

<p>Recibido</p> <p><i>15/10/2009</i></p> <p>Revisado</p> <p><i>20/11/2009</i></p> <p>Aceptado</p> <p><i>3/12/2009</i></p>	<p>La hoja de cálculo como apoyo a la simulación de los fenómenos de espera con prioridades. Una aplicación a la sanidad</p> <p>Bernal García, Juan Jesús juanjesus.bernal@upct.es</p> <p>Sánchez García, Juan Francisco jf.sanchez@upct.es</p> <p>Martínez María Dolores, Soledad M^a soledad.martinez@upct.es</p> <p>Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos</p> <p>Universidad Politécnica de Cartagena</p>
--	---

RESUMEN

Este trabajo, basado en la teoría de colas con prioridades, combina una metodología propia desarrollada con hoja de cálculo junto con el lenguaje informático Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para simular el funcionamiento de la lista de espera quirúrgica (LEQ) en los servicios de Cirugía, Oftalmología y Traumatología, utilizando datos procedentes de un hospital dependiente del Servicio Murciano de Salud. Para ello se ha dimensionado el nivel de sesiones quirúrgicas programadas dentro del hospital, necesario para evitar demoras y desvíos a otros centros hospitalarios. Se propone además la utilización de tres prioridades según el nivel de gravedad de los pacientes, así como determinar qué capacidad debe tener el centro hospitalario para evitar demoras medias superiores a 45 días de espera y conseguir que ningún paciente tenga que esperar más de 180 días.

Palabras claves: Simulación, fenómenos de espera con prioridades, hoja de cálculo, teoría de colas, lista de espera quirúrgica

ABSTRACT

This study, based on Queueing Theory with Priorities, combines a method developed by the authors using a spreadsheet together with Visual Basic for Applications (VBA), in order to simulate how a surgical waiting-list operates in Surgery, Ophthalmology and Traumatology services. We use data from a hospital in Murcia. We measure the number of surgical sessions scheduled by the hospital, needed to avoid delays and sending patients to other hospital. Moreover, we propose using three priority levels according to the seriousness of the patients' illnesses, as well as establishing what the capacity of the hospital should be in order to avoid average delays longer than 45 days, besides avoiding any patient waiting longer than 180 days

Keywords: Simulation, queueing theory with priorities, spreadsheet, surgical waiting-list.

1. Introducción

Los fenómenos de espera, también denominados procesos de colas, son un tipo de fenómeno habitual en la vida cotidiana. Es frecuente tener que esperar en una cola al acudir a cualquier establecimiento comercial, al repostar combustible en un vehículo, al ir a ver una película de cine o una obra de teatro, y en otras muchas situaciones similares. Su formación suele estar motivada porque, en un determinado momento, es superior la demanda de servicio que la oferta existente, lo que obliga necesariamente a tener que esperar para ser atendidos, existiendo también la posibilidad de que el cliente se impaciente y se marche, con la consiguiente pérdida para el propietario del sistema. Se trata pues de un problema meramente económico ya que no suele ser rentable para una empresa aumentar la oferta de servicio (número de servidores) para atender crecimientos puntuales en el número de clientes mientras que durante el resto del tiempo ese mayor número de servidores va a estar ocioso.

Un caso particular de fenómenos de espera son aquellos que se producen en los organismos públicos, y dentro de este grupo, debe prestarse especial atención a los que se generan en la sanidad pública, donde ya no sólo puede existir un coste económico derivado de la posible pérdida de clientes como puede ocurrir en un comercio, sino que, además, hay una característica que con el retraso que conlleva la línea de espera puede verse seriamente dañada, la salud del paciente.

En el ámbito sanitario además, parece que se hace necesaria la intervención del sector público que garantice las prestaciones para todos los individuos independientemente de su nivel de renta. El principal problema, pues, está originado porque la información existente es limitada para el usuario que basaría sus preferencias en factores tales como prestigio y experiencia previa. Por otro lado, si existiera competencia en el mercado, se podría llegar a excluir a aquellos ciudadanos con mayores riesgos y a otros con menos capacidad económica. Este segundo hecho sería especialmente grave, ya que podría ocurrir que determinados individuos no pudieran acceder a la sanidad lo que haría especialmente difícil el control de determinadas enfermedades y, sobre todo, de las epidemias.

Por otra parte, la calidad de la sanidad ofertada por el sector público debería ser tal que en ningún momento el paciente se viera obligado a tener que recurrir a la sanidad

privada, pues este hecho le implicaría un doble gasto ya que habría intervenido en la financiación de la sanidad pública, vía presupuestos generales, y a la vez debe sufragar los gastos propios de la sanidad privada. Son múltiples los motivos por los que una persona decide no acudir a la sanidad pública y en su lugar se dirige a la sanidad privada, pero los más habituales son: mejor atención en los casos de ingresos (mejores dotaciones de habitaciones) y menor tiempo de espera junto con otros criterios médicos, como aquellas afecciones que no son cubiertas por la sanidad pública. Es decir, uno de los motivos que hacen que el ciudadano no acuda a la sanidad pública es fundamentalmente la existencia de listas de espera.

El contenido de este trabajo se centra en la formación de listas de espera de pacientes de la Sanidad Pública de la Región de Murcia y más concretamente analiza la lista de espera quirúrgica de uno de los principales centros hospitalarios regionales durante un año.

Para el análisis de los fenómenos de espera, contamos con la *teoría de colas*, que es una rama de la investigación operativa que utiliza conceptos del campo de los procesos estocásticos, y ha sido desarrollada para intentar predecir el comportamiento de los sistemas de colas, centrándose en magnitudes tales como tiempos de espera, número de unidades que esperan en un determinado momento, probabilidad de tener que esperar al llegar al sistema, etc. Para obtener dichas magnitudes, la teoría de colas, define distintos modelos en función del número de servidores, distribuciones de entrada y salida de unidades al sistema, disciplina de servicio, etc.

Existe otra posibilidad, que puede ser complementaria de la proporcionada por la teoría de colas: recurrir a la simulación de dichos modelos mediante ordenador. Concretamente, dicha simulación no limita el análisis del sistema a datos estáticos, sino que puede variar en función de cómo evolucionen las magnitudes del mismo, y se puede realizar mediante la utilización de herramientas ofimáticas que presentan la ventaja de ser actualmente un estándar disponible en cualquier organización, con lo que la implantación de la simulación puede ser más universal, frente al inconveniente de no estar tan optimizadas como las aplicaciones específicas de simulación. Para poder efectuar la simulación de los sistemas de colas se necesitará recurrir a la simulación de valores pseudoaleatorios, distribuciones probabilísticas propias de la teoría de colas y distribuciones no identificadas estadísticamente, utilizando las funciones incorporadas

por la hoja de cálculo y procediendo a la programación de aquellas funciones que no incorpora la misma y de las rutinas necesarias para el buen funcionamiento de las simulaciones.

La simulación que se efectuará utilizará una aplicación ofimática fácilmente accesible para todo tipo de organizaciones, como es la hoja de cálculo Microsoft® Excel que debe ser programada expresamente utilizando el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA).

