

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE  
CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DE ATENCIÓN DE PACIENTES  
PARA OPTIMIZAR LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN Y LA ASIGNACIÓN DE  
RECURSOS EN LAS ÁREAS DE CONSULTA EXTERNA, EMERGENCIA Y  
HOSPITALIZACIÓN DE UN HOSPITAL PÚBLICO**

Tesis para obtener el título profesional de **Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

**Sergio Omar López Paucar  
Alexis Angelino Aliaga Rojas**

**ASESOR:**

**Ing. Wilmer Jhonny Atoche Diaz**

Lima, 18 de febrero del 2020

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo plantear la utilización de un modelo de optimización de recursos hospitalarios; médicos y camas; en un hospital público que atiende el área sur de Lima para así poder disminuir los tiempos de espera de los pacientes. El estudio se ha centrado en los procesos de atención de los departamentos de emergencia, consultorio externo y hospitalización debido a que son los procesos principales de atención dentro de un hospital.

Las etapas que se han desarrollado son las de análisis, diagnóstico, propuesta de mejora, desarrollo de propuesta y el análisis de los resultados obtenidos. El estudio determinó que la mejor herramienta para poder analizar la problemática fue el uso de la simulación de eventos discretos debido a que esta herramienta permitió desarrollar un modelo que refleja la realidad de los procesos de atención en los departamentos antes mencionados, así como también nos brindó estadísticas relacionadas a los tiempos de espera y cantidad de recursos necesarios. Así mismo, esta herramienta nos permitió poder trabajar con múltiples escenarios, lo cual fue determinante para encontrar la mejor alternativa de optimización y así plantear una propuesta de mejora que sea factible técnica y económicamente. Por otro lado, los datos han sido muy importantes para poder llegar los resultados y estos fueron obtenidos a través de mediciones y data histórica propia del hospital; lo cual favoreció bastante el análisis debido a que lo que se busca es encontrar funciones estadísticas que se basen en los datos de entrada y que reflejen adecuadamente los tiempos reales de cada proceso involucrado, de modo que los resultados obtenidos estén de acuerdo con lo que pasa en la realidad. Una vez obtenidos los datos del modelo el siguiente paso es el de validar esta información, proceso en el cual se debe demostrar estadísticamente que los datos de salida se encuentran dentro de los intervalos de confianza definidos. Luego de validar la información, se procedió a analizar qué departamentos eran los que se debían optimizar para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto. A partir de esto se realizó un modelo de optimización que tenía como función objetivo la reducción de tiempo de espera en los departamentos antes seleccionados. Finalmente, este resultado se analizó monetariamente para así poder determinar cuánto perdía cada paciente que estaba esperando en la cola de atenciones, clasificándolos en pacientes profesionales y no profesionales. Este análisis se realizó para el modelo actual

y el modelo optimizado, llegando a obtener una diferencia (ahorro) de S/. 10,733,569.02 de forma anual entre ambos modelos.



## TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

TEMA : ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DE ATENCIÓN DE PACIENTES PARA OPTIMIZAR LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS Y LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN EN LAS ÁREAS DE CONSULTA EXTERNA, EMERGENCIA Y HOSPITALIZACIÓN DE UN HOSPITAL PÚBLICO

ÁREA : Faculta de Ciencias e Ingeniería – Ingeniería Industrial

ASESOR : Ing. Wilmer Jhonny Atoche Díaz

ALUMNOS(S) : SERGIO OMAR LÓPEZ PAUCAR (20102582)  
ALEXIS ANGELINO ALIAGA ROJAS (20102622)

FECHA : San Migue, 18 de marzo de 2019

MÁXIMO : 100 páginas

---

### JUSTIFICACIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup> (OMS), “el derecho a la salud implica que el estado de cada país está en la obligación de brindar y crear las condiciones necesarias que permitan a sus pobladores vivir lo mejor y saludablemente posible y una de estas condiciones implica garantizar que los servicios de salud públicos sean lo más eficiente posibles”.

Lamentablemente, el Perú es un país que a lo largo de sus años no ha realizado grandes inversiones en el sector salud y esto desencadena en que la eficiencia que brinda en sus

---

<sup>1</sup> Auxiliadora, H. M. (2014). Hospital María Auxiliadora. Lima, Lim, Perú. Obtenido de <http://www.hma.gob.pe/>

hospitales públicos no sea la adecuada. Actualmente existen indicadores de gestión hospitalaria estándares y si vemos los resultados de Perú comparados con otros países de la región Latinoamérica podremos observar que nos encontramos por debajo de los rendimientos necesarios para poder brindar un servicio de calidad en lo que a salud corresponde. Por ejemplo, a finales del 2018, el Perú contaba con un ratio de 3 trabajadores administrativos por cada médico trabajando dentro de sus instalaciones de salud, mientras este ratio en otros países es diferente: En Canadá se tiene un ratio de 16 médicos por cada trabajador administrativo, Costa Rica cuenta con un ratio de 8, Uruguay tiene un ratio de 5. Asimismo, el Perú tiene un indicador de 16 camas disponibles para hospitalización por cada 10,000 habitantes, mientras que en países como Chile y Brasil el indicador es de 21 y 24 respectivamente. Ahora, si nos comparamos con países de Europa podemos observar que en España el indicador es de 32. Además, se puede observar que el tiempo promedio para poder separar una cita en los centros de salud públicos (EsSalud y Minsa) es de 14 días y el tiempo promedio que una persona tiene que esperar para ser atendida es de 2 horas y 14 minutos. <sup>2</sup>

Como se mencionaba anteriormente, el Perú ha llegado a esta situación debido a que no existe una gran inversión en el sector salud y esto también se puede evidenciar en estudios que datan lo siguiente: El Perú actualmente invierte un 5,5% del PBI en el sector salud y con este número nos encontramos en el último puesto de la región Latinoamérica, ya que, países como Bolivia (6.3%), Chile (7.8%), Colombia (7.2%) y Ecuador (9.2%) invierten un promedio de 7.6% de su PBI<sup>2</sup>.

Por los motivos e indicadores expuestos anteriormente, consideramos que la mejora de procesos interna dentro de los hospitales a través del uso de herramientas de mejora de procesos es vital para aumentar la eficiencia de estos centros de atención. En ese sentido, en el presente estudio nos centraremos en un hospital referente de la zona sur de Lima analizando los procesos de consulta externa, atención en emergencias y hospitalización con el fin de optimizar y proponer mejoras para la correcta distribución y asignación de

---

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática. (11 de Julio de 2014). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1157/libro.pdf)

recursos (médicos y camas de hospitalización) que permitan mejorar los tiempos de atención de los pacientes.

**OBJETIVO GENERAL:**

Realizar el análisis y mejora de los procesos de atención a pacientes en las áreas de consulta externa, emergencia y hospitalización dentro de un hospital público con el fin de optimizar los tiempos de atención y los recursos asignados a estas operaciones.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Definir los conceptos y herramientas a utilizarse para la mejora de procesos.
- Describir y analizar la problemática actual, describiendo los procesos que se desarrollan en el sistema.
- Recopilar los datos necesarios para poder desarrollar el modelo y realizar el ajuste correspondiente de los mismos a distribuciones estadísticas.
- Describir los supuestos asumidos para la construcción del modelo, tanto para los procesos y sub-procesos del flujo de operaciones del hospital.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos por el modelo con datos históricos reales. Proponer propuestas de mejora que estén enfocadas a resolver los problemas encontrados en los procesos del hospital y así poder cumplir con el objetivo general de la investigación.
- Evaluar las propuestas de mejora con el fin de encontrar aquellas que nos brinden una correcta asignación de los recursos asignados y que puedan disminuir los tiempos de atención de los pacientes.

**PUNTOS A TRATAR:**

**A. Marco Teórico [SOLP] [AAAR]**

Se definirán el concepto de simulación de eventos discretos, así como también las definiciones de los conceptos a utilizarse y del software que se usará como herramienta para el desarrollo del modelo.

**B. Análisis de la situación actual y descripción del proceso [SOLP] [AAAR]**

Se detallarán la estructura organizacional, operacional, el servicio brindado y la cantidad de recursos con los que trabaja el hospital con el fin de analizar la problemática actual y poder determinar las herramientas a usar.

**C. Análisis de datos [SOLP] [AAAR]**

Se recopilarán y ajustarán los datos de entrada al modelo a distribuciones estadísticas para poder ser usados en el desarrollo del mismo, se consideran datos de entrada, el arribo de pacientes a los diferentes consultorios de consulta externa y al área de emergencias.

**D. Desarrollo del modelo [SOLP] [AAAR]**

Se presentarán los supuestos asumidos para el desarrollo del modelo de simulación; además, se describirá cada uno de los sub-modelos que representan a los sub-procesos realizados en el hospital en su flujo de operación.

**E. Análisis y Validación de resultados [SOLP] [AAAR]**

Se compararán los datos obtenidos del modelo con los datos reales del hospital, para así poder determinar si el modelo está correctamente planteado y así conseguir las mejoras que deseamos.

**F. Propuestas de mejora [SOLP] [AAAR]**

Se utilizarán las herramientas desarrolladas por el software para poder plantear alternativas de mejora y luego poder encontrar la solución factible y óptima, la cual se ajuste a las necesidades del hospital.

**G. Evaluación de alternativas [SOLP] [AAAR]**

Se evaluarán las alternativas obtenidas con las herramientas usadas y se elegirá aquella que tome una menor inversión para llevar a cabo las mejoras en los problemas identificados.

**H. Conclusiones y Recomendaciones [SOLP] [AAAR]**



Asesor

[SOLP] SERGIO OMAR LOPEZ PAUCAR

[AAAR] ALEXIS ANGELINO ALIAGA ROJAS

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLA.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	2
1. Antecedentes .....	2
2. Conceptos generales .....	2
3. Conceptos estadísticos .....	4
3.1. Población y muestra .....	4
3.1.1. Población.....	4
3.1.2. Muestra .....	4
3.2. Media muestral, Varianza muestral y Proporción esperada .....	4
3.2.1. Media muestral .....	4
3.2.2. Varianza muestral.....	5
3.2.3. Proporción esperada.....	5
3.3. Pruebas de hipótesis .....	5
1.1. Intervalos de confianza .....	6
1.2. Variables aleatorias.....	6
2. Análisis de datos de entrada .....	7
2.1. Muestreo aleatorio simple .....	7
2.1.1. Estimación de la media: .....	7
2.1.2. Estimación de la proporción:.....	8
2.2. Pruebas de bondad de ajuste.....	9
2.2.1. Prueba Chi-Cuadrado .....	9
2.2.2. Prueba de Kolmogrov-Smirnov (K-S) .....	10
3. Análisis de datos de salida .....	10
3.1. Validación de resultados.....	11
3.2. Método del Batch Mean.....	11
3.3. Análisis de resultados.....	12
4. Simulación de eventos discretos .....	13
4.1. Definición .....	13
4.2. Supuestos.....	14



4.3.	Software .....	15
4.3.1.	Arena Simulation .....	15
4.3.2.	Input Analyzer .....	15
4.3.3.	Process Analyzer .....	16
4.3.4.	Output Analyzer .....	16
4.3.5.	Optquest.....	16
5.	Definición del sistema: Área de hospitalizaciones .....	17
<b>CAPITULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....</b>		<b>19</b>
1.	Reseña histórica del hospital .....	19
2.	Descripción de la empresa .....	20
2.1.	La Organización .....	21
1.1.	Perfil Empresarial .....	24
1.2.	Recursos de la Empresa.....	25
1.3.	El Servicio .....	25
3.	Descripción del proceso.....	26
2.1.	Mapa de procesos .....	26
2.2.	Procesos principales .....	26
2.3.	Indicadores del proceso principal.....	33
<b>CAPITULO 3: PROBLEMÁTICA Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>		<b>35</b>
1.	Análisis de Indicadores .....	35
2.	Identificación y priorización de problemas.....	37
2.1.	Matriz de identificación de problemas.....	37
2.2.	Priorización de selección de problemas.....	37
1.1.	Identificación de las causas .....	38
2.	Diagnóstico .....	40
2.1.	Selección de causa raíz.....	40
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL MODELO.....</b>		<b>43</b>
1.	Definición del sistema de colas .....	43
2.	Identificación de Entidades, Atributos, Recursos, Estaciones y colas .....	44
2.1.	Entidades.....	44
2.2.	Atributos .....	44

2.3. Recursos .....	45
2.4. Colas .....	46
3. Supuestos .....	47
4. Descripción del modelo .....	48
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>53</b>
1. Recopilación de datos .....	53
1.1. Determinación de datos .....	53
2. Estimación de la media .....	56
3. Estimación de la proporción.....	57
4. Pruebas de bondad de ajuste .....	57
<b>CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
1. Definición del Sistema .....	59
2. Análisis del Estado Estable .....	59
3. Cálculo de la Longitud de Réplica .....	60
4. Validación de Resultados .....	62
<b>CAPITULO 7: PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>63</b>
1. Controls .....	66
2. Responses.....	67
3. Restricciones .....	67
4. Función Objetivo .....	67
5. Resultados .....	67
<b>CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....</b>	<b>69</b>
1. Evaluación Técnica.....	69
1.1. Diseño de Planta .....	71
2. Evaluación económica .....	73
2.1. Inversión (CF1).....	73
2.2. Costos por tiempos de espera .....	74
2.3. Ahorro:.....	78
<b>CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>79</b>
1. CONCLUSIONES .....	79
2. RECOMENDACIONES .....	80
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Símbolos para la elaboración de flujogramas .....	3
<b>Figura 2</b> Pasos para realizar un modelo de simulación.....	14
<b>Figura 3</b> Exteriores del Hospital Mar .....	20
<b>Figura 4</b> Organigrama Funcional de HAMA.....	21
<b>Figura 5</b> Mapa de proces del HAMA .....	26
<b>Figura 6</b> Proceso principal del HAMA.....	27
<b>Figura 7</b> Flujograma del proceso de atención por Emergencias.....	29
<b>Figura 8</b> Flujograma del proceso de atención por Consulta Externa.....	31
<b>Figura 9</b> Flujograma del proceso de hospitalización .....	32
<b>Figura 10</b> Diagrama de Ishikawa de la problemática 1 .....	39
<b>Figura 11</b> Diagrama de Ishikawa de la problemática 2 .....	39
<b>Figura 12</b> Cola Triaje.....	48
<b>Figura 13</b> Proceso Trauma Shock.....	49
<b>Figura 14</b> Proceso de atención en consultorio .....	49
<b>Figura 15</b> Flujo consulta externa .....	50
<b>Figura 16</b> Atención en departamento de cirugía (Consulta externa) .....	51
<b>Figura 17</b> Distribución por departamento en Hospitalización.....	51
<b>Figura 18</b> <b>Atención de Hospitalización</b> .....	52
<b>Figura 19</b> Proceso de egreso de Hospitalización .....	52
<b>Figura 20</b> Input .....	58
<b>Figura 21</b> Periodo de estabilización.....	59
<b>Figura 22</b> Pareto de tiempos de espera por paciente en hospitalización.....	64
<b>Figura 23</b> Pareto de tiempos de espera por paciente en emergencia .....	65
<b>Figura 24</b> Pareto de tiempos de espera por paciente en consulta externa.....	66
<b>Figura 25</b> Distribución de camas actual.....	72

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Pasos para comprobación de hipótesis.....	5
<b>Tabla 2.</b> Número de atenciones en Emergencia.....	28
<b>Tabla 3.</b> Número de atenciones en Consulta externa.....	30
<b>Tabla 4.</b> Distribución de consultorios de Consulta Externa.....	30
<b>Tabla 5.</b> Distribución de camas en Hospitalización.....	31
<b>Tabla 6.</b> Identificación de problemas.....	37
<b>Tabla 7.</b> Priorización de problemas.....	38
<b>Tabla 8.</b> Selección de causa raíz.....	40
<b>Tabla 9.</b> Contramedidas de carencia de médicos en el hospital.....	41
<b>Tabla 10.</b> Contramedidas de pocos módulos de atención.....	41
<b>Tabla 11.</b> Contramedidas de asignación de camas.....	41
<b>Tabla 12.</b> Matriz de selección - FACTIS.....	42
<b>Tabla 13.</b> Clasificación de Variable.....	55
<b>Tabla 14.</b> Variables Aleatorias.....	56
<b>Tabla 15.</b> Cálculo de la longitud de réplica del modelo.....	61
<b>Tabla 16.</b> Validación de datos.....	62
<b>Tabla 17. Tiempos de espera por paciente en hospitalización.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 18.</b> Tiempos de espera por paciente en emergencia.....	64
<b>Tabla 19.</b> Tiempos de espera por paciente en consulta externa.....	65
<b>Tabla 20.</b> Cantidades máximas y mínimas de variación por recurso.....	67
<b>Tabla 21.</b> Resumen de variación de recursos optimizados.....	68
<b>Tabla 22.</b> Resultados de optimización en hospitalización.....	69
<b>Tabla 23.</b> Resultados de optimización en emergencia.....	70
<b>Tabla 24.</b> Resultados de optimización en consulta externa.....	71
<b>Tabla 25.</b> Costos de implementación de propuesta (CF1).....	74
<b>Tabla 26.</b> Sueldos promedio por profesionales y no profesionales.....	75
<b>Tabla 27.</b> Costo de espera iniciales.....	76
<b>Tabla 28.</b> Costo de espera optimizados.....	77

## INTRODUCCIÓN

La siguiente tesis realizará la evaluación de los procesos de atención de las áreas de emergencia, consulta externa y hospitalización de un hospital público ubicado en la zona sur de Lima con el objetivo de proponer mejoras en la distribución de recursos para así disminuir los tiempos de espera de los pacientes en cada estación comprendida en el flujo de operaciones descrito.

En el primer capítulo se dará detalle a la descripción y definición de las herramientas, tanto estadísticas como de simulación, que se utilizarán a lo largo del desarrollo del presente documento.

En el segundo capítulo se dará detalles acerca de la estructura organizacional, operacional, servicio brindado, cantidad de recursos con los que trabaja actualmente el hospital para así poder determinar la problemática actual.

En los capítulos siguientes se definirá cuál será el modelamiento dentro del sistema. Los datos de entrada, las pruebas de bondad de ajuste necesarias, validación de datos de salida para poder determinar si el modelo está dando resultados que coinciden con lo que pasa en la realidad actualmente. A partir de esta validación y luego de la afirmación estadística que corrobore que el modelo está modelado adecuadamente, se procederá a realizar la optimización de los recursos para así poder evaluar cada alternativa obtenida y así determinar cuál sería la mejor opción que cumpla los parámetros técnicos (reducción de tiempos de espera) y económicos (costos de implementación y ahorro asociado a la espera monetizado).

Finalmente se procederá a presentar las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el desarrollo del presente trabajo.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se describirán y definirán todas las herramientas necesarias para la realización del presente informe, lo cual incluye desde los conceptos estadísticos hasta la definición de simulación discreta y el software que se utilizará en el desarrollo del modelo.

### **1. Antecedentes**

La simulación discreta es una herramienta muy potente para poder resolver modelos matemáticos muy complejos, como los que se presentan en la vida real en una organización, es por esto que es bien aplicada para la mejora de procesos en sistemas de espera, tráfico de comunicaciones (correos, teléfonos, etc.), diseño de instalaciones, localización de instalaciones y centros organizacionales tales como empresas y hospitales.

Queda evidencia que estudios de simulación se han realizado en diferentes áreas de hospitales, en donde se buscaba la manera adecuada de asignar los recursos necesarios, tales como lo son las camas de atención y hospitalización, salas de operaciones, médicos y enfermeras, bajo restricciones tomadas por los mismos establecimientos (Orizaba, 2008).

Como ejemplo podemos tomar el estudio hecho en un hospital de la región de Orizaba, en el país de México, en donde con la ayuda de la simulación discreta se pudo desarrollar un modelo imitando el comportamiento del sistema del proceso de altas, con el fin de poder identificar puntos críticos y proponer las mejoras adecuadas para solucionarlos (Guasch, 2005).

