Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa

Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Humberto Eli SUCASAIRE PLACENCIA

ASESOR

José Carlos ORÉ LUJÁN

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sucasaire, H. (2016). *Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

1319

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN INVESTIGACION OPERATIVA

X
02
30
(hay 30 páginas sin numerar)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 11:20 del 22 de julio 2016, se reunieron los siguientes docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador de Tesis:

- Mg. Esther Berger Vidal (Presidenta)
- Lic. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros (Miembro)
- Mg. José Carlos Oré Luján (Miembro Asesor)

Para la sustentación de Tesis intitulada: "Aplicación de Simulación de Sistemas con el Software Arena para la mejora de la toma de Decisiones en los Servicios de Ecografía de una Clínica de Medical Images SAC en el Distrito de los Olivos en Lima Metropolitana", presentado por el Br. Humberto Eli Sucasaire Placencia, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Hecha la evaluación correspondiente por los Miembros del Jurado, el expositor mereció la aprobación SOBRESALIENTE, obteniendo como calificativo promedio la nota de DIECISIETE (17) (En letras y números).

A continuación, los Miembros del Jurado, dan manifiesto que el Señor Br. Humberto Eli Sucasaire Placencia, en virtud de haber aprobado la sustentación de su tesis, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 12:00 horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente acta en tres (3) copias originales.

Mg. Esther Berger Vidal
PRESIDENTA

Lic. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros
MIEMBRO

Mg. José Carlos Oré Luján
MIEMBRO ASESOR

APLICACIÓN DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS CON EL SOFTWARE ARENA PARA LA MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN LOS SERVICIOS DE ECOGRAFÍA DE UNA CLÍNICA DE MEDICAL IMAGES SAC EN EL DISTRITO DE LOS OLIVOS EN LIMA METROPOLITANA

Br. Humberto Eli Sucasaire Placencia

Tesis presentada a consideración del Cuerpo Docente de Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Aprobada por:

Mg. Esther Berger Vidal
Presidenta

Lic. Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Miembro

Mg. José Carlos Oré Lujan
Miembro Asesor

Lima - Perú

Julio - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

SUCASAIRE PLACENCIA, HUMBERTO ELI

Aplicación de Simulación de Sistemas con el software ARENA para la mejora de la Toma de Decisiones en los Servicios de Ecografía de una Clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana, (Lima), 2016.

xi. 92 p., 29.7 cm., (UNMSM, Licenciado en Investigación Operativa, 2016).

Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas. Investigación Operativa.

i. UNMSM/FdeCM ii. Título (Serie).

DEDICATORIA

A mis padres que se esforzaron para

lograr que sus hijos alcancen

un mejor nivel de vida en

forma integral.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sobre todas las cosas.

A mi país y a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mi profundo agradecimiento a todos los profesores que contribuyeron a mi formación profesional.

RESUMEN

APLICACIÓN DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS CON EL SOFTWARE ARENA PARA LA MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN LOS SERVICIOS DE ECOGRAFÍA DE UNA CLÍNICA DE MEDICAL IMAGES SAC EN EL DISTRITO DE LOS OLIVOS EN LIMA METROPOLITANA

HUMBERTO ELI SUCASAIRE PLACENCIA

JULIO – 2016

Asesor	:	Mg. ORÉ LUJÁN, JOSÉ CARLOS
Título obtenido	:	Licenciado en Investigación Operativa

En este trabajo utilizamos la Simulación de Sistemas para la mejora de la toma de decisiones en un establecimiento de salud privado que brinda servicios de imágenes de ecografía a sus clientes.

Planteados los objetivos, desarrollamos un modelo matemático de Simulación de Sistemas que resolvemos haciendo uso de un software comercial. Este modelo puede ser aplicado a cualquier establecimiento de salud relacionado con este servicio.

Finalmente, se ha realizado la aplicación del método con excelentes resultados, logrando los objetivos planteados y demostrando su eficacia a satisfacción, con la respectiva aprobación de las autoridades del establecimiento de salud materia de la presente investigación.

Palabras clave:

- ✓ Simulación de sistemas
- ✓ Ecógrafo
- ✓ Servicios de salud
- ✓ Optimización
- ✓ Alternativas de solución.

ABSTRACT

APPLICATION OF SIMULATION SOFTWARE SYSTEMS WITH ARENA FOR IMPROVING DECISION MAKING SERVICES IN ULTRASOUND IMAGES ONE MEDICAL IMAGES SAC CLINIC IN THE DISTRICT OF LOS OLIVOS IN LIMA METROPOLITANA

HUMBERTO ELI SUCASAIRE PLACENCIA

JULY – 2016

Guiding : Mg. ORÉ LUJÁN, JOSÉ CARLOS

Obtained degree : Degree in Operations Research

In this paper we use the method of simulation systems to improve decision making in a private health facility that provides ultrasound imaging services to their customers.

Forth the objectives, we develop a mathematical model to solve Systems Simulation using a commercial software. This model can be applied to any health related to this service.

Finally, we have made the application of this method with excellent results, achieving the objectives and demonstrate its effectiveness to the satisfaction with the approval of the respective authorities of the health of this research field.

Keywords:

- ✓ Simulation of systems
- ✓ Ultrasound
- ✓ Health services
- ✓ Optimization
- ✓ Alternative solutions

CONTENIDO

		Pag.
PRESENTACIÓN Y APROBACIÓN		ii
FICHA CATALOGRÁFICA		iii
DEDICATORIA		iv
AGRADECIMIENTOS		v
RESUMEN		vi
ABSTRACT		vii
TABLA DE CONTENIDO		viii
LISTA DE TABLAS		x
LISTA DE FIGURAS		xi
INTRODUCCION		1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN		3
1.1	Descripción del problema	3
1.2	Planteamiento del problema	6
1.3	Formulación del problema	7
	1.3.1 Formulación del problema general	7
	1.3.2 Formulación de los problemas específicos	7
1.4	Objetivos	7
	1.4.1 Objetivo General	7
	1.4.2 Objetivos Específicos	7
1.5	Formulación de la hipótesis	7
	1.5.1 Desarrollo de la hipótesis general	8
	1.5.2 Desarrollo de las hipótesis específicas	8
1.6	Formulación de la Hipótesis	9
1.7	Justificación	9
1.8	Delimitación	10
1.9	Matriz de Consistencia	11
CAPITULO II: MARCO TEORICO		12
2.1	Importancia de la investigación	12
2.2	Antecedentes de la investigación	13
2.3	Bases teóricas	15
	2.3.1 Principios de simulación	15
	2.3.2 Condiciones para utilizar la simulación	17
	2.3.3 Conceptos básicos de modelación y simulación	17

2.3.4 La modelación 20
2.3.5 Modelos de simulación 23
2.3.6 Variables 24
2.3.7 Eventos 26
2.3.8 Entidades 26
2.3.9 Reloj de simulación 26
2.4 Toma de decisiones 27
2.5 Modelo de colas 28

CAPITULO III: METODOLOGIA 37
3.1 Introducción 37
3.2 Características de la investigación 38
3.2.1 Enfoque de la investigación 38
3.2.2 Tipo de investigación 39
3.2.3 Diseño de investigación 39
3.2.4 Método de investigación 39
3.2.5 Recursos necesarios para llevar a cabo el estudio 39
3.2.6 Medidas del comportamiento del sistema de interés 40
3.2.7 Aspectos de la realidad que constituyen el sistema en estudio 40
3.2.8 Unidades de análisis 40
3.2.9 Población de estudio 40
3.2.10 Distribución de probabilidad estimada 40
3.2.11 Descripción del modelo orientado al proceso del sistema 41
3.2.12 Descripción del modelo orientado a los eventos del sistema 42
3.2.13 Parámetros del sistema 43
3.2.14 El Software ARENA® 48
3.3 El modelo del sistema con ARENA® 50

CAPITULO IV: RESULTADOS 55
4.1 Resultados de Escenarios 55
4.2 Validación de hipótesis 56
4.3 Cuadro Económico de acuerdo a escenarios 58

CAPITULO V: 59
5.1 Conclusiones 59
5.2 Recomendaciones 60

REFERENCIAS 61

ANEXOS
Anexo 1: Datos primer escenario 63
Anexo 2: Datos segundo escenario 70
Anexo 3: Datos tercer escenario 77
Anexo 4: Datos cuarto escenario 84
Anexo 5: Lista de chequeo 91

LISTA DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	Matriz de consistencia	11
Tabla 2	Ejemplos de colas	29
Tabla 3	Promedio de clientes diarios	42
Tabla 4	Clientes ecografías	43
Tabla 5	Escenarios y sus componentes	43
Tabla 6	Distribuciones de cada módulo	44
Tabla 7	Números aleatorios generados	45
Tabla 8	Módulos de ARENA	48
Tabla 9	Resultados de escenarios	55
Tabla 10	Cuadro económico con resultados	58

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1	Servicio ecografía	1
Figura 2	MEDICAL IMAGES SAC	3
Figura 3	Organigrama de la empresa	4
Figura 4	Producción mensual de ecografías en el año 2013	5
Figura 5	Caja negra del sistema	9
Figura 6	Modelización de un sistema	21
Figura 7	Fases en la construcción de un modelo	23
Figura 8	Procesos de espera. Modelos de Colas	28
Figura 9	Sistema de colas	30
Figura 10	Estructuras de los Sistemas de Colas	32
Figura 11	Tipos de Sistemas de Colas	33
Figura 12	Diagrama de Transiciones	34
Figura 13	Flujograma del servicio	41
Figura 14	Comprobación de la distribución estadística	46
Figura 15	Comprobación de la calidad de los datos generados	47
Figura 16	Modelado primera sección	50
Figura 17	Modelado segunda sección	51
Figura 18	Módulos usados en la primera sección	52
Figura 19	Módulos usados en la segunda sección	53

INTRODUCCIÓN

La empresa de servicio de salud MEDICAL IMAGES SAC debido al incremento de la demanda por servicios de ecografía en su establecimiento ubicado en el distrito de Los Olivos, necesitaría realizar la compra de un moderno equipo de ecografía con el fin de cubrir la posible demanda insatisfecha que el actual equipo no puede atender.



Figura 1. Servicio ecografía
Fuente: inppares.org

Siendo el servicio de ecografías su principal fuente de ingresos, la Gerencia General ha dispuesto se efectúe un estudio para conocer si el actual equipo de ecografía satisface la demanda de la clientela sin afectar la calidad del servicio y la rentabilidad del mismo. En base a los resultados obtenidos se tomará la decisión de compra de un nuevo equipo que sumado al anterior pueda atender en forma eficiente y eficaz a la totalidad de los clientes que solicitan los servicios de ecografía.

Como la posible inversión es alrededor de $80,000.00 el Gerente General de la empresa quiere comprobar que con el actual equipo no se puede atender la demanda actual, o si de lo contrario se tiene una deficiente distribución de los tiempos de los clientes con el actual equipo presentándose una posible capacidad instalada ociosa en horas no detectadas.

El presente proyecto de investigación pretende demostrar la mejor opción al decisor, estableciendo un modelo a medida que genere *simulaciones del sistema*, en donde se evalúe que los servicios de ecografía continuarán operando sin generar demoras e insatisfacciones en los clientes, usando su mayor capacidad instalada real y generando las utilidades suficientes para la permanencia del servicio. También, se demostrará si es necesaria la compra de un nuevo equipo para atender el exceso de demanda insatisfecha de los clientes.

La toma de decisión para la selección del mejor escenario del servicio en mención, contiene conjuntamente los mismos tipos de problemas de cualquier otra elección, dado que se pueden conocer con una aproximación aceptable las alternativas estratégicas,

brindando garantía suficiente y necesaria para que el decisor tome la mejor alternativa a la solución del problema.

El método de Simulación de Sistemas contribuirá a construir un modelo ad-hoc para que el decisor pueda tomar la mejor decisión proveyendo las alternativas que se ajusten a las mejores posibilidades actuales de la empresa. Para facilitar la mejor decisión en la resolución al planteamiento del problema se utilizará el software ARENA especializado en simulación, con el cual se modelará el servicio incorporando los aportes de datos del servicio que se obtengan en la observación y los que proporcionen el decisor y el personal asistencial del mencionado establecimiento de salud.

El contenido de esta investigación se encuentra dividido en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

El Capítulo I, contiene el planteamiento del problema de la investigación el cual condujo a establecer el objetivo general y los objetivos específicos, e hipótesis general y las hipótesis específicas. También la justificación y delimitación del mismo. Todos ellos fueron la base para realizar esta investigación.

El Capítulo II, presenta la descripción general de la empresa en donde se hizo posible la realización de la investigación, así como los elementos conceptuales que comprende la investigación, y la descripción del software ARENA utilizado para simular el modelo. Aquí también se encuentra el marco teórico y las referencias en las que se fundamenta el estudio.

El Capítulo III, contiene la metodología utilizada en la investigación, el tipo de investigación, la población, el procesamiento de datos, la aplicación de las metodologías propuestas, la aplicación de la teoría de sistemas y simulación de sistemas; en este capítulo se proponen los escenarios a simular en base a la análisis de sensibilidad.

En el Capítulo IV, se interpretan los resultados obtenidos durante la investigación y se verifican las hipótesis definidas en el capítulo I.

Para finalizar, en el capítulo V se dan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos que se plantearon para justificar y definir la importancia del estudio.

Se concluye el documento con las referencias bibliográficas y una sección de Anexos.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Datos históricos de la empresa



Figura 2.
Fuente: MEDICAL IMAGES SAC.

MEDICAL IMAGES SAC es una empresa perteneciente al sector privado de Salud que inició sus actividades empresariales en el distrito de Los Olivos el mes de enero del 2010. Sus comienzos fueron inicialmente orientados a los servicios de imágenes principalmente en ecografías. En los años subsiguientes fue incorporando otros servicios asistenciales como: ginecología, obstetricia, pediatría, medicina general, entre otros. Asimismo incorporó otros servicios de ayuda diagnóstica como laboratorio y cauterizaciones.

Actualmente cuenta con un equipo de ecografía moderno de características 4D, que toma imágenes del cuerpo humano en tiempo real con tercera dimensión a colores. El incremento sostenido de la demanda de los años anteriores ha sufrido una leve declinación debido a la competencia asentada en sus alrededores en años recientes. Sin embargo, el incremento de la demanda por este servicio ha generado horas de atención con gran congestión afectando la calidad del servicio con esperas del cliente más prolongadas. Esta situación no resuelta puede afectar las utilidades del servicio debido a la fuga de clientes a los servicios de la competencia.

Se quiere saber si con el actual equipo que se acerca al tope de su capacidad instalada se puede continuar atendiendo a los clientes sin desmedro de la calidad, o se hace necesaria la adquisición de un nuevo equipo que en funcionamiento simultáneo con el actual equipo atienda a la totalidad de la demanda actual y amplíe capacidad instalada para atender el futuro crecimiento de la demanda de clientes potenciales.

Misión

MEDICAL IMAGES SAC es una empresa privada dedicada a la prestación de servicios de ayuda diagnóstica por imágenes, utilizando tecnología moderna y profesionales especializados garantizando calidad y seguridad en el diagnóstico.

Visión

MEDICAL IMAGES SAC líder en imágenes para el diagnóstico de su salud y centro de referencia a nivel nacional e internacional.

Estructura administrativa y de servicios

Tal como se observa en la Figura 5, el Organigrama de la empresa muestra su composición administrativa y de servicios donde se evidencia una clásica organización funcional jerárquica con una autoridad máxima en la persona de un Gerente General. Cuenta con una unidad de asesoramiento a la derecha (Dirección Médica) y una unidad de control administrativo a la izquierda (Contabilidad). También cuenta con tres órganos de línea encargados de la atención de servicios a los clientes como son: servicios de imágenes, servicios de laboratorio y servicios médicos.

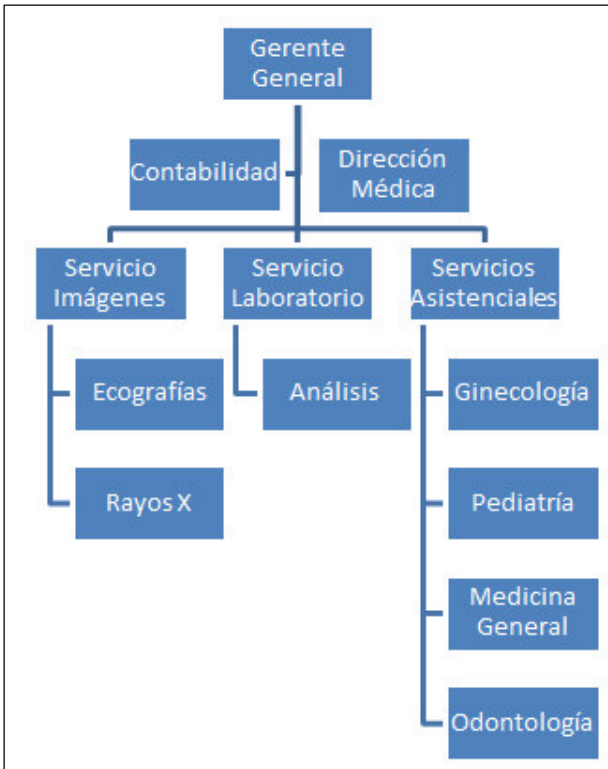


Figura 3. Organigrama
Elaboración Propia.

En nuestro país la gran mayoría de empresas no cuenta con métodos y técnicas adecuadas para una buena toma de decisiones, por consiguiente, a través de esta

investigación se pretende aportar los conocimientos y técnicas necesarias ofreciendo un modelo como recurso útil para mejorar la toma de decisiones al responsable de la empresa.

La empresa MEDICAL IMAGES SAC no escapa a esta situación y actualmente se encuentra dentro del grupo de aquellas que carecen de un método de solución adecuado a problemas que se presentan en el quehacer continuo propios de la entrega de servicios a sus clientes.

Específicamente, dentro del sistema de problemas de la empresa, la Gerencia General

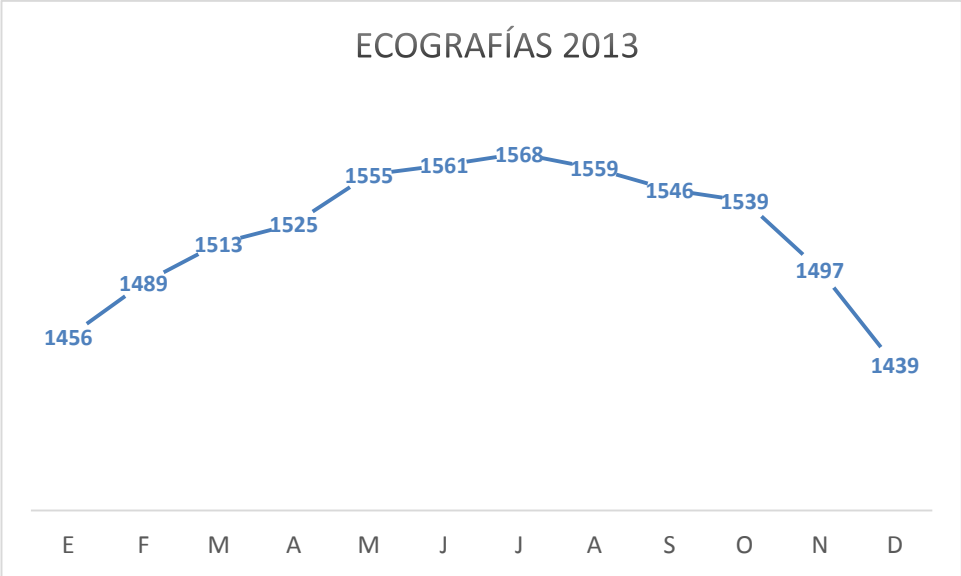


Figura 4. Producción mensual de ecografías en el año 2013
Fuente: Oficina de evaluación de Medical Images SAC.

ha detectado en sus servicios de Ecografía un importante incremento de reclamos de parte de los clientes por la demora en el tiempo de espera previa a la atención. Esta situación ha generado disminución de la demanda y por consiguiente la rentabilidad del servicio de la empresa se ha visto afectada negativamente toda vez que este servicio es el más importante de la empresa.

