

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA HOSPITALARIO ECUATORIANO: ESTUDIO,  
MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE ESPERA  
DE PACIENTES DE CONSULTA EXTERNA. CASO DEL HOSPITAL DE  
ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE INGENIERA EN  
CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS**

**ANA KARINA GUEVARA GRANJA**

anakarinagg@hotmail.com

**MARÍA GABRIELA RIVADENEIRA HINOJOSA**

gabrielarivadeneira@gmail.com

**Director: Dr. Diego Recalde**

diego.recalde@epn.edu.ec

**Quito, febrero 2011**

## **DECLARACIÓN**

Nosotras, Ana Karina Guevara Granja y María Gabriela Rivadeneira Hinojosa, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**ANA KARINA GUEVARA GRANJA**

---

**MARÍA GABRIELA RIVADENEIRA HINOJOSA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ana Karina Guevara Granja y María Gabriela Rivadeneira Hinojosa, bajo mi supervisión.

---

**Dr. Diego Recalde**  
**DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros directores, Sandrita y Diego, quienes más que profesores han sido amigos y nos han brindándonos incondicional apoyo y guía. A la Escuela Politécnica Nacional, de manera especial a la Facultad de Ciencias y el Departamento de Matemática. A los directivos del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo por la apertura brindada. A Dios porque sin Él nada es posible. A nuestras familias porque siempre han apoyado nuestros anhelos y han colaborado para que nuestra meta se cumpla. A nuestros amigos por todos los momentos compartidos que hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable.

.

## **DEDICATORIA**

De manera especial este trabajo va dedicado a mis padres, por ser mi fortaleza y mi guía siempre. A mis hermanos y hermana, quienes son mi apoyo constante. Con su amor mi familia ha hecho de mí quien soy, con mis principios, valores, sueños y destrezas.

**Ana Karina**

A Dios que me ha dado la vida y posibilidad de servirlo desde mi profesión,  
A mi familia por su comprensión y ayuda en todo momento,  
A mis amigos y compañeros por los momentos compartidos,  
A Byron por su apoyo incondicional  
Y a todos quienes pretenden dar solución a los problemas coyunturales de nuestro país con sus aportes.

**Gabriela**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABLAS .....	ii
LISTA DE ANEXOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 SALUD Y CRECIMIENTO ECONÓMICO.....	1
1.2 SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	9
1.2.1 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO .....	11
1.2.1.1 Pacientes Atendidos.....	12
1.2.1.2 Tipos de pacientes.....	15
1.2.1.3 Asignación de turnos .....	15
1.2.2 CENTRAL TELEFÓNICA .....	16
1.2.2.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE TURNOS A TRAVÉS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA .....	18
1.2.2.2 PROCESO DE ATENCIÓN .....	22
2 ANÁLISIS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA Y EL ÁREA DE CONSULTA EXTERNA .....	24
2.1 ANÁLISIS DE DATOS.....	24
2.1.1 CENTRAL TELEFÓNICA .....	24
2.1.1.1 Demanda de turnos .....	29
2.1.2 ATENCIÓN CONSULTA EXTERNA .....	31
2.1.2.1 Cálculo de la muestra.....	32
2.1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	34
2.1.3.1 Concurrencia al hospital .....	34
2.1.3.2 Obtención de turnos .....	36
2.1.3.3 Datos de consulta .....	38

2.1.3.4	Tiempo de espera y consulta .....	42
2.1.3.5	Tiempo de consulta .....	44
2.1.3.6	Tiempo de interacción .....	47
2.1.3.7	Tiempo entre citas.....	49
2.1.3.8	Indicador de desempeño del personal médico.....	51
2.2	MEDIDAS DE RENDIMIENTO DEL PROCESO DE ATENCIÓN EN CONSULTA EXTERNA .....	53
2.2.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS .....	53
2.2.2	ANÁLISIS DE ESCENARIOS BASADOS EN LA TEORÍA DE COLAS .....	55
2.2.2.1	Escenario 1 .....	57
2.2.2.2	Escenario 2 .....	60
2.2.2.3	Escenario 3 .....	62
2.2.2.4	Escenario 4 .....	64
2.2.2.5	Escenario 5 .....	66
2.2.2.6	Escenario 6 .....	67
2.2.3	ESCENARIOS BASADOS EN TEORÍA DE COLAS CON NÚMERO DE SERVIDORES REALES.....	69
2.2.3.1	Escenario 1 y 2 con número de servidores reales .....	69
2.2.3.2	Escenario 3 y 5 con número de servidores reales .....	71
2.2.3.3	Escenario 4 y 6 con número de servidores reales .....	73
2.2.4	COSTOS DE ESCENARIOS .....	75
3	SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ESCENARIOS.....	78
3.1	DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN .....	78
3.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	80
3.3	ELECCIÓN DEL SOFTWARE .....	81
3.3.1	DESCRIPCIÓN DE MATLAB – SIMULINK .....	84
3.3.2	REQUERIMIENTOS DE HARDWARE .....	87
3.4	DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR .....	88
3.4.1	CENTRAL TELEFÓNICA .....	88
3.4.2	CONSULTA EXTERNA.....	94
3.5	VERIFICACIÓN DEL SIMULADOR .....	106
3.6	VALIDACIÓN DEL SIMULADOR .....	106
3.7	EXPERIMENTACIÓN .....	108

3.8	IMPLEMENTACIÓN DE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS EN EL SIMULADOR .....	118
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	133
4.1	CONCLUSIONES.....	133
4.2	RECOMENDACIONES .....	136
	REFERENCIAS .....	138
	ANEXOS .....	141



