



# Identificación de oportunidades de mejora del flujo de pacientes de los servicios de urgencias hospitalarios mediante un modelo de simulación por ordenador

Herrera Carranza M, Aguado Correa F, Padilla Garrido N, Castro Arias M, Serrano Balazote P, Martínez de Pancorbo González C

*Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez. Huelva. Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid*

*e-mail: mherreracarranza@hotmail.com*



Manuel Herrera Carranza.

## Resumen

El objetivo principal del proyecto, integrado en el Plan Estatal de I+D+I 2013-2016 y cofinanciado por el ISCIII-Subdirección General de Evaluación y Fomento de la investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), fue desarrollar un modelo general de simulación de eventos discretos, válido para cualquier servicio de urgencias hospitalario (SUH), destinado a reducir la saturación (*overcrowding*), las esperas, favorecer el aprovechamiento de los recursos y mejorar la calidad asistencial. Para su consecución se trabajó con una muestra de dos hospitales, el 12 de Octubre de Madrid (H12O) y el Juan Ramón Jiménez de Huelva (HJRJ), diferentes tanto en recursos, ubicación geográfica y perfil de población atendida. En concreto, la serie histórica analizada abarcaba las visitas realizadas a los servicios de urgencias respectivos durante el periodo 2011-2016, suponiendo un total de 1 331 792 pacientes atendidos y más de 13 000 000 de datos, dados los campos asociados a cada registro. Para su estudio, se comenzó desarrollando un análisis descriptivo de las variables cuantitativas (media y desviación estándar) y de las cualitativas (frecuencias y porcentajes) para la caracterización de la demanda general a través de la frecuentación de los pacientes (año, trimestre, mes, día y hora), el perfil demográfico de los mismos, los niveles de gravedad que presentaban, las áreas funcionales a las que acudían, el origen y destino de los pacientes, el perfil específico de los hiperfrecuentadores y la adecuación e inadecuación de las visitas. Con posterioridad, se realizaron ajustes de distribuciones de probabilidad a las llegadas de pacientes (tiempo entre llegadas de dos pacientes consecutivos) en general, por áreas asistenciales y por prioridad o niveles de gravedad para, finalmente, desarrollar el modelo de simulación de eventos discretos (DES, por sus siglas en inglés). Los resultados indicaron la existencia de un patrón estable y previsible de la demanda en ambos hospitales, lo cual permitió desarrollar escenarios de simulación “virtuales” atendiendo a la estructura funcional de cada SUH para optimizar el manejo interno del flujo de pacientes. Como resultado de esta experiencia, concluimos que la utilización de un modelo de simulación general permitió determinar la mejor combinación de recursos y de rediseño funcional

de las áreas asistenciales que implementaron cambios organizativos que llevaron una mejora real de los servicios de urgencias y una reducción de las colas de espera.

---

## **Objetivos del proyecto o experiencia**

### ***Justificación***

Los SUH forman parte de un sistema público de salud que no dispone, hasta ahora, prácticamente de ninguna barrera para limitar el acceso a los mismos. Su demanda ha venido reflejando, a lo largo de los años, un aumento incesante y desproporcionado de la frecuentación que no ha estado motivado solamente por los cambios demográficos y del perfil clínico de la población, sino también por variables sociales. Por consiguiente, los SUH atienden a los pacientes derivados desde otros niveles de atención sanitaria, así como a aquellos que acuden por iniciativa personal. Estas circunstancias originan frecuente saturación del SUH que afecta mucho a la efectividad, a la calidad de la atención prestada y a la seguridad del paciente, por lo cual es fuente de múltiples efectos adversos. La propuesta de investigación planteada se centró en desarrollar un modelo general de simulación, válido para cualquier SUH, que permita realizar una gestión eficiente mediante el análisis de escenarios.