### **2. Conceptos generales**

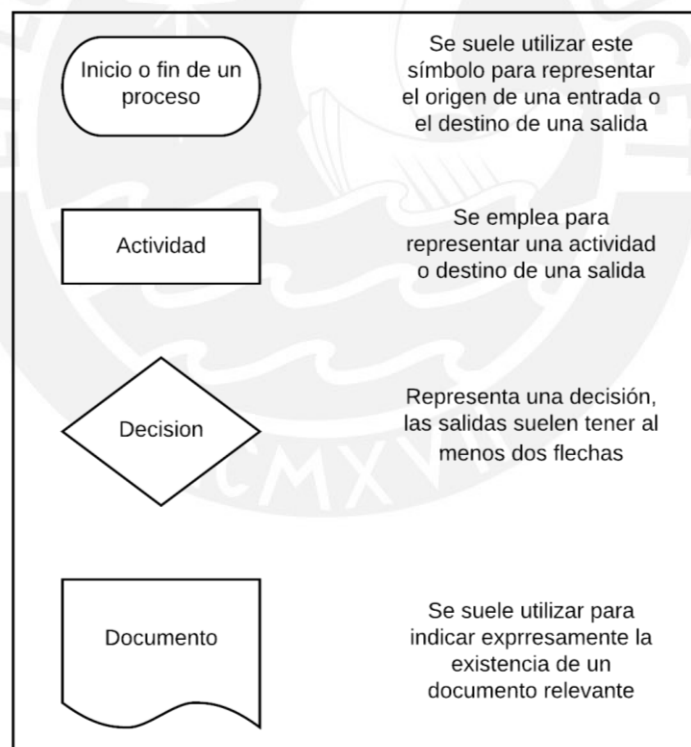
Para la presente investigación se hará uso de herramientas que corresponden a la Especialidad de Ingeniería Industrial, con el fin de poder facilitar el estudio y así brindar una mejor solución a los dos problemas a tratar.

## A. Proceso

Según Dianne Gallowey (2002), un proceso es una secuencia de pasos, tareas o actividades que transforman los inputs en outputs. Un proceso de trabajo incorpora valor a los inputs para transformarlos o utilizarlos para producir algo nuevo.

## B. Flujograma

Según Guillermo Gómez Cejas (1997), el Flujograma o Fluxograma, es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su formato o propósito, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, la distancia recorrida el tiempo empleado, etc.". En la imagen siguiente se muestran los símbolos para la elaboración de flujogramas:



**Figura 1** Símbolos para la elaboración de flujogramas

Fuente: <http://www.administracionmoderna.com/2012/04/flujograma.html>

Elaboración: Propia

### **3. Conceptos estadísticos**

Las herramientas estadísticas son parte fundamental en la formulación y análisis en estudios de mejora de procesos, por lo que es necesario llevar a cabo la correcta definición de aquellas herramientas que se van a utilizar en el presente trabajo de investigación.

#### **3.1. Población y muestra**

##### **3.1.1. Población**

Según Tamayo y Tamayo (1997), "La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación".

El tamaño que tiene una población es un factor de suma importancia en el proceso de investigación estadística. Cuando el número de elementos que integra la población es muy grande, se puede considerar a esta como una población infinita, por ejemplo; el conjunto de todos los números positivos.

Una población finita es aquella que está formada por un limitado número de elementos, por ejemplo; el número de habitantes de la ciudad de Lima.

##### **3.1.2. Muestra**

Según Córdova (2006), "Se denomina muestra a una parte de la población seleccionada de acuerdo con un plan o regla, con el fin de obtener información acerca de la población de la cual proviene.

La muestra debe ser seleccionada de manera que sea representativa de la población. Un método de selección de muestras representativas es al azar simple, lo cual quiere decir que cada elemento de la población debe de tener la misma probabilidad de ser seleccionada para la muestra."

#### **3.2. Media muestral, Varianza muestral y Proporción esperada**

##### **3.2.1. Media muestral**

Según Córdova (2006), "La media o valor esperado (denotado por  $\mu$ ) es el valor promedio de todos los posibles valores de  $X$ "



### 3.2.2. Varianza muestral

Según Córdova (2006), “La varianza de cualquier variable aleatoria  $X$  denotada por  $V(x)$  se define como la medida de dispersión de sus posibles valores con respecto a su media aritmética”.

### 3.2.3. Proporción esperada

La proporción esperada se define como la frecuencia de veces que se presenta un dato con respecto al total de los mismos.

## 3.3. Pruebas de hipótesis

Según Kerlinguer (2002), “El objetivo principal de la investigación usando herramientas de estadística inferencial consiste en probar una hipótesis por medio de la comprobación o pruebas de hipótesis”. Este proceso para comprobar toma como referencia una serie de procedimientos que ameritan un estudio especializado en sí, como resumen el autor propone los 5 pasos para poder comprar una hipótesis. En la tabla siguiente podemos observar los pasos para la comprobación de una hipótesis”.

**Tabla 1.** Pasos para comprobación de hipótesis

Pasos para la comprobación de hipótesis	Notas
1. Establecer la hipótesis nula.	$H_0: \mu_1 = \mu_2$
2. Establecer la hipótesis alternativa.	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ( $\mu_1 > \mu_2$ o $\mu_1 < \mu_2$ )
3. Calcular los estadísticos de la prueba	Los estadísticos pueden ser $z$ , $t$ , $F$ , $X^2$ calculados de datos observados.
4. Regla de decisión.	Use $\alpha$ , $g_l$ y la tabla para determinar el valor crítico
5. Relacionar la decisión con el problema original.	Esta es la parte inferencial.

Fuente: Adaptado de Manuel Córdova (Estadística Aplicada)

Por su parte, Sierra Bravo (2001), propone lo siguiente para poder hacer el procedimiento de validación de hipótesis:

- a. Formular supuestos. Que tiene el objetivo de formular la hipótesis de estudio y su respectiva hipótesis nula.
- b. La distribución de muestreo. Esto se realiza para poder determinar la curva de distribución muestral.

- c. Escoger el nivel de significación. No se debe aceptar o rechazar una hipótesis de acuerdo a las tablas que existen ya que esto nos puede conducir a cometer dos tipos de errores: Tipo I o errores del Tipo II.
- d. Determinar el estadístico de prueba. Consiste en realizar los cálculos que sean necesarios para verificar el valor que corresponde según los datos de la muestra.
- e. Tomar una decisión. A partir del análisis de los datos obtenidos, determinar el valor crítico en la tabla y determinar el nivel de significancia y el tipo de prueba si es de una o dos colas. A partir de estos datos se toma la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

### 1.1. Intervalos de confianza

Según Ronald Fisher (196), “En estadística, se llama intervalo de confianza a un par o varios pares de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto. Estos números forman un intervalo, los cuales se obtienen a partir de una muestra, el valor desconocido es un parámetro poblacional. El nivel de confianza se denomina probabilidad de éxito cuya representación es  $1 - \alpha$ , donde  $\alpha$  es la posibilidad de fallar en la estimación (nivel de significancia).

### 1.2. Variables aleatorias

Según Córdova (2006), “Una variable estadística es una característica (cualitativa o cuantitativa) que se mide u observa en una población. Cuando la población es aleatoria y la característica es cualitativa, se denomina variable aleatoria, la cual se podría clasificar en discreta y continua”.

**Variable aleatoria discreta:** Es aquella cuyo rango es un conjunto finito o infinito numerable dentro de un intervalo. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$R_x = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots\}$$

**Variable aleatoria continua:** Es aquella cuyo rango es un intervalo en los reales o conjunto infinito no numerable de valores reales.

Las variables aleatorias discretas muestran datos que se obtienen del conteo del número de elementos; por otro lado, las variables aleatorias continuas son aquellas que no se pueden determinar con exactitud, dado que la precisión dependerá del instrumento de medición a usar.

## 2. Análisis de datos de entrada

El análisis de datos de entrada consiste en poder seleccionar correctamente aquellos datos necesarios para el desarrollo del modelo, clasificarlos, determinar el número de datos a usarse y establecer la distribución que siguen. Para poder determinar la cantidad de datos es necesario usar un número determinado de observaciones sobre el total de la población, lo cual se determina muestreo aleatorio simple. Finalmente, es necesario someter los datos a pruebas de bondad de ajuste, con el fin de poder determinar la distribución a la que mejor se acomodan.

### 2.1. Muestreo aleatorio simple

Según Córdova (2006) “El muestreo aleatorio simple es el proceso para seleccionar una muestra de forma de que cada uno de los elementos pertenecientes a la población tiene una oportunidad igual e independiente de ser incluidos en la muestra”

Para calcular el tamaño de muestra, se debe seguir este procedimiento de muestreo para: Estimación de la media y la Estimación de la proporción.

#### 2.1.1. Estimación de la media:

Para poder estimar la media mediante el muestreo aleatorio simple se debe realizar lo siguiente:

- a. Obtener una muestra piloto de por lo menos 30 datos.
- b. Calcular la media de la población ( $\bar{X}$ ) y la varianza muestral ( $S^2$ )

En caso se tenga una población infinita ( $N > 200000$ ), se debe realizar solo el siguiente paso, en caso se tenga una población finita, se deben realizar los pasos 3 y 4.

- c. Determinar el tamaño de muestra, para esto se usa la siguiente fórmula:

$$n_0 = \left\lceil \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \cdot S^2}{d^2} \right\rceil$$

donde:

$n_0$ : Tamaño de la muestra con población finita

d: Error muestral de la población

En caso no se conozca el valor de “d”, se debe usar el error porcentual, el cual se calcula de la siguiente manera  $e=d \cdot \bar{X}$  (el valor de “e” debe ser menor al 5%)

- d. Ajustar el tamaño de muestra calculado usando la siguiente fórmula:

$$n = \left[ \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \right]$$

donde:

$n_0$ : Tamaño de la muestra con población finita

N: Tamaño de la población

### 2.1.2. Estimación de la proporción:

Para poder estimar la proporción mediante el muestreo aleatorio simple se debe realizar lo siguiente:

- a. Obtener una muestra piloto de por lo menos 30 datos.
- b. Calcular la proporción esperada ( $\bar{p}$ )

En caso se tenga una población infinita ( $N > 200000$ ), se debe realizar solo el siguiente paso, en caso se tenga una población finita, se deben realizar los pasos 3 y 4.

- c. Calcular el tamaño de muestra, para ello se usa la siguiente fórmula:

$$n_0 = \left[ \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \cdot \bar{p}(1 - \bar{p})}{e^2} \right]$$

Donde:

$n_0$ : Tamaño de la muestra con población finita

$e$ : Error porcentual (debe ser menor al 5%)

- d. Corregir el tamaño de muestra calculado usando la siguiente fórmula:

$$n = \left[ \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}} \right]$$

## 2.2. Pruebas de bondad de ajuste

“La prueba de bondad de ajuste tiene como objetivo comprobar si las frecuencias observadas  $F_o$ , se ajustan a un modelo de probabilidad teórico, discreto o continuo, donde  $F_o$  es el valor de la variable aleatoria.”

En la prueba se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis estadística nula:  $H_o: F_o = F_e$

Hipótesis estadística alterna:  $H_a: F_o \neq F_e$

Donde:

$F_o$  = Distribución observada

$F_e$  = Distribución esperada

La simulación discreta aprovecha esta herramienta para poder determinar con qué distribución a ajustan mejor los datos a estudiar. Se utilizan dos pruebas: La prueba Chi- Cuadrado y la prueba de Kolmogrov-Smirnov (K-S)

### 2.2.1. Prueba Chi-Cuadrado

“La prueba de independencia Chi-Cuadrado, tiene como objetivo determinar si existe alguna relación entre dos variables categóricas”. Esta prueba se puede usar bajo las siguientes condiciones:

- Variables Discretas o Continuas
- El tamaño de muestra debe ser mayor o igual a 90

Para realizar la prueba se deben de seguir los siguientes pasos:

Sea  $(X_1, X_2, \dots, X_k) \sim \text{Mul}(n, p_1, p_2, \dots, p_k)$  y sean  $\hat{p}_i$  estimadores de los  $p_i$ , obtenidos de estimar “m” parámetros desconocidos por el método de máxima verosimilitud. Si  $e_i = np_i \leq 5$ , entonces:

#### 1. Establecer las pruebas de hipótesis:

$H_o$ : Los datos siguen la distribución de la variable aleatoria propuesta.

$H_1$ : Los datos no siguen la distribución propuesta.

#### 2. Calcular el estadístico de prueba:

$$w = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - e_i)^2}{e_i} \sim X^2(m - k - 1)$$

Donde:

$X_i$ : Frecuencia observada de categoría  $\hat{p}_i$

$e_i$ : Frecuencia esperada de la categoría  $\hat{p}_i$  ( $e_i = n\hat{p}_i$ )

$k$ : Cantidad de parámetros estimados

$m$ : Número final de intervalos

3. Determinar un nivel de significancia

$\alpha$  = Probabilidad de rechazar  $H_0$ , cuando este es verdadero

4. Determinar la región de rechazo

Si el estadístico de prueba se encuentra en la región de rechazo, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

**2.2.2. Prueba de Kolmogrov-Smirnov (K-S)**

“Esta prueba es una alternativa para determinar si una muestra de datos se ajusta a una distribución particular teórica (Uniforme, Binomial, Poisson, geométrica, Normal, etc.)”. Esta prueba se puede realizar bajo las siguientes condiciones:

No hay restricciones para el tamaño de muestra

Solo se puede aplicar en variables aleatorias continuas Para este caso el estadístico es el siguiente:

$$D = \sup |\hat{F}_i(x_i) - F_0(x_i)|$$

Donde:

$X_i$ :  $i$ -ésimo valor observado de la muestra

$F(X_i)$ : Estimador de probabilidad

$F_0(X_i)$ : Probabilidad de observar valores menores o iguales que  $X_i$  cuando  $H_0$  es cierta.

**3. Análisis de datos de salida**

Los datos obtenidos del desarrollo de un modelo de simulación discreta deben ser analizados y comparados con aquellos datos obtenidos en el sistema real con el fin de comprobar que el modelo sigue la lógica correcta y las mejoras que se realicen en el mismo se adapten también a los de la realidad.

En primer lugar, se debe realizar la validación de los datos mediante una prueba de hipótesis para comprobar si estos se ajustan a los obtenidos en la vida real o no. Finalmente, es necesario determinar si el modelo es terminal (delimitado) o no terminal (no se presenta inicio ni fin), debido a que el análisis de los resultados depende del tipo de modelo con el que se esté trabajando.

### 3.1. Validación de resultados

Consiste en comparar los datos de salidas, mediante alguna herramienta estadística, con resultados reales del sistema.

En el presente estudio se usará la prueba t-student para poder comparar la media muestral de los datos reales con los resultados obtenidos por el modelo. A continuación, se precisa los pasos para la realización de la prueba:

- Planteamiento de la hipótesis:

$$H_0: E(Y) = c$$

$$H_1: E(Y) \neq c$$

- Se calcula el valor del estadístico ( $t_0$ ):

$$\left[ \frac{E(Y) - c}{S\sqrt{n}} \right]$$

donde:

n: Tamaño de muestra

S: Desviación estándar de la muestra

- Se compara el valor del estadístico calculado con el valor de tablas

SI:  $t_{calculado} > t_{tablas}$ , se rechaza  $H_0$ .

### 3.2. Método del Batch Mean

En las simulaciones con sistemas no terminales se sugiere simular el proceso en una gran réplica, la cual genera problemas al momento de calcular el error estándar de la media de la muestra debido a que los datos presentan una alta correlación y estimador de la varianza o media pueden estar sesgados. Es por eso que la mejor solución a este problema es usar el método del batch mean, el cual divide los datos de salida de una gran réplica en lotes de longitud  $k$  y toma el promedio de los mismos como independientes. Es importante mencionar que este análisis se hace luego de eliminar el periodo de calentamiento (Banks, 2010), para así poder terminar el promedio del estado estable de  $X_i$ . Asimismo, según Schmeiser (1982), un número de lotes mayor a 30 no genera mayor impacto en los resultados, así se tenga una gran cantidad de datos en bruto. Por otro lado, el rendimiento del intervalo de confianza, en términos de anchos y variabilidad, es deficiente para un número de lotes menor a 10 (Banks, 2010).

### 3.3. Análisis de resultados

Según Guash (2002):

“Para poder analizar un sistema e interpretar de manera correcta los resultados, se debe determinar ciertas características intrínsecas a su comportamiento dinámico, es decir, poder determinar si el modelo se comporta como un modelo terminal (finito) o no terminal”

#### A. Sistema Terminal

Según Guash (2002), “La simulación de un sistema terminal es aquella que se inicia en un estado determinado por el programador y que será ejecutado hasta que ocurra un determinado evento, previamente identificado, mediante el cual se detendrá la simulación”

Guash recomienda los siguientes aspectos para el análisis de estos sistemas:

- No es necesario estar preocupado por la finalización de la simulación, ya que esta ocurre de manera automática.
- Se puede tomar cada repetición de manera independiente y poder aplicarle métodos estadísticos
- Es necesario determinar el número de repeticiones del modelo para obtener resultados confiables. Este proceso se puede realizar de dos maneras: El primero, es realizar todas las repeticiones hasta alcanzar un nivel de precisión previamente establecido, pero el mayor problema en este caso es que no se sabe exactamente cuántas repeticiones se van a tener que realizar. El segundo método consiste en calcular el número de repeticiones con la herramienta estadística de intervalos de confianza, para esto se aplica una distribución t-student:

$$h = t_{(1-\alpha; n-1)} * \frac{Sx}{\sqrt{n}}$$

Luego, se debe calcular el número de réplicas ( $n^*$ ) para un ancho de intervalo específico ( $h^*$ ) de la siguiente forma:

$$n^* = \left[ n \left( \frac{h}{h^*} \right)^2 \right]$$



## **B. Sistema No Terminal**

Según Guash (2002), “Un sistema no terminal no tiene establecido el momento en que se da inicio y culmina, por lo que se requiere determinar la longitud de réplicas para poder eliminar el periodo de carga y comenzar el análisis a partir de la estabilización del sistema”

Según Banks (2010), se deben realizar los siguientes pasos en el análisis de estos sistemas:

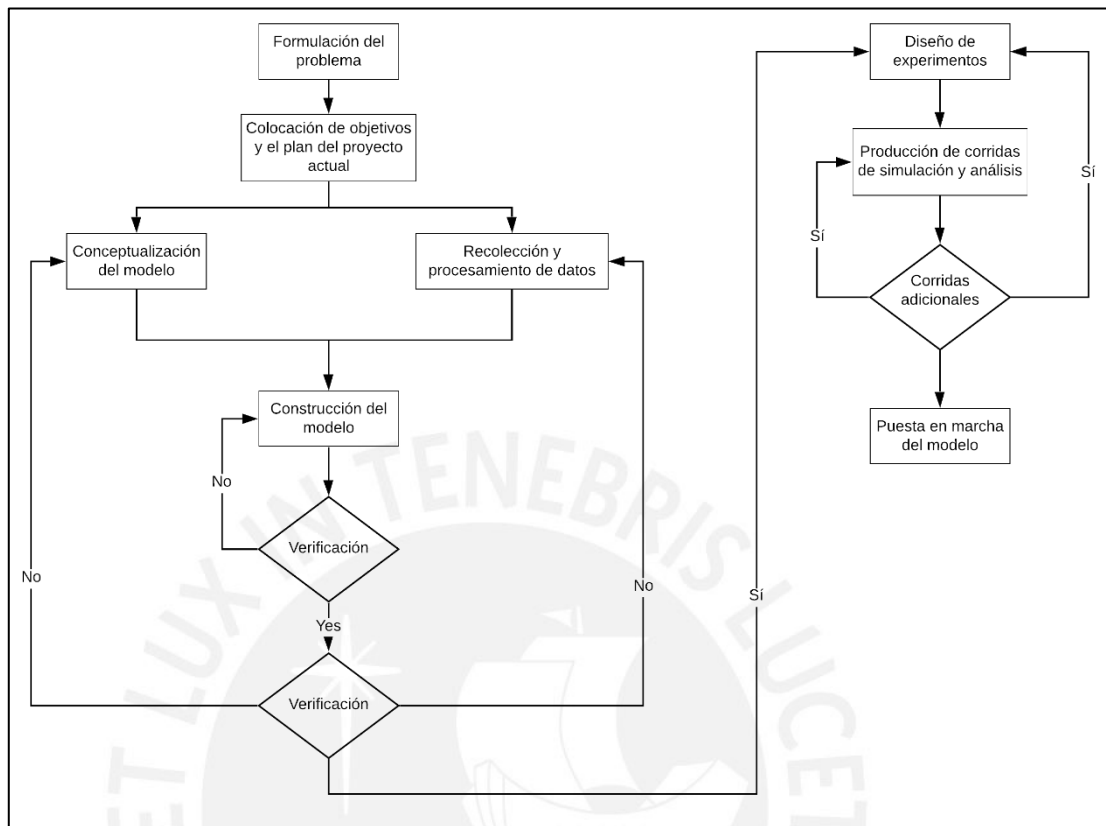
- Eliminar el periodo de calentamiento
- Dividir en  $k_1$  lotes (por lo menos 100)
- Determinar la correlación y comprobar si es mayor a 0.2. En caso sea menor, se debe incrementar el número de lotes y repetir este punto.
- Cuando se logre alcanzar el valor de correlación deseado, se repite en  $k_2$  lotes para poder definir un intervalo de confianza de  $k_{1-1}$  grados de libertad y una distribución  $t$ .

## **4. Simulación de eventos discretos**

### **4.1. Definición**

Según Wayne Winston (2005), “Se puede definir la Simulación como la técnica que imita el funcionamiento de un sistema del mundo real cuando evoluciona en el tiempo. La simulación no es una técnica de optimización. Más bien es una técnica para estimar las medidas de desempeño del sistema modelado”.

