

ORIGINAL

## ¿Realizamos bien la programación quirúrgica? ¿Cómo podemos mejorarla?



J. Albareda<sup>a,\*</sup>, D. Clavel<sup>b</sup>, C. Mahulea<sup>b</sup>, N. Blanco<sup>a</sup>, L. Ezquerro<sup>a</sup>, J. Gómez<sup>a</sup>  
y J.M. Silva<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínico Universitario de Zaragoza, Zaragoza, España

<sup>b</sup> Instituto Aragonés de Investigación en Ingeniería (I3A), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Recibido el 7 de marzo de 2017; aceptado el 12 de julio de 2017

Disponible en Internet el 8 de septiembre de 2017

### PALABRAS CLAVE

Programación;  
Rendimiento  
quirúrgico;  
Q1;  
Organización  
de quirófanos

**Resumen** El objetivo es conocer la duración de nuestras intervenciones, tiempos intermedios y rendimiento quirúrgico. Con ello elaborar una lista de espera virtual para aplicar un programa matemático que realice la programación con rendimiento idóneo máximo.

**Material y métodos:** Revisión retrospectiva de 49 sesiones quirúrgicas obteniendo el retraso en la hora de comienzo, el tiempo intermedio y el rendimiento quirúrgico. Revisión retrospectiva de 4.045 intervenciones realizadas en los 3 últimos años para obtener la duración media de cada tipo de cirugía. Elaboración de una lista de espera virtual de 700 pacientes para realizar programaciones virtuales mediante el MIQCP-P hasta obtener el rendimiento óptimo.

**Resultados:** Nuestro rendimiento quirúrgico con programación manual es del 75,9%, finalizando el 22,4% más tarde de las 15 h. El rendimiento en las jornadas sin suspensiones es del 78,4%. El retraso en la hora de comienzo es de 9,7 min.

El rendimiento óptimo es del 77,5%, con una confianza de terminar antes de las 15 h del 80,6%. La lista de espera se ha programado en 254 sesiones.

**Discusión:** Nuestro rendimiento quirúrgico manual sin suspensiones (78,4%) es superior al idóneo (77,5%) generando jornadas finalizadas más tarde de las 15 h y suspensiones. Las posibilidades de mejora son lograr la puntualidad en la hora de comienzo y ajustar la programación al rendimiento idóneo.

La programación virtual nos ha permitido obtener nuestro rendimiento idóneo y conocer el número de quirófanos necesarios para resolver la lista de espera creada.

**Conclusiones:** Los datos obtenidos en la programación matemática virtual son lo suficientemente fiables como para implantar este modelo con garantías.

© 2017 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [albaredajorge@gmail.com](mailto:albaredajorge@gmail.com) (J. Albareda).

**KEYWORDS**

Programming;  
Surgical  
performance;  
Q1;  
Operating theatre  
organization

**Do we perform surgical programming well? How can we improve it?**

**Abstract** The objective is to establish the duration of our interventions, intermediate times and surgical performance. This will create a virtual waiting list to apply a mathematical programme that performs programming with maximum performance.

*Material and methods:* Retrospective review of 49 surgical sessions obtaining the delay in start time, intermediate time and surgical performance. Retrospective review of 4,045 interventions performed in the last 3 years to obtain the average duration of each type of surgery. Creation of a virtual waiting list of 700 patients in order to perform virtual programming through the MIQCP-P until achieving optimal performance.

*Results:* Our surgical performance with manual programming was 75.9%, ending 22.4% later than 3 pm. The performance in the days without suspensions was 78.4%. The delay at start time was 9.7 min.

The optimum performance was 77.5% with a confidence of finishing before 15 h of 80.6%. The waiting list has been scheduled in 254 sessions.

*Discussion:* Our manual surgical performance without suspensions (78.4%) was superior to the optimal (77.5%), generating days finished later than 3 pm and suspensions. The possibilities for improvement are to achieve punctuality at the start time and adjust the schedule to the ideal performance.

The virtual programming has allowed us to obtain our ideal performance and to establish the number of operating rooms necessary to solve the waiting list created.

*Conclusions:* The data obtained in virtual mathematical programming are reliable enough to implement this model with guarantees.

