

# Model for Optimizing the Assignment of Beds in a Public Hospital

Wilmer Atoche, Msc<sup>1</sup>; Sergio López, Bs<sup>2</sup>; Alexis Aliaga, Bs<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, watoche@pucp.edu.pe

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, sergio.lopez@pucp.pe

<sup>3</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, a.aliaga@pucp.pe

**Abstract**— *This paper describes the optimization of hospital beds in a public hospital that serves the southern area of Lima. The model is based on the analysis of emergency rooms and examination rooms where the intake process for hospitalization is initiated; following this, using a process found in Arena 14.7 software, a number of beds is assigned in the different hospital departments, the significant accomplishment of this research is that patient “wait time” is reduced 30% and the improvement in hospital management indicators.*

**Key Words:** *Optimization, hospital beds, public hospital.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.111>  
ISBN: 978-0-9822896-9-3  
ISSN: 2414-6390

# Modelo de optimización para la asignación de camas de hospitalización en un hospital público

Wilmer Atoche, Msc<sup>1</sup>; Sergio López, Bs<sup>2</sup>; Alexis Aliaga, Bs<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, watoche@pucp.edu.pe

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, sergio.lopez@pucp.pe

<sup>3</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, a.aliaga@pucp.pe

**Abstract**– This article describes the hospital beds optimization in a public hospital that provides service at the south of Lima. The model is based on the analysis of the areas of emergency and medical consulting rooms, where the entry procedure to hospitalization is initiated; then, using a model of the process in software Arena 14.7, we proceed to assign the number of beds in different areas of hospitalization, significant achieving of this investigation is that reduced about 30% the waiting time of patient and improved hospital management indicators.

**Keywords:** *optimization, hospital beds, public hospital.*

**Resumen**– En este artículo se describe la optimización de camas hospitalarias de un hospital público que proporciona servicio a la zona sur de Lima. El modelo se basa en el análisis de las áreas de las salas de emergencia y consultorios médicos, en los que se inicia el procedimiento de entrada a la hospitalización; a continuación, utilizando un modelo del proceso en el software Arena 14.7, se procede a asignar el número de camas en diferentes áreas de hospitalización, el logro significativo de esta investigación es que reducen en un 30% el tiempo de espera del paciente y la mejora de los indicadores de gestión hospitalaria.

**Palabras clave:** *optimización, camas hospitalarias, hospital público.*

## I. INTRODUCCIÓN

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el derecho a la salud significa que los gobiernos están en la necesidad de crear condiciones que permitan a las personas vivir lo más saludablemente posible y una de estas condiciones incluyen la disponibilidad garantizada de servicios de salud [1].

Actualmente en Lima, el Ministerio de Salud del Perú cuenta con 375 establecimientos de salud entre postas médicas, centros médicos y hospitales públicos, mientras que ESSALUD cuenta con 35 hospitales, policlínicos y centros de salud.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.111>

ISBN: 978-0-9822896-9-3

ISSN: 2414-6390

En los establecimientos médicos del Ministerio de Salud, hasta el 2011, se atendieron un total de 2'927,493 personas y hubo un total de 13'826,882 atenciones. Es decir, un promedio de 4.7 atenciones por paciente [2], lo cual genera que la atención en un hospital público sea un gran dilema, ya que actualmente se tienen citas postergadas hasta por tres meses, además, se aprecia que hay carencias de médicos especialistas y las salas de hospitalización y emergencias colapsan constantemente.

Esta situación no es ajena al Hospital María Auxiliadora, el cual está ubicado en el distrito de San Juan de Miraflores y está orientado a atender a la población de la zona sur de Lima (comprendida por los distritos de Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, San Juan de Miraflores, Santiago de Surco y Chorrillos), la cual para el año 2014 tuvo una población estimada de 2'229,532 habitantes y que representa el 25.5% del total de Lima Metropolitana. Ese mismo año el hospital tuvo un total de 452,608 pacientes atendidos por consulta externa y emergencias, lo cual representa el 20.3% de toda la población de la zona sur [3].

Para este estudio nos centraremos en este hospital, analizando los procesos de consulta externa y atención en emergencias, con el fin de optimizar y proponer mejoras para la correcta distribución y asignación de camas para la hospitalización de los pacientes.