Se percibe que la causa de esta indeseable situación podría deberse a una sobresaturación en algunas horas de mayor demanda por un posible copamiento de la capacidad instalada, que está representada por un solo equipo de Ecografía, con la consiguiente deserción incremental de los clientes hacia servicios de la competencia.

La situación descrita afecta la estabilidad económica, la calidad de los servicios y el posicionamiento ganado con gran esfuerzo por el personal de la empresa.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que se evidencia con mayor claridad según la Figura 4 es la ostensible disminución de la producción de servicios de ecografía en el segundo semestre del año 2013 donde se puede observar la disminución mensual permanente de estos servicios y ha producido la natural preocupación de la Gerencia del establecimiento de salud.

Esta situación provoca además riesgos como:

- Efecto negativo en la calidad del servicio.
- Disminución de los ingresos.
- Fuga de clientes a la competencia.
- Retroceso en el posicionamiento ganado con mucho esfuerzo en los años de vida empresarial.

Las causas que provocan esta situación podrían ser las siguientes:

- Tiempos con demoras excesivas en la cola de espera.
- Personal de atención al cliente en cantidad mínima.
- Número insuficiente de máquinas de ecografía.

Conocidas las situaciones de riesgo y las causas que provocan esta problemática se puede predecir los inconvenientes que producen:

- Inversión de mayor tiempo de espera en los clientes con las molestias respectivas.
- Percepción real de los clientes de que están recibiendo una mala calidad del servicio.
- Menor cantidad de clientes atendidos que el número de clientes demandantes del servicio.
- Efectos negativos en los ingresos a tal punto que pueden hacer peligrar la economía de la empresa.

A pesar de arribar a conclusiones y resultados como los definidos anteriormente, el Gerente del servicio no cuenta con herramientas científicas que se constituyan en un *Sistema de Toma de Decisiones* que le ayude a tomar la mejor decisión en la solución de esta problemática por la cual viene atravesando la empresa y que fue detectada en el tiempo de la investigación.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.3.1 Formulación del problema general

¿Cómo construir una propuesta de solución que permita tomar la mejor decisión para la mejor distribución de los clientes en el horario establecido, sin demoras en la atención y con la mejor rentabilidad para la empresa?

1.3.2 Formulación de problemas específicos

a) ¿Cómo se formula una propuesta para el cálculo de los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de Ecografía?
b) ¿En base a los resultados obtenidos se debe realizar la compra de un nuevo equipo de ecografía?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar cómo construir una propuesta de solución que permita tomar la mejor decisión para la mejor distribución de los clientes en el horario establecido, sin demoras en la atención y con la mejor rentabilidad para la empresa.

1.4.2 Objetivos específicos

a) Determinar cómo formular una propuesta para el cálculo de los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía.
b) Analizar en base a los resultados obtenidos si se debe realizar la compra de un nuevo equipo de ecografía.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.5.1 Desarrollo de la hipótesis general

La hipótesis general se declara de la siguiente forma:

H0: Si se utiliza la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado, entonces es posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud.

Cuya hipótesis alternativa es:

H1: No es posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud, si se utiliza la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado.

1.5.2 Desarrollo de las hipótesis específicas

a) La hipótesis nula nº 1 se declara de la siguiente forma:

   H01: Si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces es posible determinar cuáles son los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía.

   Cuya hipótesis alternativa es:

   H11: No es posible determinar cuáles son los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía, si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas.

b) La hipótesis nula nº 2 se declara de la siguiente forma:

   H02: Si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces es posible afirmar la necesidad de comprar un nuevo equipo de ecografía.

   Cuya hipótesis alternativa es:

   H12: No es posible es posible afirmar la necesidad de comprar un nuevo equipo de ecografía, si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Mediante el enfoque de la caja negra, el estudio se reduce a:

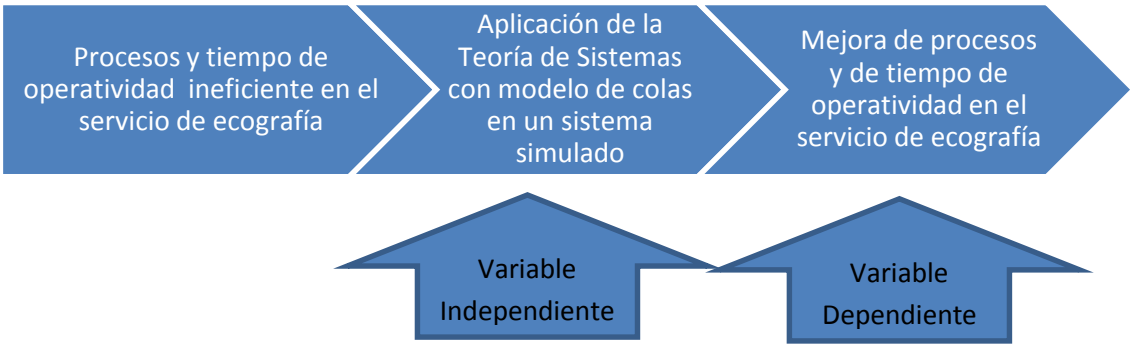


Figura 5. Caja negra del sistema
Fuente: Oficina de evaluación de Medical Images SAC.

Formulación:

$$y = f(x)$$

$$\begin{pmatrix} Mejora\ de\ procesos\ y \\ de\ tiempo\ de\ operatividad \end{pmatrix} = f\begin{pmatrix} Aplicación\ de\ la\ Teoría\ de\ Sistemas \\ con\ modelo\ de\ colas\ en\ un\ sistema\ simulado \end{pmatrix}$$

Donde:

La variable independiente es:

x: Aplicación de la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado

La variable dependiente es:

y: Mejora de procesos y tiempo de operatividad en el servicio de ecografía

1.7. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación propone un método de solución al problema de optimización de los servicios de ecografía, previniendo la desmejora de la calidad de los servicios y evitando la disminución de la rentabilidad del mismo.

La investigación se realizará con el propósito de brindar una herramienta (modelo) que permita conocer y seleccionar la decisión óptima frente a criterios de interés que plantee el decisor en el problema actual así como para decisiones que se tomarán en el futuro.

Evidenciando la dificultad del decisor en el proceso de la toma de decisión adecuada al no contar con diversos criterios y alternativas de decisión en la empresa, se hace necesaria la implementación del método de Simulación de Sistemas con el apoyo del software ARENA. También usar estas alternativas de solución para mejorar la calidad de los servicios y la rentabilidad de la empresa MEDICAL IMAGES SAC a través de diferentes escenarios elaborados con este método y utilizando el software mencionado.

Adicionalmente se contribuirá al conocimiento del método de Simulación de Sistemas con aporte del software ARENA para que puedan ser utilizados en futuras investigaciones o en la solución de problemas similares.

1.8. DELIMITACIÓN

Esta investigación para la Licenciatura que se ha realizado en una de las clínicas de MEDICAL IMAGES SAC, específicamente en su área de servicios de imágenes con el servicio de ecografía, fue llevada a cabo durante el segundo semestre del año 2013.

En este período se llevaron a cabo las indagaciones y reunión de información del servicio de ecografía que han servido para elaborar la presente propuesta de solución al problema detectado.

1.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA. Tabla 1

Formulación del Problema	Objetivos de la Investigación	Hipótesis	Variables	Tipo de Diseño	Instrumento de recolección de Datos
¿Cómo construir una propuesta de solución que permita tomar la mejor decisión para la mejor distribución de los clientes en el horario establecido, sin demoras en la atención y con la mejor rentabilidad para la empresa?	General Determinar cómo construir una propuesta de solución que permita tomar la mejor decisión para la mejor distribución de los clientes en el horario establecido, sin demoras en la atención y con la mejor rentabilidad para la empresa. Específicos • Determinar cómo formular una propuesta para el cálculo de los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía. • Analizar en base a los resultados obtenidos si se debe realizar la compra de un nuevo equipo de ecografía.	Si se utiliza la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado, entonces es posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud.	Independiente Aplicación de la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado Dependiente Mejora de procesos y tiempo de operatividad en el servicio de ecografía	Es de tipo aplicada explicativo y descriptivo. Población Todos los clientes de ambos sexos de cualquier edad que usan los diversos servicios de ecografía en el año de la investigación	• Observación directa al sistema aplicando una lista de chequeo • Informes estadísticos del sistema sobre el control de pacientes • Documentos consolidados por mes de la administración del sistema

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación pretende contribuir a la toma de decisiones del responsable de la empresa, en especial realizando comparaciones de propuesta de mejoras de proceso en base a la Teoría de Sistemas con modelos de colas, como un aporte relevante para llegar a un conocimiento sustentado para aplicar y observar la correspondencia entre situaciones complejas de naturaleza probabilística y escenarios propuestos, con el fin de brindar flexibilidad como una cualidad prioritaria para adaptarse con rapidez a las condiciones cambiantes de los mercados competitivos dentro del sector privado de salud.

El sector salud es muy sensible a los componentes de calidad de servicios, cualquier elemento que interfiera con la calidad en la entrega de servicios es percibido por el cliente y se puede poner en riesgo la salud de los demandantes. Por ello es de suma importancia para garantizar la calidad en los procesos y en la toma de decisiones se cuente con los insumos probados y comprobados científicamente que a su vez contribuirán a ofertar servicios de calidad, darle continuidad a los mismos y lograr la renta suficiente para su expansión presente y futura.

Adicionalmente a esto, la investigación contribuirá a crear un modelo replicable para que empresas similares puedan hacer uso de ella y aplicarla eficazmente en sus procesos de tal forma que consigan mejorar la calidad de sus servicios y garanticen a sus clientes la mejor oferta a mejores precios.

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 Antecedentes nacionales

A través de las investigaciones realizadas en trabajo de licenciatura y publicaciones existentes sobre el estudio de Teoría de Sistemas con modelos de colas, se respaldaron los conocimientos previos y se tomaron algunas referencias como inicio del estudio realizado, las cuales se muestran a continuación:

Wong, P., (2011) – Pontificia Universidad Católica del Perú; publicó la Tesis para optar el título de Ingeniera Industrial, "Propuesta de mejora del proceso de admisión en una empresa privada que brinda servicios de salud ambulatorios", que consistió en analizar 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. En dicho análisis se realizó un estudio de tiempos para obtener información estadística del comportamiento de la llegada de los clientes y de los tiempos de espera en cola. El tiempo de permanencia total en el sistema de admisión y pago resultó ser 62 minutos. Por otro lado se analizó el comportamiento de la demanda de las especialidades ofrecidas, calculando la cantidad de consultas atendidas por cada una de ellas. El diagnóstico del análisis, señala que los tiempos de espera en la cola de admisión y pago son excesivos. Así pues, se plantea una propuesta de mejora que establece la implementación de una central de atención telefónica para la reserva de citas y un sistema de prioridades para la atención presencial. Esta mejora fue plasmada en un modelo de simulación en el *software* Arena, obteniendo un menor tiempo de permanencia total en el sistema de admisión y pago. Además se optimizó el uso de los recursos actuales reduciendo el costo promedio de atención por cliente.

2.2.2 Antecedentes internacionales

Gonzales, J., (2010) – Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Salud Pública; publicó el artículo titulado "Modelamiento y simulación computacional de la red de consultas médicas de un servicio público de salud chileno". El cual consistió en modelizar y simular por computadora la red de atención de consultas médicas de un servicio de salud del sistema público chileno. El estudio se realizó bajo el enfoque de la "Dinámica de Sistemas". Se recolectó información de los establecimientos del servicio de salud y se construyó un modelo de derivaciones. Se determinaron las especialidades a modelizar de acuerdo con la extensión de sus listas de espera. Se definieron las

ecuaciones para el cálculo de las atenciones, las derivaciones y la espera. Se diseñaron las bases de datos y se volcó en ellas la información proveniente del servicio. Se programó y validó el modelo, comparándolo con los datos reales. Se simularon escenarios que permitieran reducir la espera mediante el aumento de las horas médicas, el mejoramiento de la capacidad resolutiva en atención primaria y compleja, o ambos.

Gonzales C., (2014) - Universidad de Los Andes, Bogotá, Departamento de Ingeniería Industrial: publicó un artículo de investigación titulado “Análisis de un sistema de distribución de medicamentos en servicios de hospitalización: Una aplicación de simulación y de programación lineal”, en donde se estudia un sistema de distribución de medicamentos en las áreas de hospitalización de una clínica que opera bajo prescripciones médicas. Los objetivos del estudio están orientados a disminuir: el tiempo promedio de espera desde las prescripciones médicas hasta la distribución de los medicamentos, el número de adelantos en farmacia principal y el número de devoluciones de medicamentos en el sistema. Con el fin de alcanzar los objetivos descritos, en el artículo se proponen un modelo de simulación y un modelo de programación lineal. Los resultados de la simulación demuestran que las modificaciones en los horarios de distribución, en las restricciones asociadas a la solicitud de medicamentos y en las cantidades de dosis demandadas en cada prescripción médica, alcanzan los objetivos propuestos. El modelo de programación lineal presenta una formulación matemática que determina una política de control de inventarios para el sistema analizado, que elimina en su totalidad los problemas identificados mediante una nueva metodología de distribución.

Pantoja, L., & Garavito L., (2010). – Universidad Nacional de Colombia, departamento de ingeniería de sistemas e industrial; publicó un artículo “Análisis del proceso de urgencias y hospitalización del CAMI Diana Turbay a través de un modelo de simulación con Arena 10.0 para la distribución óptima del recurso humano”, donde este documento presenta un modelo de simulación que describe el procedimiento actual de Atención del Área de Urgencias y Hospitalización del Centro de Atención Médica Inmediata (CAMI) DIANA TURBAY, Entidad Prestadora de Salud de Primer Nivel de carácter oficial en la ciudad de Bogotá. En el proceso se elaboró una síntesis de estudio y registro global de las actividades en las condiciones actuales de atención en el área de Urgencias y Hospitalización, 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 el área mencionada. Lo anterior se obtuvo contrastando los tiempos de espera, personas en cola y utilización del personal, con la propuesta de estructuración del procedimiento del *triage* presentado por la oficina de Gestión Pública y Autocontrol del Hospital Rafael Uribe Uribe y cuyo procedimiento se desea implementar en el marco del proyecto de remodelación y ampliación del CAMI. También se ensayan diferentes escenarios para evaluar la factibilidad en la reducción de tiempos de espera y número de personas en cola, probando diferentes alternativas de horarios y disposición de recursos de apoyo, con lo cual se muestra una reducción sustancial en los tiempos de atención y de espera de los pacientes.

Baesler F. & Sepúlveda J & García A. & Pezo M. & Rodríguez P., (2001). Universidad del BioBio. Presenta un trabajo de investigación titulado “El uso de simulación en el análisis del flujo de pacientes en sistemas de salud”, donde el artículo presenta los resultados orientados al mejoramiento de procesos en sistemas de salud en el hospital Orlando Regional de la ciudad de Orlando USA. Los estudios fueron realizados en la sala de emergencias y el centro de tratamiento ambulatorio del cáncer de este hospital. Cada estudio consistió en representar el sistema a través de modelos de simulación animada mostrando el flujo de pacientes dentro del sistema hospitalario. El objetivo consistió en proponer y evaluar alternativas de mejoramiento del flujo de pacientes a través de una mejor utilización de los recursos del hospital o de transformaciones físicas.

2.3 BASES TEORICAS

2.3.1 Principios de Simulación

La simulación es la imitación de la operación de un proceso o sistema real a lo largo del tiempo. El desempeño del sistema real se imita usando distribuciones de probabilidad para generar aleatoriamente los distintos eventos que ocurren en el sistema. Por ello, un modelo de simulación sintetiza el sistema, mediante la construcción de cada uno de sus componentes y evento por evento para hacer una abstracción de la realidad que se aproxime lo más posible a ella. Después se corre el modelo de simulación para obtener observaciones estadísticas del desempeño del sistema como resultado de los diferentes eventos generados aleatoriamente. Como las corridas de simulación por lo general requieren la generación y el proceso de una gran cantidad de datos hace necesario que estos experimentos estadísticos simulados se ejecuten en una computadora.

Las áreas de aplicación de la simulación son muy amplias, numerosas y diversas, basta mencionar sólo algunas de ellas: análisis del impacto ambiental, análisis y diseño de sistemas de manufactura, análisis y diseño de sistemas de comunicaciones, en la evaluación del diseño de organismos prestadores de servicios públicos como por ejemplo: hospitales, oficinas de correos, telégrafos, casas de cambio, etc. Asimismo en el análisis de sistemas de transporte terrestre, marítimo o por aire, como también, entre otros, en el análisis de lo siguiente:

a. Grandes equipos de cómputo.
b. Análisis de un departamento dentro de una fábrica.
c. Análisis de sistemas de acondicionamiento de aire.
d. Planeación para la producción de bienes.
e. Análisis financiero de sistemas económicos.
f. Adiestramiento de operadores para centrales carboeléctricas, termoeléctricas, nucleoeléctricas, aviones, etc.
g. Evaluación de sistemas tácticos o de defensa militar.
h. Sistemas de servicios masivos a la comunidad.

La simulación se utiliza en la etapa de diseño para auxiliar en el logro o mejoramiento de un proceso, diseño de un proceso o bien se aplica a un sistema ya existente para explorar algunas modificaciones. Se recomienda la aplicación de la simulación a sistemas ya existentes cuando existe algún problema de operación o bien cuando se requiere llevar a cabo una mejora en el comportamiento. El efecto que sobre el sistema ocurre cuando se cambia alguno de sus componentes se puede examinar antes de que ocurra el cambio físico en el sistema para asegurar que el problema de operación se soluciona o bien para determinar el medio más económico para lograr la mejora deseada.

Todos los modelos de simulación son modelos de entrada-salida, es decir, producen la salida del sistema si se les da la entrada a sus subsistemas interactuantes. Por tanto los modelos de simulación se “corren” en vez de “resolverse”, a fin de obtener la información o los resultados deseados. Son incapaces de generar una solución por si mismos en el sentido que los modelos analíticos solo pueden servir como herramienta para el análisis del comportamiento de un sistema en condiciones especificadas por el experimentador. Por tanto la simulación es una teoría, no una metodología de resolución de problemas. Además la simulación es solo uno de varios planteamientos para resolver problemas que están disponibles para el análisis de sistemas.

2.3.2 Condiciones para utilizar la simulación

a. Cuando no existe una completa formulación matemática del problema o los métodos analíticos para resolver el modelo matemático que no se han desarrollado aún. Muchos modelos de líneas de espera corresponden a esta categoría.
b. Si métodos analíticos están disponibles, pero los procedimientos matemáticos son tan complejos y difíciles, que la simulación provee un método más simple de solución.
c. Cuando las soluciones analíticas existen y son posibles, pero están más allá de la habilidad matemática del personal disponible. El costo del diseño, la prueba y la corrida de una simulación debe entonces evaluarse contra el costo de contratar ayuda externa.
d. Cuando se desea observar el trayecto histórico simulado del proceso sobre un período, además de estimar ciertos parámetros.
e. Cuando la simulación puede ser la única posibilidad, debido a la dificultad para realizar experimentos y observar fenómenos en su entorno real, por ejemplo, estudios de vehículos espaciales en sus vuelos interplanetarios.
f. Si se requiere la aceleración del tiempo para sistemas o procesos que requieren de largo tiempo para realizarse. La simulación proporciona un control sobre el tiempo, debido a que un fenómeno se puede acelerar o retardar según se desee.