A continuación, en la figura 2, se especifican los pasos que se deben de realizar para el desarrollo de los sistemas, haciendo uso de la herramienta de simulación de sistemas.



**Figura 2** Pasos para realizar un modelo de simulación

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

#### 4.2. Supuestos

Uno de los conceptos que se usa al momento de la realización de simular un sistema son los supuestos, los cuales determinarán que tan complejo se vuelve el modelo o no. Se debe tener en cuenta que no se debe establecer supuestos desmesuradamente, pues haría que el modelo se volviera muy simple; es por ello, que al momento de considerar los supuestos se deben poner los más relevantes.

Según Altiok (2007), hay que tener en cuenta un par de consideraciones importantes sobre los supuestos:

<b>Mínima cantidad de supuestos</b>	<b>Excesiva cantidad de supuestos</b>
1. Aumento de la complejidad del modelo.	1. Simplicidad del modelo.
2. Se presentan problemas al momento de intentar simular la realidad.	2. Los resultados de la simulación no representa correctamente la realidad.

### **4.3. Software**

Para el desarrollo del modelamiento y la simulación de los procesos que vamos a analizar haremos uso de herramientas informáticas desarrolladas por Rockwell Automation, las cuales se mencionara a continuación:

#### **4.3.1. Arena Simulation**

Es un software desarrollado por Systems Modeling y adquirida por Rockwell Automation en el 2000. Utiliza el procesador SIMAN y lenguaje de simulación. En Arena Simulation, se construye un modelo de experimentación mediante la colocación de módulos (cajas de diferentes formas), los cuales representan los procesos. Las líneas de conexión se utilizan para unir estos módulos juntos y para especificar el flujo de entidades. Los datos estadísticos, como el tiempo de ciclo y los niveles de WIP (trabajo en proceso), se pueden guardar y obtener informes. También puede integrarse con las tecnologías de Microsoft. Incluye Visual Basic, es compatible con Microsoft Visio para los diagramas de flujo y por último puede leer y exportar en formato xls.

#### **4.3.2. Input Analyzer**

Es una poderosa herramienta que se encuentra en el ambiente ARENA, se puede utilizar para determinar qué distribución de probabilidad se ajusta a los datos de entrada; también para ajustar una distribución específica a los datos con el fin de comparar funciones de distribución o de visualizar los efectos de cambios en los parámetros de una misma distribución. Además, puede generar grupos de números aleatorios que se pueden analizar a través de la función de ajuste del programa. Para nuestra investigación usaremos esta herramienta para analizar un conjunto de datos que representen los tiempos entre llegadas, tiempo de proceso, entre otros.

#### **4.3.3. Process Analyzer**

Esta herramienta permite generar, evaluar y completar diversos escenarios de un sistema, previa construcción, verificación y validación del modelo en términos de una o unas variables de respuesta específica.

#### **4.3.4. Output Analyzer**

Es una herramienta de Arena que brinda información estadística de la data de salida de la(s) replicas. Los datos son coleccionados y guardados durante la corrida del modelo. Esta herramienta brinda opciones para manipular, analizar datos y obtener información estadística de las mismas.

Entra las opciones con las cuales cuenta esta herramienta son:

- Bacheo
- Correlograma
- Punto de estimación
- Intervalos de Confianza

#### **4.3.5. Optquest**

Arena OptQuest User's Guide (2010):

Optquest mejora las capacidades de análisis de Arena, debido a que permite buscar soluciones óptimas dentro de los modelos de simulación. El modelador describe un problema de optimización en Optquest, lo cual permite que este busque los valores de control que maximizan o minimizan la función objetivo.

A continuación, se describe el funcionamiento de este módulo de Arena y su aplicación para el caso de estudio que se ha desarrollado en este documento. Los elementos de una modelo de optimización son:

- Controls: Son variables o recursos en el modelo que hay que controlar. Los valores de los controles se cambian antes de cada simulación, hasta encontrar los mejores valores en el tiempo predefinido.
- Constraints: Son las restricciones del modelo, definen la relación entre los controles y las variables de salidas. Si la solución cumple con todas las restricciones se considera una solución factible, caso contrario es una solución no factible. No todos los modelos requieren restricciones, sin

embargo, aquellos que lo hacen deben poder diferenciar entre una solución factible o no factible.

- **Objective:** Es lo que se quiere lograr con el modelo de simulación. Es una expresión matemática que busca maximizar o minimizar el resultado en función a los controles y variables de respuesta. El Optquest encuentra el valor óptimo del objetivo indicado seleccionando valores mejorados de los diferentes controles.

En resumen, el objetivo del Optquest es encontrar una solución factible, cuyas restricciones sean factibles. Una vez encontrada, se centra en buscar soluciones que mejoren este valor.

## **5. Definición del sistema: Área de hospitalizaciones**

El sistema en el cual se desarrolla el estudio es el área de hospitalizaciones de un centro de salud, en este centro particular se cuenta con 7 departamentos en donde están distribuidas las camas para hospitalizaciones:

- Cirugía
- Gineco Obstetricia
- Medicina
- Oncología
- Pediatría
- UCI
- Neonatología

El proceso para que un paciente llegue al área de hospitalización implica analizar otros 2 procesos, los cuales son los siguientes:

### Atención por consulta externa:

El paciente debe sacar una cita de atención para poder ser evaluado por un médico de algún departamento en específico. Posteriormente, el médico es quien de acuerdo al diagnóstico del paciente evalúa el destino del mismo, los cuales pueden ser los siguientes:

- Nueva cita
- Hospitalización
- Fin de tratamiento

### Emergencias:

El paciente ingresa al departamento de emergencias, en donde de acuerdo al diagnóstico observado es derivado a alguna estación en específica dentro del sistema, las cuales son las siguientes:

- Medicina
- Gineco Obstetricia
- Cirugía
- Pediatría
- Traumatología
- Neonatología
- Traumashock

Posteriormente, y dependiendo del diagnóstico del médico de turno, el paciente puede tomar uno de los siguientes destinos:

- Hospitalización
- Alta médica
- Muerte
- Consulta externa

## **CAPITULO 2: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El siguiente capítulo contiene la descripción (histórica y organizacional) de la empresa a ser analizada. De la misma manera, se realiza el análisis de la situación actual, con el fin de poder entender con mayor énfasis los procesos a estudiar.

### **1. Reseña histórica del hospital**

El hospital María Auxiliadora<sup>3</sup>, es una institución asistencial de Tercer Nivel que funciona como único centro hospitalario de referencia en el Cono Sur de Lima Metropolitana, brindando atención Integral Básica en los servicios de Salud a la población de distritos urbano, marginal y rural que representan aproximadamente 2'229,532 personas.

Durante el gobierno militar del presidente Juan Velasco Alvarado en 1971, se dan las iniciativas para la creación de un hospital infantil en el distrito de San Juan de Miraflores, otorgándose, en un inicio, un terreno eriazo de 15.5 kilómetros cuadrados. Un año después, se encomienda la elaboración de los planos de construcción a la Junta de Asistencia Nacional (JAN) y con R. M. N° 002282-73-SA/AS del 25 de diciembre de 1973, se faculta el inicio de su construcción con el nombre de hospital Materno Infantil María Auxiliadora.

Por limitaciones de recursos económicos en 1974, la JAN trasfiere la construcción a la Beneficencia Pública de Lima, la misma que, a través de un crédito de \$10,000 dólares americanos otorgado por la Cía. Hospitalaria Internacional GMBH de Alemania Federal y complementado con recursos del Tesoro Público del Perú, inició la construcción, pero por problemas de consistencia en el sub-suelo paralizaron la construcción por el lapso de tres años.

El 24 de abril de 1977 a través del D. L. N° 21852 se declara hospital General y a partir de 1978, por Licitación Pública, la Cía. BRUCE S.A. Contratistas Generales culminó las obras de construcción.

---

<sup>3</sup> Auxiliadora, H. M. (2014). Hospital María Auxiliadora. Lima, Lim, Perú. Obtenido de <http://www.hma.gob.pe/>

Cinco años después, el Tesoro Público asigna una partida complementaria para la culminación de la obra y la adquisición de equipos médicos ascendente a \$ 4'168,000 dólares.

El 29 de diciembre de 1983, durante el Gobierno Constitucional del arquitecto, Fernando Belaúnde Terry, siendo Ministro de Salud el Dr. Juan Franco Ponce, se inauguró esta dependencia con el servicio de 20 médicos en consultorios externos: cirugía, gineco-obstetricia, medicina general y pediatría, designando como director de nuestra institución al Dr. Rodolfo Rivoldi Nicolini.

En abril de 1985, luego de un concurso de plazas vacantes de personal técnico profesional, se amplía la atención en consultorios externos, y en noviembre de 1986 se inaugura oficialmente ambientes de hospitalización con 100 camas.

## **2. Descripción de la empresa**

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 y debido a la complejidad de enfermedades que puede atender es considerado como una institución asistencial de Tercer Nivel. En términos de infraestructura, cuenta con un área de terreno de 45,566.10 m<sup>2</sup>, de los cuales solo 23,523.61m<sup>2</sup> han sido construidas. El hospital cuenta con 6 pisos de altura, con un sótano y un entrepiso exclusivamente para hospitalizaciones. A continuación, se muestra una imagen de los exteriores del hospital:

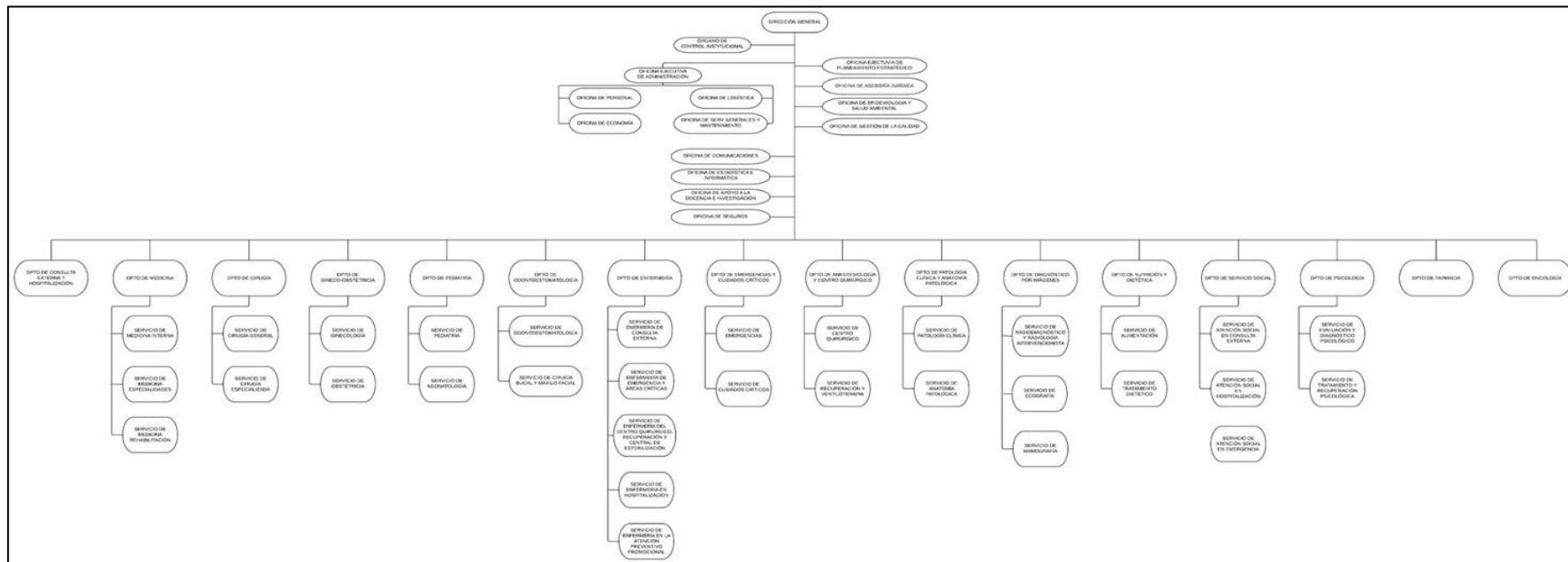


**Figura 3** Exteriores del Hospital Mar

Fuente: [www.larepublica.com.pe](http://www.larepublica.com.pe)



## 2.1. La Organización



**Figura 4** Organigrama Funcional de HAMA

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Del siguiente organigrama obtenemos lo siguiente:

**A. Órgano de dirección**

La dirección general es el órgano de dirección del hospital y está a cargo de un Director General.

**B. Órgano de control**

Es la unidad orgánica encargada de lograr el control en el Hospital, mantiene dependencia técnica y funcional de la Contraloría General de la República y depende administrativamente del Director General del Hospital.

**C. Órganos de asesoramiento**

1. Oficina Ejecutiva de Planeamiento Estratégico

Es la unidad orgánica encargada del planeamiento estratégico y operativo, proceso presupuestario, costos, diseño organizacional y sistema de inversión pública.

2. Oficina de Asesoría Jurídica

Es la unidad orgánica encargada del asesoramiento legal y jurídico.

3. Oficina de Epidemiología y Salud Ambiental

Es la unidad orgánica encargada de la vigilancia en salud pública, análisis de la "Reglamento de Organización y Funciones Hospital María Auxiliadora" 10 situación de salud hospitalaria, salud ambiental e investigación epidemiológica.

4. Oficina de Gestión de la Calidad

Es la unidad orgánica encargada de implementar el Sistema de Gestión de la Calidad en el Hospital para promover la mejora continua de la atención asistencial y administrativa al paciente, con la participación activa del personal.

**D. Órganos de apoyo**

1. Oficina Ejecutiva de Administración

Es la unidad orgánica encargada de lograr que el Hospital cuente con los recursos humanos, materiales y económicos necesarios, así como del mantenimiento y servicios generales, para el cumplimiento de la misión y los objetivos estratégicos y funcionales asignados al Hospital.

2. Oficina de Comunicaciones

Es la unidad orgánica encargada de establecer la comunicación social y relaciones públicas que sean necesarias para lograr los objetivos estratégicos y funcionales del Hospital.

3. Oficina de Estadística e Informática

Es la unidad orgánica encargada de lograr que el Hospital provea la información estadística de salud y el soporte informático, mecanización e integración de los sistemas de información requeridos para los procesos organizacionales.

4. Oficina de Apoyo a la Docencia e Investigación

Es la unidad orgánica encargada de prestar apoyo a la docencia e investigación según los convenios con las universidades y/o instituciones educativas.

5. Oficina de Seguros

Es la unidad orgánica de apoyo especializado en seguros para el logro de la misión y los objetivos estratégicos y funcionales asignados al Hospital, en el marco de la política sectorial y normas vigentes.

**E. Órganos de línea**

1. Departamento de Consulta Externa y Hospitalización.
2. Departamento de Medicina
3. Departamento de Cirugía
4. Departamento de Gineco-Obstetricia
5. Departamento de Pediatría
6. Departamento de Odontología
7. Departamento de Enfermería
8. Departamento de Emergencia y Cuidados Críticos
9. Departamento de Anestesiología y Centro Quirúrgico
10. Departamento de Patología Clínica y Anatomía Patológica
11. Departamento de Diagnóstico por Imágenes
12. Departamento de Nutrición y Dietética
13. Departamento de Servicio Social
14. Departamento de Psicología
15. Departamento de Farmacia
16. Departamento de Oncología

La lista de recursos por departamento (médicos) está detallada en el Anexo 1.

## **1.1. Perfil Empresarial**

Según el portal web del Hospital María Auxiliadora, su perfil empresarial está definido de acuerdo a la Ley N° 27657 –Ley del Ministerio de Salud y su Reglamento, aprobado con el

D.S. N° 013-2002-SA, la cual tiene como finalidad los siguientes objetivos estratégicos: satisfacer las necesidades de salud de la población y poder lograr una atención de calidad y eficiente para los pacientes.

### **A. Misión**

La Misión del Hospital es prevenir los riesgos, proteger del daño, recuperar la salud y rehabilitar las capacidades de los pacientes, en condiciones de plena accesibilidad y de atención a la persona desde su concepción hasta su muerte natural.

### **B. Visión**

El Hospital "María Auxiliadora tiene como Visión, ser hospital acreditado del tercer nivel con reconocimiento nacional e internacional en la atención integral y especializada con excelencia en los servicios de salud, líder en formación de recursos humanos contribuyendo a la ciencia con investigación científica en salud.

### **C. Objetivos generales**

- Lograr la recuperación de la salud y la rehabilitación de las capacidades de los pacientes, en condiciones de oportunidad, equidad, calidad y plena accesibilidad, en Consulta Externa, Hospitalización y Emergencia.
- Defender la vida y proteger la salud de la persona desde su concepción hasta su muerte natural.
- Lograr la prevención y disminución de los riesgos y daños a la salud.
- Apoyar la formación y especialización de los recursos humanos, asignando campo clínico y el personal para la docencia e investigación, a cargo de las Universidades e Instituciones educativas, según los convenios respectivos.
- Administrar los recursos humanos, materiales económicos y financieros para el logro de la misión y sus objetivos en cumplimiento a las normas vigentes.
- Mejorar continuamente la calidad, productividad, eficiencia y eficacia de la atención a la salud, estableciendo las normas y los parámetros necesarios, así como generando una cultura organizacional con valores y actitudes hacia la

satisfacción de las necesidades y expectativas del paciente y su entorno familiar.

## **1.2. Recursos de la Empresa**

En este punto se da información acerca de los recursos relevantes para el estudio con los que cuenta actualmente el Hospital María Auxiliadora:

### **A. Médicos**

Son los profesionales calificados de diagnosticar las enfermedades y atender a los pacientes que requieran algún servicio de salud brindado por el hospital.

### **B. Enfermeros**

Son los profesionales técnicos encargados de asistir y colaborar en las labores designadas por el médico para el cuidado de los pacientes.

### **C. Personal Administrativo**

Son todas aquellas entidades que intervienen para el correcto funcionamiento del hospital, entre los cuales tenemos: Desde el director general hasta el personal encargado de la atención en citas.

### **D. Activos Fijos**

Son todos los recursos físicos con los que cuenta el hospital, tales como computadoras, equipos de medicina, ambulancias. Para el estudio se considera como único activo fijo a las camas designadas para la hospitalización y atención de los pacientes.

## **1.3. El Servicio**

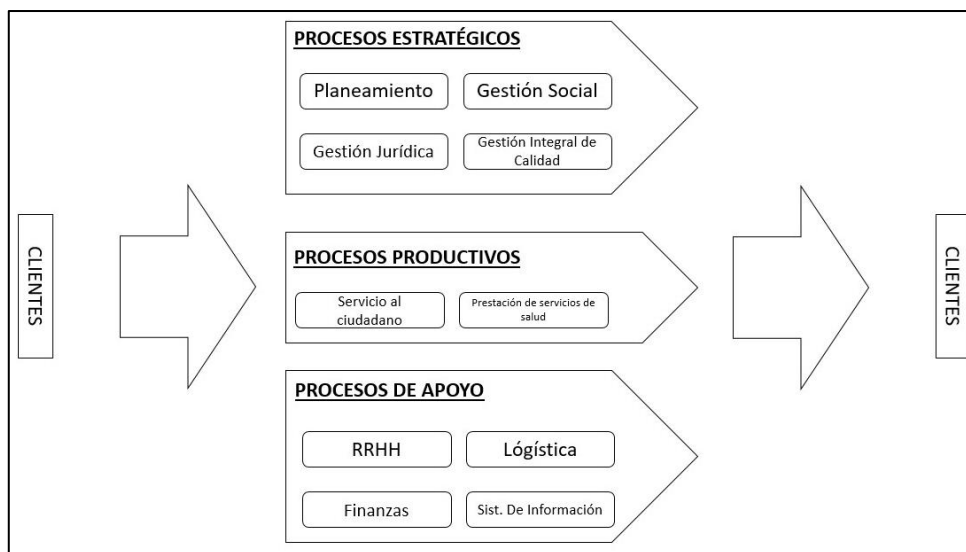
El servicio que vamos a analizar para este estudio es el de Hospitalización, el cual se ofrece a los pacientes a través de dos vías, la primera es mediante la consulta externa, en el cual se le asigna un turno de atención al paciente para los diferentes consultorios, posteriormente, de acuerdo al diagnóstico del paciente se le asigna una cama de hospitalización o se sigue con su tratamiento normal; la otra vía es a través de emergencias, en la cual el paciente es atendido por el doctor y su diagnóstico va a determinar si este es hospitalizado o derivado a consulta externa.

### 3. Descripción del proceso

Para desarrollar el modelo de optimización se debe conocer el proceso de las áreas involucradas, con el fin de encontrar y comprender los problemas relevantes de los mismos y así poder emplear las herramientas adecuadas para la mejora de los procesos.