### ***Objetivo principal***

Desarrollar un modelo general de simulación de eventos discretos (DES), válido para cualquier SUH, destinado a reducir la sobrecarga, las esperas y a mejorar el aprovechamiento de los recursos y la calidad asistencial. Utiliza nuevos métodos de investigación en el área de las SUHs que generarán bases científicas necesarias para sustentar políticas y toma de decisiones en su gestión, así como mejoras en las capacidades de innovación en servicios del SNS, colaborando en la mejora de la atención prestada a los pacientes, en la eficiencia, sostenibilidad y solidaridad del SNS y en la divulgación científica del cumplimiento de estos principios.

### ***Subobjetivos***

- Analizar la variabilidad de la demanda y constatar la existencia de patrones estables de la misma.
- Desarrollar un conjunto de indicadores de gestión válidos para cualquier SUH.
- Analizar la utilización recursos humanos y físicos.
- Determinar si las demoras y colas de espera son un problema de falta de recursos o un problema de flujo del sistema.

- Determinar la programación óptima de los recursos y los impactos de los cambios sobre estos que no impliquen inversión económica adicional o cambio físico (ampliaciones del servicio).
- Identificar y conseguir estrategias válidas para eliminar los cuellos de botella en las distintas áreas asistenciales de los SUH.
- Analizar cambios en la demanda futura para sincronizar los recursos con los patrones de demanda.

## Método

### Diseño del estudio

Primero se realizó un estudio descriptivo observacional y retrospectivo de la demanda de los SUH. Después se empleó la metodología de simulación de eventos discretos para desarrollar un modelo de flujo general.

### Sujetos de estudio

Pacientes atendidos desde el 1 de enero de 2011 y el 31 de diciembre de 2016, en el SUH del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid (Admisión, Clasificación, Box Vital, Encamados, Ambulantes, Consultas, Trauma y Observación), con una población urbana asignada propia de 425 000 habitantes, 230 000 urgencias/año, 42 000 ingresos/año y 1300 camas, y el SUH del Hospital Juan Ramón Jiménez de Huelva (Admisión, Clasificación, Box Vital, Médico-Quirúrgicas, Trauma y Observación), con una población (urbana y rural) asignada propia de 279 155 habitantes, 114 000 urgencias/año, 22 523 ingresos/año y 610 camas.

### Variables, recogida y análisis de datos

**Demanda:** análisis descriptivo de las variables cuantitativas y cualitativas para caracterizar la demanda general y por área asistencial a través de la frecuentación (año, trimestre, mes, día y hora), perfil demográfico, gravedad, áreas funcionales, origen y destino de los pacientes.

**Capacidad:** en cada uno de los hospitales se analizaron los recursos humanos y físicos atendiendo a su estructura funcional.

**Tiempos:** se analizó la variabilidad motivada por los pacientes mediante el cálculo del “tiempo entre la llegada de dos pacientes consecutivos” general, por área y por gravedad mediante las distribuciones de cada hora, día y trimestre con el *software* estadístico Stat::Fit y las diferencias trimestrales con el programa SPSS. Posteriormente se analizaron los tiempos de espera, de estancia y de asistencia a los pacientes en clasificación, consultas y observación. A partir de los tiempos registrados se obtuvo la distribución probabilística de cada uno de ellos, con su correspondiente valor central, dispersión y asimetría.

**Simulación por ordenador:** se elaboró un diagrama de flujo para reflejar la estructura interna del sistema y sus procesos, se definieron los patrones de funcionamiento mediante funciones estadísticas o matemáticas, implementando todo en el *software* ARENA. Posteriormente se pasó a la fase de validación en la que se introdujeron los parámetros de funcionamiento actuales y se analizó la respuesta del sistema en términos de colas.

**Simulación de diferentes escenarios *what if?*:** se valoraron diferentes escenarios, políticas de personal y configuraciones del SUH sin tener que experimentarlas en realidad.

En la figura 1 se recoge la metodología de análisis y rediseño de los procesos.

