

Model simulation for improving processes in a neoplastic hospital

Danny Tupayachy Quispe, Msc¹ / Bertolt Pareja Daza, BE² / Joel Carrillo Monteagudo, BE³
¹ Universidad Católica de Santa María, Perú, dtupayachy@ucsm.edu.pe, bertoltpareja@maill.com, jocamo1324@gmail.com

Abstract -- The following research presents the development of a simulation model developed in the Arena 14.0 program for the patient care process of a Neoplastic Hospital in the city of Arequipa - Peru. The main problem is the waiting time to be taken care of in the different specialties offered by the hospital and in second place the unsatisfied demand that exists for patients who request attention. The research is oriented to the areas of appointments, admission and external consultations in nine specialties. For its development, the data was collected directly through observation and statistical records of the institution. In a first stage, elements that make up the process are identified, by means of diagrams, and then samples were taken for arrival times and service times. The analysis of the model reveals that there are bottlenecks and limitations of the quotas by specialty. With the obtained information, a simulation model was validated in which different process improvement alternatives are proposed in order to reduce the waiting times of the patients. As a result, we propose some solutions to the main problems and improvements in the service provided by the institution.

Keywords-- Simulation, Model, Arena 14.0, Oncology.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.260>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Model simulation for improving processes in a neoplastic hospital

Modelo de simulación para la mejora de procesos en un hospital de neoplásicas

Danny Tupayachy Quispe, Msc¹ / Bertolt Pareja Daza, BE² / Joel Carrillo Monteagudo, BE³

¹ Universidad Católica de Santa María, Perú, dtupayachy@ucsm.edu.pe, bertoltpareja@gmail.com, jocamo1324@gmail.com

Resumen– La siguiente investigación presenta el desarrollo de un modelo de simulación realizado en el programa Arena 14.0 para el proceso de atención a pacientes de un Hospital de Neoplásicas en la ciudad de Arequipa – Perú. El principal problema es el tiempo de espera para ser atendidos en las diferentes especialidades que ofrece el hospital y en segundo lugar la demanda insatisfecha que existe de pacientes que solicitan atención. La investigación está orientada a las áreas de citas, admisión y consultas externas en nueve especialidades. Para su desarrollo se realizó el levantamiento de datos de forma directa por medio de observación y de registros estadísticos de la institución. En una primera etapa se identifica elementos que componen el proceso, mediante diagramas, luego, se tomó muestras para los tiempos de llegada y tiempos de servicio. El análisis del modelo revela que existen cuellos de botella y limitaciones de los cupos por especialidad. Con la información obtenida se validó un modelo de simulación en el que se propone diferentes alternativas de mejora de procesos para lograr reducir los tiempos de espera de los pacientes. Como resultado, proponemos algunas soluciones a los principales problemas y mejoras en el servicio que presta la institución.

Palabras clave-- Simulación, Modelo, Arena 14.0, Oncología

Abstract- The following research presents the development of a simulation model developed in the Arena 14.0 program for the patient care process of a Neoplastic Hospital in the city of Arequipa - Peru. The main problem is the waiting time to be taken care of in the different specialties offered by the hospital and in second place the unsatisfied demand that exists for patients who request attention. The research is oriented to the areas of appointments, admission and external consultations in nine specialties. For its development, the data was collected directly through observation and statistical records of the institution. In a first stage, elements that make up the process are identified, by means of diagrams, and then samples were taken for arrival

times and service times. The analysis of the model reveals that there are bottlenecks and limitations of the quotas by specialty. With the obtained information, a simulation model was validated in which different process improvement alternatives are proposed in order to reduce the waiting times of the patients. As a result, we propose some solutions to the main problems and improvements in the service provided by the institution.

Keywords- Simulation, Model, Arena 14.0, Oncology

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico, industrial, de transporte, entre otras variables socio económicas en las ciudades, ha venido acompañado de una creciente demanda de diferentes tipos de servicios tal es el caso en esta investigación de los servicios de emergencias y de salud. El cáncer es considerado un problema de salud pública por la frecuencia con que se presenta. Es la segunda causa de muerte en el Perú, además de generar pérdidas económicas por convalecencia y fallecimiento. Por tal razón, es que la entidad regulatoria encargada de la atención primaria de urgencias debe constantemente planificar, desarrollar, controlar y evaluar sus estándares de operación brindando a la población un sistema efectivo y de calidad.

La gran demanda de atención a los pacientes en los hospitales se ha convertido en un problema tanto para los trabajadores (personal de salud y personal administrativo) como para los pacientes y peor aun cuando son los pacientes los que tienen que realizar sus trámites. La situación se agrava aún más, cuando los pacientes tienen que viajar de diferentes partes del país a un solo hospital.

Ante esta necesidad, los modelos de simulación son una herramienta de soporte en la toma de decisiones permitiendo identificar puntos críticos de operación y proponiendo mejoras para el adecuado funcionamiento de los sistemas de atención de emergencias [1], [2]. El modelo de simulación propuesto pretende dar a conocer, si la congestión en el sistema es causada por la falta de recursos, o es el resultado de errores de procedimientos de operación en el sistema de atención médica

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.260>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

del Hospital de Neoplásicas. El objetivo es mejorar el servicio de los hospitales para los pacientes con cáncer.

Para el desarrollo de esta investigación revisaremos algunos conceptos. La simulación de procesos es réplica del comportamiento de un sistema usando un modelo que lo representa de acuerdo con el objetivo por el cual se estudia el sistema. Para hacer este estudio se requiere el conocimiento de los datos relacionados con el sistema o problema que sean relevantes, construyendo de esta manera, modelos representativos de la situación, objeto o sistema que se desea estudiar. Estos modelos están conformados por un conjunto de funciones que interrelacionan variables exógenas de estado, parámetros y constantes entre sí y con variables endógenas para describir el Sistema. Con base en información histórica, la simulación construye una historia de estados del sistema de acuerdo con los valores que en el tiempo toman variables de estado. Cabe señalar que las aplicaciones en simulación comúnmente están dadas en el área hospitalaria y actualmente, en el Perú, existen investigaciones de simulación relacionadas con los procesos ambulatorios y de salud como es un estudio presentado en la Pontificia Universidad Católica del Perú denominado: “Propuesta de mejora del proceso de admisión en una empresa privada que brinda servicios de salud ambulatoria” en la cual se analiza los procesos de admisión y pago de una entidad de salud con la finalidad de brindar una solución que eleve el nivel de satisfacción de los clientes.