Una particularidad muy importante al definir los sistemas de colas hace referencia a las “prioridades”, que indican de qué forma son atendidos los clientes (o pacientes, en nuestro caso) una vez que ingresan en la cola. La disciplina más habitual de prioridades suele ser la de primero en llegar, primero en ser servido, FIFO (utilizada en supermercados, entidades bancarias, estaciones de servicio, etc.). Sin embargo esta disciplina no es la más lógica cuando existe otra magnitud más objetiva como es la gravedad del paciente y que es la que debe influir a la hora de decidir en qué orden se debe de atender a los miembros de la cola.

2. Metodología de simulación con hoja de cálculo

Se ha desarrollado una metodología propia mediante la utilización de la programación “ad hoc” de una aplicación de hoja de cálculo para la simulación del funcionamiento de la lista de espera quirúrgica. (LEQ). La LEQ es una lista de tipo médico que incluye a aquellos pacientes que se encuentran pendientes de una intervención quirúrgica programada, por tanto no urgente. Básicamente el paciente es incluido en la lista de espera, previa aceptación del mismo, a petición de un facultativo que determina que debe ser intervenido de una forma no urgente. El enfermo permanece en la lista hasta que la abandona por cualquier motivo, siendo el más habitual la intervención quirúrgica solicitada por el facultativo, una vez realizados todos los procedimientos médicos previos preceptivos, tales como pruebas, análisis, etc.

La única matización posible en relación al procedimiento descrito radica en la forma en la cual se determina cuál debe ser la jerarquía a la hora de determinar qué paciente va a ser el próximo en ser atendido. Esta matización es lo que la “Teoría de colas” denomina “disciplina de servicio”, siendo el método más habitual el de “primero en llegar,

primero en ser servido”, frente a otras posibilidades como “último en llegar, primero en ser servido”, “selección aleatoria” o “prioridades”. Esta disciplina será la que se utilizará para realizar la simulación y afectará exclusivamente al orden en que los pacientes son atendidos al quedar disponible un quirófano. Posteriormente se utilizará también la simulación utilizando un sistema de prioridades.

3. Simulación de la LEQ sin prioridades

3.1. Simulación de entradas en LEQ

Para la realización de la simulación de las entradas de pacientes se tratará, en primer lugar, de identificar si las entradas producidas en la realidad se corresponden con alguna distribución estadística estándar o no, utilizándose para ello las pruebas de validación habituales, es decir el test de Chi-cuadrado y el de Kolmogorov-Smirnov.

En el caso de corresponderse con alguna distribución estándar se utilizará la simulación de valores de acuerdo con dicha distribución, utilizando para ello las correspondientes funciones de hoja de cálculo, independientemente de que vengan éstas incorporadas en la propia aplicación comercial o sea necesario efectuar la correspondiente programación mediante Visual Basic para Aplicaciones o cualquier otro lenguaje de programación de tipo generalista. Por el contrario, si los valores observados no se corresponden con ninguna distribución estadística, la simulación se efectuará utilizando la técnica gráfica de la transformada inversa.

Una vez generados los valores aleatorios, ya sea utilizando la programación de la hoja de cálculo o la técnica gráfica de la transformada inversa, los valores simulados deben ser comparados con los valores reales como medida de seguridad para probar que el procedimiento simulador es correcto y se obtienen los valores esperados. Adicionalmente, es conveniente repetir un determinado número de veces dicha simulación puesto que en cada “tirada de simulación” los valores variarán por depender éstos de los números pseudoaleatorios utilizados para la obtención de la tirada, los cuales se modifican en cada una de ellas. Al repetir la simulación un elevado número de veces se consigue observar si ésta tiende a regularizarse hacia algún valor determinado o si, por el contrario, la misma resulta errática (una gran varianza), en cuyo caso será necesario replantearse el procedimiento utilizado.

Si la simulación de las entradas en LEQ supera todas las pruebas anteriormente indicadas se puede continuar con el resto del proceso de simulación, con la garantía de que el método de simulación empleado refleja con un alto grado de fiabilidad la realidad existente.

3.2. Simulación de salidas de LEQ

Esta simulación es la más compleja del proceso. Su dificultad radica en que son diversos los motivos por los que un paciente puede abandonar la lista de espera, y no todos ellos dependen expresamente del centro hospitalario, por lo que el poder de decisión y control por parte de la dirección del centro hospitalario sobre estos motivos de salida de la LEQ es nulo.

Como primera aproximación, se podría simular para cada entrada en la lista de espera el motivo por el que se producirá su salida. Sin embargo, no se dispone de suficientes datos para algunos de estos motivos con el fin de efectuar la simulación de la serie que proporciona el tiempo que tarda el paciente en abandonar la lista de espera antes de renunciar a ser intervenido o no acudir a la cita, por ejemplo. Además, como la principal finalidad de nuestro trabajo debe ser tratar de optimizar el funcionamiento de la lista de espera quirúrgica, parece más lógico trabajar únicamente con aquellos pacientes que siguieron el procedimiento más habitual: la intervención quirúrgica, ya sea en el propio hospital o en otro concertado con independencia de que lo sea con personal propio o ajeno, que supone el 75% del total de salidas de la lista.

Expuesto lo anterior, la simulación de salidas de LEQ se transforma, realmente, en una simulación de tiempos de actividad quirúrgica para cada paciente a partir de las entradas de los que fueron finalmente intervenidos, descartando el resto de enfermos que entraron en lista de espera.

En la simulación, se trabajará con tres tablas en una hoja de cálculo de Microsoft® Excel. Las tablas reproducidas a continuación corresponden a la LEQ de oftalmología. Por razones de espacio la reproducción de las tablas no es completa, sino que se ha limitado a 20 filas para cada una de las mismas.

Tabla 1. Tabla de entradas

	A	B
1	FECHA	ENTRADAS
2	31/12/2001	506
3	01/01/2002	4
4	02/01/2002	0
5	03/01/2002	2
6	04/01/2002	14
7	05/01/2002	6
8	06/01/2002	8
9	07/01/2002	1
10	08/01/2002	0
11	09/01/2002	0
12	10/01/2002	8
13	11/01/2002	18
14	12/01/2002	0
15	13/01/2002	3
16	14/01/2002	0
17	15/01/2002	2
18	16/01/2002	6
19	17/01/2002	0
367	31/12/2002	1

Figura 1: Entradas a la LEQ

Es una tabla de 2 columnas:

- Fecha, desde el 31 de diciembre de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2002. Las entradas que figuran el 31 de diciembre de 2001 corresponden con aquellos pacientes que había en la lista al inicio del año 2002 y que, por ser conocido su número, no es un valor simulado. Se ha utilizado para todos ellos la fecha de 31 de diciembre de 2001 en lugar de su fecha real de llegada para que la rutina utilizada pueda ser válida para cualquiera de las listas de espera. Posteriormente para el cálculo del tiempo medio de espera de los pacientes, los datos correspondientes a éstos no se utilizan a fin de no desvirtuar el valor obtenido.
- Número de entradas en la lista de espera en la fecha indicada. Estos valores serán simulados de acuerdo con el procedimiento indicado anteriormente.