## II. PROBLEMÁTICA

El Hospital María Auxiliadora se encuentra situado al sur de Lima en el distrito de San Juan de Miraflores. Actualmente, funciona como único centro hospitalario de referencia en el Cono Sur de Lima, atendiendo a 2'229,532 personas anualmente y, además, debido a la complejidad de enfermedades que puede atender es considerado como una institución asistencial de Tercer Nivel [4].

Debido a la gran cantidad de flujo de personas que atiende diariamente y las restricciones que se tienen para poder establecer planes de contingencia y proponer mejoras de operaciones a corto plazo se pueden detectar varias problemáticas a simple vista, tales como las largas colas que se generan al ingreso de cada consultorio, la falta de recursos

(médicos, camas, enfermeras, equipos de salud), desorganización en las áreas de atención, entre otras. La causa raíz a este problema se determinó de la siguiente manera:

1) *Identificación de problemas por área:*

Acá se identificaron los diferentes problemas en las 3 áreas más importantes del proceso de atención en un paciente (consulta externa, emergencia y hospitalización), destacando los problemas antes mencionados y los problemas de eficiencia, los cuales fueron determinados mediante los indicadores del hospital.

2) *Priorización de problemas:*

Se procedió a priorizar los problemas de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, importancia y factibilidad. La priorización se estableció colocando un puntaje del 1 al 5, en donde “1” es menos grave y “5” es muy grave, para finalmente tener el puntaje final mediante la ponderación de los criterios mencionados. Los problemas con mayor puntaje fueron los siguientes: Carencia de camas de hospitalización, demora en los módulos de atenciones de admisión de pacientes y el bajo número de atenciones médicas en el área de consulta externa.

3) *Identificación de las causas:*

Se estableció un diagrama de Ishikawa para identificar las causas a los problemas ya mencionados.

4) *Selección de causa raíz:*

Se estableció una matriz de posibilidad de riesgo para establecer cuál es la causa de mayor incidencia en los problemas, en donde se encontró que las causas son las siguientes: poca cantidad de módulos de atención, carencia de camas y camillas.

5) *Matriz FACTIS:*

Finalmente se estableció una matriz FACTIS para poder encontrar la mejor solución a las causas identificadas, en donde se plantearon 3 alternativas. Asignar un mayor presupuesto, realizar una mejora de procesos y/o capacitar al personal. Una vez realizada la matriz, se estableció que la mejor solución es la de realizar una mejora de procesos, tanto para mejorar los lineamientos y procesos del paciente al ingresar a los centros de atención en consulta externa y/o emergencia, así como también para mejorar la asignación y distribución de recursos en las diferentes áreas, específicamente en las camas de hospitalización.

A. *El problema de las camas de hospitalización*

Una vez identificado el problema raíz, se tomó una radiografía del proceso mediante los indicadores establecidos por el Ministerio de Salud del Perú, los cuales son mostrados a continuación:

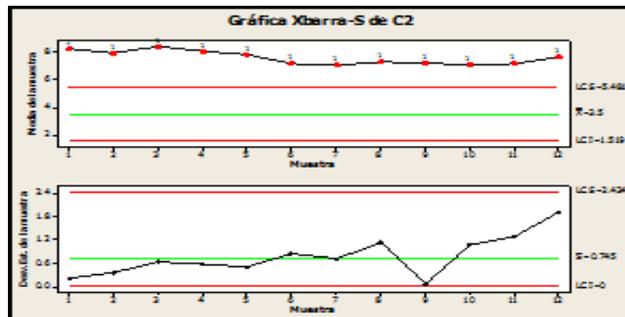
1) *Rendimiento cama*

**Valor: 7.9**

**Unidad: Egresos / Cama**

**Valor de referencia: 3-4**

A continuación se muestra la gráfica de control de este indicador mensualmente durante los años 2014 y 2015:



**Figura 1 Gráfica de control Rendimiento Cama**

Como se puede apreciar en la imagen anterior, este indicador se encuentra por encima del valor estándar, lo cual implica que se tiene un mayor índice de rotación del paciente en una cama y esto se puede dar debido a tratamientos inadecuados, ingresos innecesarios o cambios de camas antes del alta de pacientes