A nivel internacional: Según [3], con ayuda del software ProModel®, creó un modelo de simulación imitando el comportamiento de un hospital en Orizaba (Mexico), propiciando la identificación de puntos críticos y con el apoyo de ésta y otras herramientas de la ingeniería se crearon alternativas de solución para minimizar el tiempo del proceso de altas e incrementar la satisfacción de los pacientes. Según [4], su investigación pretende probar que al aumentar el número de camas de exploración en el Área de Urgencias Generales del Hospital de Cabueñes de Gijón en Asturias, disminuirían los tiempos de espera, para este caso se ha diseñado un modelo similar a un sistema de cola única con múltiples servidores en paralelo y población infinita, analizándolo mediante el programa de Simulación WITNESS. En la investigación realizada por [5], construye un modelo de simulación en Arena para el funcionamiento de una simplificación del futuro como es el Complejo Asistencial Médico Técnico Navarro, CAMTNA, cuyo objetivo fue proporcionar un dimensionamiento inicial, a partir del cual poder evaluar distintas políticas de gestión de la lista de espera. Apoyar en la toma de decisiones relacionadas con la planificación del uso de los recursos tecnológicos y humanos. Se ha simulado el modelo propuesto durante 50 repeticiones de 15 años, con un periodo de calentamiento de 1100 días

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

hábiles y se elaboró dos alternativas de solución.

Según [6], presenta un estudio de simulación por ordenador utilizando SIMUL8 para mejorar la calidad de la atención en el servicio de urgencias en un hospital comunitario en Lexington, Kentucky. Este modelo de simulación es capaz de evaluar la calidad de la atención en cuanto a la duración de la estancia, los tiempos de espera, y los abandonos del paciente y ha sido validada al ser comparado con los datos recogidos en el servicio de urgencias. Los resultados sugirieron que, para garantizar un mejor resultado clínico, se necesitan más enfermeras; además, se recomienda un escáner de tomografía computarizada adicional.

Según [7], elaboró una guía sobre cómo construir modelos de simulación en hospitales basado en la experiencia del autor, esta guía se divide en 2 partes. La primera parte conceptual en donde se encuentran los problemas relacionados con la definición del modelo y distinción entre los procesos. La segunda parte, la cual es técnica, señala tres métodos: Simulación de evento discreto (DES), Dinámicas de Sistema (SD) y Simulación basada en agente (ABS), en la cual se modela un hospital hipotético.

Según [8], emula por medio de un modelo de simulación diseñado con el software Arena 10.0, el procedimiento actual de Atención del Área de Urgencias y Hospitalización del Centro de Atención Médica Inmediata (CAMI) DIANA TURBAY. Se necesitó elaborar un registro de las actividades en las condiciones actuales, así como propuestas que permitieran mejorar las condiciones de atención a los pacientes y que ayudaran a optimizar los recursos con los que dispone la institución.

En la investigación realizada por [9], el objetivo fue reproducir por medio de la simulación, el comportamiento de la actividad diaria en el tratamiento de los pacientes hospitalizados y la duración de estadía de los pacientes en hospitales públicos gallegos. Todo esto relacionado principalmente con la variable de la cantidad de camillas y su efecto en la actividad en hospitalizaciones, su duración y consecuentemente la lista de espera.

Según [10], mediante la herramienta de simulación Arena, plantea un modelo de simulación de eventos discretos (DES), además se puede utilizar para representar a este complejo proceso de planificación de radioterapia y sugerir mejoras que puedan reducir el tiempo de planificación y en última instancia reducir los tiempos totales de espera.

En la investigación realizada por [11], con ayuda del complemento Simulink de Matlab se creó un modelo de simulación de eventos discretos, imitando el comportamiento de atención a pacientes de consulta externa y se dio políticas

para mejorar los servicios del Hospital Eugenio Espejo. El modelo recibe principalmente tres entradas: las frecuencias de llegadas de pacientes, los tiempos de consulta y la probabilidad de que su historia clínica esté en el consultorio donde tiene la cita, se identificó que la estadía de un paciente en el sistema se puede ver prolongada si su historia clínica no se encuentra en el consultorio.

Según [12], desarrollaron un modelo de simulación basado en agentes del Departamento de Emergencia del *Victoria General Hospital* en Canadá para la evaluación de las estrategias aplicadas y para reducir el tiempo de espera de los pacientes. Se demostró que el modelado basado en agentes es superior, se evaluaron los procesos estáticos y dinámicos, el proceso estático utiliza una duración fija en las operaciones y el proceso dinámico está basado en el tiempo de espera del paciente y el estado de las operaciones.

Según [13], desarrollo un modelo de simulación en cuidados intensivos de un hospital municipal de Ghana para probar los efectos en los principales recursos (modificando las horas de inicio del personal y sus funciones) y recursos adicionales (el aumento de personal). Se utilizó la data de tiempo y recorrido de 487 pacientes de cuidados intensivos para desarrollar y validar el modelo. El resultado primario fue un efecto en el tiempo de estancia del paciente.

Según [14], presentan un modelo de simulación para la mejora de la zona de registro médico del hospital Maharakham. Mediante el uso del software Petri Nets se analiza la llegada de pacientes y sus familiares en durante las 6:30-16:00 horas de días laborables. A partir de 4 modelos modificados se corrieron 4 escenarios con diferentes resultados. Los resultados fueron: el número máximo de pacientes y sus familiares en la sala de espera, el tiempo de espera total por día, el tiempo de inactividad de cada mostrador de servicio por día, y el tiempo total del sistema por día para cada escenario.

En la investigación de [15], proporcionan un nuevo enfoque multiobjetivo para la toma de decisiones en simulación que toma en cuenta no sólo los índices de desempeño promedio convencionales del sistema, sino también las medidas de sensibilidad del límite superior y la incertidumbre en los parámetros del modelo. El enfoque propuesto se aplica al Departamento de Emergencia de un hospital en el que diferentes alternativas se comparan utilizando métricas de rendimiento del tiempo total en el sistema bajo varias condiciones de incertidumbre.