2.3.3 Conceptos básicos de modelación y simulación en la teoría de sistemas

El sistema

Un sistema puede definirse como una colección de objetos o entidades que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo (Schmidt, et al., 1970). Una característica fundamental de un sistema es que se puede establecer perfectamente lo que pertenece a él y lo que no, también se puede especificar cómo interacciona con el entorno. El planteamiento es jerárquico, ya que si se separa una nueva parte se estará ante un nuevo sistema. Otra propiedad es el hecho que puede ser controlado y observado, sin que estos términos tengan el mismo significado que el que se aplica en teoría de control (Guasch, y otros, 2002).

Existe una amplia clasificación de los sistemas, de la cual tomaremos aquella que interesa a los fines de la simulación. Las clases de sistemas pueden ser considerados

como naturales, artificiales, abiertos, cerrados. Los sistemas abiertos son aquellos que mantienen una adecuada relación con su medio ambiente, respondiendo apropiadamente a los estímulos de éste con cambios y actividades que le permiten mantenerse en funcionamiento continuo. Sin embargo, la clasificación de un sistema está más relacionada con la forma en que podemos representarlo, es decir con el modelo que utilicemos. En este caso se trata de un sistema abierto por ser un sistema de servicios de salud.

El sistema también puede definirse como un conjunto de variables (Asby, 1956). De esta forma, obtener un subsistema, no implica necesariamente tomar una parte del sistema inicial, sino un subconjunto de las variables del mismo. Es decir, la división tiene lugar a nivel de abstracción matemática y en el contexto del modelado. Las interacciones del mismo con el mundo natural se pueden dividir en dos categorías:

- Variables generadas por el entorno y que tienen influencia en el comportamiento del sistema. Normalmente se las referencia como entradas.
- Variables que están determinadas por el sistema y que, a su vez, pueden tener influencia en el comportamiento del entorno. Se llaman salidas.

Bajo esta forma de actuar, se pueden asignar valores a algunas de las entradas al sistema y observar el comportamiento del mismo considerando los valores de las salidas. Esto lleva a una nueva definición: Un sistema es una fuente potencial de datos (Zeigler, 1976).

El estado de un sistema puede ser definido como el conjunto de variables necesarias para caracterizar o describir todos aquellos aspectos de interés del sistema en un cierto instante de tiempo (Law, et al., 2001). A estas variables las denominamos variables de estado. Cabe reiterar que el número y tipo de éstas vienen condicionados por los objetivos del estudio (Guasch, y otros, 2002).

Sin perder generalidad y considerando como finalidad tan solo el estudio del comportamiento de un sistema en el dominio temporal, se pueden clasificar los sistemas en: continuos, discretos, orientados a eventos discretos y combinados, atendiendo tan sólo a la relación entre la evolución de las propiedades de interés y la variable independiente tiempo. Una breve descripción de esta clasificación es:

- Sistemas continuos: las variables del estado del sistema evolucionan de modo continuo a lo largo del tiempo
- Sistemas discretos: se caracterizan porque las propiedades de interés del sistema cambian únicamente en un cierto instante o secuencia de instantes, y

permanecen constantes el resto del tiempo. La secuencia de instantes en los cuales el estado del sistema puede presentar un cambio, obedece normalmente a un patrón periódico.

- Sistemas orientados a eventos discretos: al igual que los sistemas discretos, se caracterizan porque las propiedades de interés del sistema cambian únicamente en una secuencia de instantes de tiempo y, podemos considerar que permanecen constantes el resto del tiempo. La secuencia de instantes en los cuales el estado del sistema puede presentar un cambio, obedece a un patrón aleatorio.
- Sistemas combinados: aquellos que combinan subsistemas que siguen filosofías continuas o discretas, respectivamente. Es el caso de los sistemas que poseen componentes que deben ser necesariamente modelados según alguno de dichos enfoques específicos.

Medio Ambiente del Sistema

El medio ambiente de un sistema es todo aquello que interactúa con el sistema sin formar parte de este. El medio ambiente es en realidad un sistema más grande que contiene al sistema objeto de estudio y contiene además otros sistemas. En este sentido decimos que un sistema es un subsistema de su medio ambiente.

Relaciones

Defienden la estructura del sistema de acuerdo a los componentes que tiene y a sus atributos. Las relaciones son intercambios de materia, energía e información entre los componentes de un sistema o entre el sistema y su medio ambiente.

Estado de un sistema

En cualquier instante que observemos un sistema éste se encontrará en una situación particular a la cual conocemos como estado. El estado del sistema queda definido por los valores que tienen sus características o atributos relevantes en el instante que lo observamos.

2.3.4 La Modelación

La modelación es el proceso de construir un modelo. Permite describir el funcionamiento de los procesos. Es muy útil para conocer el panorama general. Muestra cómo se combinan los distintos componentes para producir algún resultado. Al especificar las relaciones que hay entre los componentes del sistema, se facilita la comprensión de los vínculos entre las diversas actividades y el impacto que tienen entre sí (Rico, et al., 2008).

Un modelo se define como una representación (normalmente simplificada) de un sistema en un instante de tiempo o espacio concreto, realizado para comprender el sistema real. Se desarrolla siempre a partir de una serie de aproximaciones e hipótesis y, consecuentemente, representa tan sólo parcialmente la realidad. Se construye para una finalidad específica y debe ser formulado para que sea útil para ese fin, por tanto, un mismo sistema real puede tener varios modelos (Guasch, y otros, 2002).

Existen muchos tipos de modelos (mentales, lingüísticos, físicos, gráficos, matemáticos, etc.). El objetivo de este trabajo es construir un modelo gráfico que permita la simulación digital (de aquí en adelante, llamada simplemente simulación). Para ello es necesario formalizar el conocimiento que se tiene del sistema de modo conciso, sin ambigüedades (interpretación única), y que puedan ser procesados informáticamente.

Algunas de las características que debe cumplir un buen modelo son (Guasch, y otros, 2002):

- Un modelo es un objeto o concepto que utilizamos para representar cualquier otra entidad (un sistema). Así pues, mediante un proceso de abstracción, se muestran en un formato adecuado las características de interés de un objeto (sistema) real o hipotético.
- Un modelo es una representación simplificada de un sistema que nos facilitará explicar, comprender, cambiar, preservar, prever y posiblemente controlar el comportamiento de un sistema.
- Un modelo es el sustituto de un sistema físico concreto.
- Un modelo debe representar el conocimiento que se tiene de un sistema de modo que facilite su interpretación, formalizando tan sólo los factores que son importantes para los objetivos de modelado.
- Un modelo debe ser tan sencillo como sea posible, porque el desarrollo de modelos universales es impracticable y poco económico, siempre y cuando represente adecuadamente los aspectos de interés.

- Un modelo tiene que ser por necesidad un compromiso entre la simplicidad y la necesidad de recoger todos los aspectos esenciales del sistema en estudio. Debe ser lo suficientemente sencillo como para facilitar su mantenimiento, adaptación y reutilización.

Tomando en cuenta el conocimiento y la formalización de los procesos, se pueden destacar dos tipos de modelos:

- Modelo Mental: Basado en el conocimiento que se tiene sobre un aspecto de la realidad adquirido a través de la experiencia e intuición, del cual se extraen aquellas características esenciales para representar el aspecto considerado.
- Modelo Formal: Basado en las hipótesis empleadas en los modelos mentales, estableciendo a partir de ellas las relaciones formales que definen el comportamiento del aspecto de la realidad en cuestión. Utiliza la capacidad del computador, que aunque no es capaz de establecer las relaciones por sí mismo, si está capacitado para desarrollar las consecuencias dinámicas de las interacciones del sistema que representa el modelo.

Un modelo formal es más explícito que un modelo mental. Su implementación en el computador produce el modelo computarizado, tal como muestra en la figura 6:

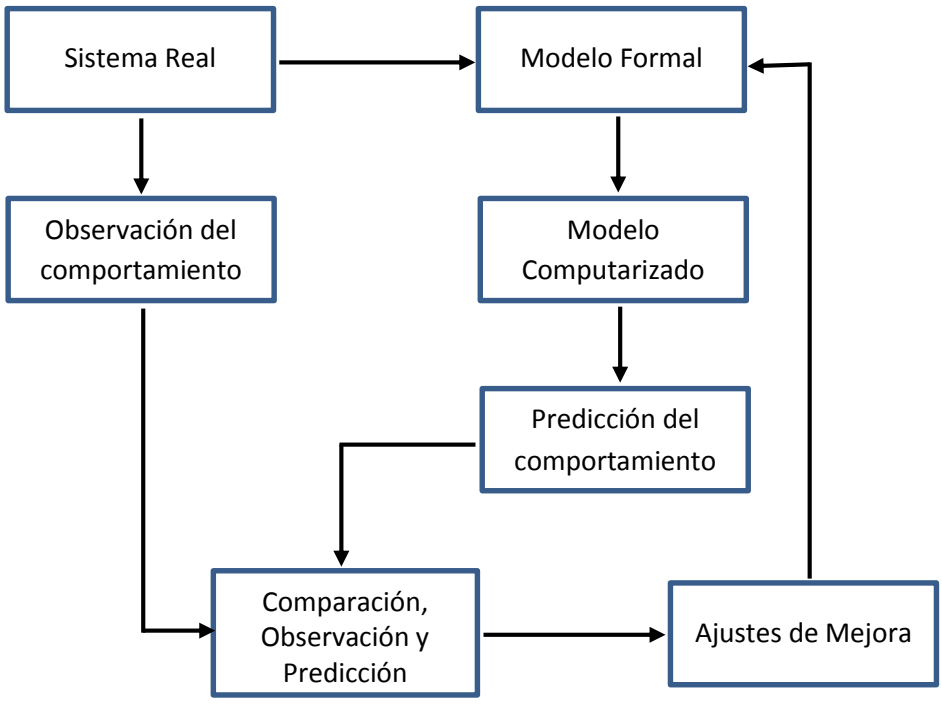


Figura 6. Modelización de un sistema (Fernández de Cañete, 2006).

La adecuada definición del modelo formal facilita la simulación y con ella, la evaluación de la verificación y validez de los modelos construidos y experimentación, de modo de evaluar propuestas de mejoras al sistema.

Hay dos puntos de vista a la hora de establecer un modelo de un sistema (Fernández de Cañete, 2006):

- Conductista: La construcción del modelo se realiza a partir del procesamiento de datos históricos de la evolución del sistema. Se trata de ajustar un modelo previamente elaborado a los datos disponibles. No se pretende establecer la estructura interna del sistema, sino que se supone una estructura interna a priori que reproduzca el comportamiento observado del sistema.
- Estructuralista: La construcción del modelo se realiza siguiendo un análisis cuidadoso y detenido de los distintos elementos que intervienen en el sistema observado. De aquí se extrae la lógica interna del modelo que conduce a la obtención de la estructura, realizándose posteriormente un ajuste de los parámetros libres del modelo con los datos históricos.

Y respecto a las fases (Figura 7) en la construcción de un modelo, estas corresponden a:

- Conceptualización: Consiste en la obtención de una comprensión mental de un cierto fenómeno del mundo real (información a través de la opinión de expertos y la literatura al respecto, definición de aspectos del problema a resolver, identificación de elementos del sistema para estableces sus límites, entre otros.)
- Formulación: Trata de representar los elementos manejados en la fase anterior mediante un lenguaje formal (gráfico, matemático, implementación computacional, etc.)
- Evaluación: consiste en el análisis del modelo y su sometimiento a criterios de aceptabilidad (ensayos mediante simulación de las hipótesis que sustenta el modelo y su consistencia, análisis de la sensibilidad ante modificaciones, etc.).

El proceso de modelación no es lineal, pasa por sucesivas etapas, desarrollando progresivamente nuevos o mejorados modelos de acuerdo con un cierto criterio de aceptabilidad. El proceso de modelado puede dividirse entonces en dos etapas:

(i) etapa inicial, y
(ii) etapa de perfeccionamiento.

Las sucesivas etapas consistirán en una eliminación progresiva de las hipótesis más simplificadoras de manera que el modelo se aproxime cada vez más a la realidad.

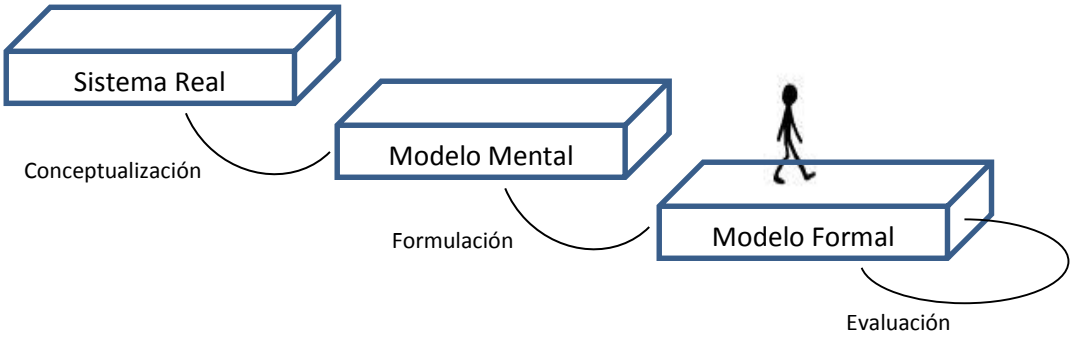


Figura 7. Fases en la construcción de un modelo.

2.3.5 Modelos de Simulación

"Una simulación es una imitación de la operación de un proceso del mundo real sobre determinado tiempo"

"La simulación es una estrategia"

"Es una imitación de un sistema real sin ser real, se tiene en cuenta el enfoque del sistema que implica que si hay una realidad hay un cambio de variables".

Dados un sistema y un modelo, la simulación consiste en usar el modelo para producir una historia de estados del sistema. La simulación es por tanto un proceso y el modelo usado es un modelo de simulación. Un modelo de simulación no tiene por tanto una estructura especial y definida como si la tienen por ejemplo los modelos de optimización. Un modelo es de simulación porque es utilizado en este proceso, pudiendo tener cualquier estructura y usarse luego con otra finalidad deferente a la de simular. Un modelo de simulación de eventos discretos es estocástico, dinámico numérico y discreto.

En el entorno de la simulación y atendiendo a las características que debe poseer estos modelos y los objetivos del estudio, los modelos suelen clasificarse de las siguientes formas (Guasch, y otros, 2002):

- Modelos estáticos respecto a modelos dinámicos:
  - Los Modelos Estáticos suelen utilizarse para representar el sistema en un cierto instante de tiempo; y en su formulación no se considera el avance del tiempo. Este tipo de modelos es muy útil cuando el sistema se encuentra en

equilibrio (no evoluciona respecto al tiempo). Si se cambia el punto de equilibrio alterando uno o más de los valores del sistema, el modelo permite deducir el resto de los valores, pero no muestra la manera en que cambiaron.

  - En contraposición a los modelos estáticos, los modelos dinámicos permiten deducir cómo las variables de interés del sistema en estudio evolucionan respecto al tiempo.

- Modelos deterministas respecto a modelos estocásticos
  - Un modelo se denomina determinista si su nuevo estado puede ser completamente definido a partir del estado previo y de sus entradas. Es decir, ofrece un único conjunto de valores de salida para un conjunto de entradas conocidas.
  - Los modelos estocásticos requieren de una o más variables aleatorias para formalizar las dinámicas de interés. En consecuencia, el modelo no genera un único conjunto de salida cuando es utilizado para realizar un experimento, sino que los resultados generados son utilizados para estimar el comportamiento real del sistema.

- Modelos continuos respecto a modelos discretos
  - Los modelos continuos se caracterizan por representar la evolución de las variables de interés de forma continua.
  - De modo análogo a la definición de modelos continuos, los modelos discretos se caracterizan por representar la evolución de las variables de interés de forma discreta.
  - Es importante notar a partir de la clasificación de modelos realizada, que es posible describir un sistema continuo mediante un modelo discreto y, al revés, también es posible describir un sistema discreto mediante un modelo continuo. La decisión de utilizar un modelo continuo o un modelo discreto depende de los objetivos particulares de cada estudio y no tanto de las características del sistema.

2.3.6 Variables

Son elementos del sistema que toman diversos valores en el tiempo.

La definición más sencilla, es la referida a la capacidad que tienen los objetos y las cosas de modificar su estado actual, es decir, de variar y asumir valores diferentes.

- "Entendemos por variable cualquier característica o cualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores, es decir, que puede variar, aunque para un objeto determinado que se considere puede tener un valor fijo". Sabino (1980)

- "Una variable es una propiedad, característica o atributo que puede darse en ciertos sujetos o puede darse en grados o modalidades diferentes, son conceptos clasificatorios que permiten ubicar a los individuos en categorías o clases y son susceptibles de identificación y medición". Briones (1987).

Las variables de un modelo de simulación se clasifican como:

- Variable Independiente: es aquella característica o propiedad que se supone ser la causa del fenómeno estudiado. En investigación experimental se llama así, a la variable que el investigador manipula.

- Variable Dependiente: es la propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente. La variable dependiente es el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente.

- Variable Interviniente: es aquella característica o propiedad que de una manera u otra afecta el resultado que se espera y esté vinculada con las variables independientes y dependientes.

- Variable Moderadora: representa un tipo especial de variable independiente, que es secundaria, y se selecciona con la finalidad de determinar si afecta la relación entre la variable independiente primaria y las variables dependientes.

- Variables Cualitativas: Son aquellas que se refieren a atributos o cualidades de un fenómeno. Sobre este tipo de variable no puede construirse una serie numérica definida.

- Variables Cuantitativas**:** Son aquellas variables en las que características o propiedades pueden presentarse en diversos grados de intensidad, es decir, admiten una escala numérica de medición. En función de la facilidad de su medición, pueden ser simples o complejas:

    - Unidimensionales (peso)
    - Multidimensionales (calidad acústica)
    - Dicotómicas (con dos valores, como sexo, si la persona es o no fumadora, etc.)

2.3.7 Eventos

Un evento es un acaecimiento, un hecho que sucede en un instante de tiempo. En el mundo real los eventos ocurren en forma simultánea; múltiples entidades pueden realizar actividades en forma paralela o simultánea; es decir en el mismo instante. En el mundo virtual, los eventos suceden uno a la vez, aun cuando estos se dan en el mismo instante. Cuando el modelado de sistemas se centra en la ocurrencia de eventos y en lo que sucede cuando ellos ocurren se denomina *orientación por eventos*.

Son hechos que producen cambios de estado del sistema, por ejemplo el arribo de un paciente a un consultorio, el inicio de un proceso de producción, etc.

2.3.8 Entidades

Son aquellos ítems identificados que transitan por el sistema para ser procesados o recibir un servicio.

Las entidades se pueden caracterizar por el costo, el orden, la prioridad, el estatus, entre otros factores.

Se clasifican en tres tipos:

- Humanos o animados: Clientes de un supermercado, pacientes de una clínica.
- Inanimados: Productos, piezas, documentos.
- Intangibles: comunicaciones telefónicas, correos electrónicos, proyectos.

2.3.9 Reloj de la Simulación

El reloj de la simulación es una variable utilizada para controlar el tiempo transcurrido durante la simulación y para interactuar con el calendario de eventos. Es un reloj no convencional, ya que no controla el tiempo en forma continua, sino más bien oscila hacia adelante, mediante saltos en instantes discretos de tiempo. Apunta el instante en que se ejecuta el evento durante la simulación, luego, salta al tiempo del siguiente evento. Cada salto implica un cambio en el estado del sistema y una actualización en el calendario de eventos.

2.4. TOMA DE DECISIONES

La toma de decisiones es la conclusión de un proceso por el cual se elige entre dos o más alternativas disponibles con el propósito de conseguir uno o más objetivos. Este proceso se llama **Toma de Decisión**. De acuerdo con Herbert A. Simon la toma de decisiones del directivo o decisor es equivalente con el proceso de dirección. Para ilustrar esta idea, se examina la función más importante del Manager: La Planificación. Esta, implica una serie de decisiones tales como ¿Qué es lo que deberá hacer? ¿Cuándo? ¿Como? ¿Dónde? ¿Por quién? Así pues, la planificación implica toma de decisión.

