

# SIMULACIÓN DE UNA UNIDAD HOSPITALARIA DE URGENCIAS Y SU USO POTENCIAL PARA LA GESTIÓN

Patricia Barber Pérez / Beatriz González López-Valcárcel

Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

## Resumen

En este trabajo se modeliza la Unidad de Urgencias del Hospital Ntra. Sra. del Pino como un sistema de colas y se diseñan y analizan mediante técnicas estadísticas de simulación con el lenguaje de programación SIMSCRIPT II.5 estructuras organizativas alternativas encaminadas a tres objetivos fundamentales: cómo se puede mejorar la eficiencia técnica de la Unidad a través de la reorganización y reasignación de la fuerza de trabajo actual; cómo reacciona el sistema ante cambios en las tasas de afluencia de los pacientes; y qué decisiones sobre asignación adicional de recursos serían más eficientes. Los cuellos de botella actuales son el Servicio de Clasificación, el Laboratorio de Analítica y el Servicio de Radiodiagnóstico, con tiempos medios de espera de 11, 31 y 12 minutos respectivamente. Algunos de los diseños alternativos pueden mejorar esta situación con un coste social que se cuantifica en el trabajo.

**Palabras clave:** Modelos de simulación. Gestión sanitaria. Atención hospitalaria.

## SIMULATING A HOSPITAL EMERGENCY DEPARTMENT AND ITS USE IN MANAGEMENT Summary

We developed a computer simulation model of Emergency Department Operations of the Hospital Ntra. Sra. del Pino as a queue system. We designed and analyzed alternative functional structures of the Department and their implications on resources organization and reallocation. We programmed the operations, relations and flows between the components of the system with the simulation language SIMSCRIPT II.5. We have designed alternative configurations to assess how technical efficiency could be improved through the reallocation of human resources; how the system react would to interarrival time of patients changes; and what decisions must be taken about resources allocation in order to improve efficiency. Triage, Emergency Laboratory and radiology have the maximum average waiting times (11, 31 and 12 minutes, respectively). Some alternative organization patterns may improve this problem. Their social cost is also quantified in this work.

**Key words:** Computer simulation models. Health management.

## Introducción

Las Unidades hospitalarias de Urgencias están sometidas a una problemática específica<sup>1</sup>. Durante los años ochenta sufrieron en general un aumento de frecuentación tanto absoluta como en relación a la población de referencia, debido entre otras causas al uso inadecuado de sus servicios<sup>2,3</sup> como sustitutivos de la atención primaria, o para solventar las listas de espera de internamiento en el hospital. La tecnificación de la medicina de urgencias es un elemento adicional de

atractivo<sup>4</sup> que representa además un gran aumento de sus costes en relación a los de la atención primaria. Frente a esta demanda creciente, la oferta a corto plazo es relativamente rígida, al menos en cuanto a instalaciones, por lo que se han venido produciendo saturaciones de los servicios<sup>4</sup> con tiempos de espera inaceptablemente elevados para enfermos necesitados de atención urgente y con colapsos notorios en el funcionamiento de las actividades de emergencia.

La gran afluencia a Urgencias de pacientes no urgentes traduce la incapacidad del sistema de

*Correspondencia:* Patricia Barber Pérez. Universidad de Las Palmas de G.C. Departamento de Economía Aplicada. Facultad de CCEE y EE. Campus de Tafira. 35017 Las Palmas de G.C.

Este artículo fue *recibido* el 12 de julio de 1993 y fue *aceptado*, tras revisión, el 9 de mayo de 1994.

atención primaria y por lo tanto sugiere abordar la reorganización del sistema de urgencias en un contexto más amplio que contemple toda la red. En este sentido se inscriben algunas propuestas de reforma y planes de urgencias<sup>5</sup>.

Por otra parte, la Puerta de Urgencias es el primer contacto con el hospital para muchos ciudadanos: la llamada *presión de urgencias* (porcentaje de ingresos hospitalarios urgentes sobre el total) es del 62,5% en 1993 en el conjunto de los hospitales de Insalud-Gestión Directa, según los objetivos acordados entre las partes<sup>6</sup>. De ahí que la imagen del Centro que se forman los usuarios esté muy mediatizada por la de su Servicio de Urgencias. Así pues, el marketing de un hospital empieza en su Unidad de Urgencias. Cómo funciona este Servicio es un indicador de funcionamiento del resto del hospital; un funcionamiento u organización inadecuados hipoteca la política de admisiones y desincentiva a los médicos especialistas y MIR sobrecargándoles innecesariamente de trabajo.

De ahí que una segunda corriente de propuestas de reforma de las Unidades de Urgencias haga hincapié en su reorganización interna, en la reasignación de medios humanos y materiales más adecuada y en la canalización de los flujos de pacientes a través del sistema. En esta corriente se inscriben los intentos de frenar la afluencia de espontáneos no urgentes mediante un filtro situado a la entrada del servicio<sup>7</sup>: es la figura del clasificador, que puede ser un médico de urgencias<sup>8</sup> o bien personal de enfermería<sup>5</sup>.