**Figura 1.** Metodología de análisis y rediseño de los procesos



## Resultados obtenidos

El primer paso consistió en representar el funcionamiento real de un servicio de urgencias hospitalario mediante un diagrama de flujo. A cada uno de los símbolos del diagrama de flujo se le definieron los patrones de funcionamiento a través de funciones estadísticas o matemáticas. En las consultas se asignaron tanto los recursos humanos como materiales existentes en ese momento, y se hicieron pasar los “pacientes virtuales” por ellas para analizar el comportamiento del flujo y las colas de espera generadas a lo largo de todas las urgencias. Luego se plantearon diferentes escenarios en las distintas áreas.

El primer escenario consistió el reparto de pacientes desde clasificación a las áreas asistenciales diferenciadas por prioridades, una rutina de asignación equitativa de enfermos a médicos por área, y asignar una enfermera de consultas para activar un puesto de clasificación adicional en el momento en que fuera necesario y se determinó que fuera a partir de las 10 y mantenerlo durante las horas pico: 11, 12 y 16.

Un segundo escenario trató de analizar los ajustes en la variabilidad interna. En la situación de partida una misma consulta podía atender distintos niveles de gravedad, por ej., una consulta podía recibir niveles de gravedad 2, 3, 4 y 5, y eso provocaba una enorme variabilidad de tiempos, ya que asistir a un paciente con

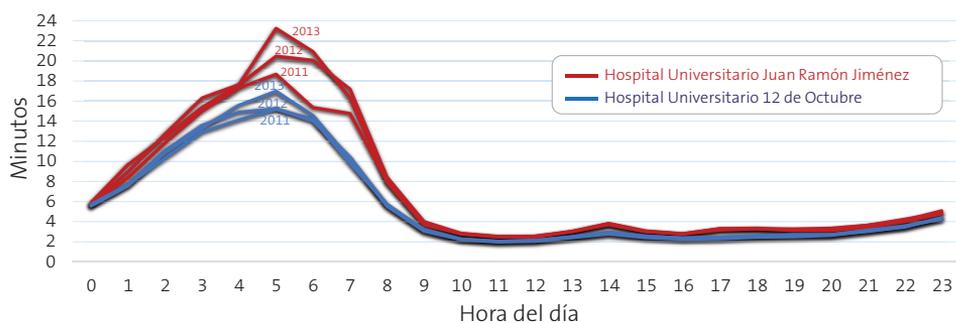
un nivel 2 en la primera consulta médica podía suponer 22 minutos aproximadamente, mientras que ver a pacientes de nivel 4 y 5 podía oscilar entre 17 y 10 minutos respectivamente. Al llegar más pacientes de nivel 4 y 5 que de nivel 2 y 3, en cuanto se atendiera un nivel 2 provocaba que la cola de espera de esa consulta aumentara. En periodos pico, cada 2 minutos llegaba un paciente, por lo que las colas podían dispararse a más de 50 enfermos. La solución adoptada implicaba especializar las consultas por nivel de prioridad y, en el caso del H120, a reajustar el número de recursos humanos por área asistencial y al traspaso de personal y puestos hasta el límite de saturación. Con estas medidas se redujeron las colas de consultas un 60%.

La simulación por ordenador indicó también la conveniencia de un límite de tiempo de estancia en cada área de 8 horas (consultas), 12 horas (sillones) y 24 horas (observación) y, en el H120, la necesidad de ampliar varias áreas empleándose el plano del SUH para la representación de los flujos de personal y materiales y el planteamiento de los cambios físicos.

### Innovación. ¿Cuáles son las características más novedosas del proyecto o experiencia que se presenta?

El estudio demostró que en ambos hospitales el flujo de acceso en las distintas variables temporales era muy similar, así como estable y previsible, con un elevado parecido (figura 2), incluso, a los patrones horarios de Reino Unido, Canadá y otros países con modelo sanitario occidental. Estos resultados obligan a replantear el modelo de atender con capacidad fija a una demanda aleatoria y orientarse hacia la flexibilización de los recursos para disminuir la sobrecarga o evitar la saturación del SUH, dado que las medidas para disminuir el flujo no han tenido éxito hasta ahora.