Otras funciones de la gestión, como organizar, dirigir y controlar, pueden igualmente, considerarse que están compuestas de toma de decisiones.

Toma de decisiones y solución del problema

La premisa principal de los Métodos Cuantitativos es que la toma de decisiones, sin hacer caso de la situación en concreto, puede considerarse como un proceso sistemático en general, consistente en los siguientes pasos principales:

1. Definición del problema
2. Búsqueda de diferentes alternativas de acción
3. Evaluación de las alternativas
4. Selección de una alternativa

Existe mucha confusión entre los términos toma de decisión y solución del problema. Una forma de distinguirlos es considerar el proceso completo (de 1 a 4) como solución del problema, el paso específico de “selección de una alternativa” es la decisión o la solución del problema.

Otro punto de vista consiste en que los pasos 1–4 constituyen la toma de decisiones que finaliza con una recomendación, mientras que la solución del problema incluye, además, la implementación de la recomendación.

En este trabajo se tomará principalmente el término Toma de Decisión.

2.5. MODELO DE COLAS

Situaciones de Espera

- Clientes que esperan a ser atendidos en las cajas registradoras de un supermercado.
- Autos que esperan frente a un semáforo.
- Pacientes que esperan en un consultorio a ser atendidos.
- Aviones que esperan para despegar o aterrizar en un aeropuerto.
- Máquinas descompuestas que esperan ser reparadas por un técnico.
- Cartas que esperan a ser elaboradas por una secretaria.
- Clientes de un banco que esperan frente al cajero automático.

Procesos de Espera

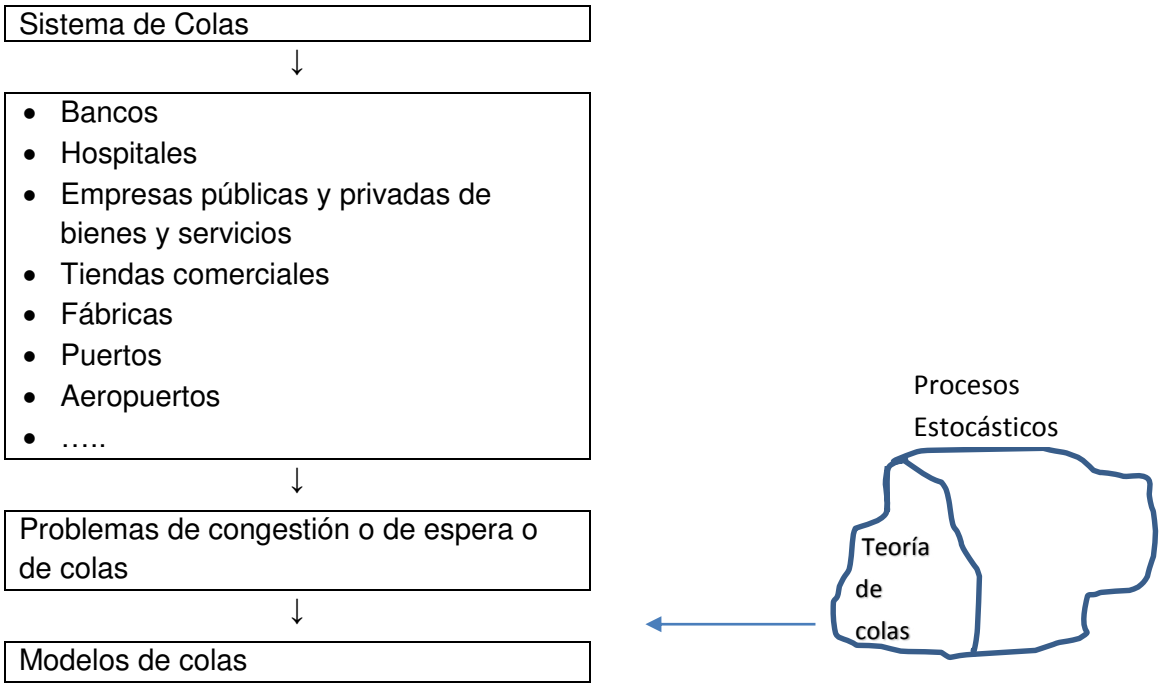


Figura 8. Procesos de espera. Modelos de Colas.

El Fenómeno de Espera

- Es común a todas las funciones expuestas.

- Es el resultado directo de la aleatoriedad en la operación de instalaciones de servicio: La llegada del cliente y su tiempo de servicio no se conocen con anticipación.
- La espera se puede disminuir o eliminar si se programa la operación de la instalación en la forma más adecuada.
- Se han desarrollado modelos de colas para ayudar a comprender y a tomar mejores decisiones con respeto a la operación de las colas o líneas de espera.
- En la primera década de 1900, A.K. Erlang, ingeniero de telefonía danés, inició un estudio de las aglomeraciones y de los tiempos de espera que ocurrían en la obtención de llamadas telefónicas.
- A la fecha, la teoría de colas se ha vuelto más elaborada y se aplica a una amplia gama de situaciones que implican líneas de espera o colas.
- Los modelos de líneas de espera consisten de fórmulas y relaciones matemáticas que pueden utilizarse para determinar las características de operación o medidas de desempeño de una cola, fila o líneas de espera.
- Son de interés:
    - La probabilidad de que no haya unidades en el sistema.
    - El número promedio de unidades en la cola.
    - El número promedio de unidades en el sistema.
    - El tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema.
    - El tiempo promedio que una unidad pasa en la cola.
    - La probabilidad de que una unidad que llega tenga que esperar para recibir el servicio.
    - La probabilidad de que haya “n” unidades en el sistema.

Proceso Básico de Colas

Para describir un proceso de colas básico se deben especificar un proceso de entrada y uno de salida. Ejemplos:

Tabla 2. Ejemplos de colas

Sistema	Proceso de entrada	Proceso de salida
Banco	Los clientes llegan al banco	Los cajeros atienden a los clientes
Banco de sangre	Llegan bolsas de sangre	Los pacientes usan las bolsas de sangre
Astillero naval	Se descomponen barcos en el mar y se mandan a los astilleros a reparación	Se reparan los barcos y regresan al mar

El proceso básico asumido por la mayoría de los sistemas de colas es el siguiente:

Clientes que requieren servicio se generan en el tiempo por medio de una fuente de entrada. Estos clientes entran al sistema de colas y se unen a una cola. En diversos momentos se selecciona uno de los clientes formados para darle servicio, mediante la regla conocida como disciplina en la cola o en el servicio. Se proporciona al cliente el servicio requerido, después de lo cual el cliente sale del sistema.

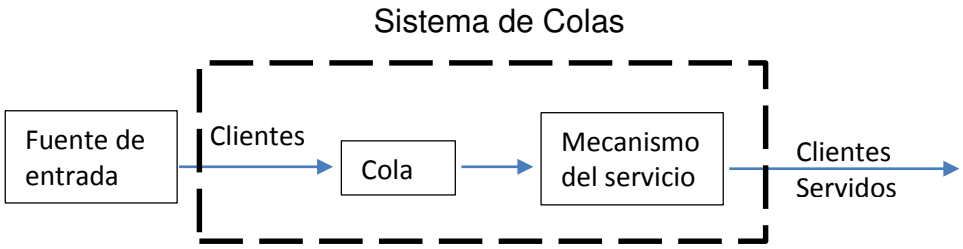


Figura 9. Sistema de Colas.

Fuente de entrada característica: Número total de clientes potenciales.

Tamaño: Finita, infinita.

Cola: Número máximo admisible de clientes que puede ser finita o infinita

Disciplina de la cola: Orden en que se seleccionan los miembros de la cola que reciben el servicio.

1. Primero en llegar, primero en ser servido: FIFO
2. Último en llegar, primero en ser servido: LIFO
3. Prioridades
4. Aleatorio

- Mecanismo de servicio: Medios de servicio con uno o más canales (servidores, personas) de servicio.
- Tiempo entre llegadas: Tiempo transcurrido entre dos llegadas consecutivas.
- Distribución exponencial $\Leftrightarrow$ Número de clientes generados en un intervalo de tiempo tiene distribución de Poisson.
- Tiempo de servicio: Tiempo transcurrido desde que se inicia el servicio hasta su completación $\rightarrow$ distribución exponencial.

Llegadas y Servicio

El proceso de entrada se expresa mediante una distribución de probabilidades que gobierna la llegada de clientes.

- Sean $t_1, t_2, \ldots, t_n, (0 < t_1 < t_2, \ldots < t_n < \infty)$ los tiempos de "llegada" de los clientes.
- $Z_n = t_{n+1} - t_n$ "Tiempo entre llegadas" de los clientes "n + 1" y "n"
- El proceso de entrada está dado por la distribución de probabilidades que sigue $\{ t_n \}$ y $\{ Z_n \}$
- La hipótesis más simple es que $\{ Z_n \}$ tiene distribución exponencial, o que es lo mismo suponer que es el número de llegadas en [0, t) es un proceso de Poisson con parámetro λ.
- En el proceso de salida o mecanismo de servicio la $\mathcal{s}_n$ es el tiempo requerido para servir al n-ésimo cliente.
- La distribución de probabilidades que rige la sucesión de tiempos de servicio $\{\mathcal{s}_n\}$ expresan el mecanismo del servicio del sistema de colas.
- $\mathcal{s}_1 , \mathcal{s}_2 , \ldots, \mathcal{s}_n , \ldots$ tiempos de servicio, son estadísticamente independientes uno del otro y de la sucesión de tiempos entre llegadas $\{ Z_n \}$ y que tienen la misma función de distribución $B(\mathcal{s}) , 0 < \mathcal{s} < \infty$
- Las distribuciones de probabilidad más usadas:

(I) Regular

$$B = \begin{cases} 1 & \text{para } \mathcal{s} > 1/u \\ 0 & \text{para } \mathcal{s} \leq 1/u \end{cases}$$

(II) Exponencial negativa

$$B(\mathcal{s}) = \begin{cases} 1 - e^{-u\mathcal{s}} & \mathcal{s} \geq 0 \\ 0 & \mathcal{s} < 0 \end{cases}$$

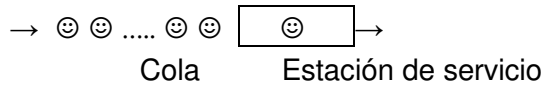
(III) Erlang-n

$$dB(\mathcal{s}) = \frac{(un)^n}{n!} \mathcal{s}^{n-1} .e^{-un\mathcal{s}} .d\mathcal{s}$$

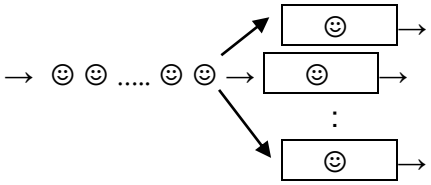
u = tiempo de servicio

Estructura de los Sistemas de Colas

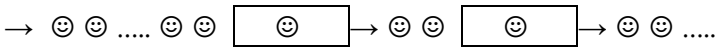
1. Una estación de servicio, una cola.



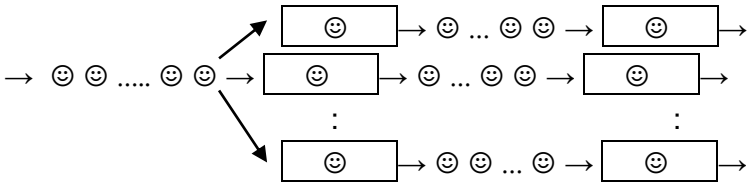
2. Varias estaciones de servicio en paralelo, una cola.



3. Varias estaciones en serie.



4. Varias estaciones, varias colas.



5. Servicio en serie de servicios en paralelo.

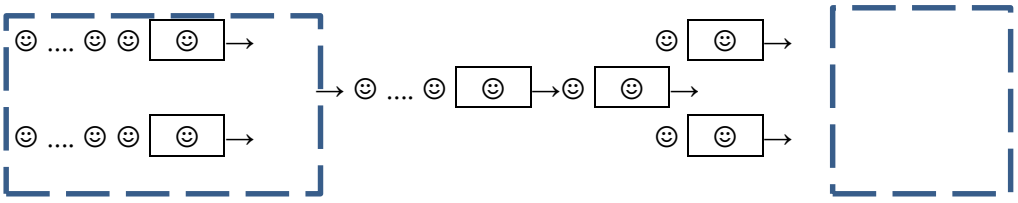
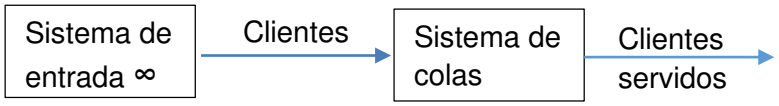


Figura 10. Estructuras de los Sistemas de Colas.

Información para representar un problema de colas mediante un modelo:

1) Número de servidores
2) Tipo de servicio
3) Secuencias para servicios en serie
4) Información sobre tiempos de servicio y de arribo entre clientes.
5) Longitud de la cola
6) Clientes en el sistema = Clientes en la cola + Clientes en el servicio

Sistema Abierto



Sistema Cerrado

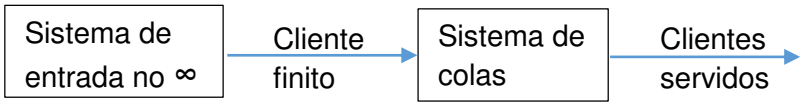


Figura 11. Tipos de Sistemas de Colas.

Notación de Kendall para la identificación de modelos de colas (A / B / s) : (D / E / F)

A = Proceso de arribos

B = Proceso de tiempo de servicios

s = Número de estaciones de servicio en paralelo

D = Disciplina de servicio: FIFO, LIFO, prioridades, SIRO

E = Cantidad máxima de usuarios que permite el sistema.

F = Tamaño de la fuente de usuarios

A y B pueden ser:

M = Poisson o su equivalente EXPONENCIAL

D = Tienen determinísticos

E_k = Distribución Erlang [k]

A puede ser:

GI = General independiente (arribos)

G = Tiempo de arribos en general

E y F pueden ser:

No ∞ o ∞

MODELO I: (M / M / 1) : (FIFO / ∞ / ∞)

Supuestos básicos:

1) Distribución de Arribos Poisson con tasa de arribo $\lambda_n = \lambda$, constante
   n = 1,2, …
2) Distribución de tiempo de servicio exponencial con tasa de servicio constante $u_n = u$ n = 1,2, …
3) Un canal de servicio s = 1
4) ρ = λ/u = Factor de utilización < 1
   Tasa de servicio supera a la de arribos
   Observación: Si es > 1 el sistema no tiene solución
5) Cola infinita
6) Fuente infinita

El diagrama de transiciones es el siguiente:

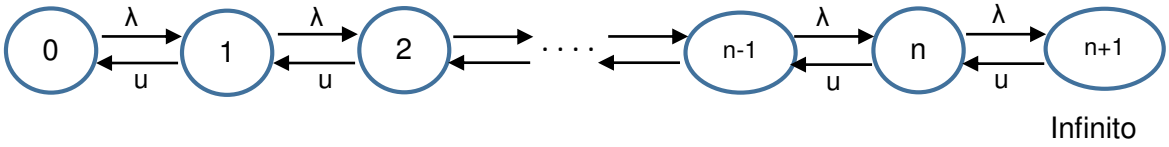


Figura 12. Diagrama de Transiciones

$$C_n = \frac{\lambda_{n-1} .\lambda_{n-2} \ldots . \lambda_0}{u_n .u_{n-1} \ldots u_1} = \frac{\lambda^n}{u^n} = (\lambda/u)^n = \rho^n$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n} = \frac{1}{\rho^0 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^n} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n} = \frac{1}{\frac{1}{1-\rho}} = 1 - \rho$$

$\Rightarrow P_0 = 1 - \rho$ Si $P_n = C_n . P_0 \Rightarrow \boxed{P_n = \rho^n(1 - \rho)}$ Probabilidad de n-cliente en el sistema

L = Número esperado de clientes en el sistema

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n.\rho_n \Rightarrow L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{u-\lambda}$$

L_q = Número esperado de clientes en la cola

$$L_q = \sum_{n=s}^{\infty}(n-s)P_n = \sum_{n=1}^{\infty}(n-1)P_n = \frac{\lambda^2}{u(u-\lambda)}$$

W = tiempo esperado en el sistema

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{1}{u - \lambda}$$

W_q = Tiempo esperado en la cola

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1}{u(u - \lambda)}$$

$L - L_q = 1 - P_0 = \frac{\lambda}{u}$ = Cantidad de clientes que se espera se estén sirviendo

$= \rho$

W(t) = Probabilidad que tiene una unidad de que al llegar al sistema esté más de t en la cola $\Rightarrow$ $W(t) = \rho.e^{-ut(i-\rho)}$

Demostraciónes:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n = \sum_{n=0}^{\infty} n.\rho^n(1-\rho) = \sum_{n=0}^{\infty} n.\rho^{n-1}.\rho.(1-\rho)$$

$$L = \rho(1-\rho)\sum_{n=0}^{\infty} n.\rho^{n-1}$$

$$L = \rho(1-\rho).\frac{d}{d\rho}\sum_{n=0}^{\infty}\rho^n = \rho(1-\rho).\frac{d}{d\rho}\left(\frac{1}{1-\rho}\right) = \rho(1-\rho).\frac{1}{(1-\rho)^2}$$

$$\Rightarrow L = \frac{\rho}{1-\rho} \qquad (*)$$

Si $\rho = \frac{\lambda}{u} \Rightarrow L = \frac{\lambda/u}{1 - \lambda/u} \Rightarrow L = \frac{\lambda}{u - \lambda}$ (**)

L = Número esperado de clientes en el sistema $\Rightarrow$ (*) o (**)

L_q = Número esperado de clientes en la cola

$$L_q = \sum_{n=s}^{\infty}(n-s)P_n \quad ; \quad s = 1$$

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty}(n-1)P_n = \sum_{n=1}^{\infty}(n-1)\rho^n(1-\rho)$$

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty}(n-1)\rho^2.\rho^{n-2}(1-\rho) = \rho^2.(1-\rho)\sum_{n=1}^{\infty}(n-1)\rho^{n-2}$$

$$L_q = \rho^2.(1-\rho)\frac{d}{d\rho}\sum_{n=1}^{\infty}\rho^{n-1} = \rho^2.(1-\rho)\frac{d}{d\rho}\sum_{n=0}^{\infty}\rho^n$$

$$L_q = \rho^2.(1-\rho)\frac{d}{d\rho}\left(\frac{1}{1-\rho}\right) = \rho^2(1-\rho).\frac{1}{(1-\rho)^2} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \rho.\frac{\rho}{1-\rho}$$

$\Rightarrow L_q = \rho.L$ (***)

Si $\rho = \frac{\lambda}{u} \Rightarrow L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{u}\right)^2}{1-\frac{\lambda}{u}} = \frac{\frac{\lambda^2}{u^2}}{\frac{u-\lambda}{u}}$

$\Rightarrow L_q = \frac{\lambda^2}{u(u-\lambda)}$ (****)

W = Tiempo esperado en el sistema

$W = \frac{L}{\lambda} \Rightarrow W = \frac{\lambda/u - \lambda}{\lambda} = \frac{1}{u - \lambda}$

$\Rightarrow W = \frac{1}{u-\lambda}$

W_q = tiempo esperado en la cola

$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\frac{\lambda^2}{u(u-\lambda)}}{\lambda}$

$W_q = \frac{\lambda}{u(u-\lambda)}$

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación se inició con la detección y el análisis de fallas del servicio de ecografía de la empresa MEDICAL IMAGES SAC en el establecimiento ubicado en el distrito de Los Olivos, en este estudio se tomaron todos los datos necesarios y pertinentes en el tiempo de:

Inicio: 02 de julio del 2013
Fin: 13 de diciembre del 2013

Analizadas las fallas en el sistema se procede luego a realizar la estructura de fallas y simultáneamente a definir y seleccionar los componentes críticos del sistema en estudio en toda su dimensión.