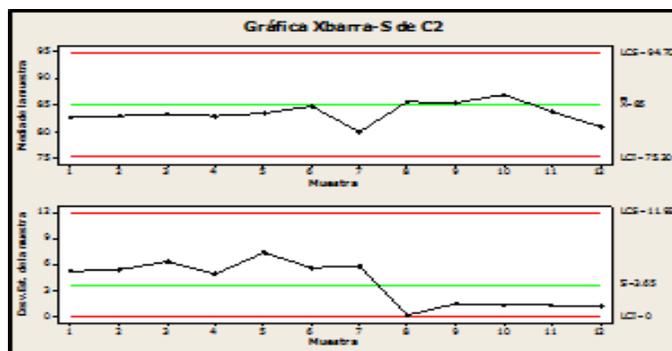
2) *Porcentaje de Ocupación Cama*

**Valor: 81.3%**

**Unidad: (Pacientes por día / Días de cama disponible)\*100**

**Valor de referencia: 80-90%**

A continuación se muestra la gráfica de control de este indicador mensualmente durante los años 2014 y 2015:



**Figura 2 Gráfica de control Porcentaje de Ocupación Cama**

Este indicador se encuentra dentro de los rangos de control, lo cual indica que mensualmente se está utilizando el porcentaje adecuado de la capacidad, lo cual difiere de la realidad, ya que actualmente existe una alta espera por encontrar una cama disponible dentro del hospital.

### 3) Porcentaje de Permanencia

**Valor: 6**

**Unidad: Total de días estancias de egresos / N° de egresos hospitalarios**

**Valor de referencia: 7**

A continuación se muestra la gráfica de control de este indicador mensualmente durante los años 2014 y 2015:

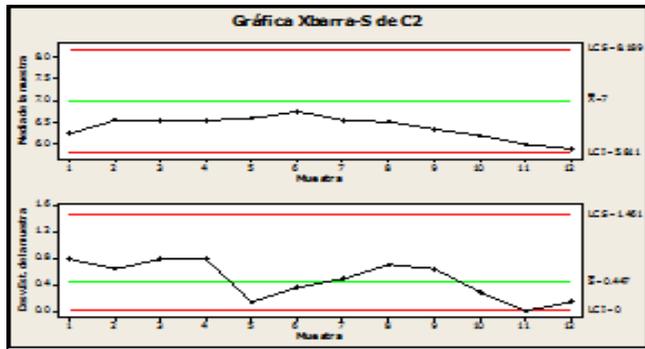


Figura 3 Gráfica de control Promedio de Permanencia

Este indicador se encuentra dentro de los rangos de control, pero la mayoría de los valores están por debajo de la media, lo cual indica que los pacientes no permanecen el tiempo adecuado dentro del hospital, esto se puede dar por un mal diagnóstico, ingresos innecesarios o el incremento de la rotación de los pacientes para tener camas disponibles.

### 4) Intervalo de Sustitución de Camas

**Valor: 1.5**

**Unidad: (N° días de cama disponible - N° de pacientes días)/(N° de egresos hospitalarios)**

**Valor de referencia: 1**

A continuación se muestra la gráfica de control de este indicador mensualmente durante los años 2014 y 2015:

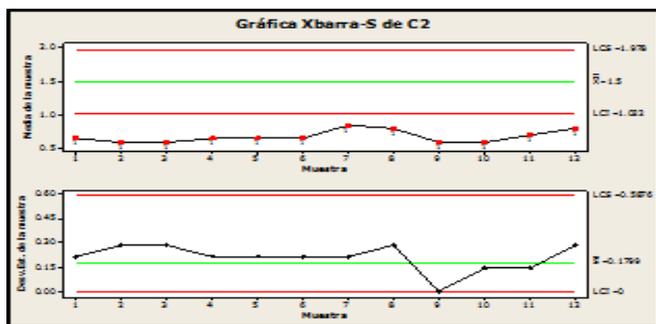


Figura 4 Gráfica de control Intervalo de Sustitución de Camas

Este indicador se encuentra muy por debajo de los rangos de control, lo cual evidencia que se tiene una alta demanda de este recurso, ya que permanece poco tiempo vacía.