Según [16], basándose en el análisis combinado de Analítica y simulación utilizando cadenas de tiempo continuas de Markov y modelos de simulación de eventos discretos presentan mejoras en la utilización de los recursos

hospitalarios y el tiempo de espera de los pacientes que incrementa la calidad de atención al paciente en un hospital privado de Dinamarca.

Según [17], su investigación utiliza el Análisis Envolvente de Datos (DEA) que es un procedimiento de optimización eficiente que se propone para mejorar un rendimiento del producto/proceso con múltiples respuestas, presenta un análisis de los resultados del modelo de simulación en la situación actual y proponen múltiples escenarios de asignación de las enfermeras.

La investigación [17], demuestra cómo la calidad de servicio se puede mejorar en el servicio de emergencia hospitalario (SUH) mediante el uso de la simulación y un algoritmo genético (GA) para ajustar adecuadamente los horarios de las enfermeras sin contratar personal adicional. El modelo de simulación se ha desarrollado para cubrir el flujo completo del paciente, se aplica luego de asignar un horario cuasi óptimo a las enfermeras para minimizar el tiempo de espera de los pacientes. Los datos de esta investigación fueron recogidos en Show-Chwan Memorial Hospital en el centro de Taiwán. Luego del análisis computacional y comparaciones, se encontró que, al hacer los ajustes apropiados para los horarios de las enfermeras, el tiempo de espera de los pacientes se acorta, elevando así la calidad de la atención al paciente y la satisfacción del paciente.

En el Perú: [19], ha evaluado la situación actual del área de emergencia, zona adultos de un hospital público de Lima, utilizando simulación de eventos discreta. Se simularon 80 réplicas en el software ARENA, cada una, de una semana de duración. Para disminuir sus tiempos totales de permanencia en el sistema, se propusieron diversas modificaciones al modelo, siendo un nuevo horario de trabajo para los doctores de medicina la mejor solución encontrada.

Con esta previa revisión bibliográfica, podemos señalar que existe una gran cantidad de investigaciones relacionadas con simulación en servicios de la salud para la mejora de los tiempos de espera que nos servirán de material de consulta durante el desarrollo de la investigación.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Actualmente, el sistema del hospital posee dos turnos de trabajo, turno mañana y turno tarde. El alcance del presente trabajo de investigación es sólo por el turno mañana. Así mismo, el sistema esta compuesto por pacientes, consultorios, doctores, personas de atención en admisión, cupos para atención en cada especialidad.

Se tomó en cuenta las siguientes consideraciones para la ejecución de la investigación: En primer lugar, es importante

mencionar que el Hospital de Neoplásicas ofrece servicio a tres tipos de pacientes: si poseen seguro SIS, o ESSALUD y los que no poseen son llamados “Particulares”. Cada tipo de cliente sigue un tipo de atención diferente de registro en admisión, debido a que presentan requisitos diferentes, por lo tanto, será importante conocer la proporción de cada tipo. En segundo lugar, como se mencionó anteriormente existe una sobredemanda que genera filas de espera antes de la apertura del servicio. En tercer lugar, cada especialidad maneja tiempos de servicio y recursos diferentes por lo tanto se considera que existen diferentes tipos de comportamiento en cada consultorio. Cuarto, debido a que los pacientes pueden ser nuevos o continuadores los tiempos de servicio de consultas serán diferentes.

De acuerdo con una estructura global del proceso del Hospital de Neoplásicas, nuestro modelo de simulación fue realizado en el software Arena 14.0, en el cual se halló los puntos clave del proceso como el número de pacientes en fila de espera por especialidad, horarios, el grado de frecuencia con lo que acuden los pacientes, las variables del sistema que son el tiempo entre llegadas, el tipo de servicio, entre otros. Se dispuso de un parámetro de comparación y criterios para probar la validez de nuestra propuesta, los resultados entre la situación real y el propuesto nos llevaron a proponer nuevas alternativas de mejora en atención, organización y optimización de tiempos.

III. RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica empleada para la recolección de datos fue la entrevista con expertos de la institución y la observación directa. Se emplearon como instrumentos: libretas de apuntes, tablas de recopilación de datos y cronómetros.

El procedimiento para la recolección de datos se dio de la siguiente manera: En coordinación con la institución se vio por conveniente tomar los datos en la semana del viernes 13 al viernes 20 de abril de 2018 en los horarios de 7:30 am a 11:30 pm. Se elaboró una tabla de recopilación de datos. Se asignó funciones y ubicaciones diferentes a cada integrante.

Se logró recopilar información del tipo secundaria y primaria. Las fuentes fueron las siguientes: Datos proporcionados por la oficina de estadística, referidos a los históricos de pacientes atendidos por especialidad y a la cantidad de citas por día de cada especialidad. Datos tomados por observación directa en la institución. Data recopilada en las investigaciones realizadas en el hospital de neoplásicas. Con ayuda de un reloj/cronómetro se efectuó el levantamiento de datos estos fueron anotándose en las tablas. Debido a que en el hospital se presenta flujo variable de personas en el tiempo, se optó por tomar en cuenta, una población infinita

mayor a 100.000 habitantes, $\alpha = 0,05$ (nivel de confianza del 95%), $Z(1-\alpha/2) = 1,96$, un error máximo esperado $e' = 0,05$ y 0.10 en algunos casos, esta información se muestra en la Tabla I. Por ejemplo, para el área de admisión se requeriría una muestra de 226 datos, lo cual significaría un tiempo prolongado de toma de datos por observación directa. Con los datos recolectados se estableció las distribuciones de las diferentes áreas, se tomó la herramienta Input Analyzer en el software Arena 14.0.

TABLA I
NUMERO DE MUESTRAS PARA EL TIEMPO DE LLEGADAS DE PACIENTES

Media muestral	1.5772
Varianza muestral	1.5320
e'	0.1
E	0.157
n0	236.58
N	5000.00
no*(no-1)	55735.54
n	226

La tendencia de la distribución es de tipo Beta con una expresión de $-0.001+4.88*\text{beta}(0.745,1.35)$, teniendo una aceptación de la prueba de Chi cuadrado y la prueba de Kolmogorov los valores de significancia para la prueba han sido de 97.5 con un error del 5%.

La afluencia mensual de llegadas de los pacientes para cada especialidad tal como se aprecia en la Tabla II ginecología, mastología, oncología médica y abdomen son especialidades con mayor afluencia, con afluencia aproximada con promedio de 16 pacientes por especialidad ello debido a la indisponibilidad del doctor o factores externos que imposibilitan la llegada del médico, los pacientes tienden a abandonar las colas, ya sea por límite de paciencia o porque se tienen que regresar a su lugar de origen.

TABLA II
ESPECIALIDADES CON MAYOR DEMANDA

Especialidad	Número de Atenciones
Abdomen	1770
Cabeza y cuello	1072
Detección y diagnostico	717
Gastroenterología	1408
Ginecología oncológica	2368
Mastología, piel y partes blandas	2085
Medicina del dolor	795
Medicina interna	8
Nutrición	151
Oncología medica	3681
Oncología pediátrica	650
Psicología	21
Psiquiatría	13
Tórax	37
Urología	979
Total general	15755

IV. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Para la verificación del modelo se comparo los datos reales con los datos emitidos por el software Arena 14.0. Los supuestos necesarios para construir el modelo han sido establecidos de acuerdo con lo observado en la institución, la entrevista a expertos y el criterio del grupo a fin de poder simplificar el modelamiento sin perder la precisión del estudio o el comportamiento real del sistema.

Estos son algunos supuestos:

Supuesto 1: Paciente nuevo es todo aquel que va por primera vez a la institución sea diagnosticado o no deberá pasar por un registro, este deja de ser nuevo después de la primera consulta. En los consultorios es evidente que aquellos que asisten a su primera cita tendrán un tiempo de atención más prolongado porque les tendrán que hacer un diagnóstico del estado del cáncer.

Supuesto 2: Como sabemos el SIS cubre los gastos por lo que todos los demás pacientes que no pertenezcan al SIS deberán apersonarse a caja, solamente los pacientes continuadores sacan las citas vía telefónica y si estos no pertenecen al SIS deberán pagar antes de asistir a su consulta.

Supuesto 3: En el caso de los pacientes nuevos tienen que acudir a la institución para registrarse por primera vez deberán hacer cola en módulo de citas y ser derivados a admisión para llenar sus formatos respectivos. Por lo tanto, solo los que acuden a módulo de citas y admisión son pacientes nuevos.

Supuesto 4: La llegada de los pacientes se da de dos maneras: La primera considera el número aleatorio de pacientes nuevos que esperan hasta que abran la puerta del hospital a las 7:30 a.m. estos se dirigen a módulo de citas. La segunda considera el tiempo entre llegadas de los pacientes a partir de las 7:30 a.m. para citas y para consultorios respectivamente.

Supuesto 5: Los Consultorios trabajan con dos turnos: Mañana y Tarde. En cada turno se atiende 5 especialidades por ser el límite de consultorios con los que cuenta la institución. Este estudio solo contempla la simulación del turno Mañana que va desde las 7:30 am hasta las 11:30 am. Las llegadas se dan desde las 7:30 hasta las 9:00 am.

Supuesto 6: Admisión comprende 4 ventanillas idénticas a las que se derivan a los pacientes en orden consecutivo o cíclico mediante un ticket entregado en módulo de citas. Sin embargo, es importante distinguir que existen tiempos de atención diferentes dependiendo de si el paciente es SIS o no, ya que se tendrá que llenar formatos diferentes para aquellos que no son SIS. El modelo hace distinción de los pacientes que pertenecen al SIS y el resto sea asegurado o no.

Supuesto 7: La institución establece una cantidad de cupos y días de atención por especialidad cada mes. El modelo considera el siguiente rol de citas semanales:

- Medicina oncológica: 80 cupos, atiende de lunes a viernes en turno mañana y tarde.
- Urología Oncológica: 24 cupos, atiende martes, miércoles en turno mañana y viernes en la tarde.
- Gastroenterología: 32 cupos, atiende lunes y miércoles en turno mañana y tarde.
- Oncología Abdominal: 24 cupos, atiende lunes en la tarde, miércoles y viernes en el turno mañana.
- Mastología Cabeza y cuello: 24 cupos, atiende lunes, miércoles y viernes en el turno mañana
- Mastología Cardiología o Tejidos blandos: 40 cupos, atiende lunes, jueves y viernes en la mañana, miércoles y jueves en turno tarde.
- Mastología Oncología de mamas y T. mixtos: 48 cupos, atiende martes y jueves en turno mañana y tarde, miércoles y viernes en el turno tarde.
- Ginecología oncológica: 48 cupos, atiende lunes, martes y jueves en turno mañana y tarde.
- Oncología Pediátrica: 40 cupos, atiende lunes, jueves y viernes en turno mañana, martes y miércoles en turno tarde.

Supuesto 8: Se asume que las llegadas a consultorios son independientes de las llegadas hacia las citas. No se optó por realizar un flujo continuo desde que un paciente saca su cita hasta que es atendido en consultorio debido a la dificultad de darle seguimiento al paciente que retorna a la institución el día que le han citado pudiendo este acudir o no. Por esta razón tampoco existe una restricción de llegadas hacia los consultorios. A continuación, en la Tabla III, se describe cada uno de los valores para cada indicador establecido según el reporte Siman Summary con un número de réplicas de 10.

Los indicadores estadísticos utilizados son: Media $E(X)$, Varianza muestral S^2 , Desviación estándar muestral S y cantidad de elementos n . Con esta información se obtuvo la Tabla IV en la cual muestra según cada indicador.

Con los resultados obtenidos se procede a calcular los parámetros para el cálculo de réplicas tal cual se muestra en la Tabla V. Podemos concluir que el número de réplicas es el máximo número de réplicas del total de los indicadores establecidos. Para la determinación de la validación de réplicas se hace uso del reporte SIMAN SUMMARY, pero esta vez con el máximo número de réplicas obtenidas, y también se calculan sus valores estadísticos, Tabla VI.

Para la prueba de hipótesis se tomó en cuenta las siguientes variables: Valor de t de student según el nivel de confianza $T1-\alpha/2$, $n-1$, Valor $h=T1-\alpha/2, n-1(E[X]/Raíz(n))$, Índice de error aceptable del sistema $e=h/E[X]$, Valor real obtenido C , Valor t de student obtenido para la prueba de hipótesis $TI=$

$(E[X]-C)/(S/\text{Raíz}(n))$, Aceptación de la prueba de hipótesis $|T_0| \leq T_1 - \alpha/2, n-1$.

TABLA III
INDICADORES SEGÚN REPORTE SIMAN I

	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5
n	Módulo de citas (pacientes nuevos)	Cantidad Llamadas en Modulo de citas	Cantidad paciente sin cupo en Medicina Oncológica	Cantidad paciente sin cupo en Oncología Abdominal	Cantidad paciente sin cupo en Ginecología Oncología
1	10.49	269.00	12.00	23.00	78.00
2	10.02	268.00	17.00	22.00	71.00
3	10.60	272.00	17.00	30.00	60.00
4	9.76	287.00	17.00	25.00	65.00
5	7.21	295.00	16.00	32.00	49.00
6	9.83	264.00	17.00	33.00	61.00
7	9.47	274.00	15.00	29.00	68.00
8	8.44	276.00	20.00	24.00	60.00
9	8.90	267.00	18.00	25.00	65.00
10	9.69	273.00	14.00	27.00	71.00

TABLA IV
RESULTADOS ESTADÍSTICOS SEGÚN CADA INDICADOR

	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5
n	Wq Módulo de citas (pacientes nuevos)	Cantidad Llamadas en Modulo de citas	Cantidad paciente sin cupo en Medicina Oncológica	Cantidad paciente sin cupo en Oncología Abdominal	Cantidad paciente sin cupo en Ginecología Oncología
E[X]	9.4410	274.5000	16.3000	27.0000	64.8000
S2	1.0431	91.8333	4.9000	14.6667	63.5111
S	1.0213	9.5830	2.2136	3.8297	7.9694
n	10	10	10	10	10

TABLA V
DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS

	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5
n	Wq Módulo de citas (pacientes nuevos)	Cantidad Llamadas en Modulo de citas	Cantidad paciente sin cupo en Medicina Oncológica	Cantidad paciente sin cupo en Oncología Abdominal	Cantidad paciente sin cupo en Ginecología Oncología
$T_1 - \alpha/2, n-1$	2.2622	2.2622	2.2622	2.2622	2.2622
$h = T_1 - \alpha/2, n-1(E[X]/\text{Raíz}(n))$	0.7306	6.8552	1.5835	2.7396	5.7010
$e = h/E[X]$	7.7386	2.4974	9.7148	10.1467	8.7978
e^*	10.0%	7.0%	10.0%	10.0%	10.0%
$h^* = e^*E[X]$	0.9441	19.2150	1.6300	2.7000	6.4800
$n^* = \lceil n(h/h^*)^2 \rceil$	5.9886	1.2728	9.4377	10.2955	7.7401
Número de réplicas	6	2	10	11	8

TABLA VI
INDICADORES SEGÚN REPORTE SIMAN II

	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5
n	Wq Módulo de citas (pacientes nuevos)	Cantidad Llamadas en Modulo de citas	Cantidad paciente sin cupo en Medicina Oncológica	Cantidad paciente sin cupo en Oncología Abdominal	Cantidad paciente sin cupo en Ginecología Oncología
1	10.489	269.000	12.000	23.000	78.000
2	10.017	268.000	17.000	22.000	71.000
3	10.600	272.000	17.000	30.000	60.000
4	9.765	287.000	17.000	25.000	65.000
5	7.207	295.000	16.000	32.000	49.000
6	9.834	264.000	17.000	33.000	61.000
7	9.467	274.000	15.000	29.000	68.000
8	8.439	276.000	20.000	24.000	60.000
9	8.899	267.000	18.000	25.000	65.000
10	9.694	273.000	14.000	27.000	71.000
11				28.000	
E[X]	9.4410	274.5000	16.3000	27.0909	64.8000
S2	1.0431	91.8333	4.9000	13.2909	63.5111
S	1.0213	9.5830	2.2136	3.6457	7.9694
n	6	2	10	11	8

La Tabla VII muestra la prueba de aceptación o prueba de hipótesis para la presente investigación,

TABLA VII
DETERMINACIÓN DE VARIABLES PARA LA VALIDACIÓN

	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Indicador 5
n	Wq Módulo de citas (pacientes nuevos)	Cantidad Llamadas en Modulo de citas	Cantidad paciente sin cupo en Medicina Oncológica	Cantidad paciente sin cupo en Oncología Abdominal	Cantidad paciente sin cupo en Ginecología Oncología
$T_1 - \alpha/2, n-1$	2.5706	12.7062	2.2622	2.2281	2.3646
$h = T_1 - \alpha/2, n-1(E[X]/\text{Raíz}(n))$	1.0718	86.0996	1.5835	2.4492	6.6626
$e = h/E[X]$	11.3526	31.3660	9.7148	9.0407	10.2817
C	10	250	15	25	60
$T_0 = (E[X] - C)/(S/\text{Raíz}(n))$	-1.3406	3.6156	1.8571	1.9022	1.7036
$ T_0 \leq T_1 - \alpha/2, n-1$	Si	Si	Si	Si	Si

Como podemos verificar los cinco indicadores usados para la prueba de hipótesis son aceptados, por lo tanto, se acepta la cantidad de 11 replicas debido a que el $T_0 < T_1$. Cabe señalar que para una mejor comprensión de los

resultados y para facilitar el análisis se realizó la animación del sistema en el cual se detecta visualmente donde es que se genera mayor número de colas y las variables del proceso que afectan el tiempo que permanecen los pacientes en el centro médico.

V. RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

En la simulación observamos que la institución tiene falencias en puntos clave, como son los tiempos de espera y la cantidad de cupos que brinda. El primero, genera que pacientes que tienen una salud débil esperen hasta 90 minutos para obtener su cupo y hasta 247 minutos más hasta que son atendidos. El segundo punto que observamos ocasiona que las personas deserten de su tratamiento, al no encontrar cupos reiteradas veces, recaen en su enfermedad y hasta pueden llegar a la muerte. Los pacientes más expuestos a este último resultado son aquellos que no viven en la ciudad, estas personas viajan desde todo el sur y se ven frustradas al no lograr un cupo que podría salvar sus vidas.

En los resultados se puede ver la problemática evidenciada como es el tiempo promedio de espera para sacar una cita de 10 min, la cantidad de llamadas de 275 semanales, y los pacientes sin cita semanales que son en promedio son 17, 27 y 65 para las especialidades de medicina oncológica, oncología abdominal y ginecología respectivamente.

Como se menciona anteriormente los problemas radican principalmente en el tiempo de espera excesivo en consultorios y las colas el módulo de citas, que ponen en evidencia los puntos susceptibles de mejoras como recursos mal asignados y la escasa cantidad de citas. Con fin a dar solución a los problemas antes mencionados se han identificado las siguientes propuestas:

Alternativa 1: Programar citas para que los pacientes en intervalos de 20 min., con cambio en el sistema de asignación de citas, difusión del nuevo Sistema e inducción al personal de citas, con un costo: S/. 1,900.00 SOLES. Con esta alternativa se debe realizar cambios en la programación del sistema de entrega de citas, realizar la inducción al personal y difundir en cambio a los pacientes. Las citas se entregarán con hora programada de intervalos de 20 minutos de tal manera que el paciente llegue 10 a 15 minutos antes de su consulta y no ocurra tardanzas o inasistencias. Debemos indicar que actualmente los pacientes son atendidos en orden de llegada esperando por su turno todo el día. La mejora permitirá disminuir considerablemente el tiempo promedio de espera de todas las especialidades.

Para evaluar nuestra propuesta de mejora hicimos un diagrama de flujo en Arena con los siguientes supuestos: Los pacientes llegan puntuales a sus citas. Los pacientes llegan y

pagan en caja (los que no son SIS). Todos los trámites requeridos para una consulta ya fueron realizados. En la Tabla IX se muestra estos tiempos, podemos observar que existe una gran brecha entre el tiempo de espera promedio de antes y después de la implementación de este sistema. Además, se observa que se disminuye el tiempo de espera hasta en 37.85 minutos en Ginecología oncológica. A continuación, en la Tabla VIII, mostramos los tiempos de espera promedios actuales.

TABLA VIII
TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIOS SEGÚN LA ESPECIALIDAD SIN PROPUESTA DE MEJORA.

Tiempo de espera	Promedio	Ancho	Promedio mínimo	Promedio máximo	Valor mínimo	Valor máximo
Gastroenterología	28.177	5.110	18.674	39.679	0.000	94.400
Urología Oncológica	47.068	14.790	19.404	78.929	0.000	181.390
Ginecología Oncológica	44.882	7.690	33.507	66.258	0.000	152.130
Mastología Cabeza y Cuello	41.629	10.240	21.690	64.824	0.000	126.640
Mastología Cardiología o tejidos blandos	20.773	4.630	9.028	29.367	0.000	84.917
Mastología Oncología de mamas y T. mixtos	68.491	4.480	58.714	76.178	0.000	207.470
Medicina Oncológica	28.056	2.790	22.887	35.919	0.000	116.440
Oncología Abdominal	31.295	4.620	24.701	46.451	0.000	114.980
Oncología Pediátrica	19.904	8.900	6.707	48.011	0.000	108.470

Alternativa 2: Crear un turno los días sábados. Uno de los problemas que enfrenta la institución es la falta de cupos, este problema es claramente visto cuando simulamos el modelo actual y vemos que hay muchos pacientes que vienen a la institución y se van sin cupo, esto genera descontento en los pacientes quienes tienen que esperar a la siguiente semana para conseguir cita.

Dentro de los problemas que ocasiona la falta de cupos, uno de los más importantes es la deserción del tratamiento por no conseguir cupo en reiteradas ocasiones, es decir, un paciente con cáncer puede dejar su tratamiento por no encontrar cupo en el hospital y posteriormente recaer y fallecer por no tratar su enfermedad.

Otro problema ocasionado indirectamente por la falta de cupos es la cola antes de que el sistema comience, se observa que la razón por la cual los pacientes hacen cola desde muy temprano y hasta desde el día anterior es por conseguir cupo.

Estas son las razones más resaltantes por lo cual vimos la imperiosa necesidad de aumentar la capacidad de los consultorios, en esta propuesta observamos la cantidad de pacientes que no consiguen cupo y propusimos la apertura de un turno el sábado para las especialidades más demandadas. Costo: S/. 3893 SOLES MENSUALES. Se propone aperturar un turno los días sábados, de esta manera se podrá brindar 8 cupos más en 5 especialidades diferentes, en el análisis se observa que solo se debe brindar 4 especialidades porque solo existen 4 especialidades que superan un promedio de 8 pacientes con déficit de citas.: Para evaluar esto se puso un record en el que se contaban los pacientes que abandonaron la institución sin cupo, sin diferenciar si eran nuevos o continuadores, a continuación en la Tabla X se muestran los resultados de 10 réplicas.

TABLA IX
TIEMPOS DE ESPERA PROMEDIOS SEGÚN LA ESPECIALIDAD CON PROPUESTA DE MEJORA

Tiempo de espera	Promedio	Ancho	Promedio mínimo	Promedio máximo	Valor mínimo	Valor máximo
Gastroenterología	0.227	0.150	0.000	0.563	0.000	4.305
Urología Oncológica	16.765	9.050	4.070	46.449	0.000	91.952
Ginecología Oncológica	8.026	2.200	3.340	12.182	0.000	47.000
Mastología Cabeza y Cuello	10.062	3.860	2.949	22.365	0.000	54.986
Mastología Cardiología o tejidos blandos	0.163	0.110	0.000	0.500	0.000	6.000
Mastología Oncología de mamas y T. mixtos	33.840	6.850	17.781	48.236	0.000	102.040
Medicina Oncológica	0.443	0.220	0.090	0.972	0.000	10.557
Oncología Abdominal	2.922	1.540	0.497	8.227	0.000	27.251
Oncología Pediátrica	1.016	0.470	0.250	2.263	0.000	11.965

TABLA X
CANTIDAD DE PACIENTES SIN CUPO, SEGÚN LA ESPECIALIDAD SIN PROPUESTA DE MEJORA.

Actividad	Promedio
Paciente sin cupo GASTROL	20.10
Paciente sin cupo GINE ONC	65.60
Paciente sin cupo MAMAS	3.00
Paciente sin cupo MAS CARD	0.00
Paciente sin cupo MAS CY C	0.20
Paciente sin cupo MED ONC	12.50
Paciente sin cupo ONC ABDO	28.00
Paciente sin cupo ONC PEDI	0.00
Paciente sin cupo URO ONC	1.80

Como vemos en el cuadro anterior existen cuatro especialidades que tienen un déficit de citas significativo, Medicina oncológica, Gastroenterología, Oncología Abdominal. Ginecología oncológica. Por lo cual propusimos la apertura de un turno de mañana el sábado para estas 4 especialidades, de esa manera podremos aumentar el número de pacientes atendidos y lograr disminuir la incidencia de pacientes sin tratamiento.

Finalmente, para obtener resultados, hicimos una simulación con los supuestos de la propuesta de mejora, para ello modificamos la cantidad de días que se atendía, se alargó el tiempo de simulación. Además, se vio por conveniente no recibir más citas el sábado, por esto mismo no se utilizará el módulo de citas, ni para pacientes que vengan a pedir cita presencialmente ni para llamadas, además se tomó en cuenta que serían los mismos médicos que atienden durante los días de semana, costeándose las horas que este personal atendería.

Los resultados para el mismo indicador evaluado para la justificación se presentan en la Tabla XI a continuación:

TABLA XI
CANTIDAD DE PACIENTES SIN CUPO SEGÚN LA ESPECIALIDAD CON LA PROPUESTA DE MEJORA.

Actividad	Promedio
Sin cupo Abdo	20.20
Sin cupo card	0.00
Sin cupo Cy C	0.80
Sin cupo gastro	7.90
Sin cupo gineco onc	53.00
Sin cupo mamas	3.10
Sin cupo med onc	3.20
Sin cupo pedi	0.00
Sin cupo uro onc	1.50

Para tener en cuenta de mejor manera el impacto generado en el sistema se elaboró la Tabla XII en el que se observan los 2 resultados y la diferencia obtenida al repartir más cupos que serán atendidos los días sábados. Se puede observar que se mejora en las especialidades que se puso énfasis, si bien no es una solución definitiva, el problema aún está latente y espera mayor capacidad.

Alternativa 3: Creación de un nuevo consultorio para incrementar los cupos. Espacio Construido 32 (m2). Construcción Interna hecha con ladrillo y cemento. Acabado Regular no lujoso. Equipado con toda la indumentaria se necesaria aproximadamente un. Costo: S/. 44'800.00 SOLES. Funcionamiento semanal durante ambos turnos (día y tarde), de lunes a viernes. Comprenderá ampliar la cantidad de

doctores especialistas para abastecer el consultorio. Se incrementará los cupos en ginecología en 16 pacientes por turno. Se justifica por la demanda creciente de pacientes con cáncer. Permitirá disminuir consistentemente el número de pacientes no atendidos por falta de capacidad. Logra obtener una mejora en el nivel de atención asegurando también alinear la capacidad del hospital con el aumento de número de pacientes a lo largo del tiempo

TABLA XII
RESULTADOS DE LA CANTIDAD DE PACIENTES SIN CUPO,
CON Y SIN MEJORA

	Sin mejora	Con mejora	Diferencia
Medicina Oncológica	12.50	3.20	9.30
Urología Oncológica	1.80	1.50	0.30
Gastroenterología	20.10	7.90	12.20
Oncología Abdominal	28.00	20.00	8.00
Mastología Cabeza y cuello	0.20	0.80	0.00
Mastología Cardiología o Tejidos blandos	0.00	0.00	0.00
Mastología Oncología de mamas y T. mixtos	3.00	3.10	0.00
Ginecología Oncológica	65.60	53.00	12.60
Oncología Pediátrica	0.00	0.00	0.00

Para evaluar esta propuesta nuevamente volvemos a recurrir a los pacientes que se retiran del sistema sin conseguir cita, con la implementación de un nuevo consultorio, observamos los siguientes resultados en la Tabla XIII.

De esta forma se demuestra que esta propuesta ayudaría a disminuir la demanda insatisfecha del hospital, cabe recalcar que esta propuesta tiene mayor alcance que la anterior, que, si bien en un principio solamente ocupa mejor los tiempos, deja la posibilidad para poder ampliar de manera significativa la capacidad del hospital, pero conlleva un mayor costo que simplemente abrir un turno los sábados.

Para comparar el valor añadido al servicio se utilizó los siguientes criterios.

- La cantidad de citas es prioritaria frente al tiempo de espera, se pondera el valor que agrega el aumento de citas en 70% y el aumento de valor por reducción de tiempo de espera con 30%, de esta manera damos prioridad a puntos álgidos en la satisfacción del cliente y obtenemos una ratio llamado “Valor agregado al servicio”.
- Debido a que los recursos son limitados, la institución debe elegir en cual propuesta invertir, por este motivo se obtiene el indicador, costo/valor, que significa que se invertirá S/ X soles en dar un valor al servicio.

TABLA XIII
CANTIDAD DE PACIENTES SIN CUPO, CON LA CREACIÓN DE
UN NUEVO CONSULTORIO

Actividad	Promedio
Sin cupo Abdo	12.100
Sin cupo card	0.000
Sin cupo Cy C	0.100
Sin cupo gastro	10.300
Sin cupo gineco onc	47.800
Sin cupo mamas	9.400
Sin cupo med onc	7.300
Sin cupo pedi	0.000
Sin cupo uro onc	2.600

- Se observa que el costo/valor es la ratio que evalúa de mejor manera el rendimiento del proyecto, por este motivo se toma como referencia para tomar la decisión al tomar una decisión y elegir una propuesta de mejora.
- Los flujos que no eran mensuales se dejaron como valor actual, en cambio los flujos que eran mensuales se trajeron al presente con una TIR de 10% y la fórmula de la perpetuidad, se consideró S/ 5173 nuevos soles como doctores enfermera y demás costos mensuales en el caso de la propuesta 3
- La propuesta de mejora que agrega más valor, con mejor utilización de recursos es la propuesta 2 “CREAR UN TURNO LOS DÍAS SABADO”
- Se observa que la propuesta uno no es excluyente a la propuesta dos, por este motivo se recomienda las dos propuestas que agregan mayor valor al servicio, uniéndolas para seleccionar una propuesta escogida.

VI. CONCLUSIONES

Se logró identificar los principales retrasos que causan los cuellos de botella en el sistema, estos fueron principalmente en citas y en las especialidades de medicina oncológica, oncología abdominal y ginecología para lo cual se estableció una serie de recomendaciones que fueron descritas.

Con la aplicación del software Arena 14.0, se logró el objetivo de esta investigación: plasmar el funcionamiento del hospital IREN SUR, y ofrecer soluciones de mejora de procesos a los distintos servicios que ofrece el hospital, se pudo observar una mejor planificación y organización de los recursos, disminuyendo tiempos de espera promedio en consultorios. Con la simulación se pudo identificar puntos susceptibles de mejora de esta manera se planea organizar mejor los cupos y optimizar los tiempos de espera, entre otros que contribuirán con la mejora continua de la institución.

Durante la consolidación del modelo de simulación se han ido identificando supuestos que influyen directamente en la cercanía al comportamiento real del sistema, estos se pueden continuar analizando e ir simplificando en la medida de que se tenga mayor acceso a la información de la institución.

RECOMENDACIONES

Implementar una persona(s) que se encargue de dar la bienvenida a la institución y comprobar si los pacientes nuevos cuentan con los requisitos necesarios para poder sacar una cita, esto se puede ir realizando durante la permanencia en la cola de módulo de citas.

Se recomienda cambiar la política de turnos e implementar una política que designe horarios para cada cupo, de esa manera se podrá evitar los tiempos de espera, simultáneamente se podría implementar el turno mañana los días sábados, de esta manera se ampliaría la cantidad de cupos, y se evitaría la deserción.

Fortalecer y crear nuevas relaciones con instituciones internacionales tales como ONG u hospitales que puedan brindar ayuda, ya sea económica o social. Además de contar con el apoyo del estado como gestor de cambios importantes que conduzcan a la institución a un proceso de renovación y mejora de las condiciones actuales.

REFERENCIAS

- [1] Shane G. Henderson, Andrew J. Mason, "Ambulance Service Planning: Simulation and Data Visualisation", vol 70. Springer, Boston, MA, 2005.
- [2] Jun, J., Jacobson, S. & Swisher, J. J Oper Res Soc (1999)
- [3] Ing. Beatriz Hernández Vera, M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez, Dr. Guillermo Cortés Robles, Dr. Leonardo Verduzco Rodríguez C.P. María Elena Falcón Lara, "Análisis del proceso de altas de un hospital para incrementar su productividad utilizando simulación", 2008.
- [4] S. Llorente Álvarez, F. J. Puente García, M. Alonso Fernández, P. I. Arcos González, "Aplicación de la simulación en la gestión de un servicio de urgencias hospitalario", 2001.
- [5] Ainara Garde Blesa, Cristina Azcárate Camio, Fermín Mallor Giménez, "Desarrollo y validación de un modelo de simulación para el complejo asistencial médico tecnológico de Navarra" (CAMTNA), 2011.
- [6] Zhen Zeng, Xiaoji Ma, Yao Hu, Jingshan Li, Deborah Bryant, "A simulation study to improve quality of care in the emergency department of a community hospital", 2011
- [7] Murat M. Gunal, "A guide for building hospital simulation models", 2012.
- [8] Liliana María Pantoja Rojas, Luís Antonio Garavito Herrera, "Análisis del proceso de urgencias y hospitalización del CAMI Diana Tubay a través de un modelo de simulación con Arena 10.0 para la distribución óptima del recurso humano", 2008.
- [9] Francisco Reyes Santías, Carmen Cadarso Suárez, Adela Martínez Calvo, "Applying a simulation model in order to manage waiting lists for hospital inpatient activity in an EU region", 2011.
- [10] Greg Werker, Antoine Sauré, John French, Steven Shechter, "The use of discrete-event simulation modelling to improve radiation therapy planning processes", 2009.
- [11] Sandra Gutiérrez, Diego Recalde, Ana Guevara, Gabriela Rivadeneira, "Optimización del sistema hospitalario ecuatoriano: estudio, modelización, simulación y minimización de tiempos de espera de pacientes de consulta externa, 2009.
- [12] Arjun Kaushal, Yuancheng Zhao, Qingjin Peng, Trevor Strome, Erin Weldon, Michael Zhang, Alecs Chochinov, "Evaluation of fast track strategies using agent-based simulation modeling to reduce waiting time in a hospital emergency department". 2015.
- [13] Allyson M. Best, Canela A. Dixon, W. David Kelton, Christopher J. Lindsell, Michael J. Ward, "Using discrete event computer simulation to improve patient flow in a Ghanaian acute care hospital", 2014.
- [14] Grit Ngowtanasuwan, Porntip Ruengtam, "Applied Simulation Model for Design of Improving Medical Record Area in Out-Patient Department (OPD) of a Governmental Hospital". 2013.
- [15] Fatah Chetouane, Kash Barker, Andrea S. Viacaba Oropeza, "Sensitivity analysis for simulation-based decision making: Application to a hospital emergency service design", 2011.
- [16] Dawid Kozłowski, Dave Worthington, "Use of queue modelling in the analysis of elective patient treatment governed by a maximum waiting time policy", 2015.
- [17] Abbas Al-Refaie, Rami H. Fouad, Ming- Hsien Li, Mohammad Shurrab, "Applying simulation and DEA to improve performance of emergency department in a Jordanian hospital", 2013.
- [18] Jinn-Yi Yeh, Wen-Shan Lin, using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department, 2006.
- [19] Delgado Encimas Karen Cecilia, Diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de atención a pacientes de emergencia adultos de un hospital público utilizando simulación discreta, 2007.