Una vez obtenida la relación de componentes que presentan mayor estado crítico, se procede a estudiar y analizar el comportamiento de las fallas para obtener las diferentes distribuciones estadísticas por tipo de falla.

Como parte primera de la solución del problema se procede a la aplicación de la Teoría de Sistemas con modelos de colas. Luego de obtener las distribuciones estadísticas por tipo de falla se procede a definir el porcentaje de falla de cada componente en estado crítico.

Luego se procede a calcular la nueva frecuencia en los componentes del sistema para conseguir la mejora en el tiempo de operatividad.

La segunda parte del desarrollo de la solución consiste en la ejecución de la simulación de escenarios propuestos en base a las nuevas frecuencias establecidas para optimizar los servicios en toda la línea de producción.

Para poder simular el comportamiento del sistema en su contexto operativo se usan todos los recursos disponibles detectados durante el tiempo de la investigación y los provistos por los responsables del sistema.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación es:
Cuantitativa: porque se recolectaron una serie de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico con el fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

El desarrollo del modelo es:
Analítico: porque para comprobar la hipótesis se analizó el problema planteado descomponiéndolo en sus partes para luego aplicar la Teoría de Sistemas con modelo de colas y la simulación de Sistemas.

3.2.2 Tipo de investigación

Para la realización de este proyecto de investigación se le aplicaron diversos tipos como los que se explican a continuación:

Descriptiva: porque el estudio permite ser especifico en la descripción, el análisis, el registro y la interpretación de las situaciones presentadas a lo largo de todo el sistema del servicio de ecografía.

Exploratoria: porque son pocos los antecedentes actuales en existencia con relación al tema planteado, y los que han sido comparados no se aplican a nuestro sistema debido a que son situaciones y características distintas.

Aplicada: porque una parte de la situación problemática fue intervenida y mejorada. Se inició con la descripción sistémica de la situación deficitaria enmarcándose en una teoría suficientemente comprobada de la cual se presentan sus conceptos más importantes y pertinentes. Finalmente la situación descrita se evaluó conforme a esta teoría y se proponen secuencias de acción o un prototipo de solución a la problemática.

3.2.3 Diseño de la investigación

La estrategia aplicada en esta investigación efectuada en la empresa sometida al estudio fue:

No experimental: porque en la investigación no se sometió las variables consideradas a una determinada condición para evaluar sus efectos, tampoco se realizó ningún tipo de manipulación sobre ellas. Todos los aspectos que se manejaron fueros descritos y analizados con la intención de recomendar acciones que se pudieran aplicar en el futuro de la empresa.

Documental: porque se utiliza fuentes bibliográficas para ampliar y profundizar el estudio del problema. Las fuentes utilizadas provinieron de libros, internet y otras investigaciones semejantes.

3.2.4 Método de investigación

En esta investigación se empleó el método científico como método general y como específico se usó el método deductivo porque las conclusiones del estudio están implícitas dentro de las premisas, o sea, las conclusiones fueron las consecuencias necesarias de las premisas.

3.2.5 Recursos necesarios para llevar a cabo el estudio

- Información estadística oficial diaria del servicio tomado de la base de datos de la empresa.
- Investigaciones anteriores realizadas como: investigaciones de mercado, informe de expertos, reclamo de los clientes, etc.
- Entrevistas con el personal que labora en el sistema.
- Estudios de tiempo.
- Equipo de cómputo.

- Software especializado en simulación de sistemas.

3.2.6 Medidas del comportamiento del sistema de interés

- Cantidad en el flujo de clientes durante el horario de atención.
- Porcentaje de clientes de acuerdo al sexo.
- Porcentaje de clientes por tipo de ecografía.
- Número óptimo de máquinas en el sistema.

3.2.7 Aspectos de la realidad que constituyen el sistema bajo estudio

- Uso de capacidad instalada del sistema.
- Tipo de servicio por sexo.
- Uso del servicio por sexo.
- Rentabilidad del servicio en el sistema.
- Demanda insatisfecha.

3.2.8 Unidades de análisis

Las unidades de análisis son los diversos tipos de ecografías que los clientes se realizan en los servicios de la empresa en un tiempo determinado.

3.2.9 Población de estudio

Todos los clientes de ambos sexos de cualquier edad que usan los servicios de ecografía en el año de la investigación.

3.2.10 Distribución de probabilidad estimada

Como el arribo de los clientes al servicio de Ecografía tiene la forma de una cola se tomará como respaldo la Teoría de Colas. En este caso el lapso de llegadas probablemente tiene una distribución exponencial (se demuestra en la Figura 14), entonces el número de llegadas en un intervalo de tiempo específico tiene una distribución de Poisson. Luego, en este caso los sucesos se pueden describir con una distribución de Poisson que representa la ocurrencia poco frecuente de eventos cuya tasa es constante.

Asimismo, los administradores del sistema han establecido en base a su producción histórica la distribución de probabilidad respectiva para cada estación de trabajo.

3.2.11 Descripción del modelo orientado al proceso del sistema

- Las entidades. Las entidades son los clientes de ambos sexos que solicitan el servicio de ecografía.
- Los procesos y el recurso de cada proceso. Los procesos son inherentes a cada Estación, en cada estación hay un recurso que atenderá a las entidades en la cola.
- Acción que ejerce en cada proceso, el recurso sobre la entidad. El recurso en cada estación atenderá a las entidades conforme a los tiempos establecidos
- Flujograma del servicio. La descripción del flujo de las entidades se muestra en la Figura 13 a través del modelo como sigue:

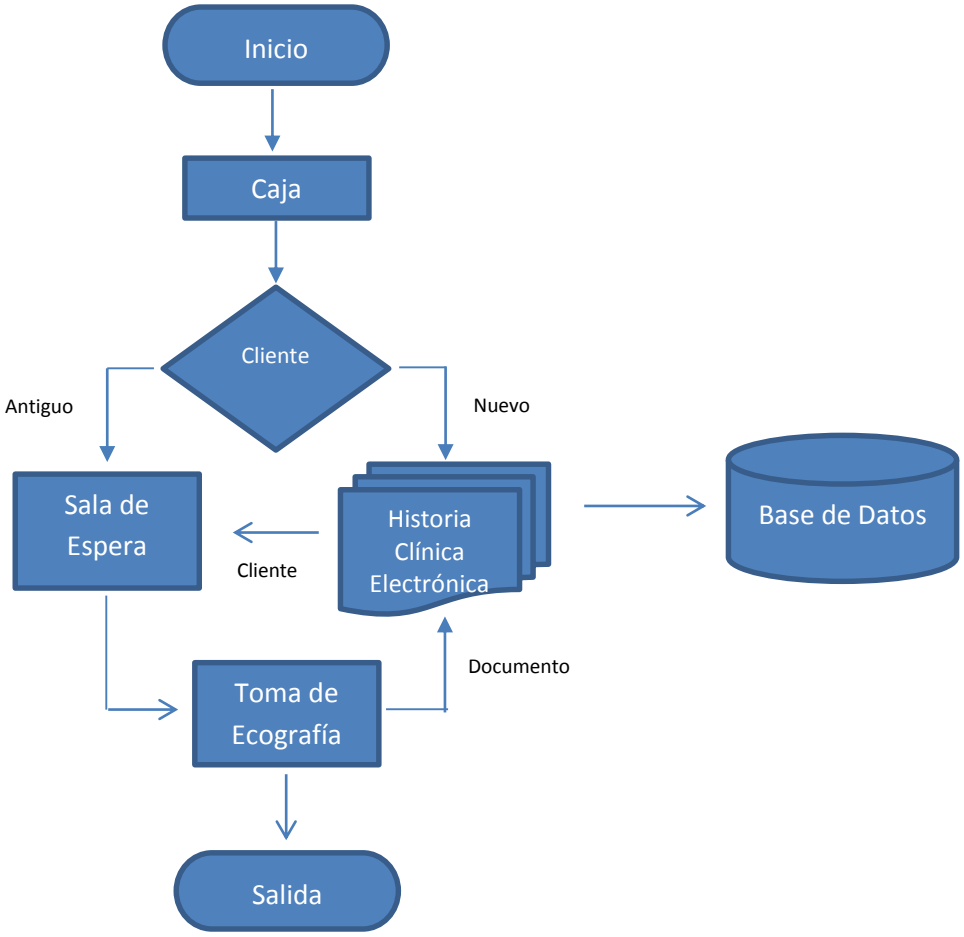


Figura 13. Flujograma del servicio
Elaboración propia.

3.2.12 Descripción del modelo orientado a los eventos del sistema

- Los eventos. Los eventos son las acciones realizadas en cada estación: Caja, Historia Clínica, Sala de Espera y Servicio de Ecografía.
- Condición de activación de cada evento. La condición de activación de cada evento es el retiro de la entidad al siguiente módulo.
- Cálculo de las medidas del comportamiento del sistema. Las medidas de tiempo del sistema ya se encuentran estandarizadas por los administradores del servicio.
- Condiciones iniciales y finales de la simulación. La condición inicial de la simulación es con cero entidades, de la misma forma al realizase las corridas y al finalizar las mismas terminarán con cero entidades.

Método adecuado de recogida de datos.

Se hicieron observaciones en el lugar de servicio para conocer la forma de operar del Sistema. El Administrador del Sistema brindó la información estadística de la producción del servicio en forma horaria, semanal y mensual. Se comprobó también la realidad de las variables del servicio con las cuales se trabajó el modelo.

Instrumento

Se preparó una lista de chequeo (Anexo 5) para verificar el funcionamiento del flujo de información con los datos de los servicios de ecografía obteniéndose los siguientes datos:

Horario de Servicio:

8:00 hrs. a 22:00 hrs. (14 horas de servicio continuo por día)

Clientes por hora día promedio:

Se tomaron de la base de datos de la empresa todos los clientes atendidos en las diferentes horas de cada día laborable durante el año 2013, luego se promediaron los clientes por cada hora de atención resultando los promedios por hora (redondeo por defecto) como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 3. Promedio de clientes diarios

h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
n°	2	4	5	6	8	4	3	5	4	9	7	3	2	0

Se hace mención que existen 3 turnos de 4 horas cada uno y descanso de 20 minutos por el profesional de cada turno.

Sexo de clientes:

Hombres: 20%
Mujeres: 80%

Situación de los clientes

Nuevo: 40%
Antiguo: 60%

Porcentajes por tipo de ecografía:

Tabla 4. Clientes por ecografías

Tipos	% Mujeres	% Varones
Transvaginal	50	
Abdomen	30	
Doppler	20	
Rectal		40
Abdominal		60

Precios de las ecografías:

Transvaginal: S/.60.00
Abdomen: S/.30.00
Doppler: S/.90.00
Rectal: S/.50.00
Abdominal: S/.30.00

3.2.13 Parámetros del sistema

Escenarios a simular:

Tabla 5. Escenarios y sus componentes.

Escenarios	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Intervalo en minutos arribo de clientes	30	20	15	10
Clientes/h	2	3	4	6

A continuación se presenta las distribuciones estadísticas de cada módulo[1].

a. Arribo de los Clientes: Distribución Random (Expo)(15')
b. Atención Cajero: Distribución Constante. Tiempo en minutos (2')
c. Clientes Nuevos: Distribución Uniforme. Intervalo de minutos (3,5)
d. Clientes Antiguos: Distribución Constante. Tiempo en minutos (1')
e. Sala de Espera (Tiempo que los clientes manifiestan esperarían): Distribución Constante. Tiempo en minutos (15')
f. Tiempo de atención en el consultorio:

Tabla 6. Distribuciones de cada modulo

Tipos	Distribución	Intervalo en minutos
Transvaginal	Uniforme	(13,16)
Abdomen	Uniforme	(10,15)
Doppler	Uniforme	(15,20)
Rectal (V)	Uniforme	(10,15)
Abdominal (V)	Uniforme	(8,13)

Generador de números aleatorios

Para comprobar la calidad de la data obtenida y conocer la correcta distribución estadística se ha empleado hoja de cálculo Excel y siguiendo el orden de comandos: Archivo, Opciones, Complementos, Ir, Herramientas para Análisis, se han generado una serie de 4200 observaciones independientes (arribo de clientes) producto de 300 días útiles por 14 horas diarias, siendo distribuidas según el generador de números aleatorios, y siguiendo la fórmula adecuada para obtener las observaciones (clientes/h) por el método de Montecarlo, donde cada número aleatorio r_i se compara si es menor que alguno de los valores acumulados en la columna P(x) de la Tabla 7, y en caso así sea se asigna el valor correspondiente de la columna x.

Se hace mención que para transformar los números h_i (Hora) en el intervalo (0,1) se usa la ecuación: $r_i = \frac{h_i}{m-1}$ donde m es la cantidad de números aleatorios a generar, para este caso se generaron 4200.

[1] Fuente: Todos los datos fueron provistos por la Administración del Sistema. La empresa no permite la salida de documentos con datos o información de su producción.

Cálculo del tipo de probabilidad

La fórmula de la distribución empleada para definir la serie es la siguiente:

$$p(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Media: clientes/hora = $\boldsymbol{\lambda}$ = 4

Tabla 7. Números aleatorios generados

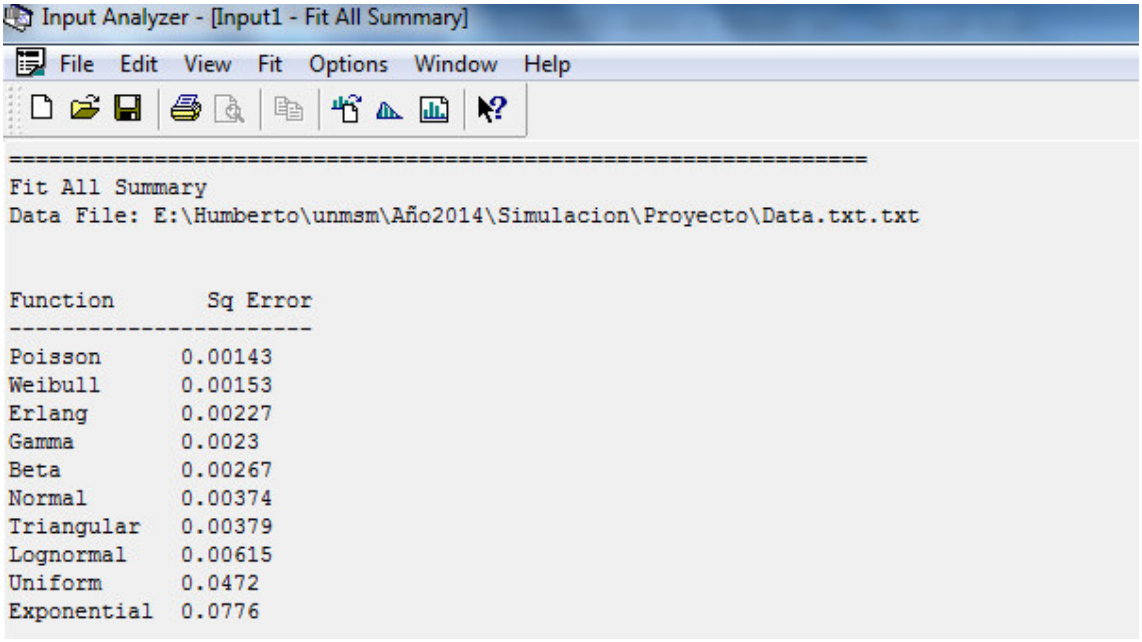
x	p(x)	P(x)	Hora	r_i	Clientes/h
0	0.018315639	0.01831564	1	0.76250721	5
1	0.073262556	0.09157819	2	0.10612349	2
2	0.146525111	0.23810331	3	0.25642232	3
3	0.195366815	0.43347012	4	0.16347815	2
4	0.195366815	0.62883694	5	0.18184902	2
5	0.156293452	0.78513039	6	0.65104432	5
6	0.104195635	0.88932602	7	0.84983167	6
7	0.059540363	0.94886638	8	0.78419547	5
8	0.029770181	0.97863657	9	0.29458192	3
9	0.013231192	0.99186776	10	0.38350745	3
			11	0.47605385	4
			12	0.81417725	6
			13	0.69242001	5
			14	0.56603579	4
			15	0.98126207	9
			16	0.46870853	4
			17	0.00734177	0

Sigue … 4200

Utilizando la herramienta Input Analyzer del software ARENA (Tools)

Los números generados en la columna Clientes/h se ingresan en un archivo en formato de texto a la herramienta Input Anlyzer del software ARENA el cual analiza los datos y arroja los diferentes resultados de errores al cuadrado de las diferentes distribuciones estadísticas en forma ascendente. Para este caso la distribución que mejor se adecúa es la distribución de Poisson como lo demuestra (Figura 14) la imagen de la ventana respectiva.

Figura 14. Comprobación de la distribución estadística.
Elaboración propia.



Comprobación de la Serie

Con la misma herramienta del software ARENA, el Input Analyzer verifica que la serie generada de la columna Clientes/h presenta el histograma y la distribución de Poisson garantizando la calidad de los datos y demostrándose el buen procedimiento de la investigación como se puede verificar con la imagen siguiente (Figura 15) con los estadísticos conocidos, en la ventana respectiva.

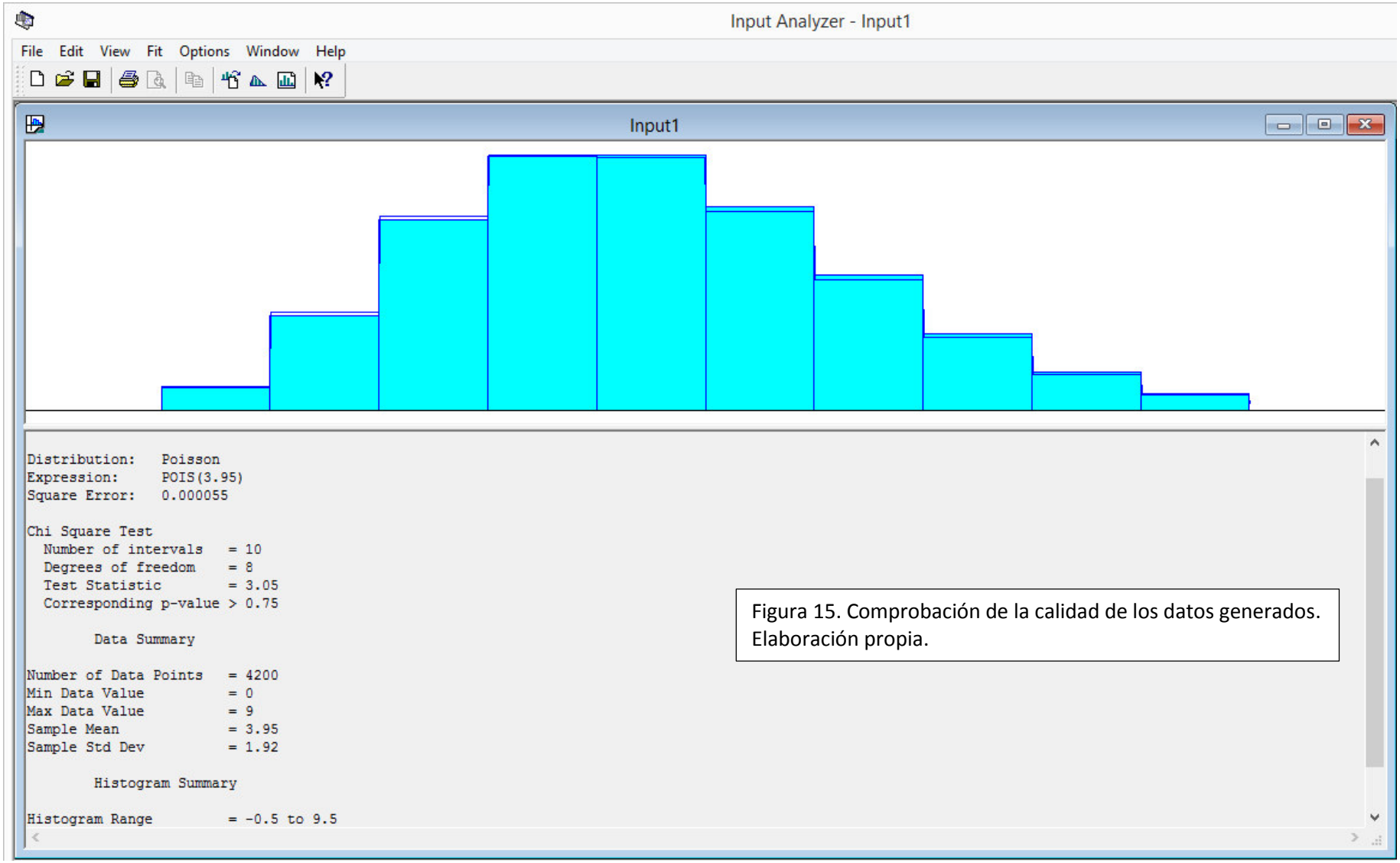


Figura 15. Comprobación de la calidad de los datos generados. Elaboración propia.