Además, es importante resaltar que el flujo de ingreso al área de hospitalización está determinado por el flujo de personas que son derivadas del área de emergencia y consulta externa, los cuales alimentan aproximadamente en un 69% y 31 % respectivamente.

Con estos resultados se determina que no se tiene una correcta distribución de los recursos (camas) dentro del área de hospitalización, por lo que el modelo a desarrollar tiene como objetivo encontrar la distribución que disminuya el tiempo de espera de los pacientes que requieran una cama para poder recuperar su salud.

## III. MODELO

Para el desarrollo del modelo se hará uso de la simulación de los procesos mediante el uso del software de simulación Arena 14.7, el cual es un software desarrollado por Rockwell Automation [7]. A continuación se describen todas las etapas, variables de entrada y supuestos considerados para poder optimizar la asignación de camas a cada departamento del Hospital:

### A. Variables de entrada

Para nuestro modelo, las variables de entrada son todos los pacientes que llegan al hospital ya sea para consulta externa como aquellos que llegan por el área de emergencia y éstos se van asignando de diferente manera de acuerdo a la estación que se encuentre durante el desarrollo del mismo.

### B. Recursos

Para el desarrollo del modelo se cuentan con los siguientes recursos:

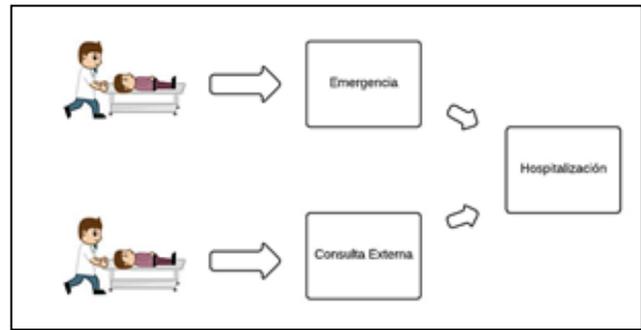
- Médicos: Personas encargadas de velar por el diagnóstico, tratamiento y cuidados del paciente durante su estancia en el hospital.
- Cajero: Es la persona encargada de cobrar los pagos a todos aquellos pacientes que no cuenten con un seguro de exoneración.
- Camas: Hace referencia a las camas de hospitalización, en donde el paciente recibe atención médica.

### C. Supuestos

Para reflejar el funcionamiento del hospital en el modelo se están considerando los siguientes supuestos:

- Los pacientes llegan al hospital de uno en uno.

- Los recursos (médicos, enfermeras, personal del SIS y cajeros) que trabajan en el hospital estarán presentes durante toda su jornada laboral.
- La distribución de pacientes por tipo de emergencia, enfermedad, tópicos de destino en los departamentos de emergencia y consulta externa son considerados datos determinísticos, ya que se trabajó con data del hospital de 2 años y se está asumiendo que el comportamiento de los pacientes en estos 2 años se refleja en el día a día.
- El rendimiento de trabajo de los recursos será constante durante toda su jornada laboral.
- No se perderá tiempo de atención en los cambios de turno.
- Los pacientes que sean admitidos en emergencia tienen la misma condición de salud (grado 2).
- Los pacientes que lleguen en el atributo “ambulancia” pasan directamente al departamento de Trauma Shock debido a que se considera que llegan en un estado muy grave.
- Solo se considerará la condición de “fallecido” cuando la entidad salga de los tópicos de Trauma Shock y el área de hospitalización.
- Los pacientes no abandonan las colas en los tópicos hasta llegar a ser atendidos.
- Una vez que el paciente amerite de ser hospitalizado, los trámites serán realizados por un pariente de ellos.
- Todas las camas de hospitalización se encuentran en óptimas condiciones.
- El tiempo de traslado de los pacientes que serán hospitalizados a su respectivo piso de hospitalización son determinísticos.
- Un paciente puede ser recitado una vez más como máximo.



**Figura 5 Proceso de Hospitalización**

### 1) Área de Emergencias:

#### a) Triage

El paciente que llega al área de emergencias debe ser evaluado en el tópicos de triaje, en donde un médico especialista analiza la condición del paciente y se basa en los siguientes criterios para determinar si realmente es una emergencia, en esta área se pueden definir los siguientes estados:

\*Si el estado del paciente es grave, amerita entrar al departamento de emergencia.

\*Si el estado del paciente no es grave, no amerita entrar a emergencia y es destinado al área de consulta externa.

Cuando el paciente amerite ser tratado en emergencia, el médico de triaje le hace una orden, en la cual se especifica el tópicos de atención que pueda darle solución a sus problemas de salud y a la vez una orden para que pueda cancelar en caja o tramitar su atención en la oficina de seguros siempre y cuando cuente con uno

Nota: Solo en el caso de que el paciente llegue en un estado muy grave pasa directamente al tópicos de Trauma Shock es donde es evaluado y dependiendo del estado del mismo puede ser dado de alta o pasar a ser hospitalizado en la especialización correspondiente.

#### b) Caja

El paciente que no tiene ningún seguro médico se dirige a caja para poder cancelar su consulta y es aquí donde se le entrega la historia clínica.

#### c) Servicio Social

Cuando el paciente cuenta con un seguro médico de atención, en la mayoría de casos es el seguro integral de salud (SIS), se dirige a la oficina de servicio social en donde tramita el descuento de atención y también saca a historia clínica.

#### d) Atención en consultorio

Proceso en el cual el paciente es atendido por el médico especialista del tópicos al cual ha sido designado previamente en triaje. Luego de que el paciente haya recibido la atención necesaria, es el médico quien evalúa la condición final del

### D. Descripción del modelo

El objetivo del modelo es optimizar el uso de las camas de hospitalización y mejorar el servicio de atención de todas las áreas que intervengan con el proceso de hospitalización. Es por esto que es necesario analizar todas las entradas al área de hospitalización, las cuales se conforman por el ingreso de los pacientes por el área de emergencias y el área de Consulta Externa a través de los consultorios.

A continuación se describe el proceso que deben seguir las entidades (pacientes) para poder llegar al área de hospitalización:

paciente y su siguiente destino, los cuales pueden ser: alta médica u hospitalización.

Según la información brindada del hospital, actualmente se presta atenciones en 6 tópicos de emergencia: Medicina, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Pediatría, Traumatología y Neonatología.

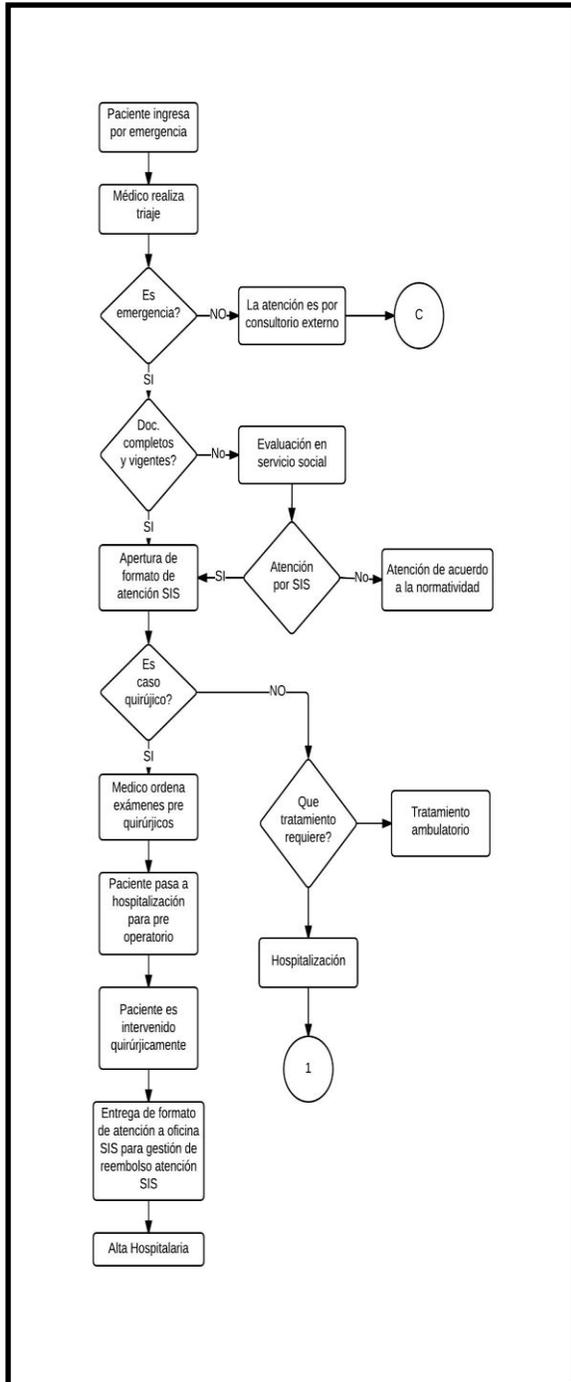


Figura 6 Flujograma del Proceso de Atención por Emergencias

## 2) Área de consulta externa:

### a) Registro

El paciente puede llegar a esta área a través de 2 vías, una por voluntad propia; es decir, para proceder a sacar cita y la otra cuando no pasan el triaje y son derivados desde emergencia; sin embargo, para ambos casos esta área cuenta con 10 módulos para realizar los siguientes trámites:

- Solicitar una cita en cualquiera de los departamentos.
- Registrar la cita (para aquellos que previamente solicitaron una)

No obstante, es importante aclarar que por esta área llegan dos tipos de pacientes, unos que cuentan con el SIS y otros que no, para estos últimos, tienen que ir a caja a pagar por el servicio que va a tomar.

A sí mismo, a estos módulos se realizan tres tipos de registro de pacientes, los cuales se detallaran a continuación:

- Pacientes que no tienen cita y cuentan con SIS
- Pacientes que no tiene cita y no cuentan con SIS
- Pacientes con una cita ya programada

Para los pacientes que no tienen cita, se les programa una, según disponibilidad, y el día programado tienen que pasar de nuevo por los módulos para registrar su cita, para así luego dirigirse al consultorio según lo solicitado. A continuación se muestra el proceso de uno de los módulos de atención con la clasificación de los pacientes que cuentan con SIS y los que no lo tienen:

### b) Atención en consultorio

Proceso en el cual el paciente es atendido por el médico especialista del consultorio según la cita programada. Luego de que el paciente haya recibido la atención necesaria, es el medico quien evalúa la condición del paciente, las cuales pueden ser que el doctor le dé de alta, requiera otra cita o requiera hospitalización. Según la información brindada del hospital, actualmente se presta atenciones en 7 departamentos: Medicina, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Pediatría, Psicología, Oncología y Odontología. A continuación, se muestra el proceso de la atención en una de las áreas antes mencionadas, ya que se replica el mismo procedimiento en el resto de áreas.





- Tiempo de atención en el departamento de asistencia social
- Tiempo de traslado del médico desde consultorio hasta el área de emergencias
- Tiempo de atención por cada departamento de emergencia
- Tiempo de atención por cada departamento de consulta externa
- Tiempo de hospitalización del paciente
- Tiempo de atención en la farmacia
- Probabilidad de ser clasificado como paciente de emergencia
- Probabilidad de pacientes hospitalizados que fallecen, salen de alta y son citados por consulta externa
- Probabilidad de personas que van a ser atendidos en los diversos departamentos de consulta externa
- Probabilidad de personas serán atendidas en los departamentos de emergencia.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de la información obtenida de las variables aleatorias. Para el trabajo de estas variables se utilizara un error y nivel de significancia del 5%.

**Tabla 1: Variables Aleatorias**

VARIABLE	MEDIA	VARIANZA	d	n°	N ajustado
Tiempo entre llegadas de los pacientes a admisión	0.4	0.09	0.02	861	88
Tiempo de atención en Triaje	4.01	0.75	0.2	72	42
Tiempo de atención en caja_consultaexterna	8	2.97	0.4	72	42
Tiempo de atención en caja_emergencia	8	2.97	0.4	72	42
Tiempo de atención en el departamento de asistencia social	6.71	2.09	0.34	72	42
Tiempo de atención en el departamento de cirugía en emergencia	25	36.14	1.25	89	48
Tiempo de atención en el departamento de pediatría en emergencia	24	48.33	1.2	129	57
Tiempo de atención en el departamento de cirugía en consultorio externo	19.93	63.12	1	245	72

## V. RESULTADOS

Como se puede apreciar en la Tabla N°1 y según las condiciones establecidas en las restricciones y función objetivo del modelo dentro del Opquest, se tiene que replantear la distribución de las camas dentro del hospital, aunque este cambio implica eliminar 1 cama en la mayoría de los departamentos de atención y aumentar considerablemente las camas dentro del departamento de pediatría, no se incurre en un costo tan elevado.