Tabla 2. Tabla de intervenciones

Esta tabla tiene 9 columnas:

- Número ordinal de cada paciente.
- Fecha de entrada en lista de espera, obtenida a partir de la tabla anterior, de forma que de la tabla inicial que tiene 366 filas, correspondientes a los 365 días del año más el 31 de diciembre de 2001 se pasa a una tabla con más de 3.000 filas. El procedimiento comprueba, utilizando una formulación al efecto, para

cada paciente, en qué fecha se produjo su entrada en la lista anotándola para que se pueda efectuar la simulación, y determinar así el tiempo medio de espera por diferencia entre fecha de entrada y de salida.

G	H	I	J	K	L	M	N	O
NÚMERO	ENTRADA LEQ	NÚMERO QUIRÓFANO	DÍA INTERVENC.	HORA INTERVENC.	DURACIÓN INTERVENC.	FIN INTERVENC.	MINUTOS DEMORA	QUIRÓFANO DISPONIBLE
1	31/12/2001	1	07/01/2002	8:30	45	9:15	15	9:30
2	31/12/2001	1	07/01/2002	9:30	60	10:30	15	10:45
3	31/12/2001	1	07/01/2002	10:45	30	11:15	15	11:30
4	31/12/2001	1	07/01/2002	11:30	45	12:15	15	12:30
5	31/12/2001	1	07/01/2002	12:30	135	14:45	15	15:00
6	31/12/2001	2	07/01/2002	8:30	120	10:30	15	10:45
7	31/12/2001	2	07/01/2002	10:45	255	15:00	15	15:15
8	31/12/2001	3	07/01/2002	15:30	45	16:15	15	16:30
9	31/12/2001	3	07/01/2002	16:30	105	18:15	15	18:30
10	31/12/2001	3	07/01/2002	18:30	120	20:30	15	20:45
11	31/12/2001	3	07/01/2002	20:45	45	21:30	15	21:45
12	31/12/2001	4	08/01/2002	8:30	150	11:00	15	11:15
13	31/12/2001	4	08/01/2002	11:15	180	14:15	15	14:30
14	31/12/2001	5	08/01/2002	8:30	180	11:30	15	11:45
15	31/12/2001	5	08/01/2002	11:45	180	14:45	15	15:00
16	31/12/2001	6	08/01/2002	15:30	45	16:15	15	16:30
17	31/12/2001	6	08/01/2002	16:30	60	17:30	15	17:45
18	31/12/2001	6	08/01/2002	17:45	60	18:45	15	19:00
19	31/12/2001	6	08/01/2002	19:00	60	20:00	15	20:15
20	31/12/2001	6	08/01/2002	20:15	150	22:45	15	23:00

Figura 2: Intervenciones de los pacientes en LEQ

- c) Número de quirófano. A partir de los datos de disponibilidad de quirófanos se le asigna el primer quirófano libre al paciente con mayor prioridad (menor valor numérico). Para ello a las sesiones quirúrgicas disponibles se les ha asignado un número ordinal.
- d) Hora de inicio de la intervención. Se le asigna la hora en que el quirófano está disponible. Pese a que la jornada prevista para cada sesión quirúrgica contempla un total de 7 horas parece razonable limitar su horario de utilización, a efectos de la simulación, retrasando media hora el inicio de las intervenciones como periodo necesario para la preparación de la primera sesión quirúrgica y para la preparación del personal hospitalario, y adelantando otra media hora el horario de finalización por motivos similares.
- e) Duración simulada de la intervención. Este valor es simulado mediante la técnica gráfica de la transformada inversa.
- f) Hora de finalización de la intervención. Se corresponde con la suma de la hora de inicio de la intervención más la duración de la misma.

- g) Minutos de demora. Es un valor estimado fijo de 15 minutos entre intervenciones, correspondiente a la preparación de quirófano y material quirúrgico para la siguiente operación.
- h) Hora en que el quirófano vuelve a estar disponible. Es la suma de la hora de finalización de la intervención más los minutos de demora. Este valor es el que corresponde al inicio de la siguiente intervención.

En esta tabla puede ocurrir que la disponibilidad de quirófanos sea tal que a partir de un determinado paciente no se pueda intervenir a ninguno más, en cuyo caso las columnas correspondientes a quirófanos (número, hora de inicio, duración, hora de finalización, demora y hora de disponibilidad) quedan en blanco.

Así mismo, el número de filas es indeterminado puesto que su longitud dependerá de la simulación del número de entradas diarias en la lista.

Tabla 3. Tabla de LEQ

	Q	R	S	T
1	FECHA	ENTRADAS	SALIDAS	NÚMERO
2	31/12/2001	506		506
3	01/01/2002	0	0	506
4	02/01/2002	0	0	506
5	03/01/2002	7	0	513
6	04/01/2002	1	0	514
7	05/01/2002	0	0	514
8	06/01/2002	10	0	524
9	07/01/2002	11	11	524
10	08/01/2002	24	9	539
11	09/01/2002	2	11	530
12	10/01/2002	0	10	520
13	11/01/2002	0	12	508
14	12/01/2002	4	0	512
15	13/01/2002	0	0	512
16	14/01/2002	1	12	501
17	15/01/2002	22	12	511
18	16/01/2002	5	11	505
19	17/01/2002	0	14	491
367	31/12/2002	0	0	0
368				
369	Tiempo medio de espera			15

Figura 3: Resumen de la LEQ

Esta tabla tiene 3 columnas:

- a) Entradas, donde recoge el número de entradas ocurridas el día de la fecha a partir de la primera tabla.
- b) Salidas. Esta columna se calcula a partir de la tabla número 2 sumando el número de intervenciones que se efectúan en cada día.

c) Número. Es el número de personas que hay en la LEQ al final del día.

Además en su última fila recoge el tiempo medio de espera de los pacientes que han sido intervenidos en el año.

En condiciones normales, prácticamente todas las aplicaciones de hoja de cálculo realizan los recálculos de forma automática ante cualquier variación en el contenido de cualquier celda, lo que es muy efectivo cuando la cantidad de cálculos no es excesiva. Sin embargo, en la investigación realizada el alto número de cálculos a realizar, unido a la estructura de las tablas, hace necesario que éstas se calculen de forma manual ya que, de lo contrario, ante cualquier cambio se recalcularían de nuevo los números aleatorios con lo que se modificarían todas las tablas siendo imposible llegar a finalizar el proceso. Se trata de un recálculo manual por columnas y filas para cada una de las tablas indicadas.

Otra posibilidad brindada por la aplicación informática es la de realizar el recálculo del libro activo mediante la utilización de una tecla de función (habitualmente la tecla F9). Sin embargo, este procedimiento es inadecuado en el estudio ya que el recálculo de las tablas se debe realizar en el orden en que se han expuesto las operaciones para asegurar que en todo momento están disponibles los valores que se necesitan para cada cálculo. Por este motivo, se ha precisado elaborar al efecto una rutina en VBA que asegure la correcta realización de dicho proceso.