3.2.14 El Software de simulación ARENA®

El software ARENA® se origina en 1982 cuando Dennis Pedgen publicó el primer lenguaje de simulación de propósito general para modelar sistemas de manufactura en una PC.

El software ARENA® es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos. Este software integra, en un ambiente amigable y comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa.

Pocas decisiones de negocio son sencillas. Los cambios en un área de un negocio impactan otras áreas, a menudo en formas no previstas. Un software de simulación de procesos de negocio es una manera eficaz para evaluar las consecuencias de las decisiones de negocio antes de su puesta en práctica.

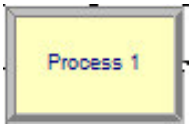
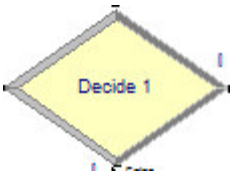
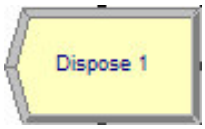
Cuando se desarrolla modelos de simulación mediante este software tiene ventajas que se pueden mostrar como:

- Es una herramienta de simulación poderosa.
- Contiene un entorno amigable especialmente diseñado para personas que no poseen conocimientos de programación.
- Sus utilitarios son de fácil manipulación.
- Cuenta con excelente capacidad gráfica.
- Ofrece gran versatilidad pues puede modelar diversos tipos de sistemas (empresas).
- Es compatible con Microsoft Office porque las barras de herramientas, los menús y las teclas aceleradoras de este software son similares a los que usa Microsoft Office.

Módulos de ARENA®

En este proyecto se han utilizado los módulos básicos (Basic Process) con el fin de que el lector o interesados en éste método de Simulación cuenten con las facilidades de entender el proceso. Los módulos usados son los siguientes:

Tabla 8. Módulos de ARENA

	Este módulo es usado para generar una o más entidades que ingresarán el modelo del sistema. En este se especifica el tiempo entre arribos de las entidades, el número de entidades por arribo y la hora en que debe aparecer la primera entidad que ingresa al sistema.
	Este módulo ejecuta la actividad que debe realizar la entidad en el sistema. Lo esencial es saber el impacto en términos de consumo de tiempo, utilización del recurso cualquier otra lógica que impacte el desempeño del sistema.
	Este módulo se utiliza en los procesos de toma de decisiones en el sistema. Incluye opciones para tomar decisiones basadas en una o más condiciones o en una o más probabilidades. Las condiciones pueden basarse en valores de atributos, valores de variables, tipos de entidad o expresiones. Posee una entrada y dos salidas. Si la expresión evaluada es verdadera entonces la entidad sale hacia la derecha; de lo contrario, sale hacia abajo.
	Mediante este módulo se asignan valores a Variables, Atributos, Arreglos, Tipos de Entidad y otros.
	Este módulo se utiliza en la recolección de estadísticas en el reporte de resultados del modelo simulado. Proporciona diversos tipos de estadísticas, incluyendo el tiempo de permanencia en el sistema, el tiempo entre arribos, conteo de entidades y estadísticas de tiempo y costo.
	Este módulo representa la salida de las entidades. Hay una variable que va contabilizando el número de entidades que pasan por el módulo Dispose.

3.3 El Modelo del Sistema con ARENA

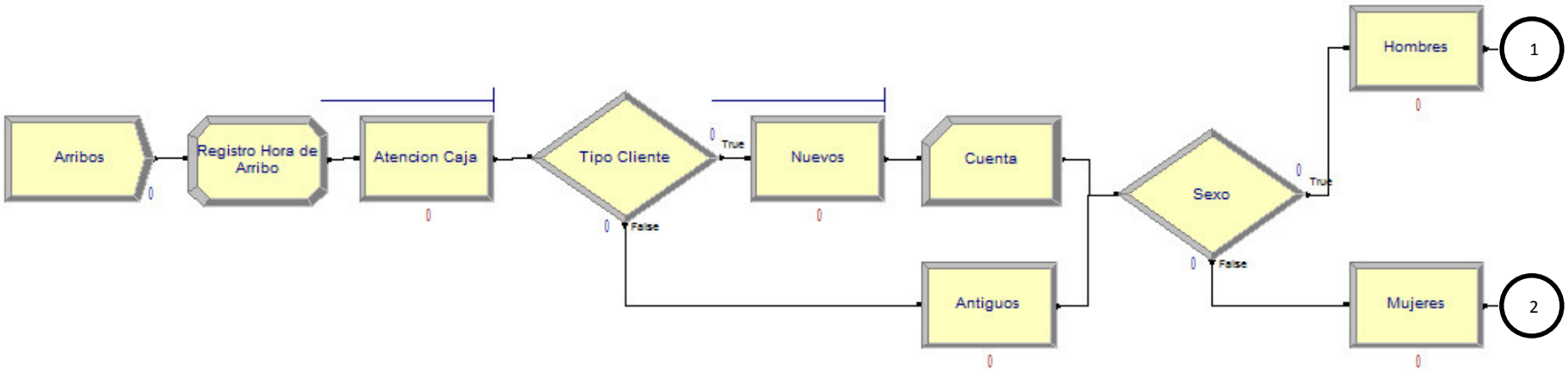


Figura 16. Modelado primera sección

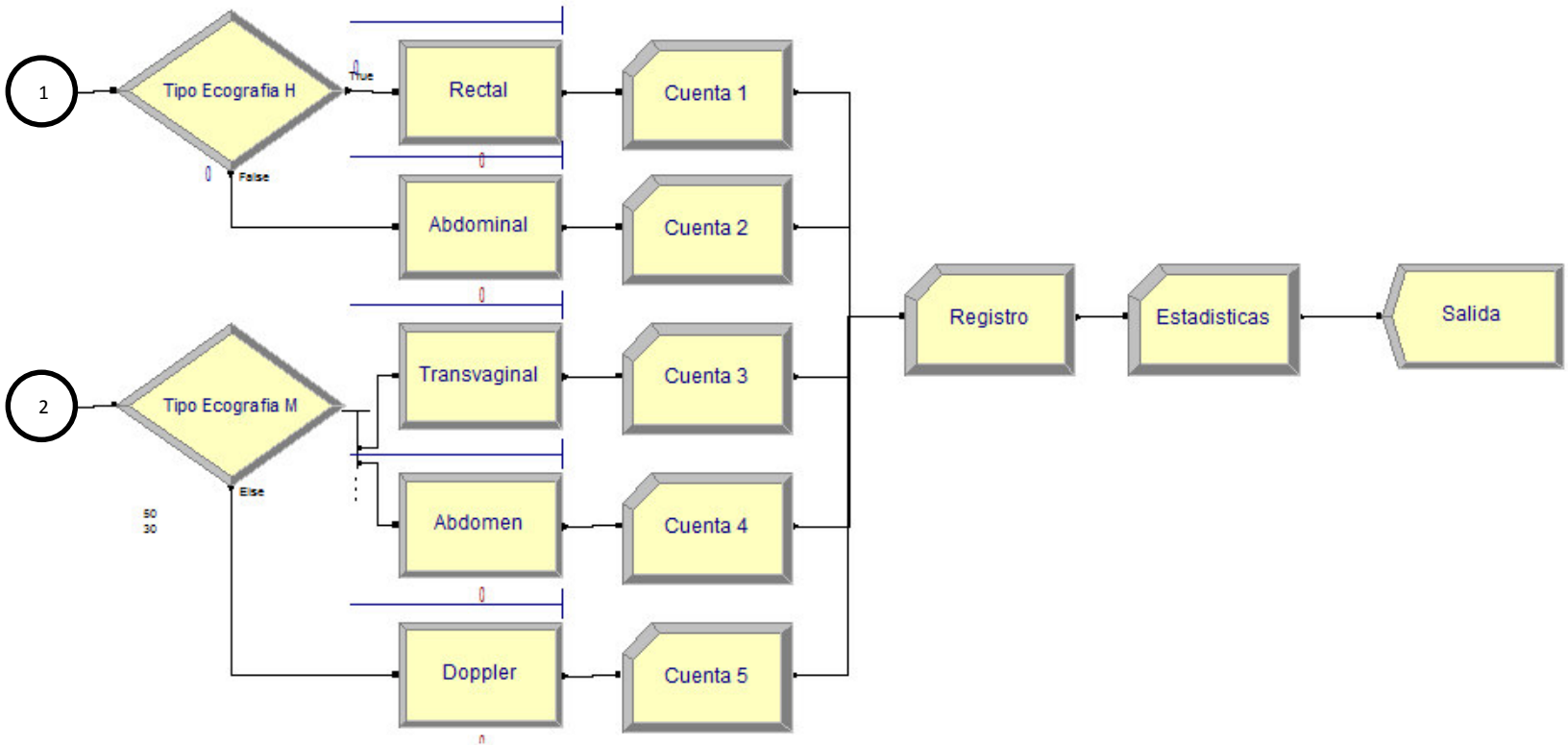
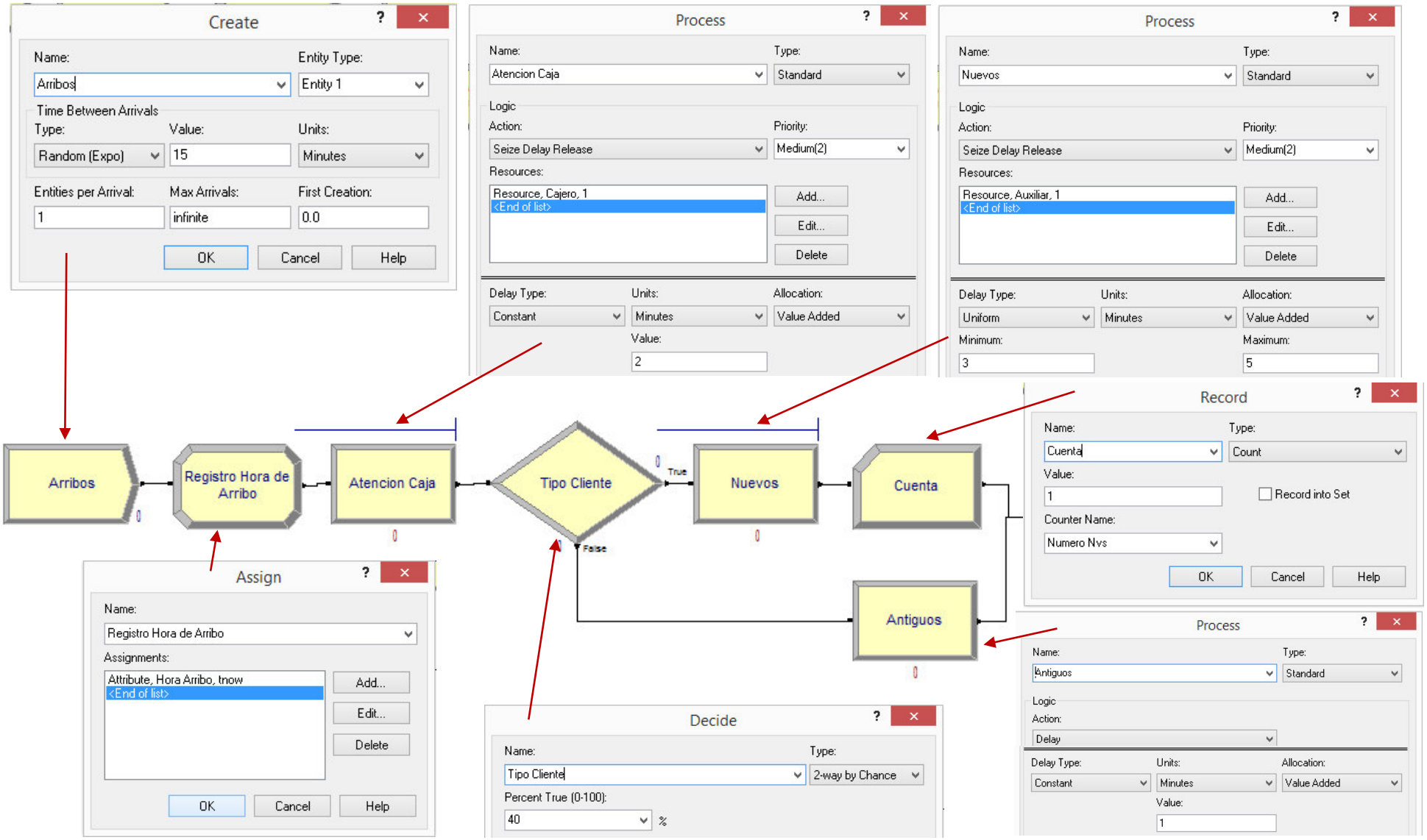
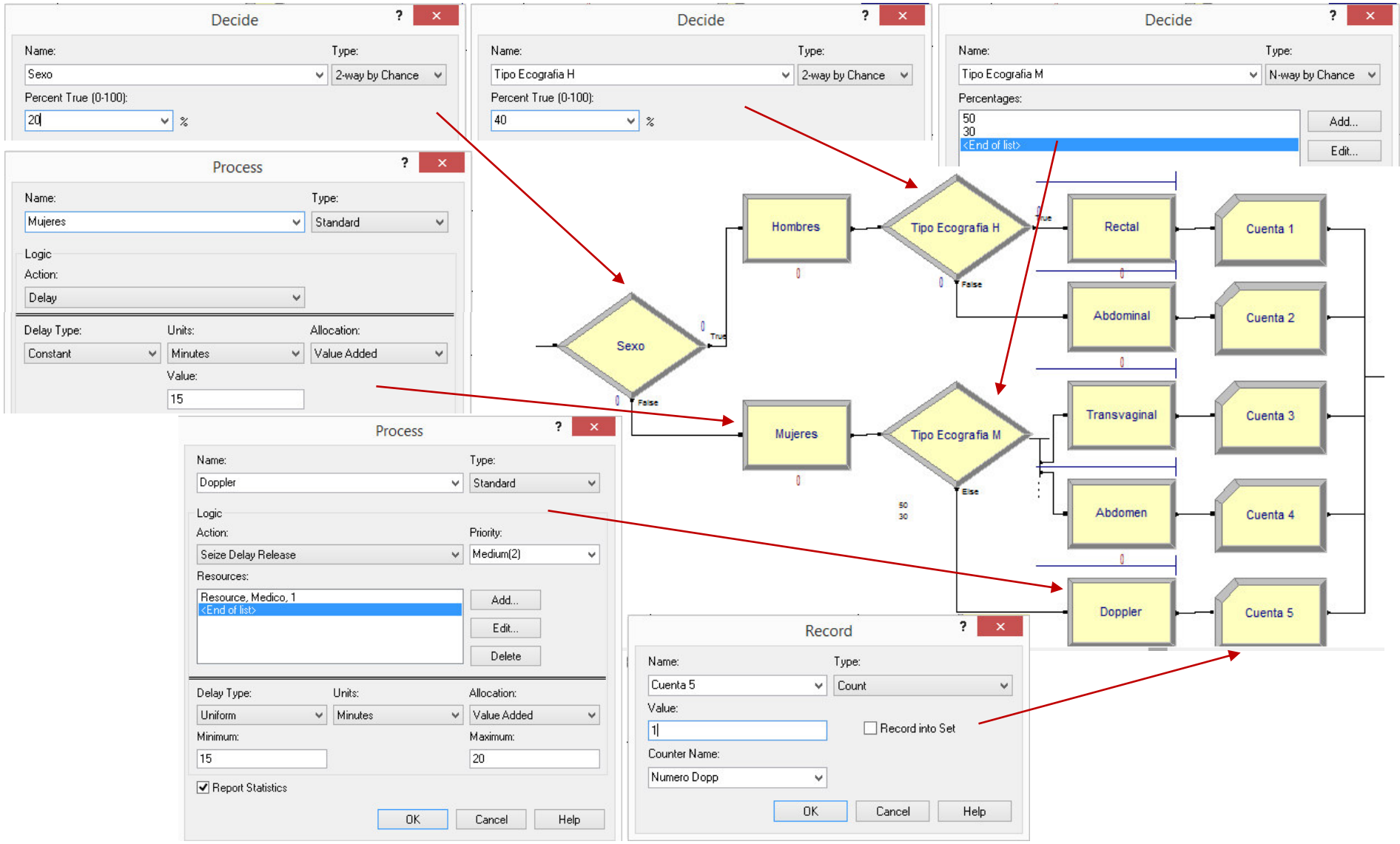
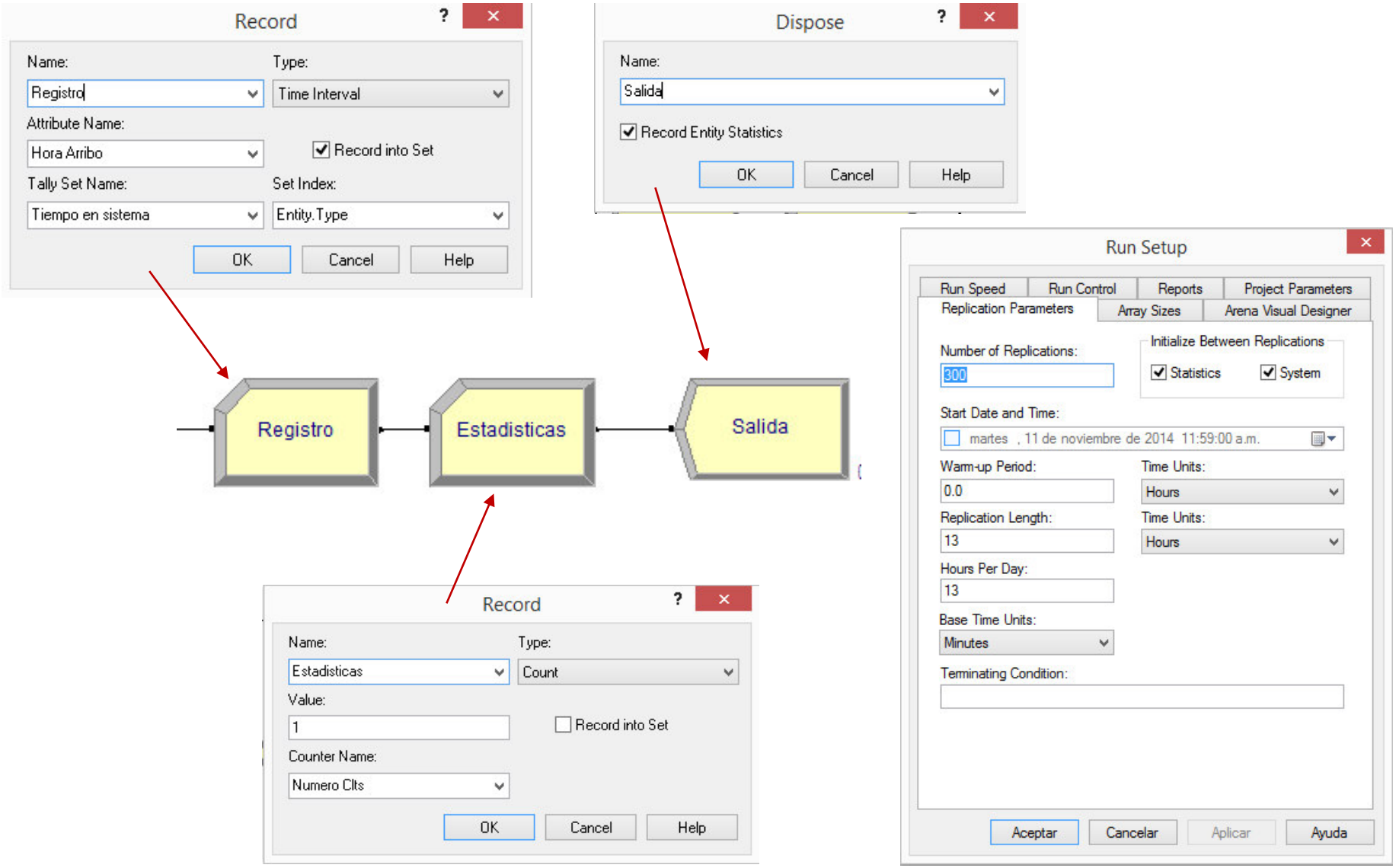