**Figura 2.** Tiempo entre llegadas de dos pacientes consecutivos en el H120 y en el HJRJ durante los años 2011-2013



Generalmente los indicadores de demanda de los cuadros de mando de los SUH se centran en el volumen de la demanda media por unidad de tiempo (año, trimestre, mes, semana, día y hora), turno laboral, prioridad, etc. Sin embargo, este análisis, además de ser meramente retrospectivo, no permite lograr una gestión eficiente

desde el momento que la cifra absoluta no es suficiente para un análisis de colas de espera. Por ejemplo, una cifra de 6 pacientes a la hora resulta inadecuada para planificar la capacidad, ya que carece de una valiosísima información: el tiempo existente entre la llegada de dos pacientes consecutivos. Desde el punto de vista de la capacidad y de la teoría de colas no es lo mismo que, durante una hora, llegue un paciente cada 10 minutos, o que los 6 pacientes lleguen a la vez. Ambas situaciones ofrecen la misma información sobre la frecuentación (6 pacientes a la hora), pero la segunda es la más difícil de abordar desde el punto de vista de la capacidad. En el caso de los hospitales estudiados, ambos utilizaban un *software* de gestión diferente, aunque desarrollado por la misma empresa. Esto implicaba la utilización de indicadores distintos. El simulador desarrollado permitió la confección de indicadores en tiempo real, determinando los pacientes que estaban en cada área asistencial, en espera de atención, siendo atendidos, en espera de pruebas, etc. Todo ello, iba acompañado de los correspondientes tiempos asociados para así conocer los cuellos de botellas y determinar las mejores estrategias para atajar los problemas sobre la marcha y no *a posteriori*.

La mayor aportación de esta experiencia es la creación de escenarios “virtuales” organizativos diferentes para mejorar el manejo de la demanda de pacientes, la distribución de personal, determinar si las demoras y colas de espera son un problema de falta de recursos o de flujo del sistema para prevenir la saturación del SUH.

### **Calidad. ¿Qué mejoras en calidad se han obtenido al desarrollar el proyecto o experiencia?**

El principal problema de los servicios de urgencias hospitalarios es que tienen una demanda creciente que provoca continuos desajustes en la atención. Por ello, la organización del servicio tiene que: 1) adaptarse a la variabilidad de la demanda para reducir el desperdicio y las colas mediante la flexibilidad de los recursos físicos y humanos; 2) acercarse al modelo de “factoría enfocada” en lo que sea posible para ganar rapidez, y 3) estandarizar procesos y procedimientos para uniformizar la práctica clínica y reducir la variabilidad interna o artificial. Esta experiencia de gestión en dos SUH con simulación por ordenador implementó las siguientes mejoras en la calidad asistencial de ambos hospitales:

1. Implantación de un sistema equitativo del triaje automatizado para equilibrar la distribución de los recursos.
2. La modelización de las consultas. Obligada para una correcta definición de los procesos en los diagramas de flujo, con el fin de hacer el trabajo de consultas más parejo y homogéneo, menos disperso y más flexible, para lo cual:
  - a. Se estableció una distribución de las consultas por niveles de prioridad, con sus respectivos circuitos asistenciales propios, al menos tres: “urgencia vital o emergencia”, “urgencia tipo” y “urgencia leve y banal”.
  - b. Se definieron y estandarizaron tiempos de consulta predeterminados por paciente y prioridad (TPP) para evitar demoras.

- c. Se normalizó el tiempo medio de la segunda visita, es decir, el que transcurre entre la primera visita médica y la decisión sobre el destino del paciente una vez que se dispone de las pruebas solicitadas. La reconsulta del enfermo ya atendido en espera de resultados, de evolución o de respuesta al tratamiento, es un punto clave en el flujo de pacientes y puede generar colas y cuellos de botella especialmente en la sala de espera y en sillones.
3. Flexibilización de la distribución del personal para adaptarlo al ritmo de afluencia de los pacientes. Se impulsó la posibilidad de trasvasar personal de las áreas más desahogadas a las más sobrecargadas.
4. La simulación obligó a la protocolización de los procesos asistenciales y procedimientos clínicos y administrativos.
5. Se delimitaron los tiempos máximos de observación y la capacidad máxima de pacientes con planes de contingencia para casos de saturación.
6. Sincronización de los tiempos no asistenciales —descanso, comidas, etc.— de los equipos sanitarios y no sanitarios en sus diferentes categorías profesionales para obviar huecos de personal.

### **Mejora de la gestión o evaluación en salud. ¿Qué aportación realiza el proyecto o experiencia para la mejora de la gestión o la evaluación de resultados en salud?**

El funcionamiento de los SUH está determinado por la demanda, la estructura organizativa propia y la conexión con los otros niveles asistenciales. La asincronía entre estos elementos dificulta el flujo de pacientes y merma la capacidad. El incremento de la demanda junto con los efectos adversos que la saturación de los SUH origina en la salud de los pacientes, ha estimulado reformas organizativas intrínsecas para adaptarse al mayor flujo de pacientes. Sin embargo, estos cambios internos no han sido suficientes. En este sentido las principales aportaciones de esta experiencia de investigación para la mejora de la gestión y la evaluación de los resultados en el sector salud son:

- Proporciona un enfoque sistémico de las urgencias. Hay consenso general en considerar la saturación como una manifestación local de un problema sistémico que no puede resolverse solo con medidas exclusivas del propio servicio. Es necesario un enfoque global y unitario de las urgencias hospitalarias integradas dentro del sistema sanitario en el cual el SUH se engarce de manera natural, como un eslabón más, dentro de la cadena asistencial, tal como proponemos en un nuevo modelo conceptual que llamamos “modelo fisiológico de urgencias” (An Sist Sanit Navar. 2017;40:11-24).
- Constatación de la existencia de patrones estables de la demanda y por tanto de la posibilidad de prever y adaptar la capacidad del SUH a la variabilidad del flujo de pacientes.
- Mediante la DES existe la posibilidad de escoger la mejor organización interna en cuanto a estratificación de las consultas, límites máximos de estancia en

cada área asistencial, tiempos óptimos de consulta, etc., para evitar o disminuir las colas de espera sin los riesgos y dificultades de los cambios reales.

- Analizar la utilización recursos humanos para optimizar su distribución.
- Determinar si las demoras y colas de espera son debidas a un problema de falta de recursos o un problema de flujo.
- Planificar las reformas arquitectónicas o el diseño de los SUH de manera científica y racional de acuerdo con indicadores en tiempo real y a la simulación de los diversos escenarios clínicos posibles.
- El resultado de esta experiencia avala la implementación de pulseras RFID (identificación por radiofrecuencia) para los pacientes de los SUH, de modo que se conociera la situación de cada uno de ellos, en todo momento, y establecer “alarmas” cuando las colas de espera superaran una cuantía determinada o una consulta se viera “estancada”.

### **Aplicabilidad y facilidad de extensión a otras organizaciones del sector salud. ¿En qué medida es aplicable o extensible el proyecto o experiencia a otros centros u organizaciones del sector salud?**

Como hemos manifestado, el modelo desarrollado es un modelo general de simulación de eventos discretos, válido para cualquier servicio de urgencias hospitalario (SUH), ya sea público o privado, y destinado a reducir la saturación, las esperas, favorecer el aprovechamiento de los recursos y mejorar la calidad asistencial.

El diagrama de flujo general desarrollado se adapta a cualquier SUH, tenga el tamaño que tenga. Para su elaboración se ha partido de dos servicios de urgencias con características distintas y ha podido testarse su adaptabilidad a ambos.

En este sentido, el modelo puede adaptarse al plan funcional de otros SUH, debiendo introducir sus datos específicos de demanda, capacidad y tiempos para generar resultados relativos a su actividad concreta.

Además, cuenta como ventaja fundamental el planteamiento de escenarios para cada caso concreto. Para tal fin, el *software* de simulación cuenta con un módulo de optimización que permite definir tantos escenarios como sean precisos y plantear la mejor solución para cada uno de ellos.