

## REVISIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN LA CALENDARIZACIÓN DE LAS CIRUGÍAS EN LOS QUIRÓFANOS

Pedro Bañuelos<sup>1</sup>  
Dr. Jorge Rodas-Osollo<sup>2</sup>  
Gilberto Rivera Zarate<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Cómputo Aplicado, DEyC. IIT

<sup>2</sup>Laboratorio Nacional en Tecnologías de la Información  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

---

### RESUMEN

La distribución de las intervenciones quirúrgicas en diversos quirófanos, supone una programación que contempla diversos factores y recursos. El presente artículo realiza una revisión simplista de tales factores y recursos. Además, abre una discusión sobre los mismos y el impacto que podrían tener dentro del proceso de calendarización.

**PALABRAS CLAVE:** Calendarización de cirugías, Factores en la gestión de las intervenciones quirúrgicas, Administración de los quirófanos

---

### CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

MÉTODO

FACTORES DETECTADOS

DISCUSIÓN

REFERENCIAS

---

### INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito de salud, el hospital constituye uno de los principales organismos debido a la cantidad y la complejidad de servicios que puede proporcionar. Se

encuentra distribuido por diversas áreas: consulta, internamiento, laboratorios, urgencias, partos, entre otros.

Uno de los servicios más solicitados son

las intervenciones quirúrgicas (Cardoen et al, 2010). El hospital tiene la necesidad de planear las cirugías solicitadas, ya que es de suma importancia tener un control de las cirugías practicadas y de los recursos utilizados.

Cuando la demanda por las intervenciones quirúrgicas incrementa, la planeación en el hospital se ve saturada y es necesario satisfacer la demanda de todas las cirugías solicitadas; lo que, produce crear las listas de espera para los pacientes; es decir programar una fecha y una hora para que los pacientes reciban su intervención quirúrgica requerida (Tanfani et al, 2010).

La alta demanda de los procedimientos quirúrgicos y el número de recursos con los que cuenta el hospital, afectan la proximidad o lejanía de la asignación de la fecha para programar la intervención quirúrgica del paciente. El tiempo que tiene un paciente que esperar para que se le realice su procedimiento quirúrgico, depende de varios factores entre ellos la infraestructura y la distribución de su personal con el que cuenta el hospital al momento de hacer la programación, es decir; si tiene la cantidad suficiente de quirófanos, los recursos materiales y humanos para satisfacer las demandas pedidas de sus derecho-habientes (Raisa et al, 2010).

En ocasiones la planeación de las intervenciones quirúrgicas es realizada por más de una persona, un departamento o una jefatura. La cantidad de entidades participantes en dicha planeación se define por la forma en el hospital se encuentra organizado y el nivel con el que cuenta.

Los tiempos de espera son uno de los

problemas en los hospitales, no solo los derecho-habientes requieren atención inmediata, sino que también los pacientes con una programación asignada y los que ingresan de urgencia también la demandan, si se desarrollan soluciones para reducir el tiempo de espera; Los presupuestos no tendrían que incrementarse. Las soluciones incrementarían el uso eficiente de los recursos disponibles, en lugar de requerir inversión adicional de equipo y personal.

Las listas de espera se realizan para los pacientes que su intervención quirúrgica no es urgente, estas listas se ven afectadas por aquellas cirugías que se deben realizar a los pacientes con emergencia y surge una diferencia acerca de la priorización de las cirugías: Retrasar las intervenciones programadas para llevar a cabo las intervenciones no programadas (de urgencia).

Bofei et al (2013) mencionan que se agrupan a los pacientes de los hospitales en 2 tipos: electivos (la cirugía se planea) y los no electivos (la cirugía se necesita realizar por una emergencia).

- Los pacientes electivos a su vez se sub-clasifican en pacientes internos (requieren hospitalización posterior a la intervención) y pacientes externos (no requieren hospitalización, se dan de alta el mismo día de la intervención).
- Los pacientes no electivos también se sub-clasifican en pacientes urgentes (el paciente se encuentra estable y la cirugía se puede posponer por un corto tiempo) y los pacientes emergentes (son paciente que se requieren estabilizar y la cirugía

se tiene que realizar lo más pronto posible).

El artículo se encuentra organizado en 3 secciones, la primera sección del método, indica cómo se efectuó el análisis de la

revisión de artículos; posteriormente, se describe el análisis de los factores encontrados en los artículos; en la sección 2 y, finalmente, en la sección 3 se aborda una discusión sobre dichos factores.

## METODO

Para realizar la revisión sobre la calendarización de las cirugías en los quirófanos, se efectuó una búsqueda en las bases de datos de la IEEE, Science Direct y Springer, donde la búsqueda se realizó por palabras clave como: *Operating Room Planning and Scheduling, hospital scheduling optimization and surgery scheduling*.

A su vez el contenido fue filtrado por un rango del año de publicación del artículo

(del 2010 al 2016). Obteniendo un total de 32 artículos. Se seleccionaron aquellos documentos que explican diversos factores sobre la programación de las cirugías y las formas en que realizaron la optimización en la gestión hospitalaria.

Además de la selección de artículos, la revisión referencial se integró con el conocimiento adquirido por entrevistas realizadas a personal médico.

## FACTORES DETECTADOS

Cuando se revisan temas en donde el dominio de aplicación no se está familiarizado, es necesario examinar definiciones de ciertos términos para evitar las confusiones que se puedan presentar al adentrarse en dichos dominios.

Una aclaración en el uso de dos términos utilizados la planeación y la calendarización. Según [6] la planeación la definen como la conciliación de satisfacer la oferta y la demanda del paciente. Mientras que la calendarización la describen como definir la secuencia y la distribución del tiempo a las actividades de una intervención quirúrgica; es decir, la construcción de una tabla con tiempos que muestra en que tiempo y fecha los procedimientos deben iniciar y cuando

deben terminar.

Del mismo modo, Bofei et al (op. cit.) indican que hay diversos tipos de calendarizaciones: la calendarización avanzada y la calendarización de distribución, la primera es el proceso de asignar una fecha a la cirugía del paciente, mientras que la segunda determina el quirófano y el tiempo de inicio de la cirugía para el día que fue asignado. De igual manera, mencionan la calendarización de recursos externos, la cual se define como el proceso de identificar y reservar todos los recursos externos necesarios para utilizar el quirófano, así como los recursos necesarios para el cuidado apropiado del paciente antes y después de su intervención quirúrgica.

El quirófano es una sala de operación con un sistema complejo que requiere que se cumplan diversos requisitos y la planeación de varios recursos en paralelo para su funcionamiento. Haciendo que su gestión no sea una tarea sencilla de resolver. Los quirófanos son vistos como el recurso más crítico y costoso con los que cuentan los

hospitales. Como resultado de esto es, el personal encargado de la administración busca la utilización eficiente de estos (Yahia et al, 2014).

Según Bass et al (2014), el proceso para llevar a cabo una intervención quirúrgica en un paciente, está descrito en la figura 1.

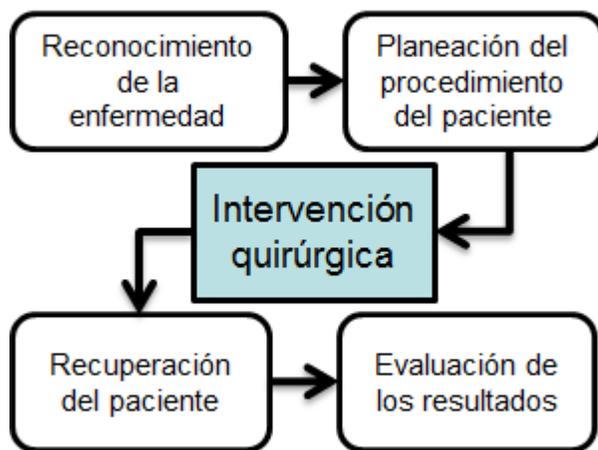


Figura 1. Flujo del proceso de una intervención (Bass & Garbey, 2014)

El flujo de trabajo para la intervención quirúrgica de un paciente, inicia con la detección de una condición o una enfermedad que afecta al paciente, posteriormente se programa su cirugía, se lleva a cabo su procedimiento, se espera un lapso para su recuperación postoperatoria y finalmente se evalúan los resultados postoperatorios.

Una operación se compone de cuatro elementos: un equipo quirúrgico de trabajo, un paciente, un quirófano y un

procedimiento quirúrgico que se le realizará al paciente. El equipo quirúrgico se compone de médicos cirujanos, ayudantes, instrumentistas, anestesistas y una enfermera circulante; el número de personal requerido se determina por la especialidad y el tipo de procedimiento quirúrgico que se realizará.

La intervención quirúrgica del paciente se visualiza en 2 bloques, el proceso de la cirugía y el proceso de la recuperación del paciente (Bass et al, 2014). Como se muestra en la figura 2.

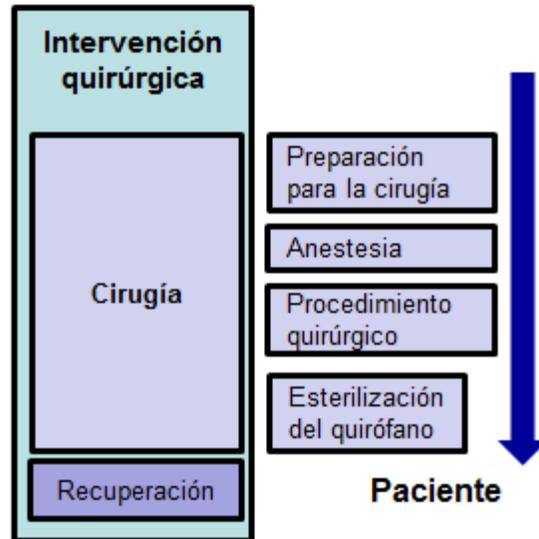


Figura 2. Flujo del paciente en una intervención quirúrgica.

El proceso de la cirugía se subdivide en 4 fases:

- La preparación para la cirugía: alistar al paciente para ingresar al quirófano, así como preparar al equipo médico y al quirófano.
- La anestesia: radica en insensibilizar al paciente total o parcialmente antes de ingresar al quirófano y monitorear sus signos vitales.
- El procedimiento quirúrgico: consiste en abrir al paciente, trabajar los órganos necesarios, suturarlo y enviarlo a una sala para su posterior recuperación.
- La esterilización del quirófano; limpieza de los recursos reutilizables para su uso posterior.

Calendarizar las intervenciones de los quirófanos, depende de muchos factores y se tiene que considerar ciertas restricciones para su realización. A continuación se listan los factores que pudieran influir directamente a la programación de las intervenciones quirúrgicas:

- La estimación del tiempo de duración de las intervenciones quirúrgicas. Este factor afecta la secuencia de las cirugías, hay dos situaciones que se presentan (Aringhieri , 2009):
  1. Sobreestimar tiempos: esto implica tener quirófanos con tiempo muerto, es decir, tiempo en el que no se le da uso al quirófano y si se presentan varias intervenciones quirúrgicas en esta misma situación se está desaprovechando el tiempo de uso del quirófano.
  2. En caso contrario, subestimar tiempos conlleva retrasar el inicio de la siguiente intervención quirúrgica y eso implica tentativamente retrasar todas las intervenciones quirúrgicas posteriores.

En la figura 3 se puede apreciar una manera visual los ejemplos de la sobreestimación y la subestimación.

### Sobreestimación

TP Cirugía 1	TP Cirugía 2
TR Cirugía 1	TR Cirugía 2

TP = Tiempo planeado  
TR = Tiempo real

### Subestimación

TP Cirugía 1	TP Cirugía 2
TR Cirugía 1	TR Cirugía 2

TP = Tiempo planeado  
TR = Tiempo real

Figura 3. Mala estimación en los tiempos de la cirugía.

Desafortunadamente, el manejo de la incertidumbre por la estimación en la duración de las cirugías, hace difícil determinar una hora exacta para que los médicos puedan llegar a tiempo y que el equipo de trabajo se aliste a tiempo. Lo que afecta que haya un tiempo muerto en la espera del equipo médico.

- La carga de trabajo del personal médico: este factor afecta la disponibilidad del personal implicado en la composición de los equipos de trabajo. El tiempo debe limitarse a las diversas actividades del médico dentro y fuera del hospital como son las horas de: consulta, impartir clases y la revisión de sus pacientes. Aunado a eso, se considera el tiempo del personal que participa en la intervención quirúrgica. Además sin olvidar mencionar las vacaciones, las guardias asignadas y los tiempos de descanso que el personal médico requiere para recuperarse después de las horas invertidas en las cirugías, para realizar su tarea en óptimas condiciones.

- El material quirúrgico: Dentro de este factor se encuentra el material desechable y el material reutilizable (instrumentos, máquinas entre otros) necesario para realizar el procedimiento quirúrgico. En algunos casos el no tener disponible el material quirúrgico, sería necesario reprogramar la cirugía hasta el arribo del recurso. Dentro de la estimación del tiempo de la cirugía, se tiene que contemplar el tiempo de esterilización que conlleva la limpieza de los recursos reutilizables.
- La distribución de tipos de quirófanos: este factor es determinante para la utilización que tienen los quirófanos, en algunas ocasiones los quirófanos son distribuidos entre las diferentes especialidades del hospital, afectando el balanceo del uso del quirófano. Una práctica común en los hospitales es tener quirófanos dedicados exclusivamente para las intervenciones urgentes. Los quirófanos se pueden dividir en salas de partos, hemodinamia, parto, endoscopia, entre otras.

- Capacidad hospitalaria: este factor se determina por la infraestructura que posee el hospital, el cual determina la cantidad de quirófanos, el número de personal médico que labora, la cantidad de camas entre otros.

Abdelrasol et al (2013) proponen una división a tres niveles para abordar el problema de la calendarización; estos problemas son diferentes y a su vez conservan una relación; se dividen de la siguiente manera:

- Nivel estratégico: aquí se determina el tiempo en que un recurso es distribuido en cada una de las especialidades médicas. Ya uscando el máximo beneficio o minimizando el costo.
- Nivel táctico: en este nivel el tiempo del quirófano se asigna a las especialidades. Se maximiza la utilización o se balancea la carga de uso.
- Nivel operacional: finalmente se les asigna una fecha, hora y un quirófano a los diferentes casos de las especialidades, se ordenan a los pacientes en los quirófanos asignados. Minimizando el tiempo de espera, el tiempo de sobreuso del quirófano, los casos cancelados o maximizar su uso.

A mayor número de factores

considerados para la calendarización, mayor será la dificultad; en ocasiones, intervienen otras áreas del hospital que son las encargadas de manejar algunos factores. Si se incluyen otros departamentos como son: admisión hospitalaria recursos humanos, enfermería, anestesiología; los factores incrementan de manera considerable la complejidad. No hay que olvidar las limitaciones que se pueden presentar en las programaciones, como son las fallas de los proveedores de servicios y de materiales pueden tener, la capacidad de la infraestructura hospitalaria, así como la categoría del hospital.

Trabajar los problemas de optimización en una calendarización, es necesario delimitar o iniciar con un bloque pequeño para que posteriormente se puedan ir probando técnicas o herramientas de Inteligencia Artificial que den mejores resultados en la búsqueda de la optimización de recursos implicados.

Los hospitales ubicados dentro del sector público es donde se encuentran los casos más interesantes para modelar, sin embargo son los que mayores restricciones pueden presentarse debido a la administración gubernamental y la disponibilidad de recursos. Por otro lado los hospitales del sector privado serian idóneos debido a que en cuestión de disponibilidad de recursos tendrían una mayor ventaja sobre los del sector público.

## DISCUSIÓN

Los factores a considerar para la calendarización de las cirugías dependen de la dirección que se le dé, la cantidad de elementos a optimizar y la complejidad del enfoque tomado. Para mejorar la secuencia de las cirugías y reducir el tiempo muerto del quirófano y el tiempo de espera del

paciente, es necesario desarrollar o utilizar métodos efectivos de evaluación de desempeño.

Existen diversos enfoques para modelar la distribución de los recursos implicados en la programación de cirugías (optimización de la distribución de enfermeras, de las

camas, las listas de espera) y cada uno trata diversos factores. A continuación se muestran un concentrado de los factores que tienen en común las referencias utilizadas en

el artículo. Si la referencia utiliza el factor descrito, se marcará con una “x”, en caso contrario se deja en blanco.

<b>Factores</b>	<b>R2</b>	<b>R5</b>	<b>R6</b>	<b>R7</b>	<b>R9</b>
Listas de espera	x	x			x
Quirófanos	x	x	x	x	x
Camas	x			x	x
Pacientes electivos	x	x	x	x	x
Pacientes no electivos	x	x		x	
Estimación de tiempos	x	x	x	x	x
Tipos de cirugías		x			
Equipo de trabajo		x	x	x	
Cargas de trabajo				x	

**Tabla 1. Comparación de criterios.**

Las referencias dan cuenta de algunos factores para realizar un modelo sobre la programación de las intervenciones quirúrgicas. Manejar la característica de los pacientes no electivos en sus dos variantes (urgentes y emergentes), genera un grado de incertidumbre, esto impacta de manera importante, ya que ocasiona que la calendarización de las cirugías no sea estática y se vuelva dinámica.

Las listas de espera para los hospitales públicos, tienden a tener periodos de espera largos debido a los presupuestos que están sujetos y al número de población de derechos-habientes que hacen uso. En cambio las listas de espera en los hospitales privados, tienden a tener periodos de espera cortos, dado que este tipo de hospitales cuenta con todo lo necesario para una intervención quirúrgica y la población que hacen uso es delimitada por el costo de los

servicios que ofrece el hospital.

Podría ser de interés el planteamiento de un modelo que independiente del sector al que pertenezca un hospital (público o privado), se basara en el manejo de los recursos asignados al quirófano. Para así, asignar la mejor fecha posible al procedimiento quirúrgico del paciente y reducir su tiempo de espera.

Realizar un uso eficiente de los recursos programados y distribuirlos de manera idónea, es el objetivo que se busca con la calendarización, ya que se pretende darles un uso óptimo a los recursos para que satisfagan las necesidades de los derecho-habientes del hospital, así como la realización de la cirugía en el tiempo establecido y maximizar el beneficio sin requerir un costo adicional o en el tiempo de espera excesivo a los pacientes.

## REFERENCIAS

Abdelrasol Z, Harraz N., Eltawil A. 2013. *A Proposed Solution Framework for the Operating Room Scheduling Problems*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science.

Aringhieri R, D Duma. 2014. *A Hybrid Model for the Analysis of a Surgical Pathway*. IEEE. International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications. pp. 889-900.  
<http://dx.doi.org/10.5220/0005148408890900>.

Bass LB & M Garbey. 2014. *A road map for computational surgery: challenges and opportunities*. Springer. Journal of Computational Surgery Computing, Robotics, and Imaging for the Surgical Platform. pp. 889-900.  
<http://dx.doi.org/10.5220/0005148408890900>.

Bofei S, J Song & S Leyuan. 2013. *Integrated Operating Room Scheduling Optimization under Particularly Workload Constrain of Surgeon*. IEEE. International Conference on Automation Science and Engineering. pp. 972-977.  
<http://dx.doi.org/10.1109/CoASE.2013.6653965>.

Cardoen B, E Demeulemeester & J Beliën. 2010. *Operating room planning and scheduling: A literature review*. European Journal of Operational Research, pp. 921-932.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.011>.

Raisa A & A Viana. 2010. *Operations Research in Healthcare: a survey*. IFORS. International Federation of Operational Research Society, pp. 1-32.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-3995.2010.00767.x>.

Tanfani E & A Testi. 2010. *Improving surgery department performance via Simulation and Optimization*. IEEE. Workshop on Health Care Management (WHCM), pp. 1-6.  
<http://dx.doi.org/10.1109/WHCM.2010.5441255>.

Yahia Z, N Harraz & B Eltawil. 2014. *Building Master Surgery Schedules with Leveled Bed Occupancy and Nurse Workloads*. IEEE. International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. pp. 89-93.  
<http://dx.doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058606>.