**Tabla 2: Resultados del proceso de optimización de camas**

Departamento	Camas Real	Camas Optimización
GINECO - OBSTETRICIA	95	94
PEDIATRIA	43	59
NEONATOLOGÍA	60	59
CIRUGIA GENERAL	90	89
MEDICINA	58	57
ONCOLOGÍA	14	13
UCI	5	6
<b>TOTAL CAMAS</b>	<b>365</b>	<b>377</b>

Con los resultados obtenidos se realizará nuevas réplicas de corrida del Modelo en Arena y se observará la reducción de los tiempos promedio de espera en cada una de las colas analizadas

**Tabla 3: Reducción de los tiempos máximos de espera en el sistema**

CAMA	TIEMPO ACTUAL (HORAS)	TIEMPO MEJORADO (HORAS)	REDUCCIO N
CIRUGIA	177.9	134.23	-25%
UCI	113.0	84.03	-26%
PEDIATRIA	209.7	134.58	-36%
NEONATOLOGIA	293.6	194.63	-34%
GINECO OBSTETRICIA	108.7	78.80	-28%
ONCOLOGIA	212.3	147.68	-30%
MEDICINA	259.4	206.07	-21%

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados obtenidos con la nueva distribución de camas en los diferentes departamentos de atención del área de hospitalización, ayudaron a reducir los tiempos de espera entre los pacientes en un 30% aproximadamente.
- Se debe realizar una redistribución de la ubicación de los consultorios en las áreas de emergencia y consulta externa, ya que para trasladarse de un departamento a otro en promedio se funcionamiento demora entre 3 a 5 min, con una buena distribución, podría reducirse estos tiempos y aprovechar espacios que no están siendo usados en la actualidad.
- Se recomienda realizar un estudio similar sobre los demás recursos que puedan influir en el estado del paciente, tales como doctores, enfermeras, internos y/o personal técnico de atención, con el fin de poder encontrar una correcta asignación de personal en los diferentes turnos que ofrece el hospital y así seguir mejorando la atención que brinda.
- Para poder obtener una validación de datos con una mayor precisión, se recomienda tomar los datos a evaluar en diferentes momentos del año, pues es así como se podría verificar tendencias en atención y/o consultas en Emergencia, Consultorio Externa y Hospitalización.

## REFERENCIAS

- [1] *Salud y Derechos Humanos*  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs323/es/>
- [2] *¿Cómo vamos en salud? Informe Lima Como Vamos 2011*  
<http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2012/09/InformeLimaComoVamos2011-32Salud.pdf>
- [3] *Compendio estadístico 2014 – Hospital María Auxiliadora*  
<http://190.12.74.51/pdf/indicadores/estadisticos/44.pdf>
- [4] *Reseña Histórica Hospital María Auxiliadora*  
<http://190.12.74.51/>
- [5] Winston W.L. (2005), *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos*, México: Thomson
- [6] Banks Jerry. (2010), *Discret-Event system simulation (5ª ed)*. Upper Saddle River; Montreal: Prentice Hall
- [7] Kelton, W. David, Randall P. Sadowski, David T. Sturrock (2007) *Simulación con software ARENA* Editorial McGrawHill
- [8] Ballou, R (2004), *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

- [9] Hillier F. S. / Lieberman G.J (2002) *Investigación de operaciones*, Mexico:McGraw-Hill.
- [10] Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J. y Weatherford, L.(2000), *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*, Mexico: Prentice Hall.
- [11] Ross, S. M. (1999) *Simulación*, Mexico: Prentice Hall.

### *Autorización y renuncia*

***Wilmer Atoche, Sergio López & Alexis Aliaga autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.***