#### 2.1. Mapa de procesos

A continuación, se presenta el mapa de procesos generales del Hospital María Auxiliadora:



**Figura 5** Mapa de procesos del HAMA

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

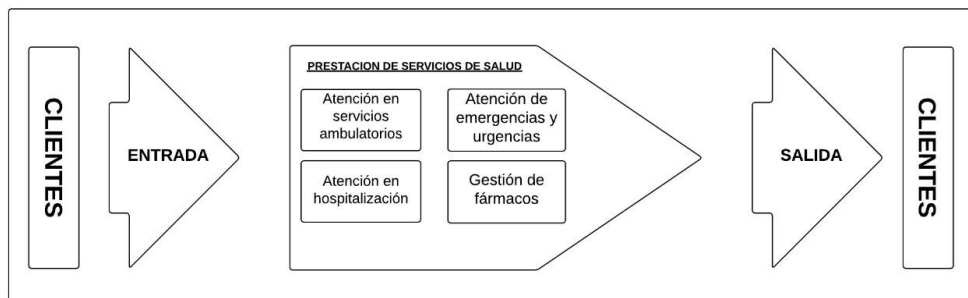
Según la figura N°5, se tiene lo siguiente:

Servicio al ciudadano: Es el proceso en el cual se atiende a los pacientes, desde la separación de citas médicas en las cabinas de atención hasta el servicio que brindan los médicos en su respectivo consultorio.

Prestación de servicios de salud: Es el proceso en el cual los médicos, de cada departamento, brindan su diagnóstico a los pacientes, además es aquí donde se determina quienes deben ser hospitalizados.

#### 2.2. Procesos principales

Este estudio se enfoca en los procesos que se encuentran dentro de la prestación de servicios de salud”, los cuales se muestran a continuación:



**Figura 6** Proceso principal del HAMA

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Atención en servicios ambulatorios: Es el área encargada de sistematizar la atención de aquellos pacientes nuevos y/o continuadores a los cuales el hospital atiende. Posteriormente, el médico realiza un diagnóstico a cada paciente en donde, de acuerdo a su estado (prioridad), se determina si es que este sigue con su tratamiento normal o requiere ser transferido al área de hospitalización.

Atención de emergencias y urgencias: Según la “Norma Técnica de los Servicios de Emergencias de Hospitales del Sector Salud”; un paciente que llega al área de emergencias puede clasificarse de la siguiente manera:

Prioridad I    Emergencia o Gravedad Súbita Extrema

Prioridad II    Urgencia mayor

Prioridad III    Urgencia menor

Prioridad IV    Patología Aguda Común

En esta área se atienden a los pacientes que presenten alguna emergencia (Prioridad I y II) y/o aquellos pacientes que tengan alguna urgencia (Prioridad III y IV).

Atención en hospitalización: Este proceso consiste en la asignación de una cama en una habitación dentro de los límites del hospital a aquellos pacientes que tengan una orden de hospitalización.

Gestión de fármacos: Es el proceso mediante el cual se distribuye y se asigna la medicina a cada departamento del hospital.

A continuación, se muestra los flujogramas y detalles correspondientes al proceso de hospitalización, el cual incluye los procesos de consulta externa (servicios

ambulatorios) y emergencias, ya que son estos 2 procesos los que derivan a los pacientes para ser hospitalizados:

- Dpto. de Emergencia:

En la siguiente tabla se muestra la distribución de atenciones del año 2018 dentro del departamento de emergencias:

**Tabla 2.** Número de atenciones en Emergencia

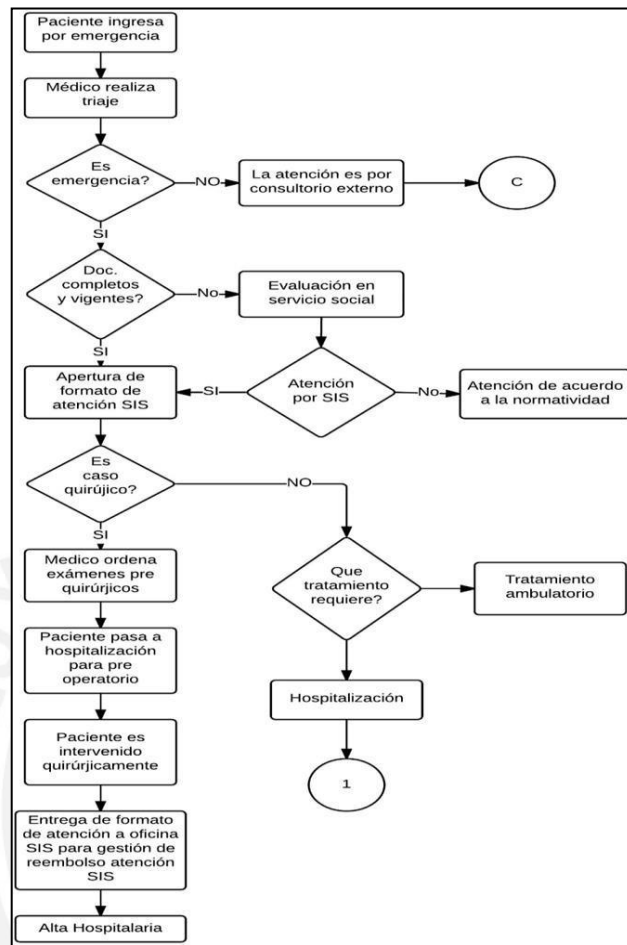
<b>DPTO</b>	<b>ATENCIONES</b>	<b>%</b>
MEDICINA	36,614	39.09%
GINECO OBSTETRICIA	15,850	16.92%
CIRUGIA	13,998	14.95%
PEDIATRIA	17,673	18.87%
TRAUMATOLOGIA	7,121	7.60%
NEONATOLOGIA	1,122	1.20%
TAUMASHOCK	1,277	1.36%
<b>TOTAL</b>	<b>93,655</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Según la tabla anterior podemos observar que las atenciones del departamento de emergencia tienden a estar entre 92,000 y 94,000 de forma anual. En la siguiente imagen se muestra el flujograma del proceso de atención por emergencia:





**Figura 7** Flujograma del proceso de atención por Emergencias

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

- Dpto. de Consulta Externa:

En el año 2018 se realizaron aproximadamente unas 405,221 atenciones médicas dentro del hospital, la cual se ve resumida en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Número de atenciones en Consulta externa

DPTO	ATENCIONES	%
MEDICINA	186,247	45.96%
CIRUGIA	114,037	28.14%
GINECO OBSTERICIA	39,912	9.85%
PEDIATRIA	19,889	4.91%
ODONTOLOGIA	16,438	4.06%
ONCOLOGIA	15,861	3.91%
PSICOLOGIA	12,837	3.17%
<b>TOTAL</b>	<b>405,221</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Se puede observar que los departamentos de cirugía, medicina y gineco-obstetricia son aquellos que reciben la mayor carga de atenciones y esto debido a que la mayor cantidad de diagnósticos médicos recaen sobre ellos. Así mismo, en la tabla 4 podemos ver que estos departamentos tienen la mayor cantidad de recursos con el objetivo de poder atender toda la demanda que se presenta en el día a día.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de departamentos físicos de los diferentes departamentos:

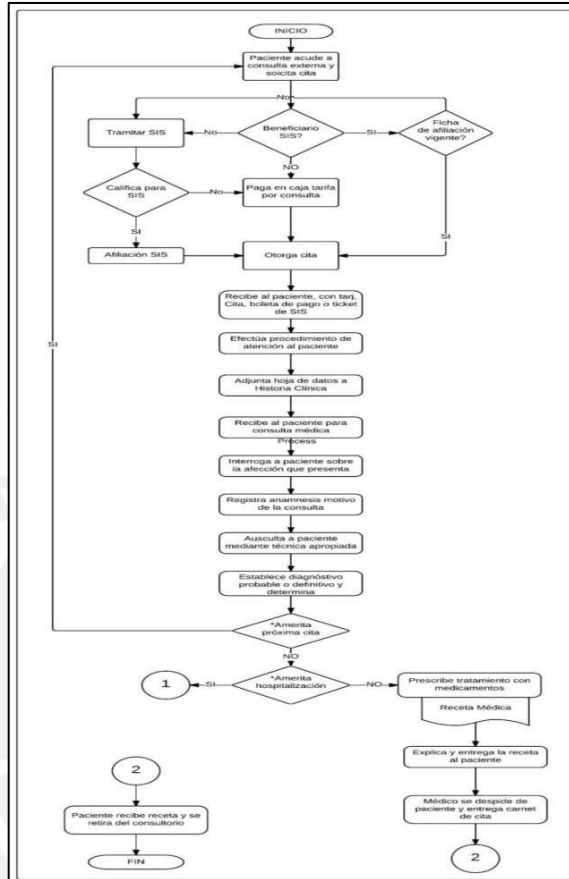
**Tabla 4.** Distribución de consultorios de Consulta Externa

DPTO.	# CONSULTORIOS FÍSICOS	CONSULTORIOS FUNCIONALES	
		MAÑANA	TARDE
CIRUGIA	28	28	10
MEDICINA	27	27	21
GINECO OBSTETRICIA	10	10	6
ODONTOLOGÍA	8	8	2
PEDIATRÍA	7	7	3
PSICOLOGÍA	5	5	2
ONCOLOGÍA	4	4	3
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>47</b>

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

A continuación, se muestra el flujograma del proceso de atención en el departamento de consulta externa:



**Figura 8** Flujograma del proceso de atención por Consulta Externa

Elaboración: Propia

- Dpto. de Hospitalización:

A continuación, se muestra la distribución de las camas habilitadas para los diferentes servicios dentro del hospital:

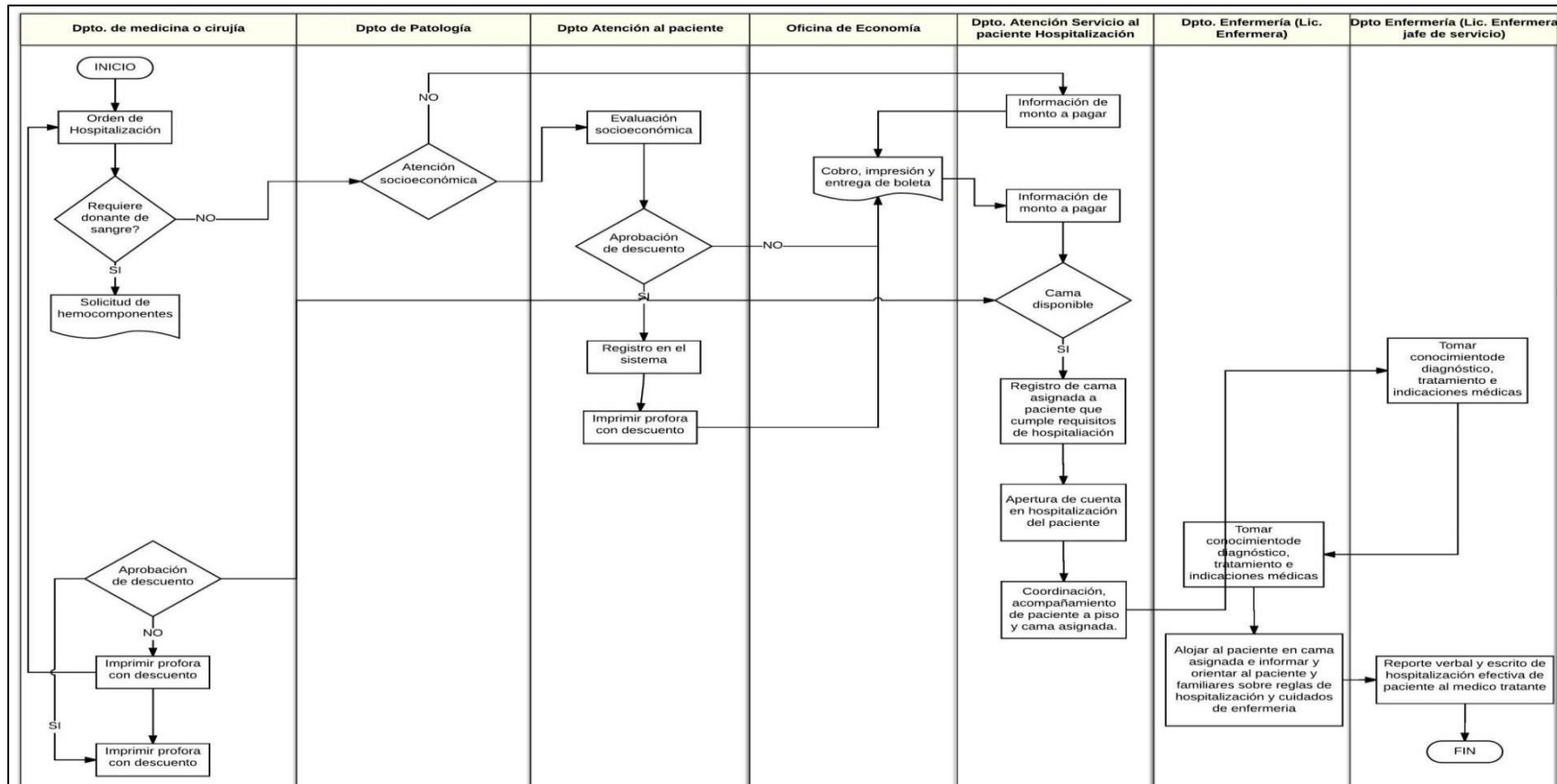
**Tabla 5.** Distribución de camas en Hospitalización

DEPARTAMENTO	RECURSOS	%
GINECOBS	91	24.27%
CIRUGIA	90	24.00%
NEONATOLOGIA	66	17.60%
MEDICINA	58	15.47%
PEDIATRIA	50	13.33%
ONCOLOGIA	14	3.73%
UCI	6	1.60%
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

La siguiente imagen muestra el proceso de atención de un paciente dentro del área de hospitalización:



**Figura 9** Flujograma del proceso de hospitalización

Fuente: Hospital María Auxiliadora

Elaboración: Propia

### **2.3. Indicadores del proceso principal**

A continuación, se muestran y detallan los indicadores involucrados, según las definiciones del MINSA, dentro del rendimiento de los procesos estudiados en el Hospital María Auxiliadora:

#### **A. Productividad Hora Médico**

Mide el número de atenciones que realiza el médico por cada hora efectiva de trabajo en consultorio externo. También para conocer el rendimiento del grupo de médicos de un servicio o especialidad, o el promedio de rendimiento del conjunto de médicos que realizan consulta médica.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de consultas médicas}}{\text{Total de horas médicas efectivas}}$$

#### **B. Utilización de Consultorios Médicos**

Mide el grado de uso de los consultorios físicos de la consulta externa médica. Determina el número de turnos que se viene otorgando para la atención en la consulta externa, comprendiendo cada turno con un tiempo de 4 horas.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de consultorios médicos funcionales}}{N^{\circ} \text{ de consultorios médicos físicos}}$$

#### **C. Promedio de Permanencia**

Es el número de días promedio que permanecen los usuarios en los servicios de hospitalización.

$$\frac{\text{Total de días – estancias}}{N^{\circ} \text{ total de egresos}}$$

Total de días-Estancias: Número de días que un paciente permanece hospitalizado.

#### **D. Intervalo de Sustitución Cama**

Este indicador mide el tiempo en que permanece la cama vacía entre un egreso y el subsiguiente ingreso a la misma cama.

$$\frac{\text{Días – camas disponibles – paciente día}}{N^{\circ} \text{ total de egresos}}$$

#### **E. Porcentaje de Ocupación Cama**

El indicador expresado en términos porcentuales se obtiene dividiendo el total de pacientes días y las camas días disponibles, en un determinado periodo de tiempo.

$$\frac{\text{Total de pacientes – días} \times 100}{\text{Total de días camas disponibles}}$$

#### **F. Rendimiento Cama**

Es la relación entre el número de egresos hospitalarios registrados en un periodo de tiempo y el número de camas promedio registrado en dicho periodo.

$$\frac{\text{Total de egresos}}{\text{N}^\circ \text{ de camas (promedio)}}$$

#### **G. Tasa Neta de Mortalidad**

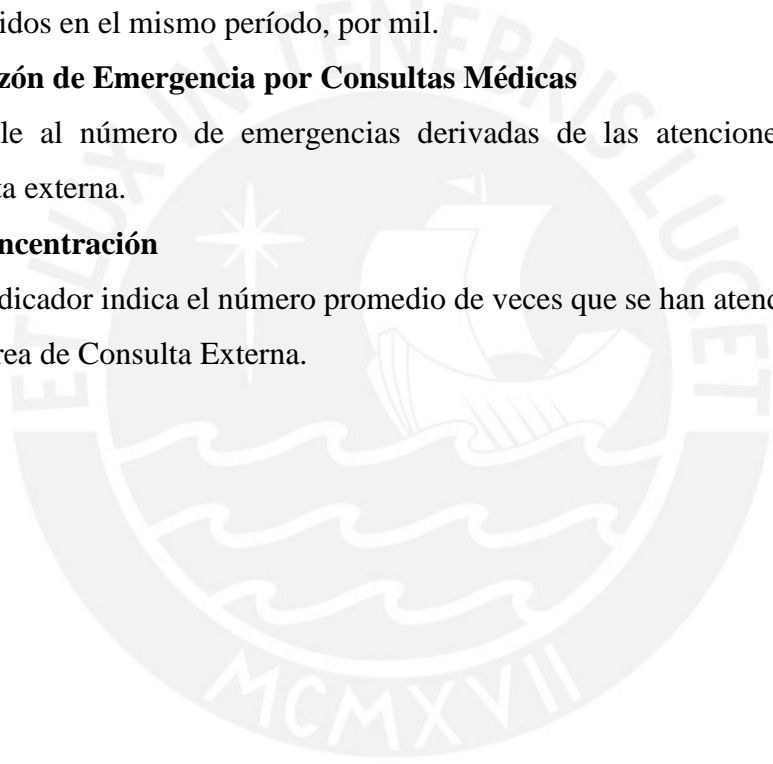
Es la relación entre el número de defunciones ocurridas en el hospital, a pacientes de 48 horas y más de internación, durante el año y los egresos (altas y defunciones) producidos en el mismo período, por mil.

#### **H. Razón de Emergencia por Consultas Médicas**

Equivale al número de emergencias derivadas de las atenciones realizadas por consulta externa.

#### **I. Concentración**

Este indicador indica el número promedio de veces que se han atendido los pacientes en el área de Consulta Externa.



## **CAPITULO 3: PROBLEMÁTICA Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En el siguiente capítulo se identificarán y describirán los problemas encontrados en los procesos a estudiar a través de sus indicadores, con el fin de poder establecer un diagnóstico para estos y mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial plantear las mejoras correspondientes.

### **1. Análisis de Indicadores**

Los indicadores mostrados a continuación hacen referencia a los indicadores de desempeño publicados por el hospital en el año 2018. Estos indicadores evidencian que actualmente existen problemas en la gestión hospitalaria, por lo que luego se analizará cómo se puede encontrar la mejor solución para esto.

#### **A. Productividad Hora Médico**

Valor actual: 2.4

Unidad: Consultas médicas / Hora médico efectiva

Valor de referencia: 4-5

Este indicador se encuentra por debajo del estándar, lo cual significa que no se aprovecha al máximo el recurso “médico” en los servicios prestados por el hospital.

#### **B. Utilización de Consultorios Médicos**

Valor actual: 1.5

Unidad: Consultorios funcionales / Consultorio físico

Valor de referencia: 2

Este indicador se encuentra por debajo del estándar, lo cual implica que no se utiliza de manera adecuada los consultorios médicos de consulta externa.

#### **C. Promedio de Permanencia**

Valor actual: 6.8

Unidad: Días de permanencia / Egreso

Valor de referencia: 6-8

Este indicador se encuentra en el estándar.

#### **D. Intervalo de Sustitución Cama**

Valor actual: 0.7

Unidad: Días de cama disponible / Egreso

Valor de referencia: <1.5

Este indicador se encuentra en el estándar.

### **E. Porcentaje de Ocupación Cama**

Valor actual: 81.3%

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

Valor de referencia: 80-90%

Este indicador se encuentra en el estándar.

### **F. Rendimiento Cama**

Valor actual: 7.9

Unidad: Egresos / Cama

Valor de referencia: 3-4

Este indicador se encuentra por encima del valor estándar, lo cual implica que se tiene más tiempo al paciente en una cama y con un mayor índice de rotación, y esto se puede dar debido a tratamientos inadecuados, ingresos innecesarios o demora en el alta de pacientes. }

### **G. Tasa Neta de Mortalidad**

Valor actual: 2.2%

Unidad: (Personas fallecidas / Personas atendidas) \*100

Valor de referencia: <3%

Este indicador se encuentra en el estándar.

### **H. Razón de Emergencia por Consultas Médicas**

Valor actual: 0.4

Unidad: Emergencias / Atención médica en consulta externa

Valor de referencia: 0.2-0.3

Este indicador se encuentra por encima del valor estándar, lo que significa que se tiene un ingreso considerable de pacientes con emergencias por parte de las atenciones en consultorios externos.

### **I. Concentración**

Valor actual: 2.7

Unidad: Atenciones / Paciente Valor de referencia: 2-3

Este indicador se encuentra en el estándar.



## 2. Identificación y priorización de problemas

### 2.1. Matriz de identificación de problemas

A continuación, se detallan los problemas encontrados dentro de los procesos a estudiar:

**Tabla 6.** Identificación de problemas

ÁREA	PROBLEMA	DESCRIPCIÓN
CONSULTA EXTERNA	Bajo número de atenciones médicas en consulta externa	La productividad hora-médicos en el 2018 fue de 2.4. Siendo estándar 4-5
	Tiempo de espera para la atención por el médico	
	Carencia de médicos para consulta externa	
	Demora en la atención en el módulo de admisión	Falta de equipos administrativos
	Dificultad para conseguir una cita	
EMERGENCIA	Cantidad de pacientes en emergencia	Se observa una gran cantidad de pacientes derivados del área de emergencia
	Falta de equipos médicos	
HOSPITALIZACIÓN	Carencia de camas para hospitalización	El rendimiento de cama fue de 7.9 en el 2018. Lo cual implica que una cama tiene que rendir casi más de la mitad de lo que debería hacerlo (3-4)

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Se han escogido los problemas bajo 2 criterios, el primero por información recogida por los trabajadores de las áreas correspondientes y observación propia, y el segundo por el nivel de aquellos indicadores que repercuten directamente en las áreas a estudiar.

### 2.2. Priorización de selección de problemas

A continuación, se procede a realizar la priorización de los problemas encontrados a través de su puntaje ponderado en base a la frecuencia, importancia y factibilidad de ocurrencia:

**Tabla 7.** Priorización de problemas

PROBLEMA	CRITERIOS			PUNTAJE FINAL
	FRECUENCIA	IMPORTANCIA	FACTIBILIDAD	
Bajo número de atenciones médicas en consulta externa	4	5	4	4.3
Tiempo de espera para la atención por el médico	4	3	3	3.3
Carencia de médicos para consulta externa	5	4	4	4.3
Demora en la atención en el módulo de admisión	5	5	4	4.7
Dificultad para conseguir una cita	5	5	3	4.3
Cantidad de pacientes en emergencia	5	4	3	4.0
Falta de equipos médicos	5	4	4	4.3
Carencia de camas para hospitalización	5	5	4	4.7

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

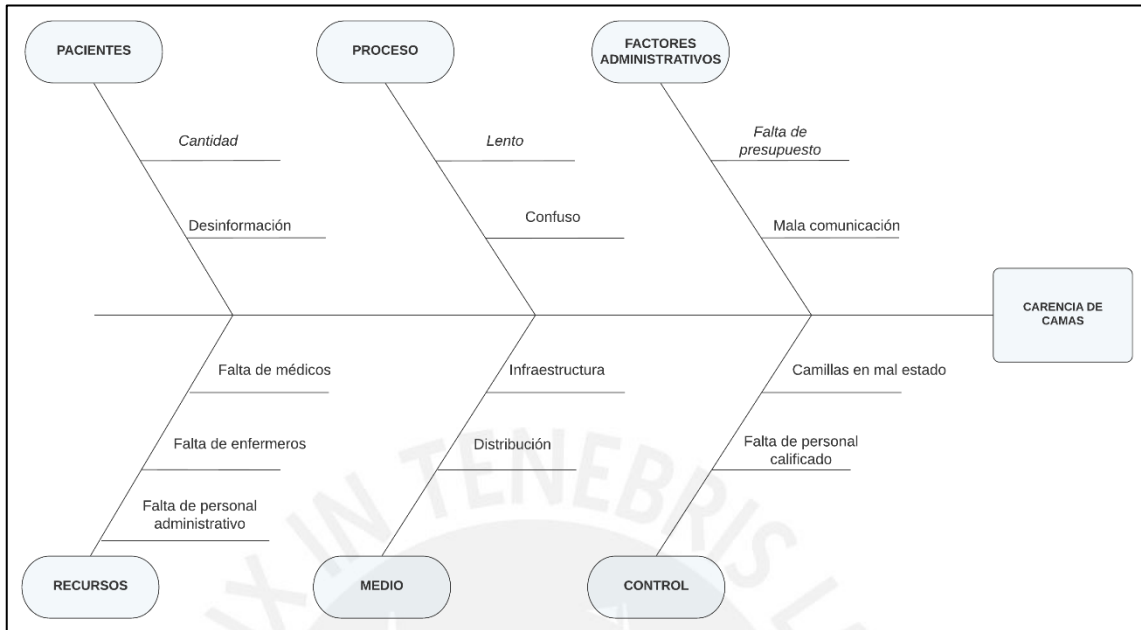
El puntaje final se mide en una escala del 1 al 5, en donde 1 es “menos grave” y 5 significa “muy grave”.

Como se observa en la Tabla N° 7, los problemas con mayor incidencia dentro del hospital para los pacientes, son la carencia de camas destinadas a este fin y la demora en la atención en el módulo de atención. Seguidos de problemas como la dificultad para conseguir una cita y la falta de equipos médicos.

Según este análisis, nos enfocaremos en la mejora, rediseño y optimización de los siguientes procesos, usando las herramientas de la simulación discreta.

### **1.1. Identificación de las causas**

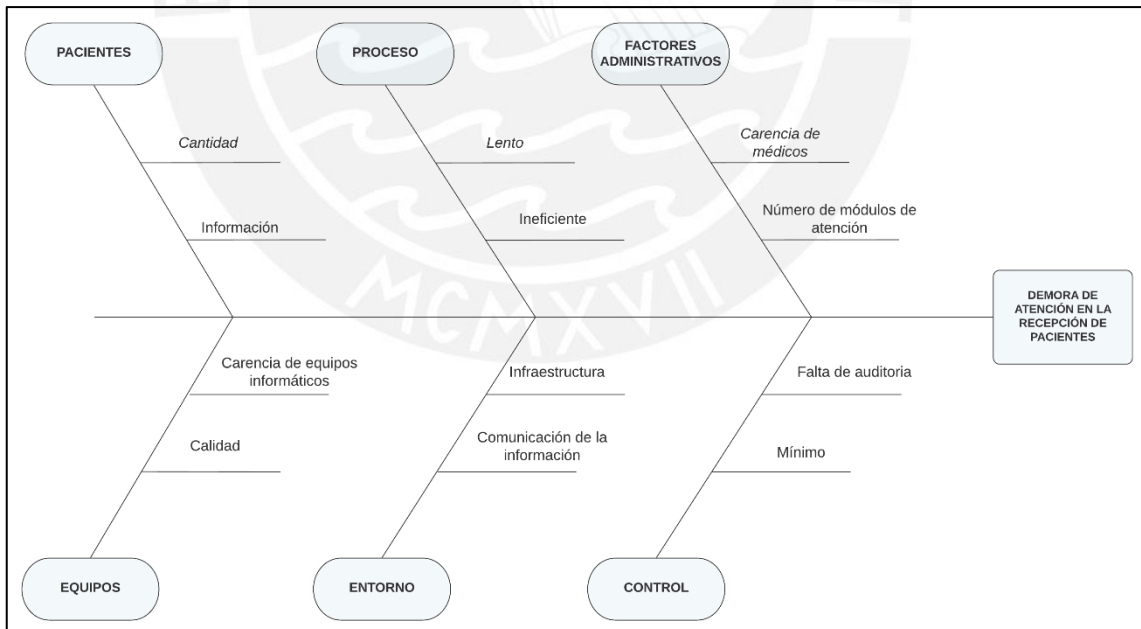
A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa de las dos problemáticas, con el fin de poder identificar las causas de los mismos:



**Figura 10** Diagrama de Ishikawa de la problemática 1

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia



**Figura 11** Diagrama de Ishikawa de la problemática 2

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

## 2. Diagnóstico

### 2.1. Selección de causa raíz

En la siguiente tabla, se analizarán todas las causas que hemos encontrado que ocasionan los dos problemas a analizar en conjunto con la probabilidad de riesgo de cada una de ellas:

**Tabla 8.** Selección de causa raíz

CAUSAS	MAGNITUD DEL DAÑO	PROBABILIDAD DEL RIESGO				
		1	2	3	4	5
Alta demanda de pacientes	3				12	
Carencia de equipos informáticos	3				12	
Mala calidad de equipos para la atención	3					15
Infraestructura en malas condiciones	3				12	
Mala comunicación de la información	2			6		
Pocos módulos de atención	4				16	
Carencia de médicos para la selección	5					25
Procesos realizados de manera lenta e ineficiente	4			12		
Mala información por parte de los pacientes	3			9		
Mínimo control de las operaciones	4			12		
Carencia de enfermeros	4				16	
Carencia de personal administrativos	3			12		
Camillas en mal estado	5				20	
Falta de presupuesto	4				16	
Falta de personal capacitado	4				16	
Mala asignación de camas	5				20	

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

De esta tabla se puede observar que las causas más relevantes, que afectan al problema identificado en el área de consulta externa son los pocos módulos de atención y la carencia de médicos en el hospital. Las causas de los problemas identificados en las áreas de emergencia y hospitalización son la carencia de camillas y la mala asignación de las camas y recursos. Una vez identificadas las causas, un método para poder identificar la causa raíz es aplicando la técnica de los 5 porqués, con el objetivo de encontrar la causa raíz a los problemas identificados.

**Causa: Carencia de médicos en el hospital**

**Tabla 9.** Contramedidas de carencia de médicos en el hospital

PASO	¿POR QUÉ?	RAZÓN
1	¿Por qué no hay médicos?	Porque no hay presupuesto
2	¿Por qué no hay presupuesto?	Porque no hubo una buena planificación en presupuestos

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

**Causa: Pocos módulos de atención**

**Tabla 10.** Contramedidas de pocos módulos de atención

PASO	¿POR QUÉ?	RAZÓN
1	¿Por qué hay pocos módulos de atención?	Porque no hay recursos para aumentar módulos
2	¿Por qué no hay recursos para aumentar módulos?	Porque no se decide invertir en comprar nuevos equipos
3	¿Por qué no se decide invertir en comprar nuevos equipos?	Porque no hay espacio para la implementación de los mismos
4	¿Por qué no hay espacio para la implementación de los equipos?	Porque la distribución de las áreas no es la correcta

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

**Causa: Mala asignación de camas y recursos**

**Tabla 11.** Contramedidas de asignación de camas

PASO	¿POR QUÉ?	RAZÓN
1	¿Por qué hay una mala asignación de las camas?	Porque no hay personas encargadas de realizar un estudio previo
2	¿Por qué no hay personas encargadas de realizar un estudio previo?	Porque no existe personal capacitado para realizar esta función
3	¿Por qué no existe personal capacitado en esta función?	Porque prefieren hacerlo de una manera informal
4	¿Por qué prefieren hacerlo de una manera informal?	Porque no consideran que se deba invertir en alguien con la capacidad de determinar el número exacto que cada departamento debe tener

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

## Matriz FACTIS de selección de problemas

**Tabla 12.** Matriz de selección - FACTIS

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FACTORES DE EVALUACIÓN	PROBLEMAS		
		Asignar mejor los presupuestos	Realizar mejora de procesos	Capacitar al personal
Facilidad para solucionarlo	4	3	3	5
El solucionario contribuye a otras Áreas	3	3	5	3
Mejora la Calidad	5	1	3	5
Tiempo que implica solucionarlo	5	1	3	1
Requiere Inversión	4	1	5	1
Mejora la Seguridad Industrial	3	1	5	5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>38</b>	<b>92</b>	<b>78</b>

Fuente: Hospital General María Auxiliadora

Elaboración: Propia

Una vez hecha la matriz de selección FACTIS, la opción a elegir para dar solución a los problemas de atención en consulta externa y el de mejorar la asignación de camas es mediante una mejora de procesos, la cual será realizada a través de la herramienta de simulación de eventos discretos, con el objetivo de aumentar y/o disminuir recursos dentro del hospital, incrementar la eficiencia en los procesos y con ello poder brindarle un mejor servicio a los pacientes que día a día vienen a atenderse.

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL MODELO

### 1. Definición del sistema de colas

Según Kendall (1953), para especificar un tipo de cola se necesita saber lo siguiente:

**Proceso de llegada/ tiempo de servicio/ N° de  
servidores/disciplina/capacidad/población**

En donde el proceso de llegada se puede expresar de la siguiente manera:

M: Los tiempos entre llegadas corresponden a una distribución exponencial.

G: Los tiempos entre llegadas son variables aleatorias.

D: Los tiempos entre llegadas son determinísticos.

Sabiendo esto, procedemos a definir las características de las colas de las entidades en nuestro modelo:

**\*Proceso de llegada:** El proceso de llegada de los pacientes a las diferentes entidades del modelo está dado por variables aleatorias independientes en donde se desconoce la distribución que tienen, por lo que utilizará la notación “G”.

**\*Tiempo de servicio:** El tiempo de atención en los consultorios de consulta externa como en emergencia está determinado por variables aleatorias independientes en donde también se desconoce la distribución que tienen, por lo que se utilizará la notación “G” para este sistema.

**\*Número de servidores:** La cantidad de servidores que existe en cada departamento de atención, por lo general siempre es mayor o igual a 1, por lo que usará la notación “K”, la cual va a tomar cualquier valor superior a 1, y en caso se presente algún departamento con solo 1 servidor el “K” será 1.

**\*Disciplina de la cola:** Las colas tienen un comportamiento “FIFO”, ya que se atiende a las entidades de acuerdo al orden de llegada. Así mismo, cuando se tienen pacientes con un estado de emergencia muy grave pasan directamente al área de trauma shock en emergencia, en donde se vuelve a presentar esta disciplina de cola.

**\*Capacidad:** Para nuestro modelo, se asume una capacidad “ $\infty$ ”, ya que un supuesto es que ninguna entidad abandonara la cola hasta llegar a ser atendido.

**\*Población:** Se utilizará la notación “N”, la cual hace referencia a una población finita ya que solamente se atiende a la población de la zona sur en el hospital.

Por lo que la notación de las colas aplicadas en el sistema queda determinada de la siguiente manera:

**G/G/K/∞/N**

## **2. Identificación de Entidades, Atributos, Recursos, Estaciones y colas**

### **2.1. Entidades**

Para nuestro modelo, las entidades serían todos los pacientes que llegan al hospital. Actualmente estos arribos se dan en los departamentos de consulta externa y emergencia.

### **2.2. Atributos**

Los atributos definidos en el modelo son:

a. Para consulta externa:

- Paciente registro: Este atributo clasifica a las pacientes que llegan a consulta externa en 2: el valor 1 hace referencia a aquellos que han pasado por las colas de registro y cuentan con una cita para poder atenderse ese mismo día mientras que el valor 2 hace referencia a aquellos que han pasado por las colas de registros, pero no se atenderán debido a que solo han ido a sacar cita.
- Clasificación consulta: Este atributo clasifica al paciente según el departamento en el cual se va a atender. Estos departamentos pueden ser Cirugía, Gineco obstetricia, Medicina, Odontología, Oncología, Pediatría y Psicología.
- Condición final: Este atributo clasifica a los pacientes que luego de ser atendidos pasan al área de hospitalización y siguen con el flujo de atención que nos interesa de aquellos que salen del sistema debido a que su condición para seguir siendo atendidos no es urgente.

b. Para emergencia:

- Condición paciente: Este atributo nos sirve para clasificar a los pacientes que llegan a atenderse y que según la situación en la que estén ameritan pasar al departamento de emergencias de aquellos que no lo ameritan y se van a consultorio externo.



- Tipo emergencia: Este atributo sirve para determinar si la persona que ha pasado a ser atendida es derivada directamente a traumashock (si es que la situación del paciente es muy crítica y su asignación de emergencia en triaje ha sido de 1) o si es que es derivada a los otros tópicos de atención.
  - Consultorio: Este atributo sirve para clasificar a los pacientes a los diferentes tópicos del área de emergencias. Estas áreas pueden ser: Medicina, Cirugía, Pediatría, Traumatología, Neonatología y Gineco obstetricia.
  - Condición final: Este atributo clasifica a los pacientes que luego de ser atendidos por emergencia pasan a ser hospitalizados y a los que salen del sistema debido a que han sido dados de altas.
- c. Para hospitalización:
- Hospfinal: Este atributo nos sirve para clasificar a los pacientes en los diferentes departamentos del área de hospitalización. Estos son los siguientes: UCI, Neonatología, Cirugía, Medicina, Oncología, Gineco obstetricia y Pediatría.
  - Condición final: Este atributo separa a los pacientes en tres: El valor 1 hace referencia a aquellos que han sido dado de altas pero que tienen que seguir su tratamiento en consultorio externo, el valor 2 hace referencia a aquellos que fallecen y el valor 3 hace referencia a aquellos que salen del sistema porque han sido dado de alta.

### **2.3. Recursos**

Para nuestro modelo los recursos que se necesitarán son los siguientes:

- Médico Triage: Es el doctor encargado de analizar al paciente y determinar, mediante un diagnóstico, si el paciente es apto para ir a emergencia o deberá atenderse por consultorio externo.
- Registro 1.10: Se cuenta con diez módulos en consulta externa para poder realizar los trámites tanto para sacar una cita, como para gestionar las historias y el ingreso de los pacientes.

- Médicos Emergencia: Son todos los médicos que trabajaran en los siguientes tópicos: Medicina, Gineco, Pediatría, Traumatología, Neonatología, Traumashock, Cirugía.
- Médicos Consulta Externa: Son todos los médicos que trabajaran en los siguientes tópicos: Cirugía, Gineco obstetricia, Medicina, Odontología, Oncología, Pediatría y Psicología.
- Camas hospitalización: Son todas las camas con las que se dispone para poder tratar a los pacientes dentro de los siguientes tópicos dentro del área de hospitalización: UCI, Neonatología, Cirugía, Medicina, Oncología, Gineco obstetricia y Pediatría.

#### **2.4. Colas**

La metodología que emplearemos en este modelo para todas las colas que definiremos es FIFO (Primero en llegar primero en salir); ya que, tal como lo pondremos en los supuestos, no existiría prioridad entre los pacientes que van al hospital para ser atendidos.

Para nuestro modelo se han definido las siguientes colas:

- Cola registro 1...10.
- Cola emergencia triaje.
- Cola emergencia traumashock.
- Cola emergencia gineco obstetricia.
- Cola emergencia cirugía.
- Cola emergencia pediatría.
- Cola emergencia traumatología.
- Cola emergencia neonatología.
- Cola emergencia medicina.
- Cola consutorio externo cirugía.
- Cola consutorio externo gineco obstetricia.
- Cola consutorio externo medicina.
- Cola consutorio externo odontología.
- Cola consutorio externo oncología.
- Cola consutorio externo pediatría.

- Cola consultorio externo psicología.
- Cola hospitalización medicina.
- Cola hospitalización cirugía.
- Cola hospitalización pediatría.
- Cola hospitalización oncología.
- Cola hospitalización UCI.
- Cola hospitalización gineco obstetricia.
- Cola hospitalización neonatología.

### 3. Supuestos

- a. Para reflejar el funcionamiento del hospital en el modelo se están considerando los siguientes supuestos:
- b. Los pacientes llegan al hospital de uno en uno.
- c. Los recursos (médicos) que trabajan en el hospital estarán presentes durante toda su jornada laboral.
- d. Las camas disponibles en el hospital se mantendrán disponibles durante todo el estudio.
- e. Las distribuciones de pacientes en los departamentos de emergencia y consulta externa son consideradas distribuciones empíricas proporcionales al porcentaje que hay por cada tipo de departamento.
- f. El rendimiento de trabajo de los recursos será constante durante toda su jornada laboral.
- g. No se perderá tiempo de atención en los cambios de turno.
- h. Los pacientes que serán admitidos en emergencias se clasificarán bajo la escala de prioridades de atención (1, 2, 3 y 4).
- i. Los pacientes que sean clasificados con la prioridad 1 (muy graves) pasarán directamente al departamento de Traumashock.
- j. Solo se considerará la condición de “fallecido” cuando la entidad salga de los tópicos de Trauma Shock y el área de hospitalización.
- k. Los pacientes no abandonan las colas en los tópicos hasta llegar a ser atendidos.
- l. Una vez que el paciente amerite ser admitido por el hospital, los trámites serán realizados por un pariente de ellos.

- m. Todas las camas de hospitalización se encuentran en óptimas condiciones.
- n. El tiempo de traslado de los pacientes que serán hospitalizados a su respectivo piso de hospitalización son determinísticos.
- o. Un paciente puede ser recitado una vez más como máximo.

#### 4. Descripción del modelo

El objetivo del modelo es optimizar el uso de las camas de hospitalización y los médicos asignados a cada departamento de emergencia y consulta externa por lo que es necesario analizar todas las entradas al área de hospitalización, las cuales se conforman por el ingreso de los pacientes a los departamentos antes mencionados. A continuación, se describe el proceso que deben seguir las entidades (pacientes) para poder llegar al área de hospitalización:

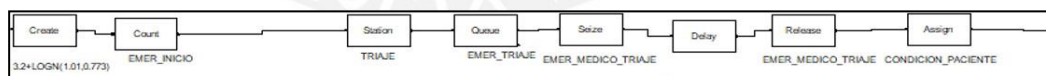
##### A. Área de Emergencias:

- **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.

A continuación, se muestra el proceso de atención de triaje dentro del software:



**Figura 12** Cola Triage

Elaboración: Propia

- **Traumashock**

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. Si la emergencia no es considerada una que ponga en vida la vida del paciente este sigue el flujo a través del departamento en el cual tenga que

tratarse según su diagnóstico. A continuación, se muestra el proceso de atención de trauma shock dentro del software:



**Figura 13** Proceso Trauma Shock

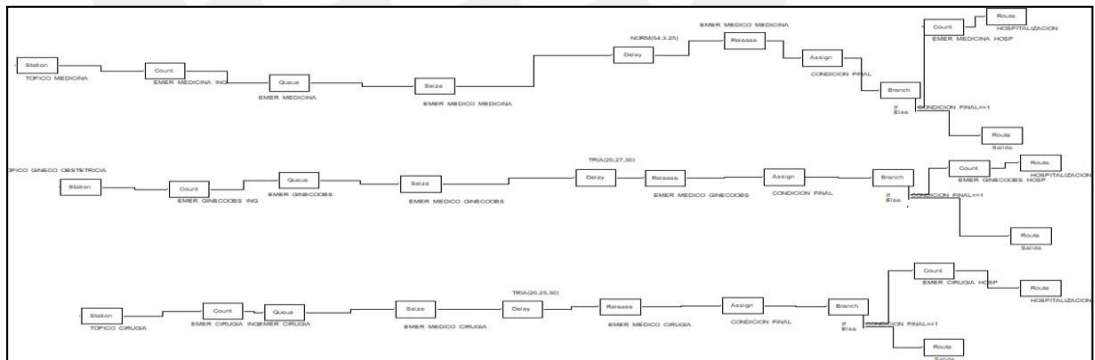
Elaboración: Propia

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

Según la información brindada del hospital, actualmente se presta atenciones en 7 tópicos de emergencia: Medicina, Cirugía, Pediatría, Traumatología, Neonatología y Gineco obstetricia.

El flujo es el mismo para todos los departamentos, por lo que a continuación se muestra el modelo parcialmente:



**Figura 14** Proceso de atención en consultorio

Elaboración: Propia

**B. Área de consulta externa:**

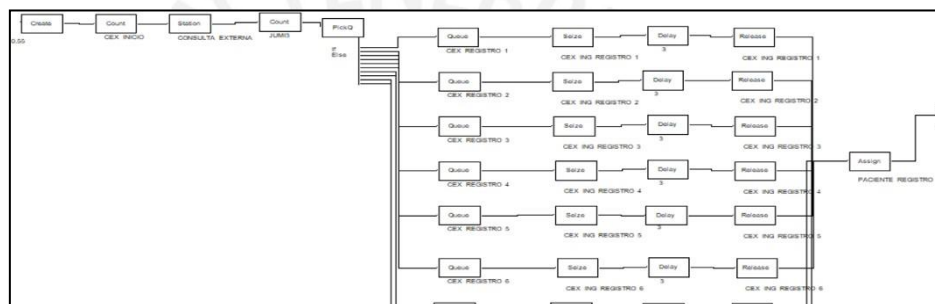
- **Registro**

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).

Para los pacientes que no tienen cita y vienen a solicitar una, 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 algunos de los módulos de atención:

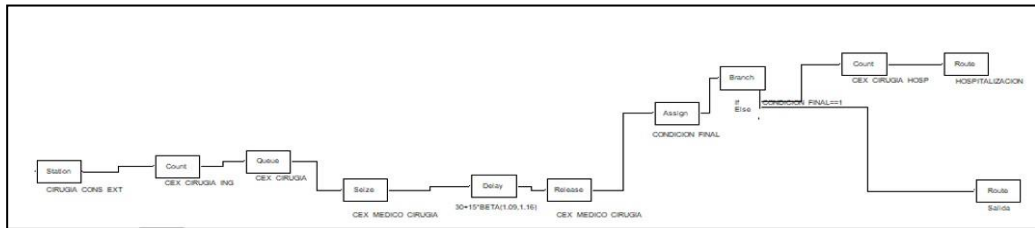


**Figura 15** Flujo consulta externa

Elaboración: Propia

• **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 médico 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, Odontología, Psicología, Oncología, 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:

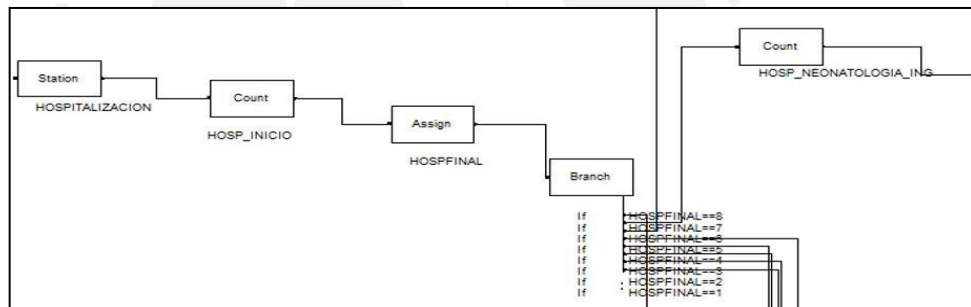


**Figura 16** Atención en departamento de cirugía (Consulta externa)

Elaboración: Propia

### C. Área de Hospitalización:

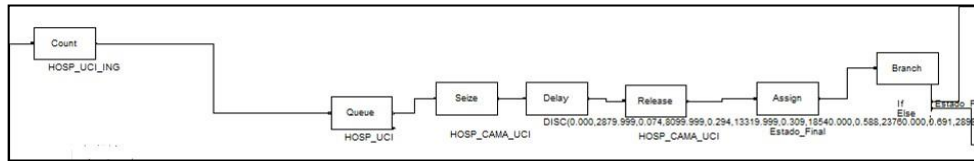
Es importante mencionar que a esta área se puede llegar a través de dos vías: pacientes que han sido derivados desde emergencia y pacientes que vienen de consulta externa. Una vez que el paciente ha sido designado al área de hospitalización este sigue el flujo dependiendo al tópic en el cual será tratado, por lo que se hace una selección en el modelo para ver esta distribución. A continuación, se muestra parte del proceso de distribución de cada paciente dentro del área de hospitalización:



**Figura 17** Distribución por departamento en Hospitalización

Elaboración: Propia

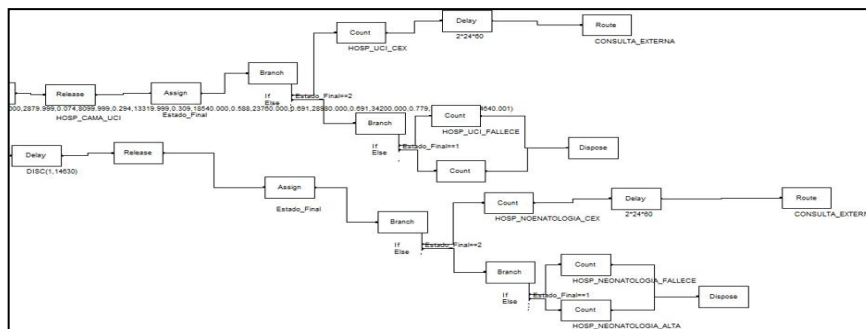
Finalmente, cuando el paciente ha sido hospitalizado sigue el tratamiento dentro del hospital, en donde es constantemente evaluado y en donde se pueden dar 3 opciones para el paciente: que aún requiera estar hospitalizado, que fallezca o que sea dado de alta, en este caso existen 2 posibilidades para el paciente: que sea dado de alta y no regrese al hospital nuevamente o que sea dado de alta, pero sea recitado para seguir evaluando su estado de salud. A continuación, se muestra el proceso de hospitalización para un área de atención, ya que se replica para los procedimientos de las áreas restantes:



**Figura 18 Atención de Hospitalización**

Elaboración: Propia

Así mismo, a continuación, se muestra el proceso que sigue el paciente para el egreso hospitalario:



**Figura 19 Proceso de egreso de Hospitalización**

Elaboración: Propia



## **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE DATOS**

En este capítulo se mostrará el análisis de los datos que se usarán en el modelo de ARENA, para ello se explicará el método que se usó para la recopilación de datos, el cálculo del tamaño de muestra y las pruebas de bondad para poder determinar la correcta distribución de los datos.

### **1. Recopilación de datos**

Para un correcto modelamiento con la herramienta ARENA, es obligatorio que los datos sean tomados de manera adecuada, pues estos también serán validados por la misma herramienta, con el objetivo de afirmar que realmente es lo que está pasando en la realidad.

Para construir el modelo de simulación correctamente, es necesario tomar los datos de manera adecuada para posteriormente poder validar los mismos y afirmar que representan lo que realmente está sucediendo.

Para poder analizar los datos de entrada, primero se deben definir cuáles son los datos necesarios para la construcción del modelo, una vez hecho, se deben clasificar y determinar la muestra y finalmente poder realizar las pruebas de bondad de ajuste.

#### **1.1. Determinación de datos**

Para el modelamiento de la situación actual del problema a analizar, se ha determinado que los datos que requerimos para construirlo son los siguientes:

##### **a. Área de Emergencia:**

- Tiempo entre llegadas de los pacientes a emergencia
- Tiempo de atención en Triage
- Proporción de pacientes que pasan a algún consultorio de emergencia o son derivados a Consultorio Externo
- Tiempo de atención en Traumashock
- Cantidad de recursos (médicos) en Traumashock
- Proporción de pacientes que son dados de alta y/o requieren hospitalización en Traumashock.
- Tiempo de atención en consultorios
- Cantidad de médicos en consultorios

- Proporción de pacientes que son dados de alta y/o requieren hospitalización en cada uno de los consultorios.

**b. Área de Consulta Externa:**

- Tiempo entre llegadas de los pacientes a admisión (módulos de atención).
- Tiempo entre llegadas de los pacientes a consulta externa.
- Tiempo entre llegadas de los pacientes que son derivados del área de Emergencia.
- Tiempo de atención en módulos de atención  $i$  ( $i= 1,2 \dots 10$ )
- Cantidad de personas que atienden en cada módulo (siempre 1)
- Proporción de pacientes que son atendidos en los diferentes consultorios.
- Tiempo de atención en los consultorios
- Cantidad de médicos que hay en cada consultorio.
- Proporción de pacientes que son derivados a Hospitalización, son dados de alta y/o requerirán una segunda cita.

**c. Área de Hospitalización:**

- Tiempo entre llegadas de los pacientes que vienen del Área de Consultorio Externo.
- Tiempo entre llegadas de los pacientes que vienen del Área de Emergencia.
- Proporción del paciente que será atendido en el área  $i$  ( $i=$  Neonatología, Medicina, Cirugía, UCI, Oncología, Pediatría, Gineco Obstetricia)
- Tiempo de hospitalización del paciente en el área  $i$  ( $i=$  Neonatología, Medicina, Cirugía, UCI, Oncología, Pediatría, Gineco Obstetricia)
- Cantidad de camas con las que se cuenta en el área  $i$  ( $i=$  Neonatología, Medicina, Cirugía, UCI, Oncología, Pediatría, Gineco Obstetricia)
- Proporción de pacientes que son dados de alta, fallecen y/o son programados para una segunda evaluación.

A continuación, se mostrará la clasificación de los datos que son necesarios para la elaboración del modelo:

**Tabla 13.** Clasificación de Variable

ÁREA	DATOS	CLASIFICACIÓN
EMERGENCIA	Tiempo entre llegadas de los pacientes a emergencia	ALEATORIA
EMERGENCIA	Tiempo de atención en Triaje	ALEATORIA
EMERGENCIA	Tiempo de atención en Traumashock	ALEATORIA
EMERGENCIA	Tiempo de atención en consultorio $i$ ( $i =$ Medicina, Cirugía, Pediatría, Traumatología, Neonatología y Gineco Obstetricia)	ALEATORIA
EMERGENCIA	Proporción de pacientes que son dados de alta y/o requieren hospitalización	PROPORCIÓN
CONSULTA EXTERNA	Tiempo entre llegadas de los pacientes a módulos de atención (admisión)	ALEATORIA
CONSULTA EXTERNA	Tiempo entre llegadas de los pacientes a consulta externa	ALEATORIA
CONSULTA EXTERNA	Tiempo entre llegadas de los pacientes que son derivados del área de emergencia	ALEATORIA
CONSULTA EXTERNA	Tiempo de atención en módulo de atención $i$ ( $i=1,2, \dots, 10$ )	ALEATORIA
CONSULTA EXTERNA	Tiempo de atención en consultorio $i$ ( $i=$ Medicina, Cirugía, Pediatría, Odontología, Psicología, Oncología y Gineco Obstetricia)	ALEATORIA
CONSULTA EXTERNA	Proporción de pacientes que son derivados a hospitalización, son dados de alta y/o requieren una segunda cita	PROPORCIÓN
HOSPITALIZACIÓN	Tiempo entre llegadas de los pacientes que vienen del área de consultorio externo	ALEATORIA
HOSPITALIZACIÓN	Tiempo entre llegadas de los pacientes que vienen del área de emergencia	ALEATORIA
HOSPITALIZACIÓN	Tiempo de hospitalización del paciente en el consultorio $i$ ( $i=$ Neonatología, Medicina, Cirugía, UCI, Oncología, Pediatría, Gineco Obstetricia)	ALEATORIA
HOSPITALIZACIÓN	Proporción de pacientes que serán atendidos en el consultorio $i$ ( $i=$ Neonatología, Medicina, Cirugía, UCI, Oncología, Pediatría, Gineco Obstetricia)	PROPORCIÓN
HOSPITALIZACIÓN	Proporción de pacientes que son dados de alta, fallecen y/o son programados para una segunda evaluación	PROPORCIÓN

Elaboración propia

## 2. Estimación de la media

El modelo cuenta variables aleatorias, los cuales, a través del método de la estimación de la media, nos permitirá calcular la cantidad exacta de datos que debemos usar para la prueba de bondad de ajuste.

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

**Tabla 14.** Variables Aleatorias

VARIABLE	MEDIA MUESTRAL	d	N°	N ajustado
Tiempo de atención del departamento de medicina en consulta externa.	34.58	1.73	80	14
Tiempo de atención del departamento de gineco-obstetricia en consulta externa.	32.19	1.61	80	8
Tiempo de atención del departamento de cirugía en consulta externa.	37.78	1.89	80	16
Tiempo de atención del departamento de pediatría en consulta externa.	24.13	1.21	80	14
Tiempo de atención del departamento de oncología en consulta externa.	24.87	1.24	80	18
Tiempo de atención del departamento de psicología en consulta externa.	24.87	1.24	80	16
Tiempo de atención del departamento de odontología en consulta externa.	24.87	1.24	80	18
Tiempo de atención en los módulos de atención en consulta externa.	0.53	0.03	70	66
Tiempo de atención del departamento de traumashock en emergencia.	501.73	25.09	80	12
Tiempo de atención del departamento de neonatología en emergencia.	25.11	1.26	80	15
Tiempo de atención del departamento de traumatología en emergencia.	45.04	2.25	80	9
Tiempo de atención del departamento de pediatría en emergencia.	24.61	1.23	80	16
Tiempo de atención del departamento de cirugía en emergencia.	25.49	1.27	80	12
Tiempo de atención del departamento de gineco-obstetricia en emergencia.	25.19	1.26	80	12
Tiempo de atención del departamento de medicina en emergencia.	52.05	2.6	80	11
Tiempo de atención del departamento de oncología en hospitalización	10608	530.4	80	70

Tiempo de atención del departamento de neonatología en hospitalización	15096	754.8	80	78
Tiempo de atención del departamento de UCI en hospitalización.	24384	1219.2	80	68
Tiempo de atención del departamento de pediatría en hospitalización.	6144	307.2	80	68
Tiempo de atención del departamento de cirugía en hospitalización.	12336	616.8	80	78
Tiempo de atención del departamento de gineco-obstetricia en hospitalización.	4272	213.6	80	73
Tiempo de atención del departamento de medicina en hospitalización.	19608	980.4	80	74

Elaboración propia

### 3. Estimación de la proporción

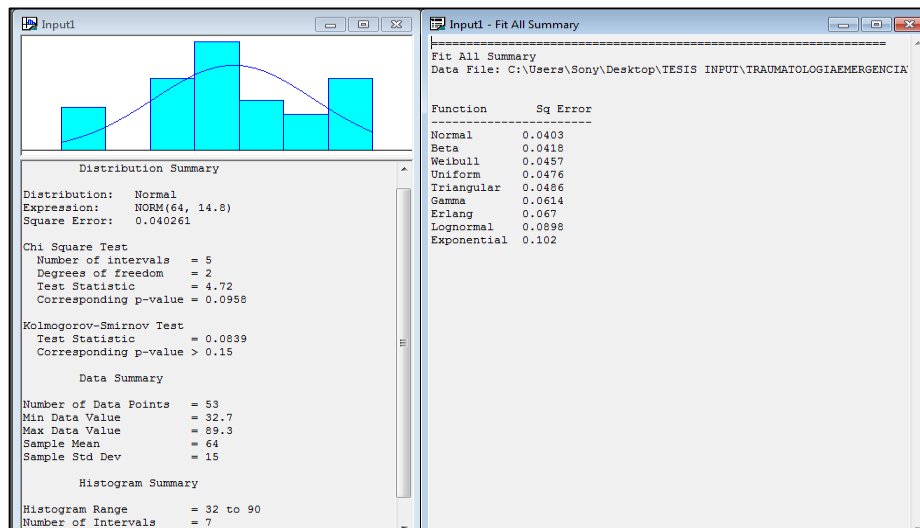
Permite calcular la cantidad necesaria de datos que se debe de contar para poder realizar las futuras pruebas de bondad de ajuste.

### 4. Pruebas de bondad de ajuste

Esta prueba se llevará a cabo con la información obtenida de la estimación de la media, con el fin de obtener la mejor distribución a la cual se ajustan los datos, para así colocarlos en el modelo trabajado

Para tamaño de muestras menores a 90, se debe realizar la Prueba KS y se debe verificar que el valor del pvalue sea mayor a 0.05.

Para tamaños de muestra mayores a 90, se debe realizar la Prueba KS y Chi Cuadrado, en ambos casos se deberá verificar que el valor del pvalue sea mayor a 0.05. A continuación, se mostrará un ejemplo de Prueba de bondad de ajusto realizado para el tiempo de atención en el departamento de traumatología en emergencia.



**Figura 20** Input

Fuente: Input Analyzer

Como se puede observar en la Figura 20, Los datos se ajustan mejor a una distribución Normal debido a que las pruebas de bondad de ajuste de la Kolmorov-Smirnov indica un pvalue mayor a  $\alpha=0.05$ ; por otro lado, se puede observar que la prueba de la chi-cuadrado si cumple con un pvalue mayor a 0.05. Sin embargo, solo era necesario que pase una de las dos pruebas para que no se rechace la hipótesis nula.

También se puede observar que la distribución que mejor se ajusta a los datos de la muestra es la Normal, pues es la que presenta un menor error con respecto a las demás.

## CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

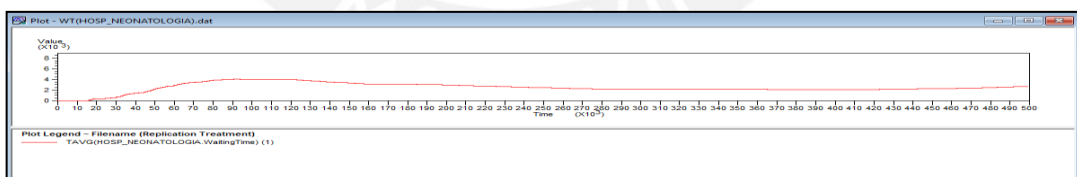
Con los datos obtenidos en el capítulo anterior, se procede a mostrar los resultados del modelo. Así mismo, se realizará la correcta validación de estos datos, para ello, se va a definir el tipo de sistema en el cual se encuentra el modelo para luego poder validar los resultados haciendo uso de la prueba de t- student.

### 1. Definición del Sistema

Dada las características del sistema modelado, se llega a la conclusión que el modelo realizado tiene la característica de un sistema No Terminal. Por tal motivo, para poder realizar el análisis, se hará uso del Element “DSTATS” y de una de las herramientas del Arena “Output Analyzer”. Como se mencionó anteriormente, el Hospital María Auxiliadora, actualmente está considerado en estado de emergencia y debido a la gran cantidad de pacientes que atiende a diario se observa que los recursos con los que cuenta no son los necesarios. Por ello, a través de las herramientas del software Arena podremos definir cuáles son las áreas más afectadas y así para poder asignar correctamente los recursos y como consecuencia de tal se podrá reducir el tiempo de espera de los pacientes al momento de acceder a los servicios.

### 2. Análisis del Estado Estable

Dado que el sistema realizado es el tipo No Terminal, se tiene que realizar el análisis del estado estable para cada output generado. Como muestra de ello, se mostrará el análisis hecho al tiempo de espera en las colas de los departamentos de emergencia:



**Figura 21** Periodo de estabilización

Fuente: Output Analyzer

Una vez hecho el ploteo, se puede determinar a qué tiempo el estado se vuelve estable. Se observa el truncamiento hecho en batches de tamaño 200 con el periodo de truncamiento den  $t = 900,000.00$  minutos. Luego de ello, se obtiene el correlograma correspondiente con el objetivo de calcular los batches mínimos para el truncamiento luego del periodo de calentamiento; es importante mencionar que el primer valor por debajo de un índice de correlación mínimo a 10% será el que se escoja.

Una vez obtenidos estos datos, se calcula el ancho de intervalo, la media y desviación estándar de los datos y con esta información se procederá a la validación de los datos.

### **3. Cálculo de la Longitud de Réplica**

Una vez obtenido todos los datos con el Output Analyzer, se procede a construir la tabla GFGDF°16, en el cual se podrá observar el resumen de todos los datos, así mismo, con esa tabla se podrá definir cuál es el valor final de la longitud de replica que usaremos en el modelo.





**Tabla 15.** Cálculo de la longitud de réplica del modelo

VARIABLE	LR´	PC1	PC*	A1	NUMBER OF BATCHES (K1)	S1	PE	A2	K2	S2	LRF	%de corr
WT(HOSP_CIRUGÍA)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	14	10	3	6'848,000	7.5%
WT(HOSP_GINECOBS)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	26	5	13	6'416,000	23.51%
WT(HOSP_MEDICINA)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	30	5	3	7'280,000	29.88%
WT(HOSP_NEONATOLOGÍA)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	30	4	23	5'984,000	34.26%
WT(HOSP_ONCOLOGÍA)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	35	4	7	6'848,000	39.26%
WT(HOSP_UCI)	7'000,000	900,000	800,000	43,200	143	22,400	6'200,000	9	15	8	6'632,000	6.32%

Elaboración: Propia

De la tabla N°15 se puede visualizar que la longitud de réplica para nuestro modelo será de 7'280,000 min

#### 4. Validación de Resultados

Con la información obtenida en el inciso anterior, ahora se procederá a realizar la comparación entre los datos que se obtuvo con el modelo Arena con los datos de la realidad, para realmente concluir que el modelo planteado sí representa correctamente a la realidad.

A continuación, en la tabla 16, se mostrará un resumen de todas las variables analizadas en los sistemas, las cuales fueron sometidas a la prueba de hipótesis T – Student, para así poder determinar si realmente los valores que se obtuvieron por el modelo son similares a la realidad.

**Tabla 16.** Validación de datos

	<b>E(y): Mean</b>	<b>Std Deviation</b>	<b>Dato:C</b>	<b>tcalculado</b>	<b>tcrítico</b>	<b>Comentario</b>
COLA_CAJA_C ONSULTORIO	58.85	0.2512012 76	61	12.104075 31	12.70620474	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula
COLA_CAMA_ CIRUGIA	63.96	0.1463537 27	63.7	3.0770190 71	4.30265273	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula
COLA_CAMA_ GINECO_OBST ETRICIA	47.34	0.3064268 74	47	1.9218199 31	4.30265273	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula
COLA_CAMA_ MEDICINA	61.86	0.8769998 59	61.23	1.7596109 31	2.570581836	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula
COLA_CAMA_ NEONATOLOGIA	54.96	0.7501748	55.5	1.6095938 01	2.776445105	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula
COLA_CAMA_ ONCOLOGIA	58.83	0.3577933 25	59.7	4.2116051 25	4.30265273	no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula

Elaboración: Propia

## CAPITULO 7: PROPUESTAS DE MEJORA

En el siguiente capítulo se muestran los procedimientos necesarios para poder obtener la solución óptima que se ajuste a las necesidades de los pacientes y del hospital en general. En primer lugar, se procederá a determinar mediante el diagrama de Pareto cuáles son los tiempos más impactantes dentro de cada departamento. Luego, se procederá a determinar los controls y responses para encontrar la función objetivo de acuerdo a las restricciones previamente detalladas

### Hospitalización:

**Tabla 17. Tiempos de espera por paciente en hospitalización**

DPTO	BLOQUE	AVERAG E	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)	RECURSO S	% TIEMPO DE ESPERA	ACUM % TIEMPO DE ESPERA
HOSP	NEONATOLOGIA	44669	31.02	66	57.89%	57.89%
HOSP	MEDICINA	19472	13.52	58	25.23%	83.12%
HOSP	CIRUGIA	6347	4.41	90	8.22%	91.34%
HOSP	GINECOBS	6326.7	4.39	91	8.20%	99.54%
HOSP	UCI	348.58	0.24	6	0.45%	99.99%
HOSP	ONCOLOGIA	4.7299	0.00	14	0.01%	100.00%
HOSP	PEDIATRIA	0	0.00	50	0.00%	100.00%
		<b>TOTAL</b>	<b>53.59</b>	<b>375</b>	<b>100.00%</b>	

Elaboración: Propia

En la tabla anterior podemos ver que los departamentos más críticos son los de neonatología y medicina que tienen unos 31 y 13 días de espera respectivamente para poder acceder a una cama disponible según nuestro modelo. Esto es un tiempo bastante amplio y crítico en comparación con los demás, por lo cual nos vamos a enfocar en reducir estos tiempos en la optimización. Así mismo, a continuación, se muestran estos tiempos en un gráfico de Pareto, en el cual podemos observar aquellos departamentos en los cuáles debemos enfocarnos en optimizar dado que los tiempos de espera son elevados y relevantes:



**Figura 22** Pareto de tiempos de espera por paciente en hospitalización

Elaboración: Propia

**Emergencia:**

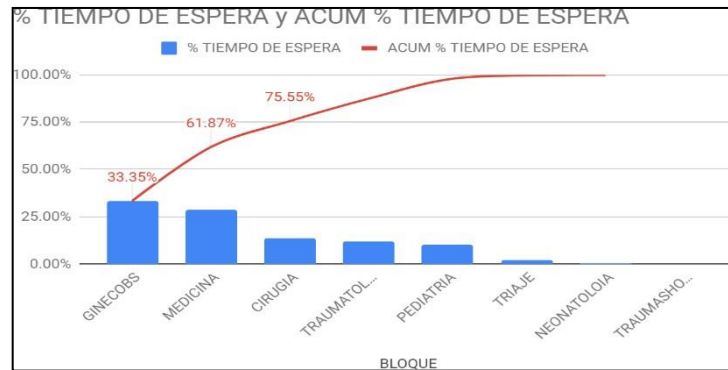
**Tabla 18.** Tiempos de espera por paciente en emergencia

DPTO	BLOQUE	AVERAGE	TIEMPO DE ESPERA (MIN)	RECURSOS	% TIEMPO DE ESPERA	% ACUM. TIEMPO DE ESPERA
EMER	GINECOBS	63.568	63.568	1	33.35%	33.35%
EMER	MEDICINA	54.338	54.338	3	28.51%	61.87%
EMER	CIRUGIA	26.072	26.072	1	13.68%	75.55%
EMER	TRAUMATOLOGIA	22.62	22.62	1	11.87%	87.42%
EMER	PEDIATRIA	19.377	19.377	1	10.17%	97.58%
EMER	TRIAJE	4.0258	4.0258	1	2.11%	99.69%
EMER	NEONATOLOIA	0.4622	0.4622	1	0.24%	99.94%
EMER	TRAUMASHOCK	0.11964	0.11964	5	0.06%	100.00%
<b>TOTAL</b>			<b>190.58264</b>	<b>14</b>	<b>100.00%</b>	

Elaboración: Propia

En la tabla anterior podemos ver que los departamentos más críticos son los de gineco obstetricia y cirugía que tienen unos 63 y 54 minutos de espera para poder acceder a atenderse con un doctor dentro de emergencia según nuestro modelo. Podemos ver que estos tiempos duplican los tiempos de atención de los demás departamentos, por lo cual nos enfocaremos en optimizarlos. Así mismo, a continuación, se muestran estos tiempos en un gráfico de Pareto, en el cual podemos observar aquellos departamentos en los cuáles

debemos enfocarnos en optimizar dado que los tiempos de espera son elevados y relevantes:



**Figura 23** Pareto de tiempos de espera por paciente en emergencia

Elaboración: Propia

**Consultorio Externo:**

**Tabla 19.** Tiempos de espera por paciente en consulta externa

DPTO	BLOQUE	AVERAGE	TIEMPO DE ESPERA (MIN)	RECURSOS	% TIEMPO DE ESPERA	% ACUM TIEMPO DE ESPERA
CEX	ONCOLOGIA	37.741	37.741	2	19.84%	19.84%
CEX	CIRUGIA	34.15	34.15	9	17.96%	37.80%
CEX	MEDICINA	30.26	30.26	13	15.91%	53.71%
CEX	PSICOLOGIA	29.728	29.728	1	15.63%	69.34%
CEX	ODONTOLOGIA	24.624	24.624	1	12.95%	82.29%
CEX	GINECOBS	19.774	19.774	7	10.40%	92.69%
CEX	PEDIATRIA	13.912	13.912	2	7.31%	100.00%
		<b>TOTAL</b>	<b>190.189</b>	<b>35</b>	<b>100.00%</b>	

Elaboración: Propia

En la tabla anterior podemos ver que los tiempos de espera de los pacientes son muy parecidos por cada departamento. Sin embargo, en este caso nos vamos a enfocar en los dos más críticos que son oncología y cirugía con 37 y 34 minutos de espera. Así mismo, a continuación, se muestran estos tiempos en un gráfico de Pareto, en el cual podemos observar aquellos departamentos en los cuáles debemos enfocarnos en optimizar dado que los tiempos de espera son elevados y relevantes:



**Figura 24** Pareto de tiempos de espera por paciente en consulta externa

Elaboración: Propia

De los diagramas de Pareto anteriores se evidencia que se deben mejorar la asignación de recursos en los siguientes departamentos:

**Hospitalización:** Dpto. de Neonatología – Dpto. de Medicina.

**Emergencia:** Dpto. de Gineco Obstetricia – Dpto. de Medicina.

**Consultorio Externo:** Dpto. de Oncología – Dpto. de Cirugía.

### 1. Controlos

Las siguientes variables son aquellas sobre la cual se tiene control dentro del Optquest:

- \*Número de camas del departamento de neonatología en hospitalización.
- \*Número de camas del departamento de medicina en hospitalización.
- \*Número de doctores del departamento de gineco obstetricia en emergencia.
- \*Número de doctores del departamento de medicina en emergencia.
- \*Número de camas del departamento de oncología en consulta externa.
- \*Número de camas del departamento de cirugía en consulta externa.

Los responses que se determinarán para cumplir con la solución óptima al problema están asociados a estas variables.

Además, en la siguiente tabla se pueden verificar las cantidades mínimas y máximas a ser utilizadas.

**Tabla 20.** Cantidades máximas y mínimas de variación por recurso

<b>CAMA</b>	<b>VALOR MÍNIMO</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
PEDIATRÍA	50	60
NEONATOLOGÍA	66	80
CIRUGÍA	90	108
MEDICINA	58	70
ONCOLOGÍA	14	17
GINECO - OBSTETRICIA	91	110
UCI	6	8

Elaboración: Propia

## **2. Responses**

Los responses que se utilizarán en el sistema estarán relacionados con el tiempo que tiene que esperar un paciente para poder utilizar una cama, es decir el tiempo de cola para que se desocupe este recurso. En la siguiente tabla se muestran los responses a utilizarse en la optimización del proceso:

## **3. Restricciones**

Se busca optimizar los tiempos de atención de espera a través de la optimización de las camas. Por tal motivo las restricciones están ligadas al número de camas que se pueden usar en cada departamento a estudiar.

## **4. Función Objetivo**

Lo que se quiere replicar en el modelo es la optimización de los tiempos de espera de los pacientes a través del aumento o mejor asignación de recursos. Por tal motivo la función objetivo buscará minimizar los tiempos de espera (waiting time) de cada departamento asignado al estudio.

## **5. Resultados**

Para obtener los resultados se hicieron corridas independientes por cada departamento dentro de cada sección del hospital. A continuación, se muestran los recursos óptimos por cada corrida:

**Tabla 21.** Resumen de variación de recursos optimizados

<b>DPT O</b>	<b>BLOQUE</b>	<b>AVERA GE (MIN)</b>	<b>RECURS O</b>	<b>RECURSOS OPTIMIZACI ÓN</b>	<b>AVERAGE OPTIMIZACI ÓN (MIN)</b>	<b>VARIACIÓ N RECURSO S</b>
HOS P	NEONATOLOI A	44,669.00	66	76	179.25	15.15%
HOS P	MEDICINA	19,472.00	58	64	501.46	10.34%
EME R	GINECOBS	63.57	1	2	2.05	100.00%
EME R	MEDICINA	54.34	3	4	5.64	33.33%
CEX	ONCOLOGIA	37.74	2	2	36.90	0.00%
CEX	CIRUGIA	34.15	9	9	27.90	0.00%

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior vemos que en donde hay una mayor variación de recursos es en el departamento de hospitalización debido a que los tiempos de espera son los más críticos. Asimismo, vemos que hay una pequeña variación de recursos en el departamento de emergencia, pero que también reduce considerablemente los tiempos de espera por paciente. Finalmente, se puede ver que en el departamento de consulta externa se mantiene la misma cantidad de recursos.



## CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

En el presente capítulo se realizará la evaluación técnica y económica del sistema analizado. Primero, se mostrará, como parte de la evaluación técnica, el impacto de la nueva asignación de recursos en los tiempos de espera promedio. Luego, para la evaluación económica, se calculará el costo de la inversión que se necesitará para llevar a cabo la implementación de la propuesta de mejora indicada en el capítulo anterior. Para esta segunda evaluación se realizará un análisis de los costos actuales que existen originados por el tiempo en cola de cada paciente contra los costos de implementación agregados a los nuevos costos por esperas, el cual es un tiempo optimizado.

### 1. Evaluación Técnica

Con los resultados obtenidos de la simulación, se realizó una nueva corrida del modelo en Arena, con lo cual se obtuvo una reducción en los tiempos promedio de espera en cada una de las colas analizadas. Esta mejora se detalla a continuación por cada departamento.

**Hospitalización:** A continuación, se muestran los resultados de la optimización en hospitalización.

**Tabla 22.** Resultados de optimización en hospitalización

DPTO	BLOQUE	AVERAG E (MIN)	TIEMPO DE ESPERA (DÍAS)	RECURSO S	RECURSOS OPTIML.	TIEMPO DE ESPERA OPTIMIZA CIÓN (MIN)	TIEMPO DE ESPERA OPTIMIZ ACIÓN (DÍAS)	VARIA CIÓN TIEMP OS
HOSP	NEONATOLOIA	44,669.00	31.02	66	76	179.25	0.12	-24819.94%
HOSP	MEDICINA	19,472.00	13.52	58	64	501.46	0.35	-3783.06%
HOSP	CIRUGIA	6,347.00	4.41	90	90	6,347.00	4.41	0.00%
HOSP	GINECOBS	6,326.70	4.39	91	91	6,326.70	4.39	0.00%
HOSP	UCI	348.58	0.24	6	6	348.58	0.24	0.00%
HOSP	ONCOLOGIA	4.73	0.00	14	14	4.73	0.00	0.00%
HOSP	PEDIATRIA	0.00	0.00	50	50	0.00	0.00	0.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>11,024.00</b>	<b>7.66</b>	<b>375</b>	<b>391</b>	<b>1,958.25</b>	<b>1.36</b>	<b>-462.95%</b>

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior y según las condiciones establecidas en las restricciones y función objetivo del modelo dentro del Optquest podemos observar que los tiempos de espera para una cama disminuyen considerablemente en los departamentos críticos y el tiempo de espera para obtener una cama se reduce casi a cero días en ambos casos.

**Emergencia:** A continuación, se muestran los resultados de la optimización en emergencia.

**Tabla 23.** Resultados de optimización en emergencia

DPTO	BLOQUE	TIEMPO DE ESPERA (MIN)	RECURSOS	RECURSOS OPTIMIZACIÓN	TIEMPO DE ESPERA OPTIMIZACIÓN (MIN)	VARIACIÓN TIEMPOS
EMER	GINECOBS	63.57	1	2	2.05	-3000.88%
EMER	MEDICINA	54.34	3	4	5.64	-863.44%
EMER	CIRUGIA	26.07	1	1	26.07	0.00%
EMER	TRAUMATOLOGIA	22.62	1	1	22.62	0.00%
EMER	PEDIATRIA	19.38	1	1	19.38	0.00%
EMER	TRIAJE	4.03	1	1	4.03	0.00%
EMER	NEONATOLOIA	0.46	1	1	0.46	0.00%
EMER	TRAUMASHOCK	0.12	5	5	0.12	0.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>23.82</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>10.05</b>	<b>-137.14%</b>

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la anterior y según las condiciones establecidas en las restricciones y función objetivo del modelo dentro del Optquest podemos observar que los tiempos de espera para la atención de un médico se disminuyen considerablemente y para ambos departamentos se reduce totalmente la espera.

**Consulta externa:** A continuación, se muestran los resultados de la optimización en consulta externa.

**Tabla 24.** Resultados de optimización en consulta externa

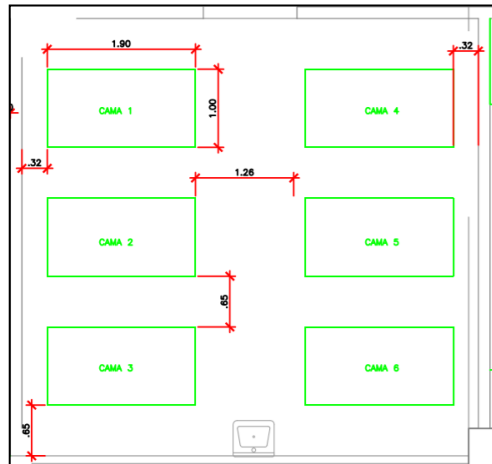
DPTO	BLOQUE	TIEMPO DE ESPERA (MIN)	RECURSOS	RECURSOS OPTIMIZACION	TIEMPO DE ESPERA OPTIMIZACION (MIN)	VARIACION TIEMPOS
CEX	ONCOLOGIA	37.74	2	2	36.90	-2.28%
CEX	CIRUGIA	34.15	9	9	27.90	-22.40%
CEX	MEDICINA	30.26	13	13	30.26	0.00%
CEX	PSICOLOGIA	29.73	1	1	29.73	0.00%
CEX	ODONTOLOGIA	24.62	1	1	24.62	0.00%
CEX	GINECOBS	19.77	7	7	19.77	0.00%
CEX	PEDIATRIA	13.91	2	2	13.91	0.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>27.17</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>26.16</b>	<b>-3.87%</b>

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la anterior y según las condiciones establecidas en las restricciones y función objetivo del modelo dentro del Optquest podemos observar que los tiempos de espera para la atención de un médico no disminuyen de acuerdo a lo esperado, y esto se podía intuir desde antes dado que el flujo de personas que ingresan a consulta externa es un número casi constante entre día y día por lo que el hospital ha venido trabajando en optimizar estos tiempos anteriormente, por lo que a pesar de que se coloquen más recursos esto no afectará el resultado que ya se tiene.

### 1.1. Diseño de Planta

Según los resultados expuestos anteriormente vemos que hay un aumento de recursos en cada departamento (hospitalización, emergencia y consulta externa). Esta nueva distribución no debería tener problemas dentro de los departamentos de emergencia y consulta externa ya que el área que se dispone y el tipo de recursos (médicos) hacen que no sea necesario un análisis tan exhaustivo. Sin embargo, esto no sucede dentro del departamento de hospitalización, ya que cada cama que se agregue debe tener las condiciones necesarias para poder brindar un servicio adecuado al paciente y sus familiares. Actualmente, existen departamentos con 6 camas por cuarto. Esto lo podemos apreciar en la siguiente figura:



**Figura 25** Distribución de camas actual

Fuente: Hospital María Auxiliadora Elaboración: Propia

De la figura anterior podemos observar que para 6 camas el hospital dispone de un área de 32.76 m<sup>2</sup> y según los resultados necesitamos implementar 10 camas para el área de neonatología y 6 camas para el área de medicina.

**Neonatología:**

Se realizará una redistribución en los espacios físicos del área neonatología con el objetivo de disponer de 54.6 m<sup>2</sup> para la implementación de 10 camas de hospitalización. Los espacios a distribuir serán los siguientes:

Sala estar de enfermería: Este espacio representa un área de 15.996 m<sup>2</sup> en donde se implementarán 3 camas de hospitalización.

Aulario: Este espacio representa un área de 42.14 m<sup>2</sup> en donde se implementarán 7 camas de hospitalización.

**Medicina General:**

Se realizará una redistribución en los espacios físicos del área de medicina con el objetivo de disponer de 32.76 m<sup>2</sup> para la implementación de 6 camas de hospitalización. En este caso el espacio a distribuir sería el siguiente:

- Sala estar de enfermería: Este espacio representa un área de 15.996 m<sup>2</sup> en donde se implementarán 3 camas de hospitalización.
- Jefatura de enfermería: Este espacio representa un área de 24.08 m<sup>2</sup> en donde se implementarán camas de hospitalización.

## 2. Evaluación económica

Para la evaluación económica se definirá la inversión inicial en la cual se deberá incurrir para poder aumentar los recursos (médicos y camas) en cada departamento según los resultados anteriores. Asimismo, se consideran todos los costos asociados a la implementación de un recurso, tales como el suero, mantenimiento de camas, sueldo de personal, etc. Por otro lado, se hará una comparación entre los costos implícitos en la espera de cada paciente debido a que esta espera en realidad es un costo para el estado peruano ya que por cada hora en cola que esté cada paciente se pierde un recurso de trabajo de la PEA. Para esta asignación de costos de espera se ha dividido las entidades que están en el sistema según la distribución de PROFESIONALES y NO PROFESIONALES que hay en el Perú. Por lo que al final tendremos la siguiente ecuación:

$$\text{Diferencia} = \text{CQ1} - (\text{CF1} + \text{CQ2})$$

**CF1= Costos fijos de implementación 1 (Costos de implementación de camas y/o médicos)**

**CQ1= Costos por tiempo de espera inicial.**

*CQ1 = NQ1 (Número de entidades en cola) \* % DIST (% profesional o no profesional) \* AVG Sueldo por hora (profesional o no profesional) \* 360 \* 8*

**CQ2=Costos por tiempo de espera final.**

*CQ2 = NQ2 (Número de entidades en cola optimización) \* % DIST (% profesional o no profesional) \* AVG Sueldo por hora (profesional o no profesional) \* 360 \* 8*

En caso el valor de la diferencia sea positivo significa que la optimización da como resultado un ahorro y en caso de ser negativo significa que la optimización da como resultado un gasto para el hospital.

### 2.1. Inversión (CF1)

La inversión inicial o costos de implementación (CF1) en la cual se incurrirá comprenden la compra de camas de hospitalización, así como también implementos necesarios como tanque de oxígeno y porta suero. En la Tabla 25 se detallará lo mencionado previamente.

**Tabla 25.** Costos de implementación de propuesta (CF1)

<b>Emergencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>C/ unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Doctor (Cantidad y honorarios)	2	S/.7,000.00	S/.14,000.00

<b>Hospitalización</b>	<b>Costo</b>	<b>C/ unitario</b>	<b>TOTAL</b>
Camas	16	S/.5,350.00	S/.85,600.00
Colchón	16	S/.340.00	S/.5,440.00
Portasuero	16	S/.350.00	S/.5,600.00
Tanque de oxígeno	16	S/.800.00	S/.12,800.00
Mantenimiento de cama	16	S/.90.00	S/.1,440.00
Mantenimiento de tanque de oxígeno	16	S/.60.00	S/.960.00
Sábanas	16	S/.60.00	S/.960.00
Frazadas	16	S/.70.00	S/.1,120.00
Almohada	16	S/.35.00	S/.560.00
		<b>TOTAL</b>	<b>S/.114,480.00</b>

Elaboración: Propia

Como podemos observar en la tabla anterior se están considerando los costos asociados a las 16 camas que se tienen que implementar los de departamentos de hospitalización de medicina y neonatología. Asimismo, también se están considerando los haberes de los médicos que se tienen que aumentar en emergencia. Finalmente se tiene un costo total de S/ 114,480.00.

## 2.2. Costos por tiempos de espera

Los costos que se analizan en este capítulo son los costos asociados a los tiempos de espera que tiene cada paciente que está en la cola todos los departamentos analizados en el modelo simulado y según los sueldos promedios de las personas profesionales y no profesionales:

- Sueldos promedios según tipo de entidad

**Tabla 26.** Sueldos promedio por profesionales y no profesionales

	%	Sueldo Promedio	Días x mes	Horas por mes	Sueldo por hora
No profesionales	55.58%	S/.1,158.85	20	160	S/.7.24
Profesionales	44.42%	2174.7	20	160	S/.13.59

Elaboración: Propia

Según la tabla anterior podemos ver que la distribución de no profesionales y profesionales de 55.48% y de 44.42% respectivamente. Asimismo, los sueldos por hora para cada uno de ellos son de S/. 7.24 y S/. 13.59.

- CQ1 (Costos de espera iniciales)

Los costos de espera iniciales están denominados por la siguiente fórmula:

$$CQ1 = NQ1 * \% DIST (\% \text{ profesional o no profesional}) * AVG \text{ Sueldo por hora (profesional o no profesional)} * 360 * 8$$

*NQ1*: Número de entidades en la cola por departamento (i) antes de la optimización.

*% DIST*: Porcentaje de distribución de profesional o no profesional.

*AVG Sueldo*: Sueldo por hora del profesional o no profesional.

En ese sentido, lo que se calculará como CQ1 es el costo por tiempo asociado a cada entidad que este en cola dentro del sistema antes de la optimización distribuyendo esta cantidad en 2 tipos: profesionales y no profesionales, según la distribución y costos que se tienen en la tabla 26.

Finalmente, podemos observar que en la tabla que se muestra a continuación (tabla 27) tenemos un monto de S/. 1,720.26 y S/ 2,579.93 como costos por hora para los no profesionales y profesionales respectivamente. En ese sentido tendríamos un costo total de S/ 4,300.19 soles por hora en total que multiplicándolo por 8 horas y los 360 días del año nos resulta un monto de **S/. 12,384,548.81** soles de forma anual.

**Tabla 27. Costo de espera iniciales**

DPTO	BLOQUE	AVG WT	AVG NQ	No profesionales	Profesionales
HOSP	NEONATOLOGIA	44669	203.83	S/.820.54	S/1,230.60
HOSP	MEDICINA	19472	48.702	S/.196.06	S/.294.03
HOSP	CIRUGIA	6347	35.523	S/.143.00	S/.214.47
HOSP	GINECOBS	6326.7	104.84	S/.422.05	S/.632.96
HOSP	UCI	348.58	0.035	S/.0.14	S/.0.21
HOSP	ONCOLOGIA	4.7299	0.003	S/.0.01	S/.0.02
HOSP	PEDIATRIA	0	0	S/.0.00	S/.0.00
EMER	GINECOBS	63.568	2.1137	S/.8.51	S/.12.76
EMER	MEDICINA	54.338	2.7	S/.10.87	S/.16.30
EMER	CIRUGIA	26.072	0.7433	S/.2.99	S/.4.49
EMER	TRAUMATOLOGIA	22.62	0.26	S/.1.05	S/.1.57
EMER	PEDIATRIA	19.377	0.5398	S/.2.17	S/.3.26
EMER	TRIAJE	4.0258	0.95	S/.3.82	S/.5.74
EMER	NEONATOLOIA	0.4622	0	S/.0.00	S/.0.00
EMER	TRAUMASHOCK	0.11964	0	S/.0.00	S/.0.00
CEX	ONCOLOGIA	37.741	1.53	S/.6.16	S/.9.24
CEX	CIRUGIA	34.15	7.86	S/.31.64	S/.47.45
CEX	MEDICINA	30.26	11.417	S/.45.96	S/.68.93
CEX	PSICOLOGIA	29.728	0.79	S/.3.18	S/.4.77
CEX	ODONTOLOGIA	24.624	0.65	S/.2.62	S/.3.92
CEX	GINECOBS	19.774	4.04	S/.16.26	S/.24.39
CEX	PEDIATRIA	13.912	0.8	S/.3.22	S/.4.83

Elaboración: Propia

La tabla anterior muestra el detalle de los costos asociados a cada departamento. Como podemos ver se tiene un costo elevado en los departamentos críticos (\*).

- CQ2 (Costos de espera optimizados)

Los costos de espera iniciales están denominados por la siguiente fórmula:

$$CQ2 = NQ2 * \% DIST (\% \text{ profesional o no profesional}) * AVG \text{ Sueldo por hora (profesional o no profesional)} * 360 * 8$$

*NQ*: Número de entidades en la cola por departamento (i) luego de la optimización.



*% DIST: Porcentaje de distribución de profesional o no profesional.*

*AVG Sueldo: Sueldo por hora del profesional o no profesional.*

En ese sentido, lo que se calculará como CQ2 es el costo por tiempo asociado a cada entidad que este en cola dentro del sistema luego de la optimización distribuyendo esta cantidad en 2 tipos: profesionales y no profesionales, según la distribución y costos que se tienen en la tabla 26. Como estos valores son los resultados de la optimización de los recursos se espera que el costo asociado a CQ2 sea considerablemente menor al CQ1.

Finalmente, podemos observar que en la tabla que se muestra a continuación (tabla 28) tenemos un monto de S/. 213.43 y S/ 320.08 como costos por hora para los no profesionales y profesionales respectivamente. En ese sentido tendríamos un costo total de S/ 533.51 soles por hora en total que multiplicándolo por 8 horas y los 360 días del año nos resulta un monto de **S/. 1,536,499.79** soles de forma anual.

**Tabla 28.** Costo de espera optimizados

DPTO	BLOQUE	AVG WT	AVG NQ	No profesionales	Profesionales
HOSP	NEONATOLOGIA	97.962	0.45053	S/.1.81	S/.2.72
HOSP	MEDICINA	237.9	0.58022	S/.2.34	S/.3.50
HOSP	CIRUGIA	1056.4	6.2319	S/.25.09	S/.37.62
HOSP	GINECOBS	1096.8	16.264	S/.65.47	S/.98.19
HOSP	UCI	139.54	0.1985	S/.0.80	S/.1.20
HOSP	ONCOLOGIA	12.732	0.00601	S/.0.02	S/.0.04
HOSP	PEDIATRIA	0	0	S/.0.00	S/.0.00
EMER	GINECOBS	2.0487	0.06802	S/.0.27	S/.0.41
EMER	MEDICINA	5.5188	0.27023	S/.1.09	S/.1.63
EMER	CIRUGIA	26.01	0.74465	S/.3.00	S/.4.50
EMER	TRAUMATOLOGIA	22.327	0.26287	S/.1.06	S/.1.59
EMER	PEDIATRIA	19.298	0.53817	S/.2.17	S/.3.25
EMER	TRIAJE	4.0721	0.97992	S/.3.94	S/.5.92
EMER	NEONATOLOIA	0.41009	0	S/.0.00	S/.0.00
EMER	TRAUMASHOCK	0.08696	0	S/.0.00	S/.0.00
CEX	ONCOLOGIA	39.028	1.5567	S/.6.27	S/.9.40

CEX	CIRUGIA	34.15	7.86	S/.31.64	S/.47.45
CEX	MEDICINA	28.905	10.78	S/.43.40	S/.65.08
CEX	PSICOLOGIA	28.993	0.79511	S/.3.20	S/.4.80
CEX	ODONTOLOGIA	24.721	0.65746	S/.2.65	S/.3.97
CEX	GINECOBS	19.277	3.9827	S/.16.03	S/.24.05
CEX	PEDIATRIA	13.862	0.78968	S/.3.18	S/.4.77

Elaboración: Propia

La tabla anterior muestra el detalle de los costos asociados a cada departamento.

Como podemos ver los costos de espera en los departamentos críticos han disminuido considerablemente.

### 2.3. Ahorro:

Con los resultados obtenidos anteriormente ya podemos hacer uso de la ecuación de diferencia de costos que se plantea para medir el % de ahorro que se tiene entre el modelo propuesto (optimizado) y la situación actual, por lo que tenemos lo siguiente:

$$CF1 = S/ 114,480.00$$

$$CQ1 = S/. 12,384,548.81$$

$$CQ2 = S/. 1,536,499.79$$

$$DIFERENCIA = S/. 12,384,548.81 - (S/ 114,480.00 + S/. 1,536,499.79)$$

$$DIFERENCIA = S/. 10,733,569.02 \text{ (AHORRO)}$$

El valor anterior representa un ahorro de aproximadamente el 706.2% en el gasto por tiempos de espera de forma anual.

## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Durante el desarrollo del presente trabajo se han encontrado oportunidades de mejora que podrían ayudar a mejorar y facilitar los resultados del modelo de simulación con el objetivo de obtener resultados más precisos. A continuación, se recopilarán las conclusiones y recomendaciones más importantes.

### **1. CONCLUSIONES**

- i. De la Matriz FACTIS, se pudo determinar que la mejor herramienta para poder dar solución a los problemas identificados previamente sería a través de la mejora de los procesos internos dentro del hospital. En ese sentido, existen diferentes alternativas para poder cumplir con este propósito, pero analizando las virtudes y limitaciones de cada una de ellas decidimos optar por la simulación de eventos discretos a través del programa Arena debido a que el hospital tiene un funcionamiento complejo y las áreas de estudio están interrelacionadas entre sí, por lo cual se buscaba una herramienta que sea capaz de tener ese dinamismo. Además, con la simulación del hospital se ha podido plantear varios escenarios, dependiendo del área de estudio, y así pudimos obtener los mejores resultados en cada una de ellas.
- ii. Los resultados de la redistribución y asignación de recursos (camas) de los diferentes departamentos del área de hospitalización emitidos por la herramienta de optimización Arena Opquest evidencian que es posible reducir los tiempos de espera de los pacientes para poder obtener una cama en -462.95%. Este impacto se ha visto evidenciado en los departamentos de neonatología y medicina en donde el tiempo de espera podría pasar de ser 31 y 13 días respectivamente a medio día en caso. Esta reducción tan notable de tiempo solo muestra evidencias de que estos departamentos se encuentran sobre saturados, es decir que existe una gran demanda (pacientes) para la cantidad de recursos que se tienen.
- iii. Los resultados de la redistribución y asignación de los recursos (médicos) en el departamento de emergencia emitidos por la herramienta de simulación Arena Opquest muestran evidencia de que es posible reducir los tiempos de espera de los pacientes en un 137.14%. Teniendo el mayor impacto en las áreas de gineco

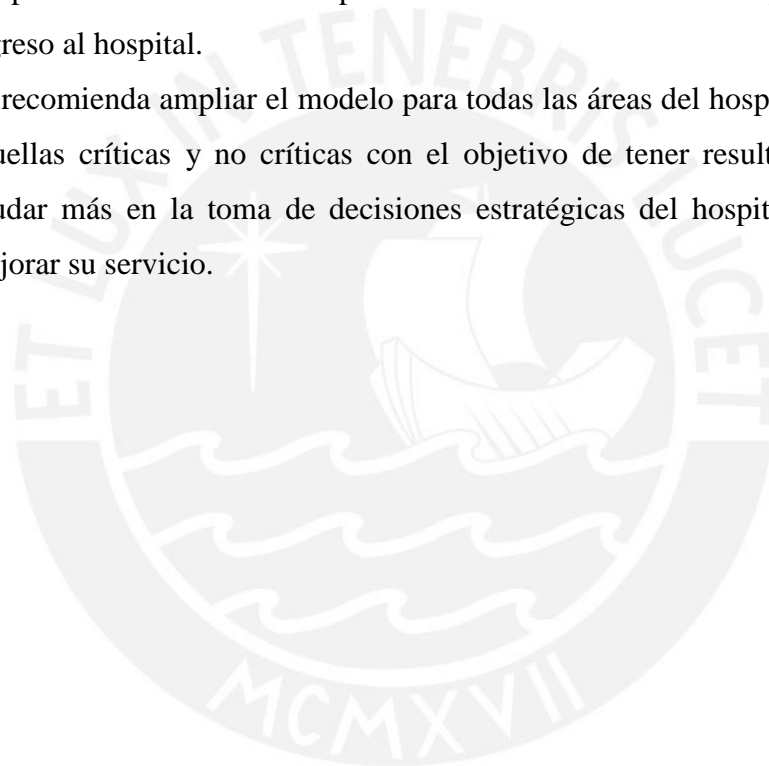
obstetricia y medicina en donde el tiempo podría pasar a ser 60 y 54 minutos respectivamente a menos de 5 minutos en ambos casos.

- iv. Los resultados de la redistribución y asignación de los recursos (médicos) en el departamento de consulta externa emitidos por la herramienta de simulación Arena Opquest muestran evidencia de que actualmente en este departamento es indiferente agregar o reasignar los recursos ya que solo se obtuvo una reducción del 3.87% sobre los 30 minutos que actualmente espera una paciente para ser atendido. Se puede inferir que por más recursos que se agreguen a este departamento ya no se podrá atender más pacientes debido a que la demanda ya se encuentra cubierta con los recursos que se tienen actualmente.
- v. Con los resultados obtenidos por la herramienta de simulación Arena Opquest se pudo determinar que se podría tener un ahorro equivalente a los S/ 10,733,569.02 de forma anual, lo cual equivale a una reducción del 706.02 % sobre el costo asociado a los tiempos de espera de seguir trabajando bajo las condiciones actuales. Para llegar a este ahorro se ha comparado el costo perteneciente a los tiempos de espera según el perfil de cada paciente, básicamente clasificándolos en 2 perfiles: profesionales y no profesionales. Esta comparación se realizó entre el modelo actual y el modelo propuesto y las diferencias resaltan en que en el primer modelo (actual) existe un mayor tiempo de espera debido a que este sistema se encuentra sobresaturado. Por otro lado, en el nuevo modelo (propuesto) se ha realizado una inversión inicial para así poder implementar y reasignar los recursos optimizados, lo cual ha resultado en una mejor gestión de los tiempos para con los pacientes, logrando así reducir considerablemente los tiempos de espera de estos y por ende el costo total asociado.

## **2. RECOMENDACIONES**

- i. Se sugiere digitalizar los procesos de información del hospital, debido a que actualmente hay muchos procedimientos que podrían ser automatizados a través de un sistema enfocado a mejorar la eficiencia dentro del Hospital. Esto resultaría beneficioso para repotenciar este y futuros estudios debido a que se tendría información con un menor margen de error y de forma centralizada.

- ii. Se recomienda realizar un estudio similar sobre los demás recursos que puedan influir en el estado del paciente, tales como enfermeras, médicos 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 mejorar los indicadores de atención.
- iii. Se sugiere realizar mayores campañas informativas sobre los procesos de atención y los servicios brindados por el hospital, ya que se observó que en muchos casos los pacientes se demoraban por falta de información sobre qué hacer ante su ingreso al hospital.
- iv. Se recomienda ampliar el modelo para todas las áreas del hospital, considerando aquellas críticas y no críticas con el objetivo de tener resultados que puedan ayudar más en la toma de decisiones estratégicas del hospital para así poder mejorar su servicio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altiok, Tafur  
2007 Simulation modeling and Analysis with Arena.
- Córdova, Manuel.  
2006 Estadística Aplicada.
- Fisher, Ronald.  
1967 Statistical methods for research worker. New York, Hafner.
- INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática  
Encuesta Nacional de Hogares  
<http://www.inei.gob.pe/>
- Banks, Jerry  
2010 Discrete-Event system simulation (5a ed.). Upper Saddle River;  
Montreal: Prentice Hall
- Galloway, Dianne  
2002 Mejora Continua de Procesos
- Tamayo y Tamayo, Mario.  
1997 El Proceso de la Investigación Científica
- Winston, Wayne.  
2005 Investigación de Operaciones.
- Revista de la Ingeniería Industrial.  
2008: “Análisis del proceso de altas de un hospital para incrementar su productividad usando simulación” Volumen 1, No. 1
- Análisis de los Sistemas de la Producción Kanban y Conwip bajo escenarios de reprocesado.  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30143/fichero/CAPITULO3.pdf>
- Hospital María Auxiliadora  
Reseña histórica  
<http://190.12.74.51/>
- Arena Optquest  
2010 User’s Guide. Versión: 13.50.00
- Página Web del Hospital María Auxiliadora: <http://190.12.74.51/>

- Bravo, Sierra.  
2001 Técnicas de Investigación Social: Teoría y Ejercicios
- Kerlinger, F. and Lee, H.  
2002 Investigación del comportamiento
- Gómez Ceja, Guillermo.  
1997 Sistemas Administrativos: Análisis y Diseño