© 2017 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

El envejecimiento progresivo de la población conlleva inexorablemente un aumento de la patología derivada de dicho envejecimiento, debiendo adaptarse nuestro sistema sanitario a dicho incremento. La Cirugía Ortopédica y Traumatología, nuestra especialidad, es quizás una de las más afectadas, habiéndose producido en los últimos años un incremento exponencial de las fracturas derivadas del envejecimiento y de la patología degenerativa articular, sobre todo a nivel de la extremidad inferior. Esto, junto con el progreso y avances de la tecnología médica que oferta cada día más opciones quirúrgicas con buenos resultados, ha hecho que exista una enorme demanda de cirugía en nuestra especialidad, tanto urgente como programada. Surgen así las listas de espera de compleja solución, pues es difícil, por los altos costes sanitarios, conseguir el incremento proporcional de los recursos necesarios para resolver este problema actual<sup>1</sup>. La gestión correcta de las listas de espera es primordial, no solamente bajo el punto de vista de la salud del paciente, sino bajo otros aspectos sociosanitarios, ya que puede poner de manifiesto un desajuste entre la demanda sanitaria social y la oferta que ofrece la administración. La resolución de la lista de espera depende, más que del número en sí de pacientes incluidos, de la asignación de recursos, y no tanto de su aumento directo sino de su correcta y adecuada gestión<sup>1,2</sup>.

Los quirófanos son los recursos de mayor coste de todos los que dispone un servicio quirúrgico, además de los más limitados, siendo el cuello de botella de su funcionamiento<sup>3,4</sup>, por lo que es indispensable obtener de

ellos el máximo rendimiento. De su adecuada gestión y planificación se desprenden, además de una disminución de los costes por proceso, una disminución de los pacientes en lista de espera quirúrgica<sup>4</sup>. En la actualidad la programación de cada jornada quirúrgica se realiza de una forma manual, empírica y subjetiva, presuponiendo la duración de las intervenciones quirúrgicas a realizar en dependencia de la experiencia del servicio, de quien realiza la programación y de las costumbres y características del hospital.

El rendimiento o aprovechamiento de un quirófano se mide por su índice de ocupación, que es la relación entre el tiempo disponible y el tiempo real en el que se encuentra ocupado por algún paciente. Sin embargo, no está definido cuál es el rendimiento ideal de un quirófano, entendiéndose que cuanto mayor es su índice de ocupación, mejor es la gestión por haberse intervenido más pacientes en dicha jornada y haberse mantenido activo el recurso durante más tiempo. Pero esto puede suponer una prolongación de jornada más allá de la prevista, lo que significa fricciones, conflictos y un problema para compensar la actividad desarrollada fuera de las horas laborales<sup>5</sup>.

El rendimiento de un quirófano depende de la hora de comienzo y de la duración de las intervenciones quirúrgicas. Dentro del tiempo quirúrgico debemos contabilizar el tiempo de anestesia, de cirugía y el tiempo entre intervenciones, es decir, la limpieza y preparación del quirófano tras una intervención quirúrgica para realizar la siguiente. Muchos factores a tener en cuenta en la programación quirúrgica, algunos de ellos difícilmente controlables y además muy poco conocidos y estudiados, lo que explica su dificultad. Se han publicado como índices de ocupación adecuados

desde el 75 hasta el 90%, cifras muy diferentes, utilizándose para la obtención de este rendimiento una metodología en ocasiones poco definida y variable de unos centros a otros<sup>1,5</sup>. Las cifras de rendimiento quirúrgico son un punto de fricción constante entre directivos y cirujanos. Su excesiva presión puede llevar a una disminución de la calidad asistencial e incluso a una disminución de la seguridad del paciente<sup>5</sup>.

Son varios los objetivos de este trabajo: conocer nuestros tiempos quirúrgicos de cada proceso, el tiempo entre intervenciones y el rendimiento actual de nuestros quirófanos. Con estos datos y utilizando un programa matemático, crearemos una lista de espera virtual teniendo como variables la duración de la intervención y el tiempo entre intervenciones. Así podremos realizar una simulación de programación de los pacientes más adecuados en nuestros quirófanos para conocer cuál es el rendimiento o índice de ocupación idóneo, con el objetivo final de que este modelo virtual creado sea exportable para la programación quirúrgica de cualquier hospital y especialidad.

## Material y métodos

### Revisión retrospectiva

Nuestro servicio está incluido en un hospital universitario terciario y es un servicio con acreditación docente, autónomo, referencia de otros hospitales, que trata todo tipo de patologías ortopédicas y traumáticas del aparato locomotor. Hemos revisado retrospectivamente la actividad quirúrgica realizada durante el mes de octubre de 2016 (49 sesiones) en los quirófanos diarios en horario matinal de Cirugía Ortopédica, obteniendo los datos del Departamento de Gestión de nuestro hospital, que a su vez han sido obtenidos del obligatorio libro de quirófano. No se ha incluido en este estudio la cirugía de la patología traumática por ser urgente, no estar incluida en una lista de espera y plantear una problemática diferente. Hemos valorado el funcionamiento de cada quirófano de 8 h 30 min de la mañana a 15 h de la tarde, es decir, 390 min en cada jornada, excepto los viernes en que se comienza a las 9 h por la realización de sesiones clínicas más amplias en los servicios quirúrgicos.

Con estos datos hemos estudiado el retraso en la hora de comienzo sobre la hora programada, el tiempo entre intervenciones desde que sale un paciente hasta que entra el siguiente en quirófano, la hora de finalización del programa cuando sale de quirófano el último paciente programado y el número de intervenciones suspendidas. Hemos estudiado

dos índices de ocupación o rendimiento quirúrgico de cada sesión. El Q1, que considera la ocupación del quirófano valorando exclusivamente la duración de las intervenciones sin tener en cuenta los tiempos entre ellas, que es como se valora el índice de ocupación de quirófano en los órganos de control de nuestro hospital, y el Q2, que valora la ocupación del quirófano desde que entra el primer paciente hasta que sale el último. Hemos estudiado igualmente las jornadas que han superado las 15 h en su finalización y de ellas las que hubieran terminado más tarde de las 15 h descontando el tiempo de retraso en su comienzo.

### Lista de espera virtual

Igualmente, hemos revisado retrospectivamente 4.045 intervenciones de cirugía ortopédica realizadas consecutivamente en nuestro servicio en los 3 últimos años para obtener la duración media de cada tipo de intervención quirúrgica, considerando la duración desde que el paciente entra en quirófano hasta que sale de él. Se ha considerado este dato de 146 tipos de cirugías diferentes como variable con valor medio y desviación típica, no considerando diferencias entre los diferentes cirujanos y anestesiólogos.

Una vez obtenidos estos datos hemos creado una lista de espera virtual de 700 pacientes calculando la probabilidad de que cada patología aparezca en la lista según su frecuencia en las 4.045 intervenciones de cirugía ortopédica revisadas. Las cirugías más prevalentes incluidas en la lista son las presentadas en la [tabla 1](#); estas 7 intervenciones suponen por su frecuencia el 56,48% de la lista. La cirugía oncológica ha sido excluida de la lista por su variabilidad en el tiempo quirúrgico y su infrecuente inclusión en listas de espera, ya que es abordada bajo diferentes criterios marcados por los comités de tumores. Los pacientes virtuales han sido incluidos en la lista aleatoriamente con 3 tipos de prioridad [máxima (3), media (2) y mínima (1)] y una determinada antigüedad. Utilizando el programa matemático MIQCP-P (*Mixed Integer Quadratic Constrain Programming*) hemos realizado varias programaciones quirúrgicas de la lista creada con diferentes índices de ocupación de quirófano (Q1), desde el 70 al 85%, buscando el rendimiento óptimo, es decir, la máxima ocupación de la jornada con un nivel de confianza mínimo del 75% y medio siempre superior al 80% de terminar el programa quirúrgico con anterioridad a las 15 h. Este nivel de confianza se ha calculado según conceptos estadísticos basados en la distribución normal, ya que todas las variables estudiadas (duración de intervenciones,

**Tabla 1** Intervenciones quirúrgicas más frecuentes incluidas en la lista de espera virtual creada

Cirugía	% en la lista de espera virtual	Duración media (minutos)	Desviación típica (minutos)
Artroplastia primaria de rodilla	10,42	133	24
Artroscopia rodilla meniscal	10,40	81	21
Artroplastia total cadera no cementada	4,82	145	37
Artroplastia total cadera cementada	8,82	153	23
Enfermedad de Dupuytren	4,90	75	23
Hallux valgus	4,60	83	22
Síndrome del túnel carpiano	12,52	45	12

retraso en la hora de comienzo y tiempo entre intervenciones) han sido consideradas como con distribución normal. Las programaciones las ha realizado el programa matemático teniendo en cuenta: antigüedad, prioridad, duración de las intervenciones, retraso medio en la hora de comienzo y tiempo muerto entre intervenciones. Esta programación se ha realizado otorgando al paciente más antiguo 10 puntos y al más reciente 0 puntos, dando al resto de los pacientes una puntuación porcentual con arreglo a esto. Con respecto a la prioridad, se ha considerado prioridad mínima (1) con 0 puntos, prioridad media (2) con 5 puntos y prioridad máxima (3) con 10 puntos. Con estas puntuaciones y dando un peso del 70% a la antigüedad y del 30% a la prioridad, se han ordenado por puntuación todos los pacientes de la lista de espera.

Con estos criterios de programación hemos determinado el rendimiento óptimo de las sesiones quirúrgicas, es decir, su máxima ocupación con garantía de terminar la programación antes de las 15 h de la tarde, y con este rendimiento óptimo, el número de sesiones quirúrgicas necesarias para intervenir los 700 pacientes incluidos en la lista de espera virtual.

## Resultados

### Revisión retrospectiva

En las 49 sesiones quirúrgicas realizadas en el mes de octubre de 2016 se han programado 153 intervenciones. El rendimiento u ocupación del tiempo quirúrgico ha sido de lunes a jueves un 76,0% en Q1 y un 86,9% en Q2, destacando que cuando se produce la suspensión de una intervención quirúrgica, el rendimiento disminuye al 60 y 72%, respectivamente, ya que el paciente no ha sido sustituido. Los viernes, el rendimiento quirúrgico es del 75,9% en Q1 y del 87,7% en Q2. Globalmente, sin diferenciar entre diferentes días de la semana, nuestro rendimiento quirúrgico es del 75,98% en Q1

y del 87,12% en Q2 (tabla 2). El tiempo restante en Q1 es el tiempo de retraso en el comienzo de la intervención, el tiempo entre intervenciones y el tiempo desde la salida del último paciente hasta las 15 h, que es la hora de finalización de la disponibilidad del quirófano. Sin tener en cuenta las intervenciones suspendidas, es decir, valorando solamente las sesiones quirúrgicas en las que no se ha suspendido ninguna cirugía, nuestro rendimiento global Q1 es del 78,4% (tabla 2).

Con respecto a las suspensiones de alguna intervención, se han producido 8 suspensiones a lo largo del mes, lo que indica que en el 16,3% de las jornadas quirúrgicas se ha producido la suspensión de alguna intervención, 7 de ellas por presuponerse que iban a terminar más tarde de las 15 h. Llama la atención que las suspensiones se han producido todos los días de la semana excepto los lunes, en los que no se ha suspendido ninguna cirugía, no siendo significativos estos hallazgos por el escaso número de intervenciones suspendidas cada día.

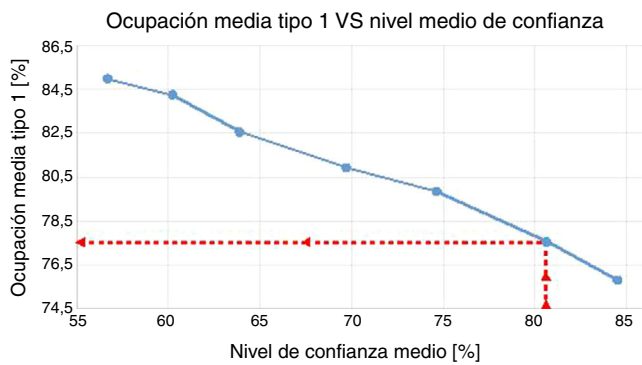
En nuestra situación actual destaca una hora de comienzo con 9,79 min de retraso como media y una desviación típica de 12,41 min, sin diferencias significativas entre los diferentes días de la semana. El tiempo entre intervenciones es de entre 19 y 20 min, sin diferencias entre primera y segunda y entre segunda y tercera intervención excepto los viernes, en los que el tiempo entre la primera y la segunda intervención es bastante menor disminuyendo en un 30%.

Con respecto al horario de finalización, en el 22,45% de los quirófanos programados el último paciente ha salido de quirófano después de las 15 h, siempre con una prolongación menor de 15 min, excepto un día en el que la prolongación fue de casi 60 min. Sin tener en cuenta el retraso en el comienzo, es decir, si todos los programas hubieran comenzado puntuales a la hora programada (8:30 o 9:00), este porcentaje disminuiría al 10,20%.

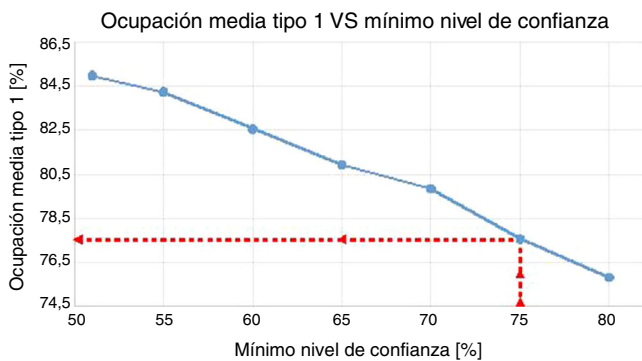
La actividad durante las últimas 2 h de funcionamiento del quirófano se altera cuando la cirugía va retrasada, ace-

**Tabla 2** Rendimiento quirúrgico

Lunes-jueves		
<i>Operaciones suspendidas</i>	Q1	Q2
No	78,95833333	89,74358974
Sí	60,25641026	72,00854701
Total general	76,00539811	86,94331984
Viernes		
<i>Operaciones suspendidas</i>	Q1	Q2
No	76,60493827	87,96296296
Sí	72,91666667	86,80555556
Total general	75,93434343	87,75252525
General		
<i>Operaciones suspendidas</i>	Q1	Q2
No	78,44173442	89,35272045
Sí	63,42147436	75,70779915
Total general	75,98944706	87,1249782



**Figura 1** Ocupación media tipo 1 (Q1) con nivel medio de confianza (80%).



**Figura 2** Ocupación media tipo 1 (Q1) con nivel mínimo de confianza (75%).

lerándose todas las actividades del quirófano hasta en un 10% del tiempo habitual de dichos procesos.

**Lista de espera virtual**

Realizando diversas programaciones con diferentes rendimientos quirúrgicos (Q1) de la lista de espera virtual creada, hemos encontrado que el rendimiento Q1 idóneo de un quirófano es del 77,5%, con una confianza media del 80,61% (fig. 1) y mínima del 75% (fig. 2) de no sobrepasar las 15 h en su finalización. La programación de los 700 pacientes con este rendimiento idóneo se ha realizado en 254 sesiones quirúrgicas, que suponen 1.663,7h necesarias para su resolución.

**Discusión**

La asignación de quirófanos a un determinado servicio la realiza la dirección del hospital y debe estar en función de la demanda asistencial de dicho servicio<sup>6</sup>. La correcta utilización, es decir, el rendimiento de este caro recurso<sup>4</sup>, es estudiado en un departamento específico en cada hospital formado por personas ajenas a los recursos, es decir, personas que no conocen cómo es el íntimo funcionamiento de dichos recursos. Los datos remitidos desde estos departamentos a los diferentes servicios sobre la utilización de dichos recursos se limita a una información numérica global

o final de la que difícilmente se pueden sacar conclusiones para plantear soluciones de mejora, pues no llega a plantearse o es difícil extraer conclusiones sobre los puntos mejorables. La información mensual necesaria que debe llegar a un servicio quirúrgico sobre su funcionamiento en el bloque quirúrgico es el número de intervenciones programadas, el número de intervenciones urgentes, el número de intervenciones suspendidas, el índice de ocupación del o los quirófanos, el retraso medio en el comienzo de la cirugía, el tiempo medio entre intervenciones y el retraso en la hora de finalización<sup>5</sup>. Si esta información no es remitida deberemos ser nosotros mismos quienes la obtenemos, pues son datos necesarios para intentar llegar a la mejor gestión y aprovechamiento de los recursos de los que disponemos.

El quirófano es el recurso más caro<sup>4</sup> de un hospital. Su funcionamiento puede llegar a suponer hasta el 40% del coste económico de todos los recursos del hospital<sup>3,7</sup> y el 70% de los pacientes que ingresan en el mismo<sup>3</sup>. Por ello obtener el máximo rendimiento del quirófano disminuyendo sus costes sin detrimento de la calidad asistencial, que es prioritaria, siempre ha sido un objetivo primordial. Para realizar una programación con la máxima utilización del quirófano no podemos basarnos en suposiciones, subjetividades, etc., sobre la duración de determinadas intervenciones<sup>5</sup>. Es necesario conocer nuestros tiempos reales según los datos históricos de nuestro hospital y servicio, como se ha hecho en este estudio, y no basarnos en los de otros hospitales y centros pues existe una gran variabilidad. Conocer los propios tiempos de nuestro hospital, de nuestro bloque quirúrgico y de nuestro servicio es fundamental para una programación con la máxima utilización de los quirófanos<sup>5</sup>. Corella y Albarracín<sup>1</sup> plantean un sistema de clasificación de patologías quirúrgicas basado en complejidad, duración de la cirugía e incluso definen los tiempos intermedios, cifras aplicables pero que deberán adaptarse a la realidad de cada hospital y bloque quirúrgico.

Nuestro rendimiento quirúrgico global mensual ha sido del 75,9 y del 87% en Q1 y Q2, respectivamente, cifras difícilmente superables en cuanto a ocupación de quirófano pero sin duda mejorables, pues el 22,45% de las sesiones han terminado más tarde de las 15 h, hecho que no debe producirse pues provoca, además de suspensiones quirúrgicas con el problema generado a pacientes y familiares, tensiones entre el personal de quirófano y problemas para la compensación del tiempo añadido en la jornada laboral. El rendimiento óptimo encontrado, es decir, la máxima ocupación del quirófano sin finalizar después de las 15 h ha sido del 77,5% en Q1. Esto supone un 1,6% más al programado por nosotros, que equivale a 6,24 min. Pero no debemos interpretar nuestro rendimiento como ligeramente inferior al idóneo obtenido, pues si examinamos el rendimiento que tenemos en nuestros quirófanos cuando no ha sido suspendida ninguna intervención es del 78,4%, superior al idóneo y puede ser este alto rendimiento el que ocasiona, junto con el retraso en la hora de comienzo, que en más del 20% de nuestras jornadas se termine más tarde de la hora prevista, generando la mayoría de las suspensiones quirúrgicas. En realidad programamos en las jornadas sin suspensión de ningún proceso un 0,9% más del tiempo idóneo, que corresponde a 3,51 min, cifra que se neutraliza con el retraso medio de 9 min en la hora de comienzo de la primera cirugía. Si fuéramos puntuales en el

comienzo de la cirugía, el rendimiento idóneo podría verse modificado, pues el retraso ha sido tenido en cuenta en la programación virtual.

Con respecto a nuestras posibilidades de mejora en la programación, no podemos disminuir el tiempo de anestesia y cirugía pues podría conllevar riesgos para el paciente. Debemos trabajar en disminuir el tiempo entre intervenciones, mejorar la puntualidad en el comienzo e incluso adelantar la hora de comienzo. Disminuir el tiempo entre intervenciones es complejo, pues es de 20 min aproximadamente. Este tiempo podría disminuirse pero muy poco, ya que la limpieza y preparación del quirófano para la siguiente intervención lleva necesariamente un tiempo y su disminución drástica podría conllevar un aumento de las infecciones. Por esta razón, solamente hemos calculado nuestro rendimiento en Q1, pues Q2 considera como invariable el tiempo entre intervenciones, tiempo que aunque de forma difícil, debe ser tenido en cuenta pues es una variable que debe intentar mejorarse. En resumen, nuestras posibilidades de mejora radican en mejorar la puntualidad en el comienzo de la cirugía, hecho ya apuntado por Gómez-Arnau y González<sup>5</sup>, pues esto concede, además del tiempo ganado, una atmósfera al bloque quirúrgico de «seriedad y cumplimiento». Mejoraremos si conseguimos adelantar la hora de comienzo y ajustar nuestra programación al rendimiento idóneo, evitando terminar más tarde de la hora programada para anular las suspensiones quirúrgicas.

La programación quirúrgica es sumamente compleja y tediosa, pues no disponemos habitualmente de datos útiles que nos ayuden a realizarla, haciéndose en la mayoría de hospitales y servicios de una forma manual<sup>8</sup>. Para la programación deben tenerse en cuenta muchos factores, algunos difícilmente controlables y con intereses en ocasiones contrapuestos. Influyen en ella la variedad de las operaciones, los tiempos de cada operación, las prioridades de determinadas patologías, la capacidad del centro, el tiempo de hospitalización, el horario del médico y la edad de los pacientes<sup>9</sup>. La buena o mala programación quirúrgica impacta directamente en el número de pacientes tratados, los tiempos de espera y los rendimientos del sistema<sup>9</sup>. Perseguimos su máxima ocupación, el mayor grado de satisfacción del paciente, el menor coste económico, la mayor calidad en la cirugía realizada, todo ello teniendo en cuenta la enorme variabilidad de las cirugías realizadas<sup>4,7</sup> y de las personas que participan diariamente en la actividad quirúrgica con muy diferentes cometidos, cirujanos, anestesistas, enfermeras instrumentistas, auxiliares de clínica, celadores, equipos de limpieza, etc., que deben sincronizar su trabajo<sup>7</sup>. Teniendo en cuenta estos parámetros, Barbagallo et al.<sup>7</sup> realizan la programación quirúrgica mediante un modelo matemático aplicado a la lista de espera, obteniendo una mejora en el rendimiento de los quirófanos de un 10 a un 20%, siendo un modelo exportable a otras especialidades y hospitales como pretendemos lo sea el nuestro. En estos mismos términos, Wolff et al.<sup>9</sup>, aplicando un programa matemático, consiguen una mejora en los rendimientos quirúrgicos de un 10 a un 15% con respecto a la clásica programación manual. La aplicación de un modelo matemático a la práctica sanitaria, es decir, la cuantificación numérica del problema a resolver<sup>3,4,9-11</sup>, siempre debe tomarse con reservas por las múltiples variables impredecibles que pueden

surgir, máxime en la realización de intervenciones quirúrgicas en las que hay múltiples factores materiales y humanos que influyen y son difícilmente controlables, pero debemos saber obtener, con estas reservas, el máximo provecho a las enormes posibilidades de la matemática. Velásquez et al.<sup>10</sup> realizan una revisión bibliográfica encontrando que la mayoría de las soluciones aportadas en la mejora de la programación quirúrgica se basan en modelos matemáticos con metodología heurística para simplificar problemas complejos o de simulación, como nosotros hemos realizado, y reducen de forma importante la variabilidad en la programación<sup>4</sup>. La programación matemática ofrece siempre mejores resultados que la manual en todos los modelos realizados, pero son todos ellos teóricos, no habiéndose aplicado todavía a la programación real<sup>6</sup>. Quien encuentra una solución teórica a un problema, se aproxima mucho a su resolución<sup>10</sup>.

La programación quirúrgica siempre es realizada por los cirujanos, pero sorprende que todos los intentos por mejorarla son publicados siempre por personas en teoría ajenas a la programación quirúrgica, como ingenieros, matemáticos, economistas, etc.<sup>3,4,6,9-12</sup>, con textos y formas de programación de difícil comprensión casi siempre para un cirujano. Dentro del ámbito médico, son los anestesiólogos y médicos preventivistas quienes lo han estudiado<sup>1,5</sup>. Cardoen et al.<sup>12</sup>, en una revisión de los sistemas empleados en la mejora de la programación quirúrgica, afirman que muchas de las definiciones y propuestas en la mejora de esta no han sido negociadas ni explicadas entre investigadores y quienes realizan la programación, por lo que son difícilmente comprendidas y aplicables. Incluso se ha propuesto en algún modelo de planificación compartir un quirófano en la misma jornada por diferentes servicios<sup>6</sup>, lo que puede plantear problemas y complicaciones debido a las diferentes características de las intervenciones realizadas. Por esta falta de comprensión y coordinación, continuamos en la actualidad realizando la programación de una forma manual. Nosotros pretendemos realizar un intento de mejora en nuestra programación realizando este trabajo, como otros anteriores, de forma conjunta entre ingenieros y cirujanos<sup>13</sup>, de forma que sea fácilmente comprensible y aplicable a la práctica médica.

¿Por qué es interesante este programa? Son varias las razones que lo indican. En primer lugar, para conseguir programar el rendimiento óptimo de cada sesión quirúrgica, es decir, su máxima ocupación con un riesgo mínimo de prolongar la sesión más allá del tiempo disponible. Al conocer la duración de las intervenciones y tiempos intermedios podemos detectar con mayor precisión en qué punto concretamente han surgido o pueden surgir problemas, pudiendo en el futuro preverlos y evitarlos<sup>14</sup>. Al poder programar la totalidad de la lista de espera, podemos informar al paciente la fecha aproximada de su cirugía desde el mismo momento de su entrada. También podemos conocer en todo momento los recursos quirúrgicos que necesitamos para resolver nuestra lista de espera en un periodo de tiempo determinado y poder demandarlos al órgano de control del bloque quirúrgico de nuestro hospital<sup>5</sup>, hecho que habitualmente no se produce por estar asignados a cada servicio de una forma cerrada e inflexible. Este sistema permite cuantificar en tiempo la lista de espera quirúrgica, hecho que con sistemas parecidos aunque algo más complejos

ya ha sido propuesto<sup>1</sup>. Este sistema permitiría demandar periódicamente con datos concretos el adecuado reparto de los recursos quirúrgicos a los diferentes servicios en dependencia de sus necesidades<sup>5</sup>. Inclusive con este sistema podremos informar del coste económico que implicaría su resolución.

Este programa matemático ayuda a evitar la subjetividad humana en la programación quirúrgica, disminuyendo enormemente la variabilidad y el tiempo dedicado a su realización, además de aumentar la transparencia, eficiencia y equidad<sup>9</sup>. Otra ventaja de este programa matemático de programación es que con el conocimiento de los datos necesarios, la duración de las intervenciones, los tiempos intermedios y la hora de comienzo y finalización podría ser exportable a cualquier especialidad y hospital.

Existe un problema con este sistema que, aunque mejorará progresivamente, es de difícil solución. No todos los anestesiólogos ni cirujanos emplean el mismo tiempo en la resolución de una determinada patología, pero entendemos que todos los tiempos están incluidos dentro de la desviación estándar de cada proceso. Lo mismo sucede en los servicios acreditados docentamente con médicos residentes, quienes de forma supervisada realizan cirugías<sup>1</sup>. Por estas razones, todo tipo de programación matemática debe estar permanentemente abierta y a su vez debe retroalimentarse con la duración de cada intervención realizada, que es el dato más importante de la programación<sup>8</sup>. De esta forma se podrá regular continuamente la duración de los diferentes tipos de intervención, incluso un futuro objetivo de este programa sería poder conocer los tiempos quirúrgicos individualizados de anestesiólogos y cirujanos para que la programación se realice en dependencia de quienes van a participar en la intervención.

Tras este estudio hemos podido comprobar que nuestro rendimiento quirúrgico con la programación manual que realizamos es difícilmente mejorable, pero nos ha servido para conocer con precisión y mucha mayor profundidad detalles, problemas y fallos de la programación y ejecución de los programas quirúrgicos, mejorando los informes que habitualmente se remiten a día de hoy desde los órganos administrativos a los servicios clínicos. Estos datos se han obtenido revisando solamente un mes de funcionamiento quirúrgico y haciendo uso de los datos históricos de nuestro servicio, pero aunque los resultados obtenidos de esta programación virtual, necesaria siempre antes de poner en marcha alguna nueva estrategia, son preliminares, se puede afirmar que son lo suficientemente fiables y esperanzadores como para implantar este tipo de programación con una garantía suficiente de obtener los resultados esperados.

## Nivel de evidencia

Nivel de evidencia v.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## Conflicto de intereses

Para la realización del estudio no se ha recibido ninguna financiación o ayuda económica. Del mismo modo ningún autor tiene conflictos de intereses que declarar.

## Bibliografía

1. Corella I, Albarracín A. Conceptos e indicadores básicos en economía. Análisis del rendimiento quirúrgico. Sistema TQE. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad; 2012 [consultado 15 Feb 2017]. Tema 8.3. Disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500678/n8.3.Análisis\\_del\\_rendimiento\\_quirúrgico.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500678/n8.3.Análisis_del_rendimiento_quirúrgico.pdf)
2. Antomil J, Arenas M, Bilbao A, Pérez B, Rodríguez MV. Planificación óptima de la actividad quirúrgica en hospitales públicos mediante un modelo de programación compromiso posibilística. Disponible en: [www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol\\_02/16.pdf](http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_02/16.pdf)
3. Molina JM, Framiñán JM, González PL, Andrade JL. Planificación quirúrgica: revisión de la literatura. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Barcelona-Terrassa, September 2nd-4th, 2009; 1346-1355.
4. TanYY, ElMekawy TY, Peng Q, Oppenheimer L. Mathematical programming for the scheduling of elective patients in the operating room department. Disponible en: <http://www.google.es/url?url=http://queens.scholarsportal.info/ojs/index.php/PCEEA/article/download/3785/3793&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0ahUKEwjmlaa65cTSAhWC2BoKHxG9C-YQFggXMAE&usq=AFQjCNGfN57N07Ahk-DzbFMIWz-G6fBfXQ>
5. Gómez-Arnau JI, González A. Principios generales de organización y gestión clínica de un bloque quirúrgico. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2001;48:180-7.
6. Molina JM, Framiñán JM, Pérez P, León JM. Modelos para la resolución de la programación de quirófanos. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Barcelona-Terrassa, September 2nd-4th, 2009; 1356-1365.
7. Barbagallo S, Corradi L, de Ville de Goyet J, Iannucci M, Porro I, Rosso N, et al. Optimization and planning of operating theatre activities: An original definition of pathways and process modeling. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2015;15:38-54.
8. Roland B. Intégration du facteur humain dans la gestion des ressources partagées appliquée à la programmation opératoire. These Doctoral. Facultés Universitaires Catholiques de Mons. Département de Sciences de Gestion-Louvain School of Management. 2010.
9. Wolff P, Duran G, Rey P. Modelos de programación matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos. *Revista Ingeniería de Sistemas.* 2012;26:23-48.
10. Velásquez PA, Rodríguez AK, Jaén JS. Aproximación metodológica a la planificación y a la programación de las salas de cirugía: una revisión de la literatura. *Rev Gerenc Polit Salud.* 2013;12:249-66.
11. Persson M, Persson JA. Optimization modelling of hospital operating room planning: Analyzing strategies and problem settings. En: Brailsford S, Harper P, editores. *Operational*

- Research for health policy: Making better decisions. Switzerland: Bern; 2007. p. 137–47.
12. Cardoen B, Demeulemeester E, Belien J. Operating room planning and scheduling: A literature review. *Eur J Oper Res.* 2010;201:921–32.
  13. Clavel D, Mahulea C, Albareda J, Silva M. Operation planning of elective patients in an Orthopedic Surgery Department. En: 2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA 2016). Proceedings of a meeting held 6-9, Berlin, Germany; 1-7.
  14. Santiñá M, Combalía A, Prat A, Suso S, Baños M, Trilla A. Contribución de un programa de calidad asistencial al desarrollo de un Instituto de Gestión Clínica del Aparato Locomotor. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2008;52:233–7.