Figura 17. Modelado segunda sección


Create
Name:
Arribos
Entity Type:
Entity 1
Time Between Arrivals
Type:
Random (Expo)
Value:
15
Units:
Minutes
Entities per Arrival:
1
Max Arrivals:
infinite
First Creation:
0.0
OK
Cancel
Help
Process
Name:
Atencion Caja
Type:
Standard
Logic
Action:
Seize Delay Release
Priority:
Medium(2)
Resources:
Resource, Cajero, 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Delay Type:
Constant
Units:
Minutes
Allocation:
Value Added
Value:
2
Process
Name:
Nuevos
Type:
Standard
Logic
Action:
Seize Delay Release
Priority:
Medium(2)
Resources:
Resource, Auxiliar, 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Delay Type:
Uniform
Units:
Minutes
Allocation:
Value Added
Minimum:
3
Maximum:
5
Arribos
Registro Hora de Arribo
Atencion Caja
Tipo Cliente
True
False
Nuevos
Cuenta
Antiguos
Record
Name:
Cuenta
Type:
Count
Value:
1
Record into Set
Counter Name:
Numero Nvs
OK
Cancel
Help
Assign
Name:
Registro Hora de Arribo
Assignments:
Attribute, Hora Arribo, tnow
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
OK
Cancel
Help
Decide
Name:
Tipo Cliente
Type:
2-way by Chance
Percent True (0-100):
40
%
Process
Name:
Antiguos
Type:
Standard
Logic
Action:
Delay
Delay Type:
Constant
Units:
Minutes
Allocation:
Value Added
Value:
1


Decide
Name:
Sexo
Type:
2-way by Chance
Percent True (0-100):
20
%
Decide
Name:
Tipo Ecografia H
Type:
2-way by Chance
Percent True (0-100):
40
%
Decide
Name:
Tipo Ecografia M
Type:
N-way by Chance
Percentages:
50
30
<End of list>
Add...
Edit...
Process
Name:
Mujeres
Type:
Standard
Logic
Action:
Delay
Delay Type:
Constant
Units:
Minutes
Allocation:
Value Added
Value:
15
Process
Name:
Doppler
Type:
Standard
Logic
Action:
Seize Delay Release
Priority:
Medium(2)
Resources:
Resource, Medico, 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Delay Type:
Uniform
Units:
Minutes
Allocation:
Value Added
Minimum:
15
Maximum:
20
Report Statistics
OK
Cancel
Help
Record
Name:
Cuenta 5
Type:
Count
Value:
1
Record into Set
Counter Name:
Numero Dopp
OK
Cancel
Help
Sexo
Hombres
Mujeres
Tipo Ecografia H
Tipo Ecografia M
Rectal
Abdominal
Transvaginal
Abdomen
Doppler
Cuenta 1
Cuenta 2
Cuenta 3
Cuenta 4
Cuenta 5
True
False
Else
50
30


Record
Name:
Registro
Type:
Time Interval
Attribute Name:
Hora Arribo
Record into Set
Tally Set Name:
Tiempo en sistema
Set Index:
Entity.Type
OK
Cancel
Help
Dispose
Name:
Salida
Record Entity Statistics
OK
Cancel
Help
Registro
Estadisticas
Salida
Record
Name:
Estadisticas
Type:
Count
Value:
1
Record into Set
Counter Name:
Numero Clts
OK
Cancel
Help
Run Setup
Run Speed
Run Control
Reports
Project Parameters
Replication Parameters
Array Sizes
Arena Visual Designer
Number of Replications:
300
Initialize Between Replications
Statistics
System
Start Date and Time:
martes , 11 de noviembre de 2014 11:59:00 a.m.
Warm-up Period:
0.0
Time Units:
Hours
Replication Length:
13
Time Units:
Hours
Hours Per Day:
13
Base Time Units:
Minutes
Terminating Condition:
Aceptar
Cancelar
Aplicar
Ayuda

CAPITULO IV

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del estudio en base a los objetivos planteados y se procederá a la validación de las hipótesis propuestas en el Capítulo I.

5.1 Resultados de escenarios de simulación y análisis de resultados obtenidos.

Tabla 9. Resultados de Escenarios

Escenarios	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Clientes por hora	2	3	4	5
Minutos entre arribos	30	20	15	12
Ingresan al sistema	26	38	49	66
Atendidos del sistema	26	38	48	52
Atendidos por Recursos				
- Auxiliar (Nuevos)	10	16	22	26
- Cajero	26	38	49	66
- Médico	26	38	48	52
Atendidos por Servicios				
- Abdomen	3	5	6	6
- Abdominal (Varones)	6	9	11	13
- Doppler	4	6	8	8
- Rectal (Varones)	2	3	4	4
- Transvaginal	11	15	19	21
Tiempos				
- Tiempo promedio atención	33.0843	33.0385	33.1027	33.0686
- Tiempo promedio en cola	5.7073	12.3830	34.7586	71.2951
- Tiempo total de espera	38.7916	45.4215	67.8612	104.3300
- Tiempo promedio no utilizado	20.7123	9.4567	0.0	0.0
Tiempos por Tipo servicio				
- Abdomen	5.5673	12.6686	35.4716	72.0084
- Abdominal (Varones)	5.3521	12.4761	35.5163	72.4464
- Doppler	5.3976	12.5752	33.4216	69.7458
- Rectal (Varones)	4.9006	11.9115	31.7542	71.8107
- Transvaginal	5.8204	11.9037	35.1308	72.5397

5.2 Validación de hipótesis

Por lo que se realiza la validación de la hipótesis general[2]:

H0: Si se utiliza la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado, entonces es posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud.

Cuya hipótesis alternativa es:

H1: No es posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud, si se utiliza la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la columna del escenario tercero de la Tabla 9 se demuestra la hipótesis H0, donde se puede observar que el tiempo de espera de los clientes está conforme a estándares internacionales (cuatro clientes por hora) y se reducen los tiempos promedio no utilizados a cero.

También se realiza la validación de la hipótesis H01:

H01: Si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces es posible determinar cuáles son los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía.

Cuya hipótesis alternativa es:

H11: No es posible determinar cuáles son los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía, si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la columna del escenario tercero de la Tabla 9 y comparando con las otras columnas se demuestra la hipótesis H01, donde se puede observar que no se quedan clientes sin atender como en el

[2] Detalles de los escenarios se incluyen en Anexos 1-4

escenario cuarto y se obtiene casi similar volumen de ingresos como se puede verificar en cuadro económico de la Tabla 10.

También se realiza la validación de la hipótesis H02:

H02: Si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces es posible afirmar la necesidad de comprar un nuevo equipo de ecografía.

Cuya hipótesis alternativa es:

H12: No es posible es posible afirmar la necesidad de comprar un nuevo equipo de ecografía, si se utiliza la simulación de sistemas con modelo de colas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la columna del escenario cuarto de la Tabla 9 y comparando con las otras columnas se demuestra la hipótesis H02, donde se verifica la necesidad de adquirir un nuevo equipo de ecografía al no poder brindar atención a todos los demandantes del servicio definidos como los que ingresan al sistema contrastados con los atendidos del sistema.

5.3 Cuadro económico con resultados de acuerdo a escenarios. Moneda nacional.

Atendidos por Servicios

Tabla 10. Cuadro económico con resultados

Escenarios			**Primero**			**Segundo**			**Tercero**			**Cuarto**		
Servicios	Precio S/.	Costo S/.	Unid	Costo	Utilid	Unid	Costo	Utilid	Unid	Costo	Utilid	Unid	Costo	Utilid
- Abdomen	30	24	3	72	18	5	120	30	6	144	36	6	144	36
- Abdominal (V)	30	24	6	144	36	9	216	54	11	264	66	13	312	78
- Doppler	90	66	4	264	96	6	396	144	8	528	192	8	528	192
- Rectal (V)	50	40	2	80	20	3	120	30	4	160	40	4	160	40
- Transvaginal	60	48	11	528	132	15	720	180	19	912	228	21	1008	252
Totales por día			**26**	**1088**	**302**	**38**	**1572**	**438**	**48**	**2008**	**562**	**52**	**2152**	**598**
Totales por mes					**7550**			**10950**			**14050**			**14950**
Meses para recuperar la inversión				**32**			**22**			**17**			**16**	

Es evidente que el cuarto escenario es el que mejor utilidades netas reporta a la empresa como consecuencia de una mejor mezcla de servicios de ecografía. Sin embargo la mayor utilidad no es relevante considerando el número de clientes que se quedaron sin atender y el mayor tiempo de espera.

Por lo mencionado, entonces se recomienda trabajar con el tercer escenario porque no quedan clientes sin ser atendidos y los ingresos son casi similares al cuarto escenario.

Adicionalmente se demuestra que la inversión en el nuevo ecógrafo se recupera en el mes 17.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Al utilizar la Teoría de Sistemas con modelo de colas en un sistema simulado, entonces ha sido posible mejorar el tiempo de operatividad de los servicios de ecografía en el establecimiento de salud.

2. Al utilizar la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces ha sido posible determinar cuáles son los niveles óptimos de tiempos de atención, producción y rentabilidad del servicio de ecografía.

3. Al utilizar la simulación de sistemas con modelo de colas, entonces ha sido posible confirmar la necesidad de comprar un nuevo equipo de ecografía para la empresa.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda a la empresa MEDICAL IMAGES SAC debe mantener la calidad de sus servicios cuidando no exceder el promedio de atención de cuatro clientes por hora.

2. Se recomienda a la empresa cuidar superar el promedio mencionado porque tendría dificultades de atención porque su actual ecógrafo y personal médico no podrían atender el exceso de capacidad instalada.

3. Se recomienda que cuando la empresa ya se acerque a la productividad del cuarto escenario entonces debería ejecutar la compra de un nuevo equipo de ecografía.

4. Se recomienda que con el nuevo equipo se deberían mantener similares o mejores promedios de atención del escenario tercero para que la calidad del servicio y tiempos de espera deseables se mantengan.

5. Se recomienda a los responsables del servicio usar periódicamente el modelo para conocer la evolución del servicio y saber el momento oportuno de hacer los ajustes necesarios.

6. Se recomienda a futuros investigadores profundizar el tema de investigación en el aspecto económico para analizar el impacto del modelo.

REFERENCIAS

Azarang, M. R. & García Dunna E. (1996). *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. México. McGrawHill/ Interamericana.

Baesler F. & Sepúlveda J & García A. & Pezo M. & Rodríguez M., (2001). *El uso de simulación en el análisis del flujo de pacientes en sistemas de salud.* Universidad del BioBio, Chile.

Betancur, I., (2012). *Salud comunitaria: Operacionalización de variables*. Docente Departamento de Salud Pública. Facultad de Ciencias para la Salud. Universidad de Caldas.

Fernandez de Cañete J., (2010). *Introducción al Modelado de sistemas* [Online] // Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. http://www.isa.uma.es/C17/Presentaciones%20de%20Clase%20(ppt)/Document%20Library/INTRODUCION%2 0AL%20MODELADO%20DE%20SISTEMAS.pdf.

Gonzales J., (2010). *Modelamiento y simulación computacional de la red de consultas médicas de un servicio público de salud chileno*. Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Salud Pública. Rev. Panam. Salud Pública 27(3).

González, C., (2014). *Análisis de un sistema de distribución de medicamentos en servicios de hospitalización: Una aplicación de simulación y de programación lineal.* Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.

Guasch A., (2002). [et al.] *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios.* [Book]. – Barcelona, UPC, p. 15.

Kelton, D. & Sadowsky, R. & Sturrock, D., (2004). *Simulation with Arena*. Cuarta Edición. McGrawHill.

Law A. & Kelton D., (2001). *Simulation Modeling and Analysis* [Book]. - New York. McGraw Hill, Tercera, p. 4.

Pantoja L. & Garavito L., (2010). *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.* Ingeniería e Investigación; Vol. 28, núm. 1 (2008); 146-153 Ingeniería e Investigación; Vol. 28, núm. 1.

Pardo L. & Valdez T., (1987). *Simulación Aplicaciones Prácticas en la empresa*. Ediciones Díaz Santos.

Rico R. & Martínez S., (2008). *El sistema de actividad humana como un lenguaje de modelación.* http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/lenguaje-demodelacion-en-sistemas.htm#mas-autor

Sandoval L., (2005). *Principios de Simulación*. Cuadernillo de Simulación. Tecnológico de Estudios Superiores del oriente del Estado de México.

Schmidt J.W & Taylor R.E. (1970). *Simulation and analysis of industrial systems* [Book]. - [s.l.] : Irwind Richard.

Schmitz H. & Kwak N., (1972) *The Monte Carlo simulation of operating-room and recovery-room usage* [Journal] // Operations Research. - 6 : Vol. 20. - pp. 1171-1180.

Simon, H.A., (1977). *The New Science of Management Decisions*. Rev. Ed. Englewood Clifs. N.J. Prentice Hall.

Simon, H.A., (1977). *The New Science of Management Decisions*. Rev. Ed. Englewood Clifs. N.J. Prentice Hall.

Torres, P., (2008). *Simulación de sistemas con ARENA*. Universidad de Lima. Fondo Editorial.

Urquía M., (1994). *Desarrollo en lenguaje Modelica de simuladores de entrenamiento y soporte a la decisión***.** Departamento de Informática y Automática. Escuela Técnica superior de ingeniería Informática, UNED. Madrid, España.

Varkevisser, C., (1995). *Diseño y realización de proyectos de investigación sobre sistemas de salud*. Serie de capacitación en investigación en sistemas de salud. Vol.2, parte 1. Módulo 8.

Velasquez C., (2015). *Procesos Estocásticos*. Editorial El Ayo. Lima. En imprenta.

Vicens E., & Ortiz A., & Guardi, J., (2001). *Métodos Cuantitativos*, Volumen I. Universidad Politécnica de Valencia.

William Aspray (1992). *John von Neumann y los orígenes de la computación moderna*. Gedisa Editorial.

Wong, P., (2011). *Propuesta de mejora del proceso de admisión en una empresa privada que brinda servicios de salud ambulatorios*. Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial, Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Zeigler B., (1976). *Theory of modeling and simulation* [Book]. - Ney York : Wiley & Sons.

ANEXO 1

Datos Primer Escenario

Formato ARENA

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	26

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	33.0843	< 0.06	31.3662	34.5896	26.0059	41.8103

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	5.7073	< 0.40	0.4420	19.8428	0.00	77.1582

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	38.7916	< 0.41	33.0883	54.3217	26.0059	110.39

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	27.1233	0.55	13.0000	42.0000

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	25.7000	0.52	12.0000	39.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1.3266	< 0.04	0.5374	2.6402	0.00	8.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	5.5673	< 0.52	0.00	29.0401	0.00	64.5145
Abdominal.Queue	5.3521	< 0.71	0.00	32.5559	0.00	66.7217
Atencion Caja.Queue	0.07407672	< 0.01	0.00	0.3691	0.00	4.7719
Doppler.Queue	5.3976	< 0.57	0.00	25.7560	0.00	63.3280
Nuevos.Queue	0.08860491	< 0.02	0.00	0.7179	0.00	4.6668
Rectal.Queue	4.9006	< 0.79	0.00	40.3054	0.00	47.8822
Transvaginal.Queue	5.8204	< 0.50	0.00	31.4530	0.00	73.4502

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	0.04697735	< 0.00	0.00	0.2617	0.00	3.0000
Abdominal.Queue	0.02435800	< 0.00	0.00	0.1811	0.00	3.0000
Atencion Caja.Queue	0.00264483	< 0.00	0.00	0.01357762	0.00	3.0000
Doppler.Queue	0.03126102	< 0.00	0.00	0.4293	0.00	2.0000
Nuevos.Queue	0.00134118	< 0.00	0.00	0.01332296	0.00	2.0000
Rectal.Queue	0.01475082	< 0.00	0.00	0.1064	0.00	2.0000
Transvaginal.Queue	0.08513468	< 0.01	0.00	0.4082	0.00	4.0000

Category Overview

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

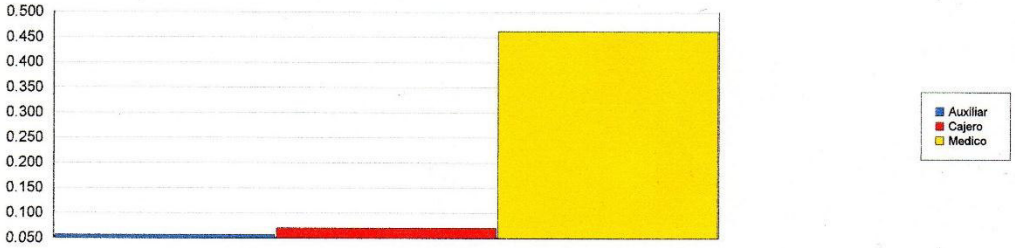
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.05573841	< 0.00	0.01980065	0.1025	0.00	1.0000
Cajero	0.06943967	< 0.00	0.03333333	0.1077	0.00	1.0000
Medico	0.4618	< 0.01	0.2161	0.6961	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.05573841	< 0.00	0.01980065	0.1025	0.00	1.0000
Cajero	0.06943967	< 0.00	0.03333333	0.1077	0.00	1.0000
Medico	0.4618	< 0.01	0.2161	0.6961	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Medico	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	0.05573841	0.00	0.01980065	0.1025
Cajero	0.06943967	0.00	0.03333333	0.1077
Medico	0.4618	0.01	0.2161	0.6961



Category Overview

Values Across All Replications

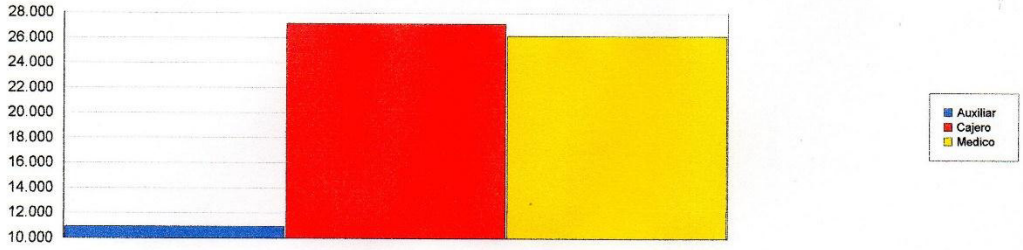
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	10.8967	0.38	4.0000	19.0000
Cajero	27.1200	0.55	13.0000	42.0000
Medico	26.1767	0.53	12.0000	39.0000