Además, por tratarse de tablas que utilizan técnicas de simulación que dependen de valores pseudoaleatorios, en cada recálculo del conjunto los valores que se obtienen son, lógicamente, distintos. Es por ello por lo que se repite la simulación un total de 50 veces para observar a qué valores tiende la misma y si existe una alta varianza, utilizando para ello una nueva rutina en VBA que se encarga de recoger en cada "tirada de simulación" los valores a observar y los va anotando en una tabla al efecto.

3.3. Generación automática para la programación de sesiones quirúrgicas

Para poder realizar de forma automática una simulación con distintos valores de sesiones quirúrgicas por semanas se ha desarrollado otra rutina en Excel utilizando VBA, donde a partir de un cuadro de diálogo (figura 4), el usuario introduce las opciones de fechas de inicio y final de intervenciones y número de sesiones semanales,

generandose la programación automática de quirófanos necesaria para ello. Las sesiones quirúrgicas se programan de forma secuencial desde el lunes hasta el viernes utilizando en primer lugar el horario de mañana y posteriormente el horario de tarde, hasta alcanzar de esta forma un máximo de 10 sesiones quirúrgicas semanales. Si el número de sesiones es superior a este valor se vuelve a repetir el proceso comenzando de nuevo el lunes por la mañana. El motivo de hacerlo así es porque en condiciones normales es preferido por los centros hospitalarios utilizar la jornada de mañana frente a la de tarde, aunque obviamente no habría ninguna diferencia si se aplicaran con distintos horarios puesto que a lo sumo la diferencia podría ser de 5 días. Finalmente, se añade una opción para decidir si durante los periodos vacacionales de Semana Santa y verano se suspende la actividad quirúrgica (valor predeterminado) o no. Por este mismo motivo los valores prefijados de fechas inicial y final excluyen el periodo de las vacaciones navideñas, tal y como se observa en los datos reales de actividad quirúrgica de un año.

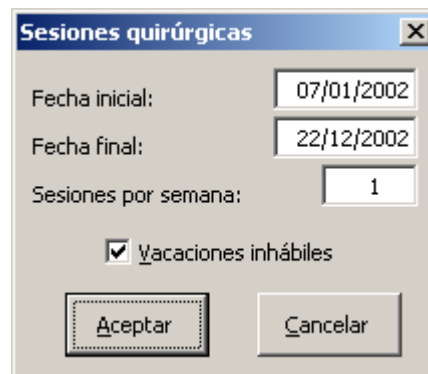
El formulario, titulado "Sesiones quirúrgicas", contiene los siguientes campos: "Fecha inicial:" con el valor "07/01/2002"; "Fecha final:" con el valor "22/12/2002"; "Sesiones por semana:" con el valor "1"; y una casilla de verificación marcada con "Vacaciones inhábiles". En la parte inferior hay dos botones: "Aceptar" y "Cancelar".

Figura 4: Formulario de generación de sesiones quirúrgicas

4. Simulación de la LEQ con prioridades

Las prioridades son un sistema habitualmente utilizado para tratar de codificar la preferencia de unos elementos en un sistema de formación de líneas de espera frente a otros. Habitualmente, las prioridades se identifican con números naturales utilizándose el 1 para el elemento con mayor prioridad o urgencia frente al resto que tendrá un valor numérico superior. Entre elementos con la misma prioridad la preferencia de uno sobre los demás vendrá marcada por una regla de funcionamiento establecido, siendo la disciplina de primero en llegar, primero en ser atendido la más utilizada.

El planteamiento general de la simulación de la LEQ con prioridades es similar al utilizado anteriormente, introduciendo las salvedades que surgen del hecho de no

considerar que todos los pacientes tienen la misma prioridad para ser atendidos. Esto quiere decir que tanto la simulación de entradas de pacientes en la lista como la duración de las intervenciones serán simuladas del mismo modo en que lo han sido hasta ahora y que la única diferencia sustancial consistirá en que a la hora de tomar a un paciente para ser atendido se elegirá antes a aquel que tenga una prioridad mayor, y entre pacientes de igual prioridad será atendido antes aquel que lleva más tiempo en espera.

La simulación del funcionamiento del sistema se hará nuevamente utilizando las mismas tres tablas que se usaron para la simulación sin prioridades, añadiendo a la segunda de ellas una columna para simular la prioridad de cada uno de los pacientes y recogiendo en la tercera tabla las estadísticas de tiempo medio de espera para cada una de las prioridades establecidas.

Se va a trabajar con 3 prioridades:

1. Intervención urgente (plazo inferior a 30 días)
2. Intervención programada (plazo entre 30 y 90 días)
3. Intervención programada (plazo superior a 90 días)

Al introducirse la prioridad para cada paciente la forma de asignación de los pacientes a las sesiones quirúrgicas sufre un importantísimo cambio ya que la utilización en exclusiva de funciones o fórmulas de la hoja de cálculo no permite una diferenciación entre qué pacientes deben ser intervenidos antes o después y en qué momento debe ser intervenido cada uno de ellos, motivo por el cual se debe recurrir necesariamente a la utilización de la programación en Visual Basic para Aplicaciones de Excel. Concretamente, se ha desarrollado una rutina (recogida en el anexo) que, a partir de las sesiones quirúrgicas disponibles, examina en las entradas de pacientes en la LEQ cuál debe ser el paciente a ser intervenido entre los de mayor prioridad.

Concretamente, la rutina toma de forma secuencial las sesiones quirúrgicas disponibles y para cada una de ellas examina todos los pacientes que han entrado en lista de espera con anterioridad a la fecha de la sesión quirúrgica, dejando un margen de espera de 7 días, ya que la programación de quirófanos se debe de efectuar con una mínima antelación para poder localizar a los pacientes y que éstos confirmen su deseo de ser operados. A continuación entre todos esos enfermos se toma al primero que aún no ha

sido intervenido, pero sigue examinando entre todos los demás por si existe algún otro sin intervenir que tenga una prioridad superior en cuyo caso será este último el paciente a ser operado.

Este procedimiento se repite hasta finalizar con todos los pacientes que podrían ser intervenidos en la fecha de la sesión quirúrgica. El proceso se repite, por tanto, para cada sesión quirúrgica existente hasta finalizar el año.

Utilizando la rutina programada es posible determinar, para cada una de las especialidades estudiadas, qué tiempo de espera supondría para los pacientes de cada prioridad la solución obtenida en el análisis de la lista de espera quirúrgica sin prioridades, lo que indicará si dicha solución sigue siendo válida al trabajar con prioridades.

Por otra parte, el hecho de que las prioridades establecidas no tengan ninguna relación con la duración de las intervenciones provoca que, en principio, no deban de producirse diferencias significativas en los valores de pacientes en lista de espera al final del periodo y tiempo medio de espera, considerando a todos los pacientes independientemente de su prioridad.

4.1. Simulación de la LEQ

A continuación se recoge el proceso de simulación del funcionamiento de la lista de espera quirúrgica del centro hospitalario estudiado, diferenciando entre las 3 especialidades que más pacientes atienden a lo largo de un año (cirugía, oftalmología y traumatología), que suponen el 70% de la totalidad.

El objetivo perseguido con la simulación ha sido determinar qué número de sesiones quirúrgicas semanales se necesitarían en cada uno de los servicios estudiados para conseguir dos fines:

1. El tiempo medio de espera no debería ser superior a 45 días.
2. Ningún paciente debe tener un tiempo de espera superior a 6 meses.

Así mismo, dado que existen pacientes que salen de la lista de espera sin ser intervenidos sólo se ha tenido en consideración a los efectivamente intervenidos quirúrgicamente, tanto en el propio hospital como en otros centros concertados.

4.1.1. LEQ en cirugía

Para realizar la simulación completa de la LEQ es preciso, por tanto, utilizar la simulación de las entradas en lista de espera y la simulación de la duración de las intervenciones quirúrgicas. Previamente se debe conocer que el día 1 de enero de 2002 había en lista de espera un total de 855 pacientes que fueron intervenidos durante el mismo año, y que el día 31 de diciembre su número era 933 pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente durante 2003. Para validar el funcionamiento del modelo se trata, en primer lugar, de simular el funcionamiento real de la lista de espera durante el periodo de estudio, utilizando como sesiones quirúrgicas disponibles las programadas en 2002.

Si el comportamiento del modelo es el adecuado debería obtenerse un valor a final de 2002 de pacientes en lista de espera, que se sometieron a una intervención quirúrgica, similar al observado en la realidad.

Tirada	Pacientes en LEQ	Espera media	Tirada	Pacientes en LEQ	Espera media
1	3.901	303	26	3.769	296
2	3.753	300	27	4.103	300
3	3.799	297	28	3.759	302
4	3.530	288	29	3.454	297
5	3.691	300	30	3.755	298
6	3.863	297	31	3.513	294
7	3.614	299	32	3.644	295
8	3.659	291	33	3.664	296
9	3.721	301	34	3.741	294
10	3.747	299	35	3.770	301
11	3.800	301	36	3.754	302
12	3.224	301	37	3.711	289
13	3.867	300	38	3.976	300
14	3.843	305	39	3.501	293
15	3.708	297	40	3.673	293
16	3.910	299	41	3.562	291
17	3.791	301	42	3.415	293
18	3.818	297	43	3.643	298
19	3.676	299	44	3.795	301
20	3.546	301	45	3.764	305
21	3.615	301	46	3.846	298
22	3.775	294	47	3.814	297
23	3.817	302	48	3.802	301
24	3.570	298	49	3.774	302
25	3.929	301	50	3.860	298

	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Pacientes en LEQ	3.224	4.103	3.725	3.755
Espera media	288	305	298	299

Número de sesiones REALES	Número inicial en LEQ	855
---------------------------	-----------------------	-----

Figura 5: Tiradas de simulación de la LEQ (sesiones reales)

En la figura 5 se recogen los resultados de esta simulación de los que cabe destacar que el valor simulado final tiende a 3.725 pacientes. Si se tiene en cuenta que durante 2002

un total de 1.668 enfermos fueron intervenidos en otros hospitales, y que sólo se han utilizado las sesiones quirúrgicas disponibles en el propio hospital, se puede deducir fácilmente que el número de pacientes existentes a final de año sin haber sido operados asciende a 2.057, valor muy superior a los 933 pacientes que arroja la realidad. Se puede observar una gran diferencia, debida a que el número de pacientes que han abandonado la lista de espera tras haber sido intervenidos en el hospital es de 2.281 mientras que el número de intervenciones registradas asciende sólo a 1.100, debiéndose la misma al hecho de que durante 2002 se han producido obras de mejora en los quirófanos del hospital que han provocado que dichas operaciones se hayan efectuado en otros hospitales, pero, a diferencia de los pacientes que son derivados, la intervención ha sido efectuada por el personal y con los medios del hospital; es decir, se ha producido una utilización de quirófanos ajenos, razón por la cual en el registro de la LEQ dichos pacientes figuran como “intervenidos en el propio hospital” en lugar de cómo “pacientes derivados a otros centros”. Por este motivo, si a los 2.057 pacientes que arroja la simulación se le descuentan los 1.181 enfermos que figuran como intervenidos en el hospital pero que no aparecen en los registros quirúrgicos del mismo, el valor final simulado es de 876 pacientes, valor que sí es más cercano a los 933 que efectivamente había el día 31 de diciembre de 2002.

Pero, lógicamente, la meta a perseguir debe ser la de reducir el número de pacientes en lista de espera, así como su tiempo medio de demora. En tal caso, con 30 sesiones se conseguirá, tal y como se refleja en la figura 6 un número final de pacientes en espera de 513 con un tiempo medio de espera de 51 días, próximo al valor objetivo fijado de 45 días.

A continuación, al siguiente año, partiendo de un número inicial de pacientes en LEQ sensiblemente inferior (513 pacientes) sería necesario mantener 28 sesiones quirúrgicas semanales para conseguir que el número final de pacientes en la LEQ permanezca estable con un tiempo medio de espera inferior a los 45 días, con 36 días de media.

Resumiendo, con 30 sesiones quirúrgicas semanales se puede reducir rápidamente el número de pacientes en la LEQ en cirugía, y posteriormente se podrá reducir hasta 28 sesiones para mantener un correcto funcionamiento de la lista.

Tirada	Pacientes en LEQ	Espera media	Tirada	Pacientes en LEQ	Espera media
1	468	49	26	543	60
2	567	53	27	597	52
3	705	54	28	533	55
4	385	46	29	393	45
5	588	49	30	669	61
6	684	56	31	361	46
7	417	47	32	497	47
8	610	63	33	560	53
9	545	63	34	848	64
10	649	53	35	870	70
11	180	25	36	324	41
12	484	43	37	437	51
13	579	56	38	554	57
14	408	55	39	596	64
15	233	49	40	65	28
16	492	43	41	577	57
17	484	51	42	388	45
18	479	55	43	454	54
19	543	43	44	316	43
20	631	50	45	461	43
21	519	46	46	732	68
22	398	40	47	802	62
23	429	49	48	443	49
24	200	36	49	673	62
25	573	50	50	722	59

	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Pacientes en LEQ	65	870	513	526
Espera media	25	70	51	51

Número de sesiones	30	Número inicial en LEQ	855
--------------------	----	-----------------------	-----

Figura 6: Tiradas de simulación de la LEQ (sesiones simuladas)

De los datos anteriores se obtiene que la espera media de los pacientes en esta lista sería de 51 días. Sin embargo, no todos los pacientes pueden soportar una espera de esa duración. Por este motivo, debemos introducir el concepto de las prioridades para decidir qué pacientes deben ser intervenidos antes que otros.