En el hospital Nuestra Sra. del Pino, objeto material del presente trabajo, se optó por esta segunda línea en 1987, introduciendo en el organigrama de Urgencias un médico clasificador. Éste desvió a atención primaria o directamente a su casa al 22,5% de los pacientes que acudieron al Servicio en 1988, porcentaje que había aumentado hasta el 35,8% en 1991. El porcentaje de pacientes en Urgencias que ingresaron en el hospital se ha mantenido, sin embargo, estable durante esos años, en torno al 12%, mientras que la *presión de urgencias* ha disminuido en el mismo período del 59% al 54%. El efecto más palpable ha sido la inversión en la tendencia anual de llegada de pacientes a la Unidad, que pasó a ser decreciente. En 1988 hubo 213,8 asistencias por mil habitantes; en 1992 se había reducido a 162,9. Esta cifra es bastante inferior a la prevista para 1993 para el conjunto de los hospitales de Insalud-Gestión Directa<sup>6</sup>.

Un Servicio de Urgencias hospitalario es un sistema complejo que requiere un alto grado de coordinación e interrelaciones entre elementos materiales y humanos, donde el conjunto de activida-

des desplegadas para atender a un paciente es secuencial y pueden surgir cuellos de botella, esperas innecesarias e ineficiencias. Por su complejidad, un Servicio de Urgencias hospitalarias se presta a ser modelizado mediante simulación con objeto de evaluar la estructura organizativa actual y encontrar diseños alternativos más eficientes, en el sentido de producir atención adecuada a los pacientes minimizando el coste social en el que se incurre, esto es, tanto el coste monetario para el hospital por el servicio que ofrece como el coste de oportunidad de la espera para recibir el servicio. Concretamente, los objetivos de este trabajo, referidos al Servicio de Urgencias del Hospital Ntra. Sra. del Pino, son: a) contribuir a evaluar la eficiencia de posibles reformas internas de la política de recursos humanos, b) evaluar el comportamiento del Servicio, con su estructura actual, si la tasa de afluencia de los pacientes aumenta: pronosticar dónde se producirían los principales cuellos de botella, cuánto aumentarían los tiempos de espera en cada nodo del circuito de urgencias y en qué momento se alcanzaría el punto de saturación. Este estudio permite diseñar reacciones del Servicio para el caso, por ejemplo, de accidentes masivos o catástrofes; c) detectar en qué tipo de infraestructura o tecnología de urgencias sería socialmente más beneficiosa una inversión adicional; por ejemplo, montar un segundo laboratorio de Urgencias o comprar otro aparato de RX; d) el último objetivo es poner de ejemplo la utilidad de esta técnica como una de las herramientas de gestión de Unidades complejas, de Urgencias o de otro tipo.

---

## Sujetos y métodos

Se ha diseñado y puesto en marcha un experimento de simulación del Servicio de Urgencias del Hospital Nuestra Sra. del Pino en su funcionamiento actual y bajo reorganizaciones alternativas.

Podemos concebir la Unidad de Urgencias como un sistema de colas complejo con múltiples canales de Servicio secuenciales interrelacionados entre ellos y posibles flujos y circuitos de pacientes. En estos sistemas complejos los requisitos formales necesarios para la obtención de una solución analítica a través de los métodos tradicionales de teoría de colas limitan considerablemente la utilidad de sus resultados. Una solución alternativa viable es la simulación, proceso consistente en diseñar un modelo matemático de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de recoger el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del mismo. La

aplicación de la simulación al ámbito sanitario no es novedosa<sup>9</sup>, pero solo conocemos un trabajo<sup>10</sup> de simulación de Urgencias realizado en EEUU, por lo que el que presentamos es pionero en España. Un proceso de simulación se fundamenta en la elaboración de un modelo que representa el sistema real. Combina dos aspectos diferenciados, el diseño estadístico y la programación informática. Presenta las siguientes ventajas respecto a los métodos analíticos: a) en aquellos sistemas que no pueden ser formulados matemáticamente, o que incluso pudiendo ser formulados no existen métodos analíticos para su resolución, la simulación es frecuentemente la única técnica de análisis posible; b) representa en un corto período de tiempo años de vida del sistema; c) permite conocer la evolución de un sistema sin actuar sobre él directamente, mediante la experimentación con el modelo en vez de emplear el sistema real; d) permite determinar cómo reaccionaría este último ante diseños alternativos del mismo, es decir, modificando sus *inputs*. Sus principales inconvenientes son la complejidad de su elaboración y programación informática y la dificultad para validar sus resultados.

Para nuestro experimento de simulación un equipo de 17 personas ha tomado datos directa e ininterrumpidamente en cada uno de los nueve canales de servicio en que se ha dividido la Unidad durante una semana completa, del 3 al 9 de junio de 1992 (semana considerada estándar en el sentido de no incluir días festivos o pertenecer a períodos vacacionales), período durante el cual llegaron a la unidad 1112 pacientes de los que se recabó sus tiempos de estancia en cada uno de los servicios utilizados de la unidad.

En este sentido, con el objeto de estudiar la homogeneidad del número de pacientes recibidos durante el período muestral (y por tanto, la actividad del hospital) respecto a otras semanas del año, las posibles diferencias fueron contrastadas con la información ya existente en la unidad respecto a los pacientes recibidos en otras semanas del año, aceptándose la representatividad de la actividad en la semana considerada.

Los nueve canales de servicio que se han modelizado responden al circuito que estructura la atención al paciente en dos niveles asistenciales. El primero está configurado por médicos de urgencia hospitalaria y a su vez tiene dos escalones operativos, el médico clasificador y los dos de Puerta (medicina interna y cirugía/traumatología). El segundo nivel asistencial está cubierto por los médicos especialistas y residentes del resto de los Servicios del hospital mediante la realización de guardias en la Unidad, en el hospital o localizadas. Desde todos los servicios

asistenciales pueden prescribirse al paciente determinadas pruebas de diagnóstico o tratamiento entre las que destacan por la frecuencia con que se prescriben o por los costes en que incurren las pruebas analíticas, ECG, Radiología y Yesos y Curas. Además, el paciente puede estar en el sistema sin estar recibiendo un servicio propiamente dicho ni en cola esperando para recibirlo, cuando está en observación en boxes o en la Unidad crítica.

Una vez definidos los canales asistenciales y los posibles flujos entre ellos, la simulación requiere ajustar los datos muestrales de tiempos entre llegadas y de servicio en cada canal a distribuciones estadísticas de probabilidad. Esto es lo que permite reproducir posteriormente mediante la generación de observaciones aleatorias el funcionamiento de la Unidad. Una vez determinadas las distribuciones de probabilidad ajustadas a los tiempos entre llegadas y de servicio, como segundo ingrediente necesario para la simulación del funcionamiento del sistema, es necesario cuantificar los flujos de los pacientes entre los diferentes canales asistenciales considerados de forma que pueda reproducirse probabilísticamente la evolución del paciente desde que entra hasta que sale de la unidad.

De esta forma, tendremos diseñado lo que se denomina *modelo conceptual* del sistema. La implementación informática de este modelo formaliza la consecución del *modelo formal*. La programación informática se realizó con el lenguaje de programación para simulación Simscript II.5<sup>11</sup>.

Una vez ejecutado el programa se obtienen los resultados del experimento de simulación. Es, precisamente, el análisis de estos resultados, uno de los aspectos más relevantes en un estudio de simulación en el sentido de que se requiere el análisis y selección de los diferentes métodos existentes para ello en función de las características del sistema que se simula.

Puesto que una de las principales ventajas de la simulación es la posibilidad de conocer qué ocurriría en el sistema ante cambios en su forma de funcionamiento, además del modelo que simula el funcionamiento actual, hemos diseñado ocho diferentes escenarios alternativos que clasificamos en tres grupos diferentes según las características de las modificaciones realizadas (Tablas 1 y 2).

En primer lugar agrupamos aquellos diseños que reorganizan los recursos humanos, combinando y/o alterando el número de médicos en los canales asistenciales del Servicio de Urgencias propiamente dicho -clasificación y Puertas-, desde donde reciben el alta el 70 por ciento de los pacientes que llegan al Servicio. Dentro de las alternativas que mantienen el número de médicos actual, la primera (A1) transfor-

**Tabla 1. Diseños alternativos de funcionamiento de la Unidad**

Diseños alternativos			
Primer grupo		Segundo grupo	Tercer grupo
Variaciones en recursos humanos		Variaciones en la tasa de llegadas al sistema	Variaciones en las tasas de servicios en dos servicios de diagnóstico: Analítica y Radiología.
Sin modificación en los costes	Con modificación en los costes	A6	A7 A8
A1 A2 A3	A4 A5		

ma el canal paralelo de las dos Puertas en un único canal con dos facultativos, unificando por tanto las dos colas. En segundo lugar se simula un sistema (A2) con dos médicos en clasificación y uno en Puertas. El tercer diseño (A3) suprime la figura del clasificador y el canal de Puertas trabaja con tres facultativos.

Dentro de los diseños que alteran el número global de servidores se han ensayado dos alternativas. En la primera (A4) se incrementa un clasificador en el turno de día y en la segunda (A5) se reduce un médico de Puerta, respecto al modelo actual en ambos casos.

En segundo lugar se analiza el sistema simulando variaciones en la tasa de llegadas que pueden producirse por determinados factores exógenos: disminución del número de pacientes que llegan al Servicio como consecuencia de una reorganización de la atención primaria o, por el lado contrario, incrementos en la tasa de llegadas como consecuencia, por ejemplo, de accidentes especiales que reflejen los puntos de colapso dentro de la Unidad y que en ambos casos pueden sugerir la conveniencia

de reforzar algún canal del sistema con recursos humanos adicionales.

Los dos últimos modelos experimentales implican una alteración en las tasas de servicio. Se analiza la evolución del sistema mediante variaciones en las tasas de servicio en las Unidades de servicios auxiliares de diagnóstico, concretamente Analítica y Rx, que se conseguirían mediante inversiones adicionales.

Como medida de resultados en base a los cuales se compara el funcionamiento del sistema entre el modelo actual y las diferentes configuraciones alternativas diseñadas, se han determinado los parámetros habituales en el análisis de la teoría de colas y que se detallan en la tabla 3. De esta forma, para cada uno de los nueve canales de servicio diferenciados se ha determinado el tiempo promedio que un paciente está esperando para recibir atención, es decir, el tiempo medio que espera en cola; el tiempo que por término medio el paciente permanece en ese canal de servicio (incluye el tiempo en espera más el tiempo en el que recibe atención); el número de pacientes que por término medio está esperando en cola en cada servicio; el tiempo que, por término medio, debe esperar el paciente para recibir la primera asistencia en la unidad; el tiempo medio que el paciente permanece en la unidad de urgencias; el número de pacientes atendidos en cada canal y la tasa de ocupación de cada canal de servicio, esto es, la ratio entre el tiempo efectivo de atención al paciente y el tiempo total de servicio.

Por su parte, en el ámbito del análisis de colas, el coste de un servicio está determinado por dos componentes, el coste directo de la provisión del servicio y el coste que puede atribuirse al tiempo de la espera para recibir ese servicio.

Respecto al primero, el coste directo del servicio, dentro de los procesos definidos en el hospital, la unidad de urgencias se define como una unidad funcional homogénea. Como tal, se le imputan, además de los costes propios de la unidad -que

**Tabla 2. Diseños alternativos A1 a A5: Variaciones de recursos humanos**

		Número de médicos					
		Sin modificación de costes			Con modificación de costes		
Modelo básico		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	
Clasifica	Puerta	Clasifica	Puerta	Clasifica	Puerta	Clasifica	Puerta
Día 8-24 h	1 11	1 2	2 1	0 3	2 2	1 1	1 1
Noche 0-8 h	1 1	1 1	1 1	0 2	1 1	1 1	1 1

representaron un 61 por ciento del total en el ejercicio de 1992-, los procedentes de los grupos funcionales homogéneos intermedios de carácter estructural y asistencial, que supusieron un 3,5 y 36 por ciento respectivamente del coste total de la unidad en 1992. Determinándose de esta forma el coste total de la unidad.

La determinación del coste que puede suponer para un usuario el tiempo que espera para recibir un determinado servicio está asociado a situaciones y consideraciones difícilmente cuantificables. La tradicional aproximación a la cuantificación compensatoria que anula el perjuicio de la espera mediante la valoración marginal del pago monetario del empleo a través de la tasa neta del salario en el mercado laboral no refleja adecuadamente el pago compensatorio que anula este perjuicio, puesto que supone la consideración de un único precio por la espera, independientemente del objetivo que se persigue con el servicio o producto que se adquiere<sup>12</sup>. Especialmente, cuando la espera está relacionada con un servicio sanitario y de urgencias, la gran diversidad de situaciones personales, sociales y económicas y, por ende, la subjetiva percepción del enfermo de su estado de salud determinan situaciones altamente heterogéneas y difícilmente cuantificables.

Es posible, sin embargo, fijando la premisa de que el coste total (coste del servicio más coste de espera) sea el mismo para cada configuración diseñada e igualando la ecuación de costes entre las alternativas, poder determinar el precio sombra, que habría que asignar al usuario para que fuera socialmente indiferente una u otra alternativa.

## Resultados

Tal como se señaló es necesario establecer las distribuciones de probabilidad y flujos que permitan reproducir la evolución del paciente desde que entra hasta que sale de la unidad. Para ello previamente se ha contrastado la existencia de estacionalidad, no encontrando diferencias significativas en los tiempos entre llegadas de pacientes a la Unidad entre días de la semana, como parece ocurrir también en un grupo de hospitales comarcales de Cataluña<sup>7</sup>, pero sí entre intervalos horarios. Las distribuciones son homogéneas desde las 0 a las 9 horas, desde las 9 hasta las 14 horas y desde las 14 hasta las 0 horas. Algunos tiempos de servicio se ven afectados por la presión de la demanda, por lo que se han ajustado diferentes distribuciones de probabilidad para los tres tramos horarios. En la figura 1 puede apreciarse que en general los tiempos del proceso asistencial

siguen distribuciones muy asimétricas, coincidiendo con lo reseñado en otros trabajos<sup>2</sup>.

Por su parte, el análisis de las frecuencias muestrales de los posibles circuitos del paciente desde su entrada hasta su salida de la Unidad viene recogida en la figura 2.

El método de análisis de resultados aplicado es el denominado *método de los bloques*. En base a ello se ejecutó el modelo en bloques de tres días, debiéndose ejecutar un total de 317 bloques de esta amplitud con el objeto de que los parámetros de resultados (Tabla 3) cumplan las propiedades estadísticas necesarias.

Los resultados principales de la estimación de estos parámetros mediante simulación para el organigrama actual se muestran en la tabla 4 en la que puede observarse para cada canal de servicio el número medio de pacientes que esperan para ser atendidos además del número máximo y mínimo de pacientes que han llegado a estar en cola. Y, respecto al tiempo que están esperando para ser atendidos, el tiempo promedio, máximo y mínimo de espera. En la última columna de la tabla se determina el tiempo promedio que el canal está atendiendo propiamente a un paciente, esto es, el porcentaje de ocupación.

Del análisis de estos resultados destacamos las siguientes características:

El Servicio de clasificación, con una tasa de ocupación del 48 por ciento, soporta las mayores colas del sistema con un máximo de hasta diez pacientes esperando para recibir servicio. En promedio se está en cola cuatro veces el tiempo asistencial efectivo (tres minutos). El tiempo medio en cola de Puerta, en torno a tres minutos, es sustancialmente inferior.

El número medio de pacientes en el sistema es también superior a uno en los canales de Especialidad, Rx, y Analítica. En los tramos horarios de mayor actividad el tiempo de espera máximo es de 37 minutos por el especialista, 29 minutos en Rx y 90 minutos por una analítica.

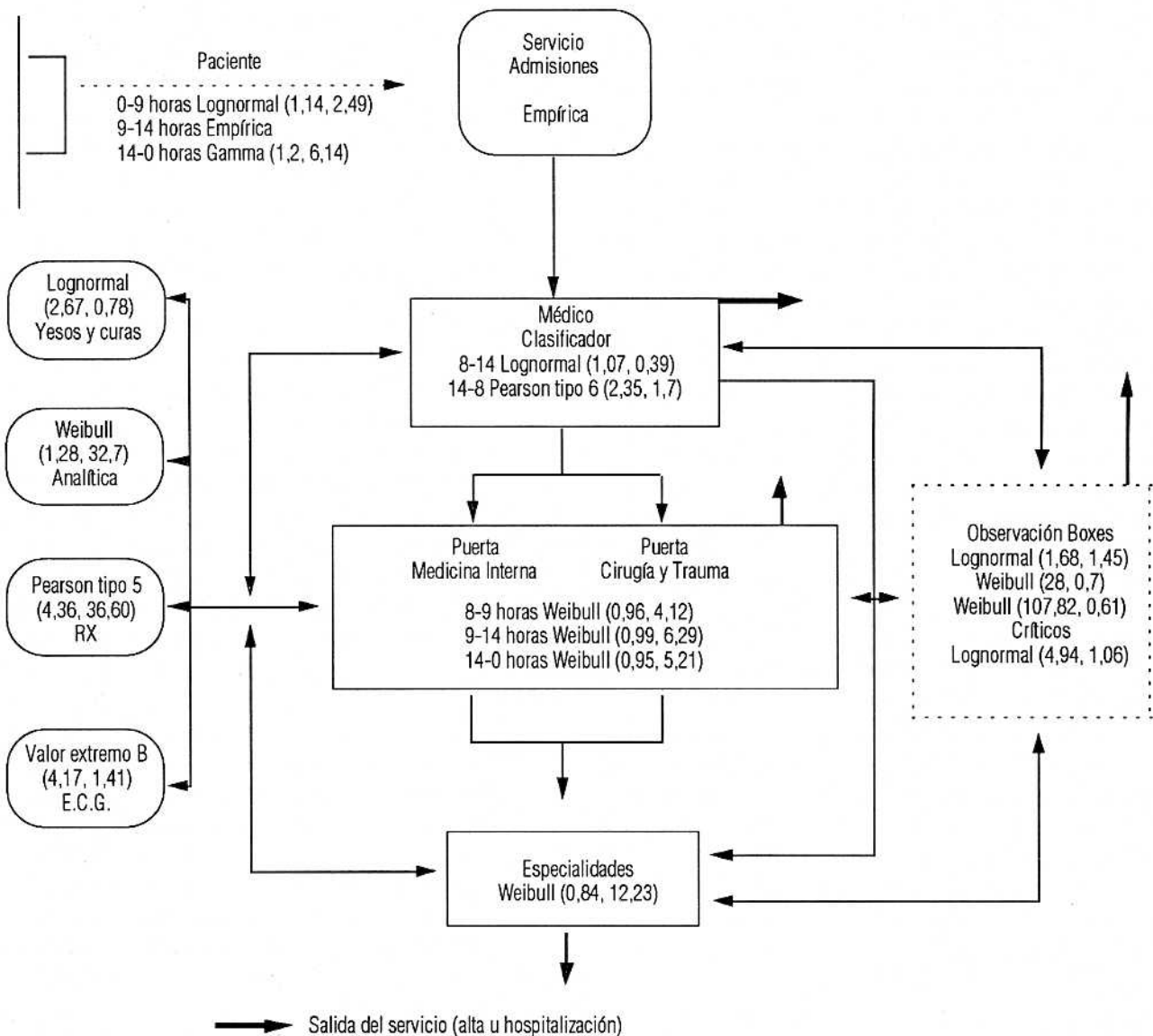
Las menores tasas de ocupación de la Unidad se dan en los Servicios de ECG y Yesos y curas: 0,14 y 0,18 respectivamente.

Un paciente hipotético que pasara por el circuito completo estaría esperando el 41 por ciento del tiempo que pasa en la Unidad; éste se reparte entre analítica (44%), RX (17%), clasificación (15%) y especialidades (9,7%).

Respecto a los resultados principales de la simulación de los diseños alternativos, destacamos los siguientes:

La alternativa A1, que transforma los dos canales paralelos de Puertas en uno con dos servidores

Figura 1. Diseño de los canales de servicio y ajustes de distribuciones de probabilidad.



incrementa la eficiencia del sistema ya que, con el mismo coste, disminuye el tiempo medio de espera de los pacientes.

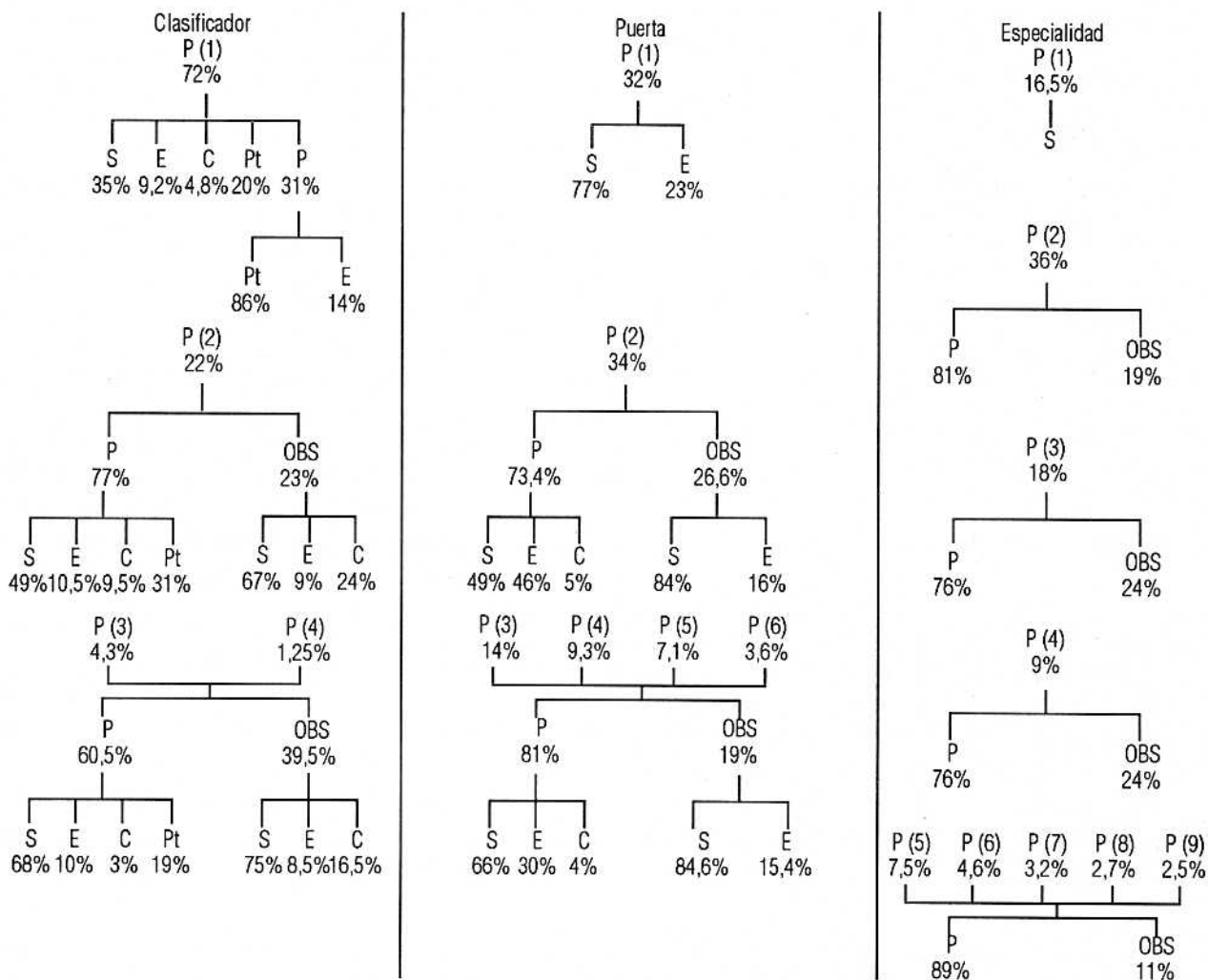
La alternativa A2, con dos clasificadores y un solo médico de Puerta, aumenta respecto al modelo base el tiempo medio de espera en Puerta de 3 a 12,7 minutos. Entre las 14 y las 24 horas, la longitud máxima de la cola en Puerta sube a cinco pacientes. El Servicio de clasificación no soportaría prácticamente colas.

Suprimir la figura del médico clasificador pasándolo a una tercera Puerta (A3) haría disminuir según el modelo el tiempo medio de espera hasta la primera atención de 11,0 minutos a 4,47 minutos.

Mediante las alternativas A4 y A5 se simula qué ocurriría al contratar un médico de Puerta adicional

(A4) o al prescindir de uno de los dos actuales (A5). El tiempo medio de espera y el número medio de pacientes en la cola varían sustancialmente (Tabla 5) (se comparan con el modelo A1 solamente los diseños alternativos -A4 y A5- que implican incremento o disminución de los costes al incorporar o prescindir de facultativos) entre sí y respecto a la alternativa base, pero también lo hace el coste del servicio. Valorando el precio sombra del tiempo del paciente por encima de 2.738 ptas./hora (cantidad que haría equivalente respecto al coste total la alternativa A4 y A1) sería socialmente eficiente contratar al médico de Puerta adicional. Por el contrario, si el valor que puede asignarse al tiempo por la espera es inferior a 1.275 ptas./hora (cantidad que

Figura 2. Frecuencias muestrales de los flujos del circuito asistencial



Pruebas Clasificador	
ECG	30,7%
RX	38,1%
Analítica	9,8%
ECG y RX	3,2%
ECG y analítica	2,7%
RX y analítica	4,2%
ECG, RX y analítica	2,6%
Curas o yesos	5,5%
Curas o yesos y RX	3,2%

		Pruebas Puerta P (Ppt/Pcf)							
Ppt	Pcf	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0,14	0,005	0,05	0,08	0,007	0,007	0,07	0,03
0	1	0,09	0	0,34	0,07	0	0	0,06	0
1	0	0,049	0,007	0,02	0	0,005	0	0	0
1	1	0,014	0	0	0,002	0	0	0	0
2	0	0,024	0	0,005	0	0	0	0	0
2	1	0,022	0,002	0	0	0	0	0	0
3	0	0,017	0	0	0	0	0	0	0
3	1								
4	0								
4	1								
5	0								
5	1								

Pruebas Especialidad	
ECG	3,7%
RX	18,9%
Analítica	17,2%
ECG y RX	3,2%
ECG y analítica	5,2%
RX y analítica	9,4%
ECG, RX y analítica	16,2%
Curas o yesos	15,7%
Curas o yesos y RX	10,5%

P (l)= Número de visitas recibidas por el paciente en cada canal. l= 1, 2, ...9

S= Salida del sistema  
E= Canal especialidad  
Pt= Canal puerta  
P: Prueba  
C= Obs. críticos  
OBS= Observación

Pcf= Prueba mandada clasificador  
Ppt= Prueba mandada puerta

0= No prueba  
1= ECG  
2= RX  
3= Analítica  
4= ECG y RX  
5= ECG y analítica  
6= RX y analítica  
7= ECG, RX y analítica

**Tabla 3. Parámetros de resultados**

Tiempo de espera medio, máximo y mínimo: En cola, servicio de admisión y facultativos En cola, exploraciones y procedimientos En el sistema Hasta la primera atención
Tiempo de permanencia medio, máximo y mínimo En servicio de admisión y facultativos En exploraciones y procedimientos En el sistema
Número de pacientes medio, máximo y mínimo En cada una de las colas del sistema En cada uno de los canales del sistema
Número de pacientes Que entran y salen del sistema en el período Asistidos en cada canal de servicio
Tasa de ocupación para cada canal de servicio

haría equivalente respecto al coste total la alternativa A5 y A1) debería establecerse el diseño alternativo A5 que prescinde de un médico. Si el coste de oportunidad está entre 1.275 ptas./hora y 2.738 ptas./hora el diseño actual compensa socialmente el coste de la espera.

Respecto a las reacciones del sistema ante cambios en la demanda, la simulación ha determinado el

punto, correspondiente a una tasa de llegadas de 12 pacientes por hora, a partir del cual el Servicio se saturaría rápidamente. En la actualidad, entre las 9 y las 14 horas la tasa media de llegadas al sistema es 10,6 pacientes por hora. Por lo tanto, en sus horas punta el sistema no está lejos del punto de saturación.

El último grupo de simulaciones ensaya los resultados de montar un segundo laboratorio de Urgencias (A7) o un segundo equipo de RX (A8), que son los mayores cuellos de botella en el funcionamiento actual. El tiempo total de espera acumulado a lo largo del circuito asistencial disminuye de 69 minutos en promedio en la actualidad a 42 minutos y 63 minutos respectivamente según las alternativas A7 y A8. Teniendo en cuenta los costes respectivos de inversiones y mantenimiento, hemos determinado en 8.593 ptas. hora y 14.769 ptas. hora los precios implícitos del tiempo de espera de los pacientes que justificarían socialmente la puesta en marcha de A7 y A8 respectivamente.

### Discusión

Nuestra aproximación a la Unidad de Urgencias del Hospital Nuestra Señora del Pino se ha realizado desde la óptica de la determinación de un conjunto

**Tabla 4. Parámetros de resultados del Modelo Básico**

	Nº medio de pacientes en cola	Nº Máximo de pacientes en cola	Nº mínimo de pacientes en cola	Tiempo promedio de espera para atención (minutos)	Tiempo máximo de espera para atención (minutos)	Tiempo mínimo de espera para atención (minutos)	Porcentaje tiempo de ocupación
Administra.	0,072	0,124	0,035	0,713	1,19	0,373	0,27
Clasificador	1,51	9,57	0,327	11,0	76,1	2,57	0,48
Puerta A	0,202	1,36	0,07	3,25	16,9	1,24	0,34
Puerta B	0,228	0,97	0,04	3,19	7,87	0,987	0,36
Especialidad	0,49	3,03	0,071	6,75	37,4	1,24	0,49
Rayos X	0,519	1,25	0,087	12,0	29,6	2,75	0,48
ECG	0,018	0,11	0,005	0,631	4,07	0,221	0,14
Analítica	0,989	3,70	0,13	30,95	89,7	5,20	0,62
Yesos y Curas	0,038	0,209	0,001	4,14	22,7	0,139	0,18

**Tabla 5. Comparación de las alternativas A4 y A5 con el modelo base**

	Coste Servicio ptas./hora	Tiempo promedio en cola (minutos)	Nº promedio pacientes en cola (personas)	Precio sombra equivalente. Coste de oportunidad de la espera ptas./hora
Alternativa A1	7,518	12,71	1,686	
Alternativa A4	9,396	1,23	1,00	2,738
Alternativa A5	5,640	24	3,18	1,257



de imágenes del sistema con el objetivo de determinar posibles estructuras funcionales más eficientes, tanto desde el punto de vista de reasignación de los recursos existentes como desde el de la asignación de nuevos recursos. El análisis de los modelos simulados nos ha permitido comparar situaciones diversas con el fin de aproximarnos a un sistema más eficiente.

Actualmente, el Servicio de Clasificación y dos servicios de diagnóstico, analítica y Rx producen importantes efectos 'cuellos de botella'. En el otro extremo, los tiempos de espera son sustancialmente menores en el Servicio de Puertas. Sin embargo, nuestro experimento de simulación indica que no debe potenciarse el Servicio de clasificación para reducir los colapsos que se producen en él en detrimento del de Puertas (alternativa A2), puesto que produciría graves perjuicios a los pacientes más graves. El funcionamiento de los Servicios de Puerta podría ser sensiblemente mejorado si se transforman los dos canales paralelos de Puertas en uno sólo con dos médicos (A1) (es decir, si los pacientes pasaran desde el Clasificador al primer médico de Puerta que quedara desocupado). Por otra parte, la alternativa A3 en la que se simula el Servicio sin médico clasificador, pasando éste a una tercera Puerta paralela a las dos actuales, supondría supe-

rar el primer nivel asistencial con un tiempo medio de espera (4,47 minutos), menos de la mitad que en el modelo básico. Es una alternativa a tener en cuenta, siempre que se garantice que cada uno de los médicos de Puerta 'ejerza' también de Clasificador, en el sentido de derivar pacientes no urgentes a Atención Primaria.

Nuestro modelo sugiere la conveniencia de establecer un sistema de alerta en base a las tasas de llegada al sistema que permitiese prevenir niveles de saturación inadmisibles. Éstos han sido fijados en una tasa de llegadas al sistema de 12 pacientes por hora.

Si se planteara la disyuntiva de asignar recursos a uno de los dos servicios auxiliares más colapsados, Analítica y Rx, montar un segundo laboratorio de Urgencias sería socialmente más eficiente que invertir en la sala de radiodiagnóstico. No obstante, las valoraciones implícitas en dichas inversiones del coste de oportunidad del tiempo de los enfermos parecen excesivamente elevadas. Nuestro experimento de simulación ha determinado que es más eficiente dedicar los recursos adicionales que pudieran obtenerse a recursos humanos (contratación de un médico de Urgencias) que a reforzar la infraestructura de los medios auxiliares de diagnóstico de la Unidad.

## Bibliografía

1. Antoñanzas F, Calderón R. La utilización de los servicios de urgencia, ¿un problema de incentivos? En: Asociación de Economía de la Salud. *Reforma Sanitaria e Incentivos*. IX Jornadas de Economía de la Salud, 1990.
2. Rodríguez C, Romera MT, Menéndez JJ y cols. Estudio de tiempos en el área de urgencia hospitalaria. *Gaceta Sanitaria*, 1992; 30: 113-6.
3. Pita S. La utilización del Servicio de Urgencias hospitalarias en una comunidad urbana. *Galicia Clínica* 1988; 60: 186-90.
4. Lloret J, Colominas M, Puig X, Pujol J. Temps d'estada dels malalts mèdics al servei d'urgències d'un hospital general: evolució durant els darrers dos anys. *Gaceta Sanitària* 1984; 16: 155-9.
5. Bautista A, Barroeta J, Melero JM, Nieto I, Benito I, Fernando D. Propuesta de reordenación de la asistencia urgente en Sevilla. *Gaceta Sanitaria*, 1989; 13: S17.
6. Insalud. Coordinación sanitaria. Acuerdos de Objetivos Atención Especializada 1993.
7. Balanzó X, Pujol R, Grupo Intercomarcal de Servicios de Medicina Interna. Estudio multicéntrico de las Urgencias en hospitales generales básicos de Catalunya. *Medicina Clínica* 1989; 92: 86-90.
8. Lubillo J, Rubio F, Cabrera L, García D, Espino JC, Blázquez M. Utilidad de un dispositivo médico de Puerta en el Servicio de Urgencias. *Emergencias* 1991; 3: 362-5.
9. Anderson JG (dir). *Simulation in Health Care*. San Diego: The Society for Computer Simulation, 1991.
10. Saunders CE, Makens PK, Leblanc LJ. Modeling Emergency Department Operations Using Advanced Computer Simulation Systems. *Annals of Emergency Medicine* 1989; 18: 134-40.
11. CACI. *SIMSCRIPT II.5. Reference Handbook*. California: CACI Products Company, 1991.
12. Calderón, R. Un método para la cuantificación del coste social de la espera. En: Asociación de Economía de la Salud. *Evaluación económica de tecnologías sanitarias*. X Jornadas de Economía de la Salud, 1991.