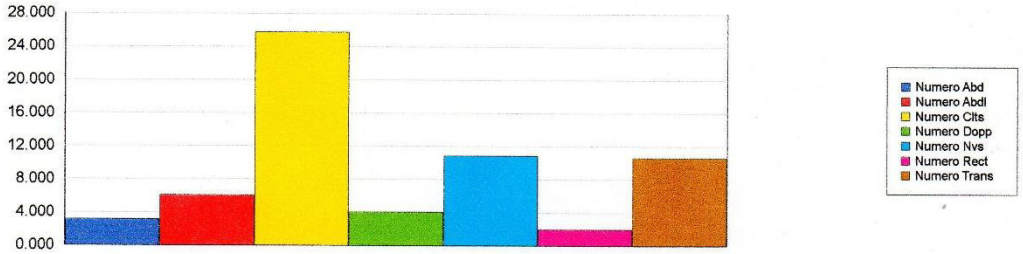
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero Abd	3.1200	< 0.20	0.00	8.0000
Numero Abdl	6.0133	< 0.28	0.00	14.0000
Numero Clts	25.7000	< 0.52	12.0000	39.0000
Numero Dopp	4.0367	< 0.23	0.00	13.0000
Numero Nvs	10.8367	< 0.38	4.0000	19.0000
Numero Rect	1.9533	< 0.17	0.00	7.0000
Numero Trans	10.5767	< 0.34	2.0000	19.0000



Usage

None	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tally 1	38.7916	< 0.41	33.0883	54.3217	26.0059	110.39

ANEXO 2

Datos Segundo Escenario

Formato ARENA

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	38

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	33.0385	< 0.05	31.8340	34.3316	26.0044	41.7651

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	12.3830	< 0.86	2.1856	54.5601	0.00	168.99

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	45.4215	< 0.87	35.0784	87.6194	26.0216	202.14

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	39.9733	0.73	25.0000	58.0000

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	37.5500	0.67	22.0000	54.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2.3218	< 0.08	1.1541	5.5482	0.00	15.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	12.6686	< 1.10	0.4401	85.7732	0.00	157.70
Abdominal.Queue	12.4761	< 1.30	0.00	77.7693	0.00	136.06
Atencion Caja.Queue	0.1070	< 0.01	0.00	0.3841	0.00	4.7815
Doppler.Queue	12.5752	< 1.13	0.00	54.7008	0.00	119.98
Nuevos.Queue	0.1247	< 0.02	0.00	1.1290	0.00	5.3735
Rectal.Queue	11.9115	< 1.23	0.00	60.7147	0.00	168.99
Transvaginal.Queue	11.9037	< 0.84	1.6910	43.3709	0.00	168.73

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	0.1637	< 0.02	0.00338576	1.3196	0.00	6.0000
Abdominal.Queue	0.08123594	< 0.01	0.00	0.4798	0.00	4.0000
Atencion Caja.Queue	0.00561991	< 0.00	0.00	0.02560860	0.00	3.0000
Doppler.Queue	0.1082	< 0.01	0.00	0.7531	0.00	4.0000
Nuevos.Queue	0.00267958	< 0.00	0.00	0.02750141	0.00	2.0000
Rectal.Queue	0.05432744	< 0.01	0.00	0.3245	0.00	3.0000
Transvaginal.Queue	0.2591	< 0.02	0.01174493	1.2233	0.00	5.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

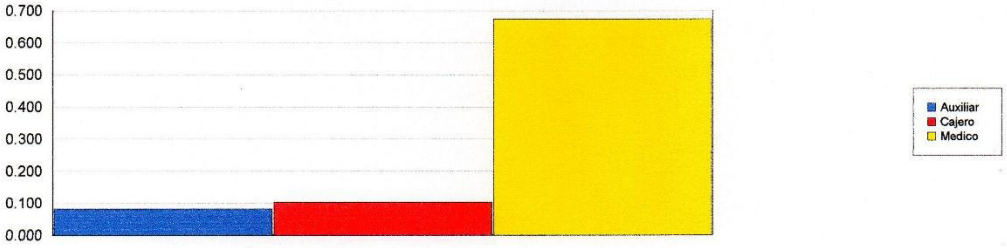
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.08103245	< 0.00	0.02959272	0.1432	0.00	1.0000
Cajero	0.1024	< 0.00	0.06410256	0.1487	0.00	1.0000
Medico	0.6733	< 0.01	0.4113	0.9583	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.08103245	< 0.00	0.02959272	0.1432	0.00	1.0000
Cajero	0.1024	< 0.00	0.06410256	0.1487	0.00	1.0000
Medico	0.6733	< 0.01	0.4113	0.9583	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Medico	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	0.08103245	0.00	0.02959272	0.1432
Cajero	0.1024	0.00	0.06410256	0.1487
Medico	0.6733	0.01	0.4113	0.9583



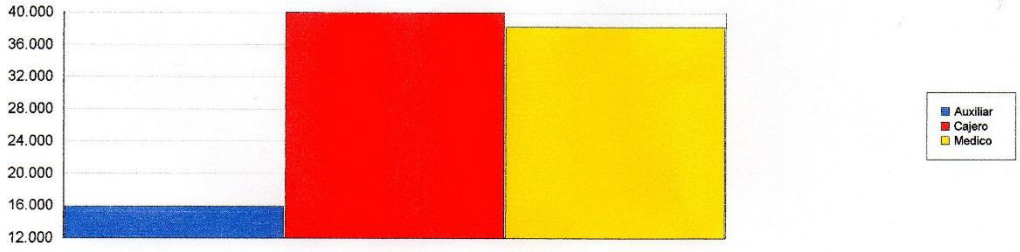
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	15.8567	0.47	5.0000	28.0000
Cajero	39.9733	0.73	25.0000	58.0000
Medico	38.2433	0.67	23.0000	55.0000



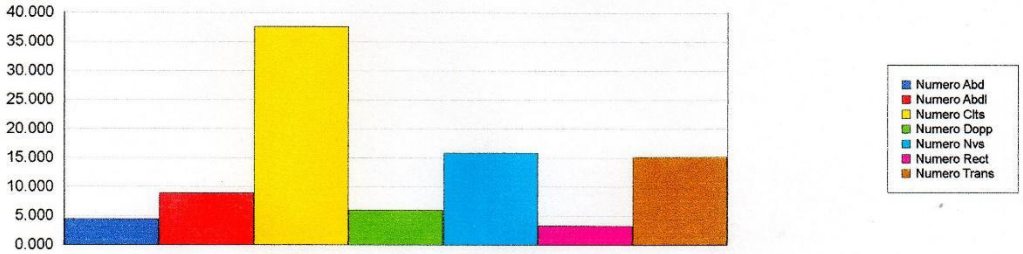
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero Abd	4.4200	< 0.24	0.00	11.0000
Numero Abdl	8.8867	< 0.34	2.0000	16.0000
Numero Clts	37.5500	< 0.67	22.0000	54.0000
Numero Dopp	5.9300	< 0.29	0.00	13.0000
Numero Nvs	15.8033	< 0.47	5.0000	28.0000
Numero Rect	3.2067	< 0.21	0.00	9.0000
Numero Trans	15.1067	< 0.43	5.0000	28.0000



Usage

None	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tally 1	45.4215	< 0.87	35.0784	87.6194	26.0216	202.14

ANEXO 3

Datos Tercer Escenario

Formato ARENA

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	48

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	33.1027	< 0.05	32.1754	34.5455	26.0015	41.9315

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	34.7586	< 2.59	3.4852	123.62	0.00	258.29

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	67.8612	< 2.60	35.8748	156.76	26.0015	286.91

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	53.7133	0.80	31.0000	71.0000

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	47.6833	0.54	29.0000	57.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	4.6721	< 0.24	1.3719	12.8957	0.00	22.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	35.4716	< 2.90	0.8889	141.09	0.00	256.43
Abdominal.Queue	35.5163	< 2.92	0.9801	160.53	0.00	258.29
Atencion Caja.Queue	0.1473	< 0.01	0.00433072	0.5073	0.00	7.0594
Doppler.Queue	33.4216	< 2.66	0.00	128.25	0.00	247.87
Nuevos.Queue	0.1850	< 0.02	0.00	0.7369	0.00	6.6635
Rectal.Queue	31.7542	< 2.89	0.00	161.17	0.00	216.88
Transvaginal.Queue	35.1308	< 2.70	2.7201	139.58	0.00	254.54

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	0.5973	< 0.06	0.02059884	3.1530	0.00	8.0000
Abdominal.Queue	0.2939	< 0.03	0.00376981	1.3958	0.00	6.0000
Atencion Caja.Queue	0.01037920	< 0.00	0.00024985	0.03707499	0.00	4.0000
Doppler.Queue	0.3981	< 0.04	0.00	2.1412	0.00	5.0000
Nuevos.Queue	0.00544740	< 0.00	0.00	0.02447860	0.00	2.0000
Rectal.Queue	0.1816	< 0.02	0.00	1.1208	0.00	4.0000
Transvaginal.Queue	1.0207	< 0.09	0.04882151	5.4951	0.00	12.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

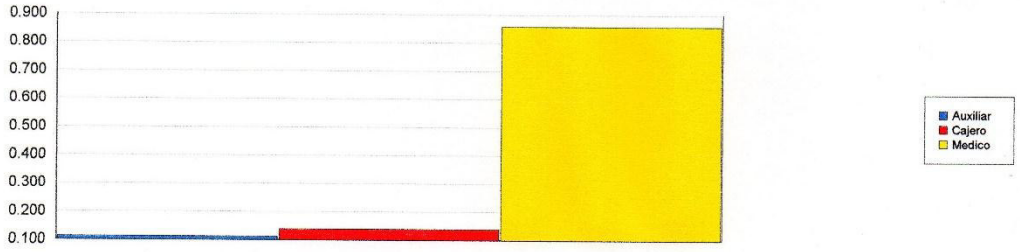
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.1112	< 0.00	0.05095878	0.1644	0.00	1.0000
Cajero	0.1375	< 0.00	0.07948718	0.1821	0.00	1.0000
Medico	0.8573	< 0.01	0.4936	0.9769	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.1112	< 0.00	0.05095878	0.1644	0.00	1.0000
Cajero	0.1375	< 0.00	0.07948718	0.1821	0.00	1.0000
Medico	0.8573	< 0.01	0.4936	0.9769	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Medico	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	0.1112	0.00	0.05095878	0.1644
Cajero	0.1375	0.00	0.07948718	0.1821
Medico	0.8573	0.01	0.4936	0.9769



Category Overview

Values Across All Replications

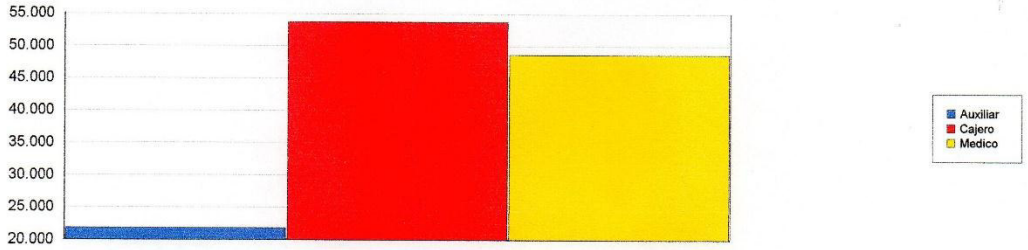
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	21.7567	0.50	10.0000	33.0000
Cajero	53.7033	0.80	31.0000	71.0000
Medico	48.6200	0.55	29.0000	58.0000



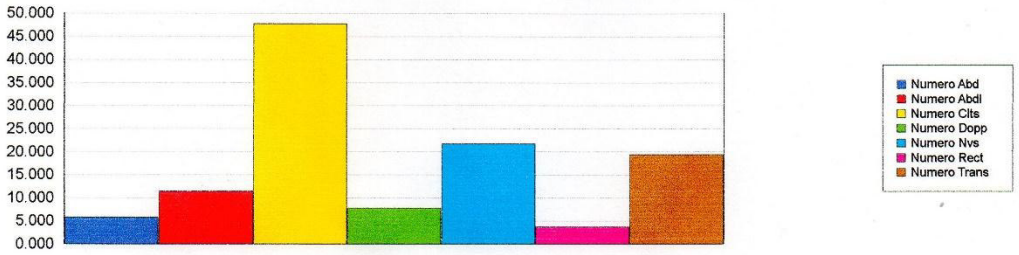
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero Abd	5.7367	< 0.27	1.0000	14.0000
Numero Abdl	11.3567	< 0.36	4.0000	20.0000
Numero Clts	47.6833	< 0.54	29.0000	57.0000
Numero Dopp	7.6767	< 0.30	1.0000	15.0000
Numero Nvs	21.6533	< 0.50	10.0000	33.0000
Numero Rect	3.5967	< 0.23	0.00	11.0000
Numero Trans	19.3167	< 0.43	9.0000	29.0000



Usage

None	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tally 1	67.8612	< 2.60	35.8748	156.76	26.0015	286.91

ANEXO 4

Datos Cuarto Escenario

Formato ARENA

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	52

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	33.0386	< 0.05	31.8992	34.7854	26.0086	41.8549

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	71.2951	< 3.94	13.3493	189.14	0.00	347.94

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	104.33	< 3.95	45.3951	222.10	26.0115	381.74

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	66.3833	0.94	47.0000	91.0000

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Entity 1	52.3633	0.32	40.0000	57.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	8.8253	< 0.43	2.6802	20.3337	0.00	40.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	72.0084	< 4.22	8.7456	178.10	0.00	358.38
Abdominal.Queue	72.4464	< 4.69	0.00	193.34	0.00	338.72
Atencion Caja.Queue	0.2036	< 0.01	0.03670480	0.7591	0.00	5.9489
Doppler.Queue	69.7458	< 4.21	5.7658	187.70	0.00	305.28
Nuevos.Queue	0.2456	< 0.02	0.00	0.9383	0.00	8.5910
Rectal.Queue	71.8107	< 5.03	0.00	246.37	0.00	341.19
Transvaginal.Queue	72.5397	< 4.13	7.5498	210.03	0.00	347.94

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Abdomen.Queue	1.5142	< 0.11	0.1207	5.2191	0.00	13.0000
Abdominal.Queue	0.7173	< 0.06	0.00047147	2.7681	0.00	7.0000
Atencion Caja.Queue	0.01760096	< 0.00	0.00277639	0.06909371	0.00	3.0000
Doppler.Queue	0.9810	< 0.08	0.04623286	3.3494	0.00	8.0000
Nuevos.Queue	0.00856336	< 0.00	0.00	0.04330505	0.00	2.0000
Rectal.Queue	0.4855	< 0.04	0.00	2.1224	0.00	6.0000
Transvaginal.Queue	2.5499	< 0.18	0.1371	7.4943	0.00	15.0000

Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

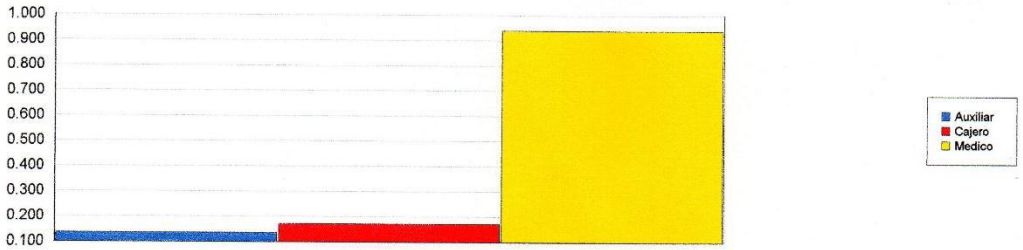
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.1337	< 0.00	0.06877812	0.2107	0.00	1.0000
Cajero	0.1700	< 0.00	0.1205	0.2327	0.00	1.0000
Medico	0.9385	< 0.01	0.7387	0.9769	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	0.1337	< 0.00	0.06877812	0.2107	0.00	1.0000
Cajero	0.1700	< 0.00	0.1205	0.2327	0.00	1.0000
Medico	0.9385	< 0.01	0.7387	0.9769	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Auxiliar	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Medico	1.0000	< 0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	0.1337	0.00	0.06877812	0.2107
Cajero	0.1700	0.00	0.1205	0.2327
Medico	0.9385	0.01	0.7387	0.9769



Category Overview

Values Across All Replications

Unnamed Project

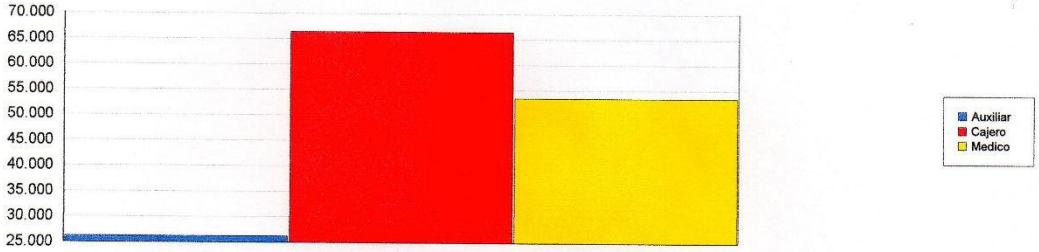
Replications: 300 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Total Number Seized

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Auxiliar	26.1467	0.58	13.0000	40.0000
Cajero	66.3800	0.94	47.0000	91.0000
Medico	53.3533	0.32	41.0000	58.0000



Category Overview

Values Across All Replications

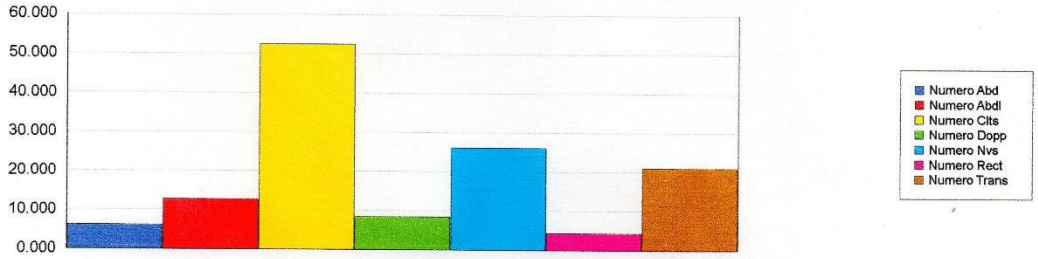
Unnamed Project

Replications: 300 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero Abd	6.0833	< 0.28	0.00	12.0000
Numero Abdl	12.7167	< 0.36	3.0000	22.0000
Numero Clts	52.3633	< 0.32	40.0000	57.0000
Numero Dopp	8.3367	< 0.30	1.0000	16.0000
Numero Nvs	26.0133	< 0.58	13.0000	39.0000
Numero Rect	4.2400	< 0.23	0.00	12.0000
Numero Trans	20.9867	< 0.41	9.0000	32.0000



Usage

None	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tally 1	104.33	< 3.95	45.3951	222.10	26.0115	381.74

ANEXO 4

Lista de Chequeo

LISTA DE CHEQUEO

1. ¿El sistema en estudio cuenta con su organigrama respectivo?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
2. ¿Los recursos del sistema conocen sus funciones y se ajustan al manual respectivo?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
3. ¿El sistema tiene elaborado el flujograma del servicio en estudio?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
4. ¿El sistema posee una base de datos confiable?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
5. ¿La base de datos tiene un formato automatizado y de fácil acceso?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
6. ¿En los módulos del servicio se tiene establecidas las distribuciones estadísticas necesarias?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
7. ¿La información relevante del servicio se encuentra disponible a través de indicadores pre fijados?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
8. ¿Los recursos del sistema colaboran con la información solicitada?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
9. ¿Cuentan con un sistema informático?
   SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
10. ¿El sistema informático emite documentos impresos con información suficiente?
    SI ☐ NO ☐ Observaciones _____
11. ¿Los datos obtenidos son elaborados con las facilidades suficientes para ser procesados?
    SI ☐ NO ☐ Observaciones _____

Observaciones adicionales: