disponibilidades y demás restricciones del Hospital no es posible hallar una distribución de actividad que asegure que los pacientes permanecerán en lista de espera menos de cuatro meses. Mediante un proceso interactivo con el Decisor, se le fueron presentando diversos cambios en las restricciones del modelo que harían factible el mismo; de entre todos los cambios propuestos el Decisor decidió permitir la realización de intervenciones del proceso *T03* en modalidad extraordinaria (por las tardes en el propio Hospital o mediante derivación) en el mes de abril.

A continuación presentamos los resultados de actividad obtenidos para cada valor de  $\lambda$ :

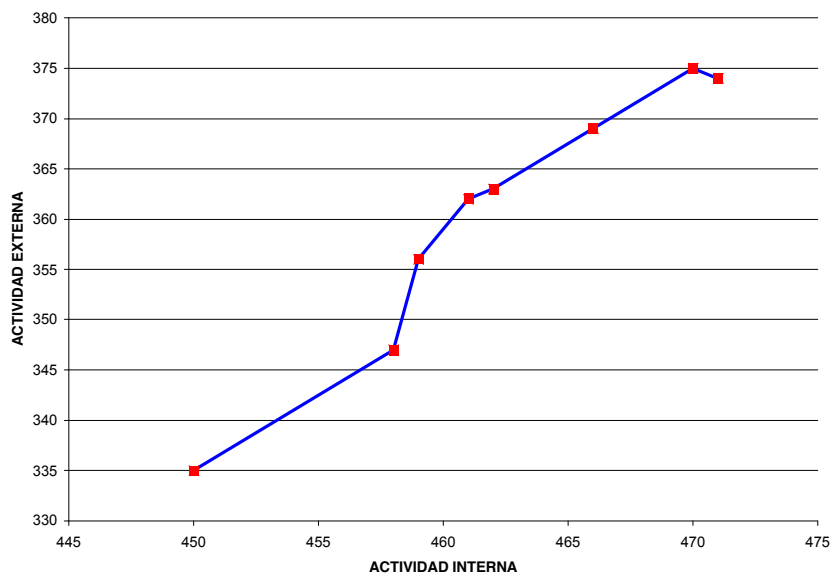
| <b>Lambda</b> | <b>Actividad Extraordinaria</b> | <b>Minutos Act. Extra.</b> | <b>Actividad Interna</b> | <b>Minutos Act. Interna</b> |
|---------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>0</b>      | 344                             | 38046                      | 394                      | 44919                       |
| <b>0.8023</b> | 355                             | 40192                      | 458                      | 44919                       |
| <b>0.83</b>   | 356                             | 40389                      | 459                      | 44919                       |
| <b>0.89</b>   | 362                             | 41040                      | 461                      | 44919                       |
| <b>0.912</b>  | 363                             | 41239                      | 462                      | 44919                       |
| <b>0.92</b>   | 369                             | 42183                      | 466                      | 44919                       |
| <b>0.97</b>   | 375                             | 42979                      | 470                      | 44919                       |
| <b>1</b>      | 374                             | 42979                      | 471                      | 44919                       |

**Tabla 9: Actividad para cada valor de  $\lambda$ .  
Hipótesis: 4 meses permanencia máxima en lista.**

De nuevo observamos cómo se saturan las restricciones relativas a la

disponibilidad de tiempo de quirófano para cada proceso considerado (minutos actividad interna), produciéndose una redistribución de la actividad interna y aumentando la actividad a realizar mediante modalidad externa a medida que nos alejamos de su mínimo).

En el *Gráfico 3* se representan los valores relativos de cada una de las actividades a lo largo de la frontera:



**Gráfico 3: Frontera eficiente.**  
**Hipótesis: 4 meses permanencia máxima en lista.**

Podemos observar como evidentemente una permanencia en lista menor, implica mayores niveles de actividad, tanto interna como externa. Sin embargo, la saturación de tiempos de quirófano implica un mayor crecimiento de la actividad a realizar mediante modalidad extraordinaria.

### *3.4 Estado de las listas de espera residuales considerando como hipótesis una permanencia máxima de 4 meses.*

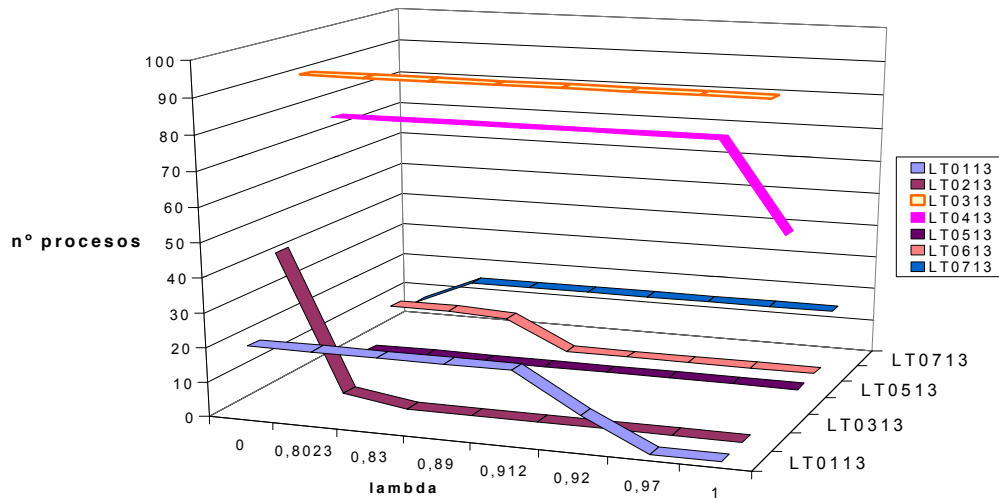
Volviendo a las ecuaciones de estado y analizando los resultados proporcionados por la variable  $LT_{i13}$  en los distintos problemas planteados,

presentamos a continuación los valores relativos a las listas de espera residuales de cada proceso para cada valor de  $\lambda$ :

| LAMBDA | LT <sub>0113</sub> | LT <sub>0213</sub> | LT <sub>0313</sub> | LT <sub>0413</sub> | LT <sub>0513</sub> | LT <sub>0613</sub> | LT <sub>0713</sub> |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0      | 20                 | 43                 | 91                 | 76                 | 0                  | 10                 | 7                  |
| 0,8023 | 20                 | 3                  | 91                 | 76                 | 0                  | 10                 | 15                 |
| 0,83   | 20                 | 0                  | 91                 | 76                 | 0                  | 9                  | 15                 |
| 0,89   | 20                 | 0                  | 91                 | 76                 | 0                  | 0                  | 15                 |
| 0,912  | 20                 | 0                  | 91                 | 76                 | 0                  | 0                  | 15                 |
| 0,92   | 9                  | 0                  | 91                 | 76                 | 0                  | 0                  | 15                 |
| 0,97   | 0                  | 0                  | 91                 | 76                 | 0                  | 0                  | 15                 |
| 1      | 0                  | 0                  | 91                 | 50                 | 0                  | 0                  | 15                 |

**Tabla10: Estado de la lista residual para los distintos valores de  $\lambda$ .  
Hipótesis: 4 meses permanencia máxima en lista.**

En el *Gráfico 4* podemos observar como, bajo la hipótesis de cuatro meses máximo en lista de espera, son cuatro procesos que reducen a cero su lista de espera residual: los que la reducían a cero bajo una hipótesis de 6 meses permanencia máxima en lista,  $T02$  y  $T05$  y dos nuevos procesos  $T01$  y  $T06$ . Sin embargo, queremos señalar que la reducción a cero de la lista del proceso  $T01$ , sólo se obtiene cuando se pondera mas la maximización de la actividad interna, sin tener en cuenta el segundo objetivo del modelo: minimización de la actividad externa.



**Gráfico 4: Estado de las listas de espera residuales.**  
**Hipótesis: 4 meses permanencia máxima en lista.**

Observamos además como en general se reducirían las listas de espera del resto de procesos al considerar menores permanencias máximas en lista de espera.

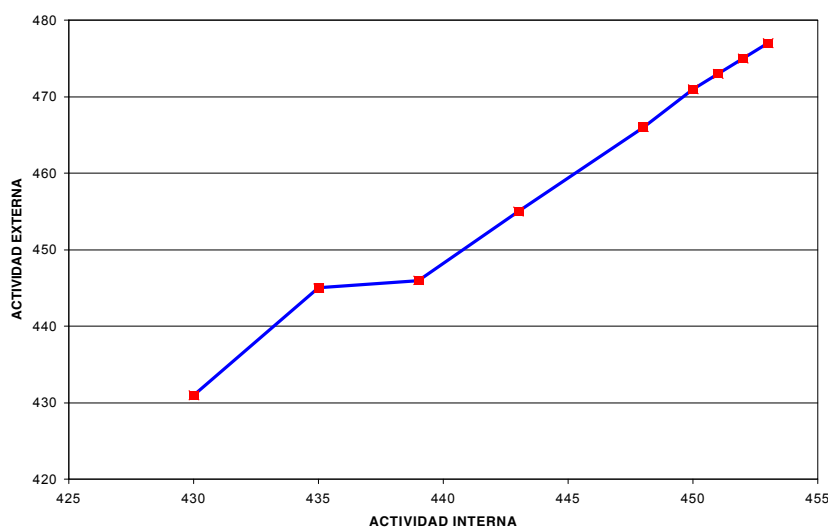
### *3.5 Frontera eficiente considerando como hipótesis una permanencia máxima de 2 meses.*

Finalmente consideraremos una última hipótesis: dos meses como permanencia máxima en lista de espera quirúrgica, ya que clínicamente parecen no estar aconsejadas permanencias en lista de espera por un tiempo inferior. El problema planteado contemplando esta hipótesis, resulta infactible. Presentadas al Decisor las distintas opciones que permiten que el problema sea factible, éste se decanta por eliminar la cota mínima de intervenciones correspondientes al proceso *T06* en los meses estivales (Junio a Septiembre). A continuación se presentan los resultados de actividad para cada valor de  $\lambda$ :

|              | Actividad<br>Extraordinaria | Minutos<br>Act. Extra. | Actividad<br>Interna | Minutos<br>Act. Interna |
|--------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>0</b>     | 431                         | 49179                  | 430                  | 44919                   |
| <b>0.78</b>  | 445                         | 50811                  | 435                  | 44919                   |
| <b>0.84</b>  | 446                         | 50979                  | 439                  | 44919                   |
| <b>0.86</b>  | 466                         | 53270                  | 448                  | 44919                   |
| <b>0.89</b>  | 471                         | 53865                  | 450                  | 44919                   |
| <b>0.9</b>   | 473                         | 54182                  | 451                  | 44919                   |
| <b>0.915</b> | 475                         | 54440                  | 452                  | 44919                   |
| <b>1</b>     | 477                         | 54648                  | 453                  | 44919                   |

**Tabla 11: Actividad para cada valor de  $\lambda$ .**  
**Hipótesis: 2 meses permanencia máxima en lista.**

En el *Gráfico 5* se representan los valores relativos de cada una de las actividades a lo largo de la frontera:



**Gráfico 5: Frontera eficiente.**  
**Hipótesis: 2 meses permanencia máxima en lista.**

Podemos informar al Decisor sobre cuáles son las combinaciones de actividad que supondrían una infrautilización de recursos por parte del Hospital (combinaciones que quedan por encima de la frontera eficiente), y sobre cuáles son combinaciones de actividad no asumibles por el Hospital, dada su distribución de recursos (combinaciones que quedan por debajo de la frontera).

3.6 Estado de las listas de espera residuales considerando como hipótesis una permanencia máxima de 2 meses.

Bajo esta nueva hipótesis observamos cómo se logra que la lista de espera residual de  $T04$ , uno de los procesos pertenecientes al servicio de Traumatología con mayores listas de espera, sea cero. No habría tampoco listas de espera residuales para los procesos:  $T01$ ,  $T02$ ,  $T05$  y  $T06$ , reduciéndose también pese a no hacerse cero, las listas correspondientes a  $T03$  y  $T07$ :

| LAMBDA | LT <sub>0113</sub> | LT <sub>0213</sub> | LT <sub>0313</sub> | LT <sub>0413</sub> | LT <sub>0513</sub> | LT <sub>0613</sub> | LT <sub>0713</sub> |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0      | 9                  | 29                 | 58                 | 35                 | 24                 | 7                  | 4                  |
| 0,74   | 9                  | 29                 | 58                 | 35                 | 23                 | 7                  | 4                  |
| 0,78   | 9                  | 29                 | 58                 | 35                 | 2                  | 7                  | 4                  |
| 0,84   | 9                  | 29                 | 58                 | 35                 | 0                  | 7                  | 4                  |
| 0,86   | 9                  | 0                  | 58                 | 35                 | 0                  | 7                  | 4                  |
| 0,89   | 9                  | 0                  | 58                 | 35                 | 0                  | 0                  | 4                  |
| 0,9    | 5                  | 0                  | 58                 | 35                 | 0                  | 0                  | 4                  |
| 0,915  | 2                  | 0                  | 58                 | 35                 | 0                  | 0                  | 4                  |
| 0,92   | 0                  | 0                  | 58                 | 35                 | 0                  | 0                  | 4                  |
| 1      | 0                  | 0                  | 58                 | 0                  | 0                  | 0                  | 4                  |

Tabla 12: Estado de la lista residual para los distintos valores de  $\lambda$ .  
Hipótesis: 2 meses permanencia máxima en lista.

#### 4 - CONCLUSIONES

La resolución del problema planteado bajo una hipótesis de seis meses de permanencia máxima en lista de espera tiene solución factible óptima. Sin embargo, la consideración de menores permanencias en lista de espera lleva consigo la necesidad de realizar modificaciones en el planteamiento del modelo, con vistas a hacer factibles los problemas resultantes.

Mediante un proceso interactivo con el Decisor, hemos ido planteando cambios en el modelo en principio asumibles por el Decisor. Estos cambios le permitirían reducir los tiempos de permanencia máxima en listas de espera

quirúrgicas llevando a cabo combinaciones de actividad interna y externa que saturarían las disponibilidades de tiempo de quirófano del hospital y que lógicamente supondrían una actividad extraordinaria cada vez mayor.

En este trabajo no hemos considerado costes operativos debido a que en la actualidad el hospital de referencia no está capacitado para hacerlos públicos de manera desglosada. Le hemos ofrecido por lo tanto, al Decisor, simplemente una planificación de su actividad quirúrgica que haría posible el cumplimiento de los objetivos relativos a la permanencia en listas de espera, establecidos por el Ministerio de Sanidad en el marco de los Contratos de Gestión que anualmente se firman con el hospital.

Presentados al Decisor todos los resultados obtenidos, éste se mostró bastante satisfecho; y aunque muchas de las propuestas planteadas para lograr permanencias en lista menores, hoy por hoy no pueden ponerse en práctica con facilidad por problemas de gestión, el Decisor decidió tenerlas en cuenta para el futuro.

## 5 - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Arenas, M.; Bilbao, A.; Cerdá, E.; Rodríguez Uría, M. V. (1998): "Management of Surgical Waiting Lists in Public Hospitals" in: Haimes, Y. And Steuer, R. Eds.: *Research and Practice in Multiple Criteria Decision Making*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, nº 487, Springer-Verlag, Berlin.

Ballesteros, E; Romero, C. (1991): "A Theorem Connecting Utility Function Optimization and Compromise Programming". *Operations Research Letters*, vol. 10, 412-427.

Ballesteros, E; Romero, C. (1993): "Weighting in Compromise Programming: A Theorem on Shadow Prices". *Operations Research Letters*, vol. 13, 325-329.

Ballesteros, E; Romero, C. (1994): "Utility Optimization when the Utility Function is Virtually Unknown". *Theory and Decision*, Kluwer Academic Publishers, vol. 37, 233-243.

Ballesteros, E; Romero, C. (1998): *Multiple Criteria Decision Making and its Applications to Economic Problems*. Kluwer Academic Publishers. Boston.

Barea, J., Gómez, A. (1994): El problema de la Eficiencia en el Sector Público en España: especial consideración de la Sanidad. Instituto de Estudios Económicos. Madrid.

Charnes, A; Cooper, W. (1961): *Management and Industrial Applications of Linear Programming*. Vols 1, 2. Wiley, New York.

Espadas, L; Largo, F. (1993): "La concertación con medios ajenos en el



Sistema Nacional de Salud". *Presupuesto y Gasto Público*, 10, 185-199.

Lee, S. M. (1973): "An Aggregative Resource Allocation Model for Hospital Administration". *Socio-Economic Planning Science*. Vol. 7, 381-395.

LEY 14/1986, DE 25 DE ABRIL, GENERAL DE SANIDAD. BOE n. 102, de 29 de Abril.

Morón, M. A., Romero, C., Ruiz Del Portal, F. R. (1996): "Generating Well-Behaved Utility Functions for Compromise Programming". *Journal of Optimization Theory and Applications*, 91, 643-649.

Ortún Rubio, V. (1990): "Incorporación de los criterios de eficiencia económica a las decisiones clínicas." *Reforma Sanitaria e Incentivos*. AES. *Jornadas de Economía de la Salud*. Barcelona.

Rodríguez Uría, M.; V. (1999): "Métodos Cuantitativos de apoyo a la decisión: aplicación a la gestión de listas de espera quirúrgicas". *Proyecto de Investigación de Cátedra de Universidad*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Oviedo.

Yu P. L. (1973): "A class of solutions for group decision problems". *Management Science*, 19, 936-946.

Yu, P. L. (1985): *Multiple Criteria Decision Making: concepts, techniques and extensions*. En *Mathematical concepts and methods in Science and Engineering Series*. Vol. 30. Plenum Press. New York.

Zeleny, M. (1973): "Compromise Programming" in *Multiple Criteria Decision Making* (Cochrane J. L; Zeleny M; editors). University of South Carolina Press, Columbia, 262-301.

Zeleny, M. (1974a): "A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal". *Computers and Operations Research*, 1, 479-496.

Zeleny, M. (1974b): *Linear Multiobjective Programming*. Springer-Verlag. Berlín.

Zeleny, M. (1982): *Multiple Criteria Decision Making* . McGraw-Hill. New York.

### Notas

---

<sup>i</sup> El campo Posible extra recoge, mediante variable binaria, si es posible o no realizar el Proceso que se informa fuera de la jornada normal de los quirófanos asignados al Servicio al que pertenece.

<sup>ii</sup> Debido a la magnitud del problema no presentamos en el trabajo la secuenciación de actividades ofrecida al decisor de forma detallada. Incluiremos únicamente las soluciones correspondientes a la actividad global que el Hospital ha de llevar a cabo.

<sup>iii</sup> En la tabla siguiente sólo recogemos aquellos valores de lambda que implican un cambio en la solución.