Al repetir hasta en 50 ocasiones la simulación con prioridades, para una periodicidad de 30 sesiones quirúrgicas por semana, se obtiene la tabla de la figura 7, donde se observa cómo los pacientes más graves son intervenidos en 9 días. Así mismo, el resto de pacientes son intervenidos en unos plazos prudenciales de acuerdo con las prioridades definidas y ninguno de ellos supera los 5 meses de espera. Por tanto, la utilización de 3 prioridades, garantiza que las intervenciones más urgentes son realizadas en el menor tiempo posible y que el resto de intervenciones se realizan en unos plazos adecuados que no superan en ningún caso el valor objetivo de 45 días, salvo las menos urgentes que en todo caso se efectúan antes del valor objetivo límite de 5 meses como periodo máximo admisible de demora. Los pacientes con prioridad 2 pasan de una demora

media de 51 días sin utilizar prioridades a sólo 19 días, dato éste muy significativo si se tiene en consideración que los mismos representan el 64% del número total de intervenciones. Además, el tiempo medio de espera del conjunto de pacientes intervenido se sitúa en 39 días, lo que a su vez supone una mejora general en el funcionamiento del servicio por el hecho de introducir prioridades.

Tirada	Espera m. Prioridad 1	Espera m. Prioridad 2	Espera m. Prioridad 3	Pacientes en LEQ	Espera media
1	9	19	111	368	40
2	9	18	105	415	38
3	9	21	137	445	45
4	9	17	102	408	36
5	10	21	96	291	39
6	9	19	142	476	44
7	9	17	125	488	40
8	9	18	74	375	30
9	9	18	126	495	41
10	9	17	104	357	37
11	9	20	168	588	46
12	9	17	78	185	33
13	9	17	123	493	39
14	9	17	110	312	37
15	9	17	76	183	32
16	10	17	121	462	38
17	9	19	122	447	41
18	9	17	132	434	42
19	9	19	146	603	41
20	10	22	157	475	48
21	10	21	107	613	36
22	10	18	66	290	30
23	9	16	66	206	29
24	9	17	68	188	30
25	10	19	101	434	38
26	9	19	136	541	43
27	10	21	125	415	44
28	9	20	146	809	38
29	9	17	113	501	35
30	9	19	94	224	38
31	9	16	146	518	43
32	9	18	89	383	34
33	9	21	133	569	45
34	9	19	146	705	38
35	9	19	117	490	39
36	10	21	165	531	47
37	9	19	108	423	38
38	10	19	140	483	44
39	9	19	151	562	44
40	10	20	150	692	43
41	9	20	149	624	43
42	9	18	84	188	34
43	9	20	93	257	39
44	9	17	91	287	34
45	10	20	124	375	42
46	9	20	121	383	43
47	10	18	121	537	40
48	9	23	173	743	47
49	9	18	132	555	41
50	9	18	88	469	32

	Minimo	Máximo	Media	Mediana
Espera media Prioridad 1	9	10	9	9
Espera media Prioridad 2	16	23	19	19
Espera media Prioridad 3	66	173	118	121
Pacientes en LEQ	183	809	446	455
Espera media	29	48	39	39

Número de sesiones	30	Número inicial en LEQ	855
---------------------------	----	------------------------------	-----

Figura 7: Tiradas de simulación de la LEQ (sesiones simuladas con prioridades)

4.1.2. LEQ en oftalmología

Inicialmente, trabajando con todas las entradas en lista de espera de pacientes que fueron efectivamente intervenidos y utilizando únicamente las sesiones quirúrgicas disponibles en el año 2002, las tiradas de simulación tienden a una media de 1.808 pacientes en lista de espera al final del año.

La simulación con distintos valores de sesiones quirúrgicas semanales refleja que la cantidad de pacientes en lista de espera al final del periodo se reduce a 167 con 15, alcanzando el tiempo medio de espera el objetivo perseguido de 45 días. Con estos 167 pacientes en espera al inicio del siguiente ejercicio, y suponiendo un funcionamiento similar al de 2002, con 12 sesiones semanales el tiempo medio de espera es de apenas 31 días y se mantiene el nivel de ocupación de la lista en 258. Realmente, serían necesarias solamente 11 sesiones quirúrgicas para mantener el tiempo medio de espera en 45 días, pero supondría un número final en lista de 481 personas, lo que supone que el tiempo medio de espera de los últimos intervenidos sería excesivamente alto.

En conclusión, la lista de espera quirúrgica en oftalmología hubiera precisado de 15 sesiones quirúrgicas semanales (631 sesiones anuales totales) para haber reducido el número de personas en espera de 550 a 160 y de esta forma haber reducido el tiempo medio de espera a prácticamente un mes y medio (47 días). En todo caso debe ser decisión de la dirección del centro hospitalario decidir si es posible aumentar el número de quirófanos, y/o su correspondiente dotación en personal, en el propio hospital o si es necesario que aquellas sesiones quirúrgicas que no se puedan acometer se deban desviar a otros centros.

Utilizando prioridades (figura 8), la simulación proporciona unos valores medios de días de espera de 10, 27 y 119 días para cada una de las prioridades. Además, la variación observada tras realizar las 50 tiradas es mínima para las prioridades más urgentes lo que garantiza una correcta atención a los mismos en cualquier caso. Así mismo, cabe destacar que los pacientes que precisan una mayor urgencia son atendidos en una media de 10 días, lo que indica que la espera efectiva supondría que la intervención del paciente quedaría programada a los 3 días de haber entrado en la LEQ. Por último, queda patente que todos los pacientes son atendidos antes de finalizar el tiempo límite establecido para su prioridad, siempre por debajo del límite de los 5 meses.

Tirada	Espera m. Prioridad 1	Espera m. Prioridad 2	Espera m. Prioridad 3	Pacientes en LEQ	Espera media
1	10	28	79	93	33
2	10	29	74	82	33
3	10	31	91	97	38
4	9	23	63	98	28
5	9	31	310	440	40
6	10	33	87	112	38
7	10	28	115	141	40
8	10	27	136	255	41
9	9	28	133	100	42
10	10	25	59	152	28
11	10	26	125	139	41
12	9	22	96	82	33
13	10	24	57	55	27
14	11	29	101	76	36
15	10	27	148	96	45
16	9	29	164	202	45
17	10	23	85	129	32
18	10	25	70	86	31
19	9	23	55	126	26
20	9	33	216	253	47
21	10	26	74	129	33
22	9	26	116	114	37
23	9	19	71	107	26
24	11	33	157	206	47
25	9	22	51	103	24
26	9	30	131	207	40
27	11	30	106	165	38
28	10	28	112	170	40
29	10	28	127	92	44
30	9	24	85	102	33
31	10	32	189	207	48
32	11	28	143	142	42
33	10	31	97	130	39
34	9	28	163	247	40
35	11	23	63	55	27
36	10	25	83	76	33
37	11	30	53	362	27
38	10	27	141	176	41
39	11	31	160	139	48
40	9	25	256	316	40
41	9	24	113	103	39
42	10	33	184	220	48
43	11	30	199	237	44
44	9	20	63	131	26
45	10	26	111	184	37
46	10	27	98	111	36
47	9	21	76	86	29
48	10	30	215	356	45
49	10	26	71	60	31
50	10	34	164	203	49

	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Espera media Prioridad 1	9	11	10	10
Espera media Prioridad 2	19	34	27	28
Espera media Prioridad 3	51	310	119	108
Pacientes en LEQ	55	440	155	130
Espera media	24	49	37	38

Número de sesiones	15	Número inicial en LEQ	506
--------------------	----	-----------------------	-----

Figura 8: Tiradas de simulación de la LEQ (sesiones simuladas con prioridades)

En la especialidad de oftalmología la utilización de prioridades permite intervenir al 80% de los pacientes (prioridades 1 y 2) en un plazo inferior a un mes, frente a los 47 días de media que se alcanzaban sin utilizar prioridades, con el mismo número de sesiones quirúrgicas semanales.

Este beneficio en los tiempos de espera se produce en detrimento de los pacientes con patología menos urgente que ven aumentado su tiempo medio de espera hasta los 4 meses, valor éste que sigue estando por debajo del límite máximo admisible.

4.1.3. LEQ en traumatología

Al igual que se hizo con las listas de espera en cirugía y en traumatología, el primer paso a realizar es proceder a la simulación del sistema utilizando únicamente las sesiones quirúrgicas efectivamente llevadas a cabo durante el año. Los resultados de esta primera simulación siempre han producido un número similar, de pacientes en lista de espera el día 31 de diciembre, al observado en la realidad lo que ha servido a su vez para validar el funcionamiento del modelo informático utilizado.

Es de especial relevancia el hecho de que en este servicio ocurre algo que, hasta ahora, no se había detectado y es la presencia de un gran número de pacientes que han sido intervenidos sin estar registrados en la lista de espera. De hecho, el número de sesiones quirúrgicas programadas durante 2002 ha permitido realizar un total de 1.013 intervenciones, mientras que sólo se realizaron 816 a pacientes que estaban en lista de espera. Por este motivo, se ha accedido a los registros de la actividad quirúrgica del año 2002, observándose que, en efecto, existen diferencias importantes, cercanas al 30%, entre el total de intervenciones realizadas y el total de intervenciones correspondientes a pacientes que estaban en LEQ. Así mismo, de las 816 intervenciones efectuadas en los quirófanos del hospital según los registros de la LEQ no existen datos en los registros de quirófanos para 79 operaciones, lo que provoca que el valor final de la columna correspondiente a intervenciones de pacientes en lista de espera sume 737 en lugar de 816.

Dado que los pacientes que fueron intervenidos sin figurar en la lista de espera también deben ser tenidos en cuenta a la hora de planificar la programación de los quirófanos, en adelante se sumarán a los pacientes que estaban inicialmente en la lista de espera, de forma que de 200 pacientes iniciales se pasa a trabajar con 398 personas. Para conseguir

alcanzar el objetivo de tiempo de espera no superior a 45 días se utiliza la rutina de generación de un número fijo de sesiones quirúrgicas por semana y se observa que con 10 se alcanza un tiempo medio de espera de 83 días, siendo el número final de pacientes en la lista de 205 personas. Si se utilizaran 11 sesiones, el número medio de pacientes se reduciría a 61 con tiempos medios de espera de 53 días. Sin embargo, la solución a considerar debe ser la de 10 sesiones quirúrgicas semanales ya que los valores medios se encuentran muy afectados por el hecho de haber incrementado los 198 pacientes adicionales el mismo día 1 de enero lo que provoca que el primer paciente que entra en la LEQ en el año 2002 no sea intervenido hasta el 19 de abril con la consiguiente demora excesiva, mientras que los últimos pacientes en ser intervenidos presentan una espera de 45 días. Además al existir 205 pacientes en espera al final del año, es posible atenderlos a todos en el año siguiente dentro de los plazos perseguidos.

Al introducir la simulación con prioridades (figura 9), la repetición de la misma indica que solamente se obtienen resultados insatisfactorios para los pacientes de prioridad 3 que llegan a superar los 5 meses establecidos de tiempo máximo de espera permitido, mientras que los pacientes más graves vuelven a ser intervenidos en sólo 10 días. Aunque la excesiva demora de los pacientes de prioridad 3 se puede explicar por el hecho ya comentado de haber incorporado 198 personas el día 1 de enero, se ha repetido esta simulación utilizando 11 sesiones quirúrgicas semanales. La utilización de prioridades en el servicio de traumatología con 11 sesiones quirúrgicas semanales hace que el 77% de los pacientes (prioridades 1 y 2) sea intervenido antes de un mes desde su entrada en la LEQ, al igual que ocurría en oftalmología. Los pacientes de prioridad 3 son intervenidos en un plazo medio de 122 días, dato que se encuentra dentro del objetivo de no superar los 5 meses de espera para ningún paciente.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha elaborado, en hoja de cálculo, una completa herramienta de simulación de fenómenos de espera con prioridades, que puede ser utilizada por todo tipo de organización y que presenta además la ventaja de ser fácilmente adaptable a todo tipo de necesidades.

Tirada	Espera m. Prioridad 1	Espera m. Prioridad 2	Espera m. Prioridad 3	Pacientes en LEQ	Espera media
1	10	40	276	199	56
2	11	38	287	208	53
3	10	33	119	63	48
4	10	36	271	224	51
5	10	39	267	172	51
6	10	34	253	177	48
7	10	32	277	224	52
8	12	39	262	195	59
9	10	37	297	222	48
10	10	30	236	143	50
11	11	28	238	190	55
12	10	31	229	193	52
13	10	37	283	211	44
14	9	35	227	187	54
15	10	33	240	132	54
16	9	34	222	151	58
17	9	37	263	213	59
18	11	36	255	187	48
19	10	32	214	152	54
20	11	33	314	250	36
21	10	35	254	190	56
22	10	34	228	162	56
23	11	39	232	127	57
24	10	40	266	212	54
25	10	32	274	203	47
26	9	40	261	167	63
27	10	32	212	158	58
28	10	43	304	251	51
29	10	29	227	188	51
30	10	33	166	129	49
31	10	32	194	107	52
32	9	38	271	200	54
33	10	39	279	207	53
34	10	32	205	108	56
35	9	35	259	178	54
36	9	33	255	177	51
37	11	34	233	164	56
38	10	42	312	261	40
39	11	37	268	214	50
40	11	34	248	193	48
41	10	30	239	166	49
42	10	35	245	125	57
43	10	38	289	222	53
44	10	38	290	218	49
45	9	32	240	169	53
46	12	32	203	163	51
47	10	41		329	32
48	9	30	195	154	50
49	10	38	268	168	51
50	10	37	294	233	55

	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Espera media Prioridad 1	9	12	10	10
Espera media Prioridad 2	28	43	35	35
Espera media Prioridad 3	119	314	250	255
Pacientes en LEQ	63	329	185	188
Espera media	32	63	52	52
Número de sesiones	10		Número inicial en LEQ	398

Figura 9: Tiradas de simulación de la LEQ (sesiones simuladas con prioridades)

Del estudio empírico realizado se desprende que la utilización de un sistema de prioridades debidamente controlado proporciona una sensible mejora en los periodos de

espera de los pacientes más graves y sirve para diferir dentro de unos plazos razonables a aquellos pacientes que presentan un estado de salud menos preocupante o que, incluso, es posible que su intervención no reportase ninguna mejora clínica para el mismo. La definición de las prioridades establecidas será tanto más efectiva cuanto menos pacientes sean incluidos en la prioridad mayor, ya que si la misma recoge a gran cantidad de personas se podría, en un momento extremo, llegar a congestionar por los pacientes de esta prioridad con el consiguiente perjuicio, que, además sería doble porque se perdería la ventaja para aquel paciente que fuera incluido en la prioridad más urgente y además penalizaría de una forma desproporcionada a los pacientes del resto de prioridades menos urgentes.

Es decir, habría que tener especial sensibilidad por parte de los facultativos al definir la prioridad aplicable a cada paciente que pasa a estar incluido en la lista de espera quirúrgica.

Se aconseja, por tanto, la utilización de las prioridades en los servicios estudiados, si bien, en la especialidad de traumatología debido a sus particularidades podría ser necesario aumentar en uno el número de sesiones quirúrgicas semanales para no provocar que los pacientes con menor gravedad, es decir con prioridad 3, puedan llegar a superar los 5 meses de tiempo de espera en la lista.

De forma complementaria a la utilización de prioridades en la lista de espera quirúrgica y con la finalidad de mejorar el rendimiento de dicho sistema y, por extensión, lograr una mayor eficiencia en la actividad quirúrgica, se aconsejan las siguientes actuaciones:

1. *Mayor utilización de los horarios de tarde para la realización de intervenciones quirúrgicas*, ya que siguen existiendo medios ociosos en el horario vespertino en todas las especialidades.
2. *Mejor optimización del tiempo disponible en cada sesión quirúrgica*, incidiendo especialmente en la hora de inicio y de finalización de la jornada para evitar tiempos perdidos por desfase horario entre horas teóricas y horas efectivas de actividad.
3. *Reducción de los tiempos muertos existentes entre intervenciones*, consiguiendo de esta forma un mayor aprovechamiento del tiempo quirúrgico disponible en cada sesión.

En relación con la recomendación de desviar pacientes a centros médicos concertados será preciso depurar por parte de la dirección del centro médico, en coordinación con el Servicio Murciano de Salud, cuál es el nivel anual de gastos por este concepto dentro del centro hospitalario y si sería económicamente factible realizar las inversiones necesarias en equipamiento y/o personal para que dichas intervenciones puedan ser realizadas en el propio hospital. En este sentido, para que el centro pueda tomar una decisión acertada es necesario disponer de un sistema de información que permita obtener de forma efectiva el coste interno por tipo de intervención, de forma que se pueda comparar con las tarifas que cobran los centros concertados para dichas intervenciones y se pueda decidir con todos los datos disponibles si es conveniente aumentar la capacidad del centro hospitalario o es más rentable seguir enviando pacientes a otros centros.

ANEXO

```
Sub CalcularTablasPrioridades()  
  
Dim rEntrada, rPrioridad, rQuirofono, rIntervencion, rHoraInicio As Range  
Dim rDuracion, rHoraFin, rDemora, rDisponible, rDiferencia As Range  
Dim r, s, t, numQuirofanos, numPacientes As Double  
Dim fecha, fechaLimite, horaInicio, horaFin As Date  
Dim criterio As String  
Dim prioridad As Integer  
  
Set rEntrada = Range("H2:H6002")  
Set rPrioridad = Range("I2:I6002")  
Set rQuirofono = Range("J2:J6002")  
Set rIntervencion = Range("K2:K6002")  
Set rHoraInicio = Range("L2:L6002")  
Set rDuracion = Range("M2:M6002")  
Set rHoraFin = Range("N2:N6002")  
Set rDemora = Range("O2:O6002")  
Set rDisponible = Range("P2:P6002")  
Set rDiferencia = Range("Q2:Q6002")  
  
Worksheets("SimulaciónPrioridades").Activate  
Range("A:E").Calculate  
Range("G:I").Calculate  
rQuirofono.Value = ""  
Range("K:K").Calculate  
rHoraInicio.Value = ""  
Range("M:Q").Calculate  
  
numQuirofanos =  
Application.WorksheetFunction.Max(Worksheets("SesionesQuirúrgicas").Range("A:A"  
"))  
numPacientes =  
Application.WorksheetFunction.Sum(Worksheets("SimulaciónPrioridades").Range("B  
2:B367"))  
  
r = 1
```

```
Do While r <= numQuirofanos
    fecha = Application.WorksheetFunction.VLookup(r,
Worksheets("SesionesQuirúrgicas").Range("A2:G4000"), 2)
    horaInicio = Application.WorksheetFunction.VLookup(r,
Worksheets("SesionesQuirúrgicas").Range("A2:G4000"), 6) + 30 / 1440
    horaFin = Application.WorksheetFunction.VLookup(r,
Worksheets("SesionesQuirúrgicas").Range("A2:G4000"), 7)

    fechaLimite = fecha - 7

Do While (horaInicio + 60 / 1440) <= horaFin
    t = 0
    prioridad = 99
    s = 1
    Do While (s <= numPacientes) And (rEntrada(s) <= fechaLimite)
        If (rQuirofano(s) = "" And rPrioridad(s) < prioridad) Then
            t = s
            prioridad = rPrioridad(s)
        End If
        s = s + 1
    Loop

    If t = 0 Then
        Exit Do
    Else
        rQuirofano(t) = r
        rIntervencion(t).Calculate
        rHoraInicio(t).Value = horaInicio
        rDuracion(t).Calculate
        rHoraFin(t).Calculate
        rDemora(t).Calculate
        rDisponible(t).Calculate
        rDiferencia(t).Calculate
        horaInicio = rDisponible(t).Value
    End If
Loop
r = r + 1
Loop
Range("S:V").Calculate

End Sub
```

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL GARCÍA, J. J. (1990). Simulación de un modelo real de circulación de documentos administrativos. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- BERNAL GARCÍA, J. J.; MARTÍNEZ MARÍA DOLORES, S. M.; SÁNCHEZ GARCÍA, J. F. (2005). “Aplicación de la simulación con hoja de cálculo a la teoría de colas”. Rect@, 2005, Actas_13, 1, 1-11.

- BERNAL GARCÍA, J. J.; MARTÍNEZ MARÍA DOLORES, S. M.; SÁNCHEZ GARCÍA, J. F. (2005). “Simulation of queueing theory models with spreadsheets”. WSEAS transactions on mathematics, 4, 500-505.
- ESCUDERO, L. F. (1972). Aplicaciones de la teoría de colas. Ediciones Deusto, Bilbao.
- GROSS, D.; SHORTLE, J. F.; THOMPSON, J. M.; HARRIS, C. M. (2008). Fundamentals of Queueing Theory, Fourth Edition. John Wiley & Sons, New York.
- RUBINSTEIN, R. Y. (1981). Simulation and the Monte Carlo Method. John Wiley & Sons, New York.
- SÁNCHEZ GARCÍA, J. F. (2008). “Simulación con hojas de cálculo de código abierto: OpenOffice.org y Gnumeric”. Rect@, 2008, Actas_16, 1, 1-11.
- WALKENBACH, J. (2004). Excel 2003 programación con VBA. Anaya Multimedia, Madrid.