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Índice del Desarrollo Humano .....	4
<b>Figura 1.2</b>	Presupuesto destinado al MSP 1998 – 2008 .....	5
<b>Figura 1.3</b>	Organización del sistema de salud ecuatoriano .....	7
<b>Figura 1.4</b>	Hospitales Públicos Existentes en el Ecuador - 2007.....	10
<b>Figura 1.5</b>	Estructura organizacional HEE.....	11
<b>Figura 1.6</b>	Atenciones en Consulta Externa, período enero – junio, años 2008 y 2009..	12
<b>Figura 1.7</b>	Médicos en Consulta Externa, período enero – junio, años 2008 y 2009.....	12
<b>Figura 1.8</b>	Atenciones en urgencia, período enero – junio, años 2008 y 2009.....	13
<b>Figura 1.9</b>	Categorización de pacientes en el HEE.....	15
<b>Figura 1.10</b>	Diagrama de flujo de la Central Telefónica .....	19
<b>Figura 1.11</b>	Diagrama de flujo de proceso de atención en Consulta Externa .....	23
<b>Figura 2.1</b>	Frecuencia de llamadas por horario.....	26
<b>Figura 2.2</b>	Número de llamadas recibidas por especialidad.....	26
<b>Figura 2.3</b>	Frecuencia de duración de llamadas en la Central Telefónica.....	27
<b>Figura 2.4</b>	Demanda de turnos para Consulta Externa .....	30
<b>Figura 2.5</b>	Demanda insatisfecha de turnos por especialidad .....	30
<b>Figura 2.6</b>	Concurrencia por género Consulta Externa .....	34
<b>Figura 2.7</b>	Concurrencia por edad de pacientes en Consulta Externa .....	35
<b>Figura 2.8</b>	Concurrencia proveniente de cada provincia .....	35
<b>Figura 2.9</b>	Concurrencia y recurrencia de pacientes al hospital .....	36
<b>Figura 2.10</b>	Porcentaje de obtención de turnos.....	37
<b>Figura 2.11</b>	Porcentaje del número de llamadas realizadas antes de obtener un turno ...	37
<b>Figura 2.12</b>	Frecuencia de llamadas según el horario.....	38
<b>Figura 2.13</b>	Probabilidad de que la HC se encuentre en el consultorio.....	39
<b>Figura 2.14</b>	Porcentaje de pacientes que encontraron su HC en el consultorio por especialidad .....	40
<b>Figura 2.15</b>	Pacientes que arriban al HEE en períodos de 1 hora .....	41
<b>Figura 2.16</b>	Tiempo de interarribo de pacientes según el horario.....	42

<b>Figura 2.17</b>	Tiempo de espera del paciente considerando la hora de llegada del mismo	43
<b>Figura 2.18</b>	Tiempo de espera del paciente considerando la hora en que fue convocado para su cita .....	43
<b>Figura 2.19</b>	Tiempo de espera incrementado por el paciente.....	44
<b>Figura 2.20</b>	Tiempo de espera de pacientes nuevos y recurrentes por especialidad.....	47
<b>Figura 2.21</b>	Servicios paralelos.....	54
<b>Figura 2.22</b>	Servicios independientes.....	54
<b>Figura 2.23</b>	Comparación del factor de utilización con servidores reales y servidores propuestos – escenario 1 .....	58
<b>Figura 3.1</b>	Librería de Simulink.....	86
<b>Figura 3.2</b>	Librería de SimEvents .....	87
<b>Figura 3.3</b>	Central Telefónica.....	89
<b>Figura 3.4</b>	Central Telefónica / Ingreso.....	89
<b>Figura 3.5</b>	Central Telefónica / Distribución .....	90
<b>Figura 3.6</b>	Central Telefónica / Operador / Disponibilidad del Operador.....	90
<b>Figura 3.7</b>	Central Telefónica / Operador.....	91
<b>Figura 3.8</b>	Central Telefónica / Operador / Datos sobre H.C.....	92
<b>Figura 3.9</b>	Central Telefónica / Operador / Datos sobre la especialidad.....	92
<b>Figura 3.10</b>	Central Telefónica / Operador / Entrega de turnos.....	93
<b>Figura 3.11</b>	Hospital Eugenio Espejo – Consulta Externa .....	94
<b>Figura 3.12</b>	Especialidad con médicos predeterminados (Cirugía Plástica) .....	95
<b>Figura 3.13</b>	Especialidad / Ingreso.....	96
<b>Figura 3.14</b>	Especialidad / Distribuidor.....	98
<b>Figura 3.15</b>	Especialidad / Doctor .....	98
<b>Figura 3.16</b>	Especialidad / Doctor / Sala de Espera.....	99
<b>Figura 3.17</b>	Especialidad / Doctor / Consultorio.....	101
<b>Figura 3.18</b>	Especialidad / Doctor / Consultorio / Hora de llegada doctor .....	101
<b>Figura 3.19</b>	Especialidad / Doctor / Posibilidades.....	102
<b>Figura 3.20</b>	Especialidad con médicos no predeterminados (Ginecología) .....	104
<b>Figura 3.21</b>	Especialidad / Sala de Espera .....	104
<b>Figura 3.22</b>	Especialidad / Doctor no predeterminado .....	105
<b>Figura 3.23</b>	Lunes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	110

<b>Figura 3.24</b>	Lunes simulado. Promedio del largo de la cola – Pacientes en cola. ....	111
<b>Figura 3.25</b>	Lunes simulado. Hora en que finaliza la atención. ....	111
<b>Figura 3.26</b>	Lunes, 1 de marzo del 2010. Comparación de tiempos de espera simulado y real. ....	113
<b>Figura 3.27</b>	Martes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	115
<b>Figura 3.28</b>	Miércoles simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. .	116
<b>Figura 3.29</b>	Jueves simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	117
<b>Figura 3.30</b>	Viernes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.....	118
<b>Figura 3.31</b>	Escenario 1. Comparación del tiempo de espera simulado y real. ....	121
<b>Figura 3.32</b>	Escenario 1. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	122
<b>Figura 3.33</b>	Escenario 2. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	124
<b>Figura 3.34</b>	Escenario 3. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	126
<b>Figura 3.35</b>	Escenario 4. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	128
<b>Figura 3.36</b>	Escenario 5. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	130
<b>Figura 3.37</b>	Escenario 6. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos. ....	132

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Comparación de IDH entre Chile y Ecuador .....	4
<b>Tabla 1.2</b>	Esperanza de vida al nacer 1985 – 2010.....	6
<b>Tabla 1.3</b>	Número de médicos por especialidad .....	20
<b>Tabla 2.1</b>	Tiempo total de llamadas .....	27
<b>Tabla 2.2</b>	Tiempo en el archivero.....	28
<b>Tabla 2.3</b>	Duración de la llamada con verificación de datos.....	28
<b>Tabla 2.4</b>	Apertura y no apertura de HC.....	29
<b>Tabla 2.5</b>	Datos proporcionados por el HEE.....	29
<b>Tabla 2.6</b>	Muestras diarias en número de pacientes.....	32
<b>Tabla 2.7</b>	Submuestras por estrato y día en número de pacientes.....	33
<b>Tabla 2.8</b>	Tiempo promedio de atención a pacientes por especialidad .....	45
<b>Tabla 2.9</b>	Tiempo promedio de atención a pacientes por especialidad .....	46
<b>Tabla 2.10</b>	Tiempo de interacción del paciente con el médico .....	48
<b>Tabla 2.11</b>	Tiempo entre cita promedio por especialidad.....	50
<b>Tabla 2.12</b>	Tiempo entre cita promedio - Urología .....	51
<b>Tabla 2.13</b>	Rango para puntaje de tiempo promedio de atención .....	51
<b>Tabla 2.14</b>	Rango para puntaje de tiempo promedio entre consulta .....	52
<b>Tabla 2.15</b>	Rango para puntaje de número promedio de pacientes atendidos por hora. .	52
<b>Tabla 2.16</b>	Indicador de desempeño promedio por especialidad .....	53
<b>Tabla 2.17</b>	Factor de utilización del sistema - Urología .....	55
<b>Tabla 2.18</b>	Parámetros empleados en el escenario 1.....	57
<b>Tabla 2.19</b>	Teoría de Colas – Escenario 1 .....	57
<b>Tabla 2.20</b>	Medidas de rendimiento por especialidad – Escenario 1.....	59
<b>Tabla 2.21</b>	Parámetros empleados en el escenario 2.....	60
<b>Tabla 2.22</b>	Teoría de Colas – Escenario 2 .....	61
<b>Tabla 2.23</b>	Parámetros empleados en el escenario 3.....	62
<b>Tabla 2.24</b>	Teoría de Colas – Escenario 3 .....	63

<b>Tabla 2.25</b>	Parámetros empleados en el escenario 4.....	64
<b>Tabla 2.26</b>	Teoría de Colas – Escenario 4 .....	65
<b>Tabla 2.27</b>	Parámetros empleados en el escenario 5.....	66
<b>Tabla 2.28</b>	Teoría de Colas – Escenario 5 .....	66
<b>Tabla 2.29</b>	Parámetros empleados en el escenario 6.....	67
<b>Tabla 2.30</b>	Teoría de Colas – Escenario 6 .....	68
<b>Tabla 2.31</b>	Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 1 y 2 (E1, E2) .	70
<b>Tabla 2.32</b>	Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 3 y 5 (E1, E2) .	72
<b>Tabla 2.33</b>	Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 4 y 6 (E1, E2) .	74
<b>Tabla 2.34</b>	Costo de escenarios con servidores propuestos y reales por día .....	75
<b>Tabla 2.35</b>	Medidas de rendimiento con servidores (s) propuestos y reales .....	77
<b>Tabla 3.1</b>	Prueba de diferencia de medias por especialidad.....	108
<b>Tabla 3.2</b>	Lunes 1 de marzo del 2010. Comparación de tiempos simulado y real.....	112
<b>Tabla 3.3</b>	Escenario 1. Comparación de tiempos simulado y real. ....	120
<b>Tabla 3.4</b>	Escenario 2. Comparación de tiempos simulado y real. ....	123
<b>Tabla 3.5</b>	Escenario 3. Comparación de tiempos simulado y real. ....	125
<b>Tabla 3.6</b>	Escenario 4. Comparación de tiempos simulado y real. ....	127
<b>Tabla 3.7</b>	Escenario 5. Comparación de tiempos simulado y real. ....	129
<b>Tabla 3.8</b>	Escenario 6. Comparación de tiempos simulado y real. ....	131

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 .....	142
Anexo 1.1 Autorización para realizar el estudio en el HEE .....	142
Anexo 1.2 Oficio que certifica la norma internacional de 15 minutos de atención .....	143
Anexo 1.3 Documento que certifica la recepción de los resultados de la investigación ..	144
Anexo 1.4 Encuesta para muestreo .....	145
ANEXO 2 .....	146
Anexo 2.1 Resumen información Consulta Externa .....	146
Anexo 2.2 Tiempo promedio de atención por especialidad .....	146
Anexo 2.3 Prueba de Bondad de Ajuste .....	146
Anexo 2.4 Fórmulas modelos de Teoría de Colas .....	146
Anexo 2.5 Factor de utilización del sistema.....	147
Anexo 2.6 $\rho$ servidores reales vs. $\rho$ servidores propuestos .....	147
Anexo 2.7 Medidas de rendimiento por especialidad.....	147
Anexo 2.8 Costo por especialidad.....	147
ANEXO 3 .....	147
Anexo 3.1 Modelo de simulación Central Telefónica .....	147
Anexo 3.2 Modelo de simulación Consulta Externa .....	148
Anexo 3.3 Impresor de vectores .....	148
Anexo 3.4 Matriz de etiquetas .....	148
Anexo 3.5 Informes de los resultados.....	148
Anexo 3.6 Comparación de tiempos de espera simulado y real.....	148
Anexo 3.7 Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos .....	148
Anexo 3.8 Promedio del largo de la cola – Pacientes en cola.....	149
Anexo 3.9 Hora en que finaliza la atención .....	149
Anexo 3.10 Vectores.....	149

## RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene por objetivo principal reducir el tiempo de espera de los pacientes del sistema hospitalario ecuatoriano para lo cual se ha tomado como caso de estudio el Hospital de Especialidades Eugenio Espejo. En esta institución se ha analizado cada uno de los procesos que se desarrollan en la Central Telefónica y el área de Consulta Externa obteniendo datos importantes como el tiempo de duración de las llamadas para solicitar turnos, horas de congestión en la Central Telefónica, hora de llegada de los pacientes y de los médicos, duración de la consulta, entre otros. Esta información ha permitido determinar varios escenarios que a través de la Teoría de Colas y Simulación plantean diferentes soluciones a la subutilización de los médicos, las largas colas en los pasillos y el largo tiempo que el paciente debe esperar fuera de los consultorios. Los procesos observados en Consulta Externa han sido modelados en MATLAB a través de su complemento Simulink, obteniendo como resultado una herramienta clave de la toma de decisiones; ya que en el simulador, que recoge el comportamiento de 20 especialidades críticas, se hace posible evaluar los escenarios que se plantearon con una inversión mínima de recursos y tiempo.

Palabras clave: Teoría de Colas. Simulación. Optimización

## **ABSTRACT**

This thesis aims to reduce the outpatients waiting time in the Ecuadorian hospital system. As a case study, the Eugenio Espejo Hospital of Specialties has been taken. In this institution we have analyzed the processes related to the Call Center and the Outpatient Area, obtaining important data as the calls duration time for appointment request, time of congestion in the call center, patients and physician's arrival time, consultation length, among others. This information has helped us to identify several scenarios, which evaluated through Queuing Theory and Simulation presented different solutions to the underutilization of doctors, long queues in the hallways and the long waiting times of patients outside the medical offices. The processes in the Outpatients Area have been modeled in MATLAB through Simulink complement, resulting in a key tool for decision making, since the simulator reflects the behavior of 20 critical specialties and it is possible to evaluate scenarios with a minimum investment of time and resources.

Keywords: Queuing Theory. Simulation. Optimization



# **1 INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador todos sus habitantes se encuentran involucrados en el sistema hospitalario durante su vida entera y no es desconocido para ninguno la inminente necesidad de hacer largas colas en el sector público e incluso en la seguridad social para ser atendido provocando así que el tiempo de espera sea demasiado largo.

Siendo la economía la ciencia que pretende satisfacer las infinitas necesidades humanas a partir de escasos recursos, podemos apoyarnos en la optimización para hacer una mejor distribución de los mismos. Una necesidad apremiante en el país es mejorar el sistema hospitalario debido a que la mayor parte de la población ecuatoriana no cuenta con un seguro médico privado y se ve obligado a utilizar un servicio público que utiliza aproximadamente la mitad de su capacidad [3] y no provee un buen servicio.

Desde el 2009, en nuestro país los turnos para la atención médica pública se asignan a través de centrales telefónicas; sin embargo la reciente implementación de esta medida ha hecho que la misma se desarrolle con ciertos inconvenientes, entre ellos que no se considere el tipo de paciente que necesita ser atendido, esto es, no se evalúa la gravedad por la que el paciente acude a la consulta, su edad, el lugar de origen y su situación socioeconómica generando así incomodidades a los usuarios de los servicios médicos.

## **1.1 SALUD Y CRECIMIENTO ECONÓMICO**

El crecimiento económico de un país se ve favorecido por varios factores como son el nivel de educación, el cambio tecnológico, la calidad de las instituciones públicas y privadas [20], entre otros. Pero ¿qué sucede si todos estos factores se ven afectados por el nivel de salud de su gente? El pueblo, es el motor que mueve la economía y permite que el país avance hacia el progreso y cuando las

enfermedades afectan a éste, provocan que los recursos que podrían ser asignados a actividades útiles para el desarrollo económico, sean destinados para el tratamiento de dichas enfermedades; también causan que la productividad disminuya y que el ingreso de las familias se reduzca, eliminando así las posibilidades de crecimiento económico.

Estudios realizados por Hertzendorf [11] en 1995 y Mantel [14] en 1998 señalan que las personas que tienen ingresos bajos requieren mayor atención médica, por lo que les resulta complicado ahorrar, conservar trabajos y por lo tanto acumular mayores riquezas. También indican que los individuos que están dentro del umbral de pobreza (menos de 2 USD diarios), tienen una esperanza de vida 6 años menor a aquellos que están sobre este ingreso. Adicionalmente, investigadores como Knowles, Owen, [13] Arora [2] y Mayer [16] 1995 y el 2001 encontraron que dentro de la ecuación de desarrollo económico, los indicadores de salud son más relevantes incluso que los de educación. Arora indica que entre el 26 y 40 % del crecimiento de una economía es atribuido a variables relacionadas con salud. Robert Barro indica que la relación positiva entre salud y crecimiento económico es recíproca ya que el incremento en el segundo induce un aumento en la calidad de salud.

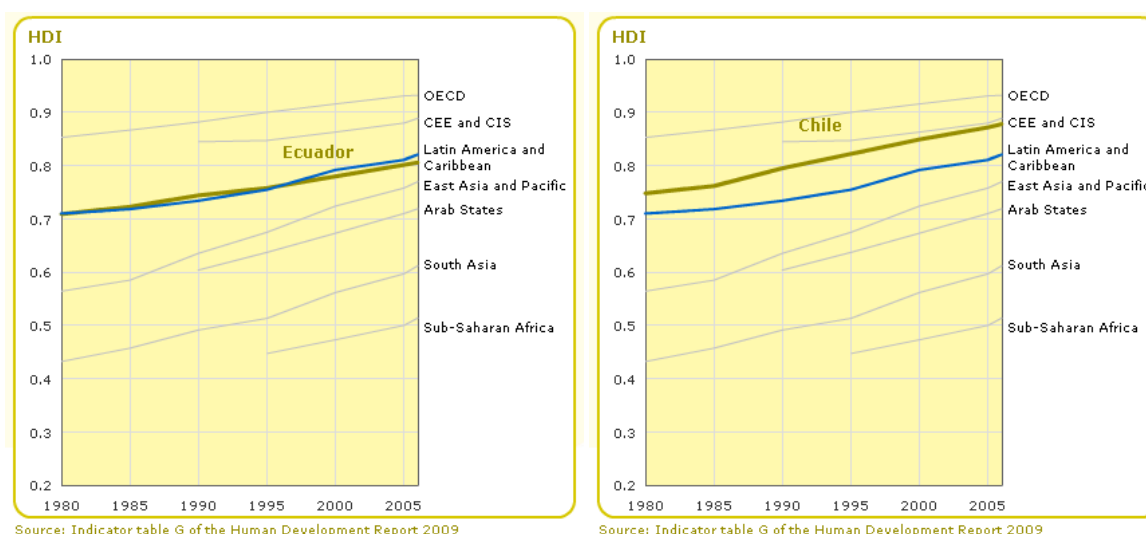
Otra interesante investigación realizada por Robert Barro, Doctor de la Universidad de Harvard [9], demostró la significativa correlación que existe entre la esperanza de vida y el posterior crecimiento económico. El estudio, basándose en datos de la Segunda Guerra Mundial, explicó que el incremento en la esperanza de vida en un 10% permitió un aumento del 0,4% del crecimiento económico anualmente. Estudios similares (Bloom, Canning y Sevilla) indican que el aumentar en 1 año la esperanza de vida genera un incremento del 0,04% del crecimiento económico.

Además, publicaciones relacionadas han señalado la fuerte vinculación que tiene la salud con el bienestar económico de su pueblo; hablan sobre el problema que representa el tener un pueblo enfermo, ya que un trabajador con mala salud tiene

un tiempo de vida laborable más corto y señalan que un trabajador sano, que es más fuerte física y mentalmente, tiene menos probabilidades de que se vea obligado a perder su trabajo por falta de salud. Este tipo de trabajadores pierden menos días laborables por enfermedad por lo que son más productivos. También existe una relación entre salud y estudio: los niños que están mejor alimentados son más saludables y aprenden de una mejor manera, por lo tanto en el futuro tendrán un mejor desempeño laboral, colaborando con el crecimiento económico [9].

En los últimos años, el Premio Nobel de Economía Amartya Sen, presentó una nueva teoría en la que se señalaba que las principales causas de la pobreza son las fallas en salud, nutrición, educación y otras capacidades que permiten a las personas funcionar apropiadamente [23]. Este estudio indica que el buen desarrollo de estas capacidades está fuertemente ligado con el nivel de acceso que se tenga a los bienes y servicios de la sociedad. Es así, que Amartya Sen sugiere que la intervención pública es obligatoria y que se debe hacer de dos maneras: la primera por prevención, que es la orientada a impedir el desgaste de las condiciones de vida en momentos de crisis y la segunda por promoción, que es aquella dedicada a incrementar y fortalecer las capacidades de la población.

Tomando en cuenta esta relación propuesta, podemos notar que gran cantidad de países con un alto nivel de desarrollo tienen buenos sistemas de salud, educación y factores similares, diferenciándose así de los países subdesarrollados o en vía de desarrollo. Esta desigualdad no se da únicamente entre las potencias mundiales y los países en vías de desarrollo, sino también dentro de cada una de las regiones. Es así que en Latinoamérica existen grandes diferencias entre los países pertenecientes a esta. Tomemos el caso de Ecuador y Chile; si analizamos el índice de desarrollo humano (IDH) que es un indicador que toma en cuenta tres dimensiones del desarrollo como son, el nivel de vida larga y saludable (medido por la esperanza de vida), el grado de educación (determinado por el índice de alfabetización y total de matriculación) y nivel de vida digno (medido a través de PIB per cápita), podemos notar la diferencia entre estos.



**Figura 1.1** Índice del Desarrollo Humano

**Fuente:** Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo

En la Figura 1.1 podemos ver que durante el período 1980 a 2005 Ecuador ha tenido un IDH muy similar al calculado para América Latina, pero Chile se ha mantenido por encima del promedio. Si analizamos independientemente cada uno de los factores empleados para el cálculo notamos fácilmente que Chile tiene grandes ventajas sobre Ecuador; la esperanza de vida es mayor con más de 3 años, el porcentaje de letrados sobrepasa en 5,5 puntos y por último el PIB per cápita está cerca de duplicarse [22].

#### Índice del desarrollo Humano del Ecuador 2007

País	Valor IDH	Esperanza de Vida al Nacer (Años)	Alfabetismo (% 15 años en adelante)	PIB per cápita (PPP US\$)
Chile	(44) 0.878	(31) 78.5	(40) 96.5	(59) 13,880
Ecuador	(80) 0.806	(52) 75.0	(65) 91.0	(91) 7,449

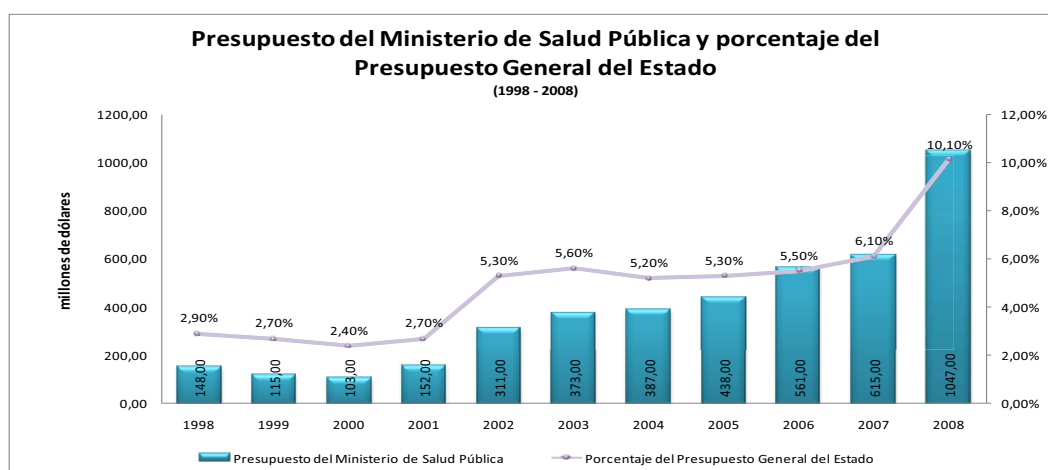
Valores en paréntesis indican la posición a nivel mundial

**Tabla1.1** Comparación de IDH entre Chile y Ecuador

**Fuente:** Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo

El índice de desarrollo humano es un punto de referencia para medir el nivel de bienestar de los habitantes de un país específico, por lo tanto, es fácil deducir que si mejora cualquiera de los factores que intervienen en su cálculo este también mejorará. Es así que un mejor servicio en salud colaborará en el desarrollo del Ecuador y consecuentemente en el progreso de su gente.

En el Ecuador, la búsqueda por mejorar este agente ha sido continua a través del tiempo. Se ha incrementando el presupuesto destinado a salud anualmente y ha sido distribuido en función de la población y sus necesidades.



**Figura 1.2** Presupuesto destinado al MSP 1998 – 2008

**Fuente:** Ministerio de Salud Pública (MSP)

Estos intentos por mejorar la salud se han visto reflejados en el incremento de la esperanza de vida al nacer, pasando en los últimos 25 años de 67.5 años a 75, es decir, 7.5 años de diferencia.

<b>Esperanza De Vida Al Nacer</b>			
<b>Ecuador 1985 - 2010</b>			
<b>Períodos Quinquenales</b>	<b>Ambos Sexos</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
1985-1990	67.5	65.3	69.9
1990-1995	70.0	67.6	72.6
1995-2000	72.3	69.7	75.1
2000-2005	74.2	71.3	77.2
2005-2010	75.0	72.1	78.0

**Tabla 1.2** Esperanza de vida al nacer 1985 – 2010

**Fuente:** MSP

En marzo del 2009 se realizó el “4to Congreso por la Salud y la Vida” en donde se estipularon algunos puntos para mejorar la Red del Sistema Nacional de Salud en los niveles de atención que son cuatro [7] definidos a continuación:

**Nivel Comunitario:** tiene por objetivo el promover el conocimiento de la salud, es decir, como mantenerla de una manera individual y colectiva, generando agrupaciones sociales que promocionen el llevar buenos hábitos de salud y mantenerlos a lo largo de la vida. La responsabilidad de esta tarea recae sobre Personal Comunitario Ancestral de Salud y Equipos Básicos de Atención de Salud.

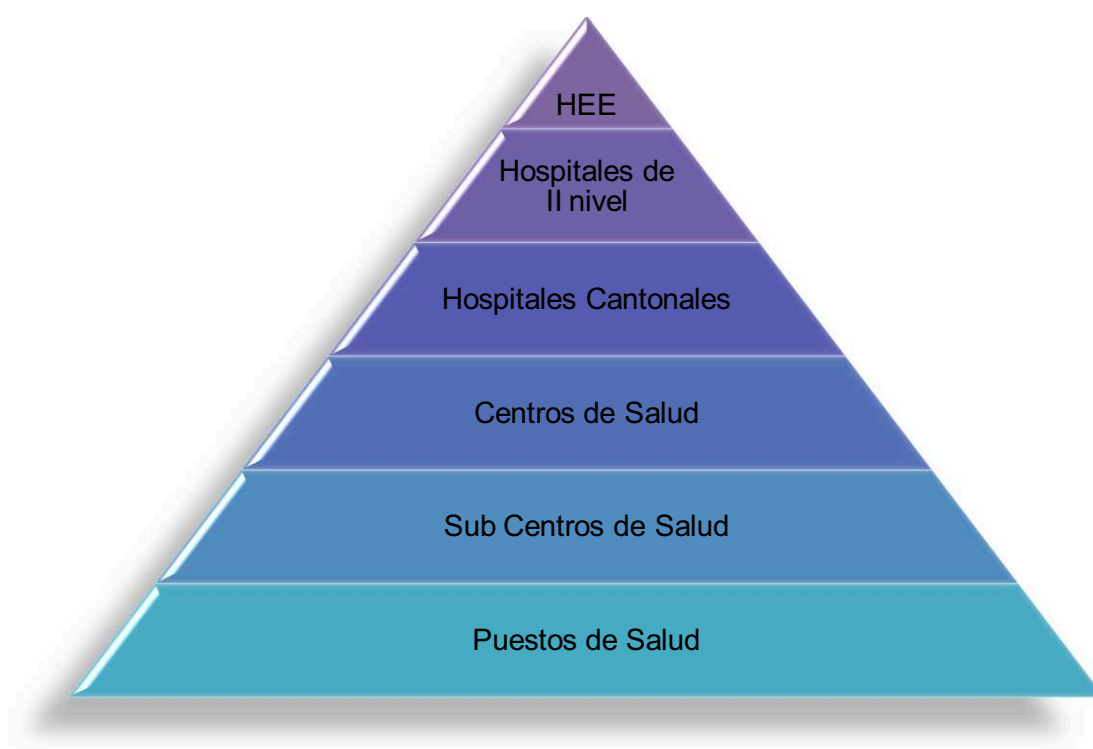
**Primer Nivel:** su complejidad de atención es baja. Busca la generación de grupos comunitarios con el fin de capacitarlos para referirlos al siguiente nivel. Este nivel es ambulatorio y los responsables de llevar a cabo su desarrollo son el personal de puestos de salud, centros, subcentros, dispensarios y otros.

**Segundo Nivel:** complejidad de atención intermedia. Se encarga de cuatro especialidades básicas: pediatría, ginecología, medicina interna y cirugía. A diferencia de los hospitales de primer nivel, estos se encargan de atenciones físicas, como son los casos de cuidados obstétricos y neonatales esenciales. Los

responsables de este tipo de atención son los hospitales básicos que son atendidos por especialistas generales en las especialidades anteriormente mencionadas.

Tercer Nivel: complejidad de atención alta. Dedicados a la recepción de referencias y el desarrollo de contrareferencias para la atención y seguimiento de usuarios. Estos están en la capacidad de atender una población mayor a 500 000 habitantes y se encargarán de atender a aquellos pacientes que se encuentren dentro de su jurisdicción o a los redireccionados desde hospitales básicos que se encargan de cuidados obstétricos y neonatales esenciales y ampliados. Se atiende también a los pacientes referidos para cirugía o cuidados especiales como cuidados intensivos o la unidad de quemados. Se busca además que estos hospitales no atiendan consultas de libre demanda.

Según información otorgada por el personal del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo (HEE), el sistema de salud en el país está jerarquizado de la siguiente manera:



**Figura 1.3** Organización del sistema de salud ecuatoriano

**Fuente:** HEE

Debido a que la salud es de suma importancia en el desarrollo de un país, sea por interés económico o por conciencia social, se ha decidido realizar un estudio mediante el cual se logre el mejoramiento de la atención en salud para generar un mayor nivel de bienestar en los pobladores del país.

Esta mejora estará enfocada a la disminución del tiempo que una persona espera antes de ser tratada en el área de Consulta Externa. Se procurará establecer el número de médicos necesarios para cubrir la mayor cantidad demandada de atenciones posibles, se determinará procesos que permitan minimizar el tiempo antes de la consulta y que el médico dedique a la atención del paciente por lo menos los 15 minutos establecidos por la norma internacional (Anexo 1.2).

Este tipo de mejoras ya han sido estudiadas e implementadas en otros países, que han apoyado la aplicación de la Matemática y sus herramientas como la investigación de operaciones, la estadística y la simulación, que permiten un estudio técnico y científico de problemas de la vida real. Los problemas en los sistemas médicos a nivel mundial se han visto beneficiados de estas ramas de la matemática. El enriquecimiento de los problemas atacados y las técnicas utilizadas permiten disponer de una amplia literatura del tema. De esto, sin duda, investigadores, autoridades del sector médico público y la población en consecuencia se ven beneficiadas.

Por ejemplo, Steve Gallivan y varios investigadores, realizaron un estudio en el Reino Unido en la unidad de cardiología de Guy's Hospital de Londres para investigar la variabilidad de la estancia de los pacientes en cuidados intensivos después de una cirugía cardíaca y de esta manera planificar los recursos necesarios para la calendarización de futuras cirugías. En este estudio se planteó un modelo matemático basado en la teoría de probabilidades para examinar los efectos de la variabilidad de la estancia sobre la capacidad de requerimientos con el sistema de reserva que se propuso [6].



En Inglaterra se realizó un estudio en un hospital cercano a Londres, específicamente en el área de Otorrinolaringología (nariz, garganta y oído), que procura disminuir el tiempo de espera de sus pacientes de Consulta Externa. Esta investigación comprende la observación del flujo de pacientes, recolección de datos y diálogos con el personal de servicio de la institución. La propuesta de este estudio toma en cuenta varios parámetros insertados en el software Simul8, el cual permite detallar el flujo de los pacientes dentro de la especialidad. Con esto se logró proponer varias políticas de horarios que disminuían el tiempo de espera generando un mayor bienestar para el paciente [10].

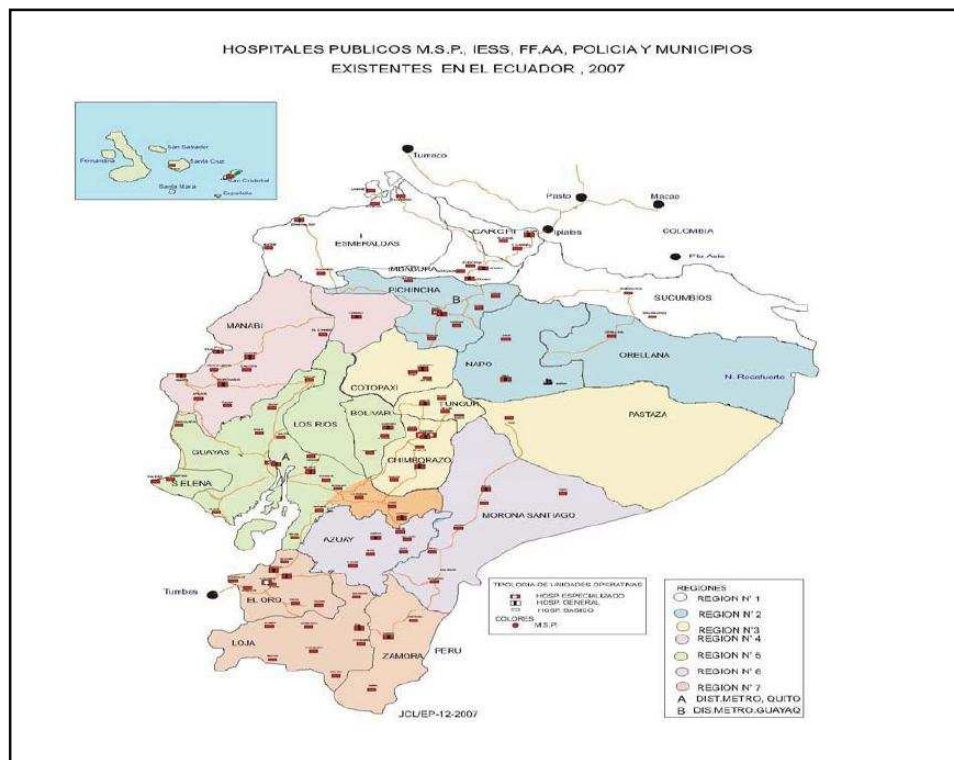
En el Hospital University Kebangsaan Malaysia se analizó los procesos de Consulta Externa para determinar los problemas que generan el excesivo tiempo de espera a través del enfoque 6 Sigma<sup>1</sup>. Para la recolección de datos se usaron cuestionarios dirigidos a los pacientes para determinar cual era su nivel de satisfacción con respecto a dicha casa de salud [1].

## **1.2 SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO**

En el país existen puestos de salud, subcentros y centros de salud, hospitales básicos, generales, especializados y de referencia [21] que se encuentran localizados a través de todo el territorio como se señala a continuación.

---

<sup>1</sup> Metodología para mejora de procesos reduciendo o eliminando defectos en la entrega de un producto llegando a un máximo de 3,4 fallas por millón de eventos.



**Figura 1.4** Hospitales Públicos Existentes en el Ecuador - 2007

**Fuente:** Organización Panamericana de la Salud

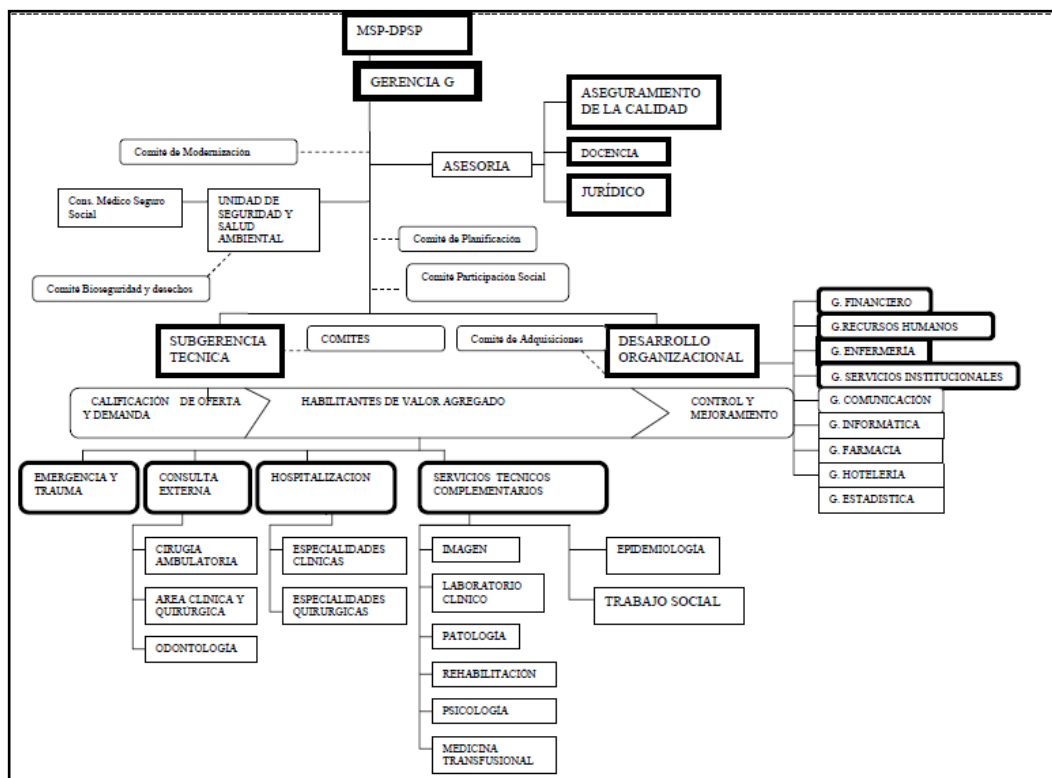
El caso de estudio seleccionado es el HEE, ya que al ser un hospital de tercer nivel tiene un amplio campo de atención. Además, es un hospital de referencia nacional, por lo tanto, un estudio realizado en este puede ser aplicado posteriormente en otros hospitales públicos.

Adicionalmente, la Escuela Politécnica Nacional tiene un convenio de cooperación institucional con el HEE a través del Ministerio de Salud Pública con el fin de generar el desarrollo académico, científico y técnico en áreas de interés mutuo. Este proyecto se planteó en el mes de octubre del 2010 al Dr. Alex Camacho, quien posteriormente delegó su coordinación al subdirector técnico Dr. Santiago Echeverría. Actualmente, el director del HEE es el Dr. Robert Salinas con quien se continúa trabajando en el proyecto.

## 1.2.1 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO

El Hospital de Especialidades Eugenio Espejo (HEE) es un hospital de tercer nivel con referencia nacional, se encuentra ubicado en Av. Colombia s/n y Yaguachi de la ciudad de Quito.

La estructura organizacional del hospital es la siguiente:



**Figura 1.5** Estructura organizacional HEE

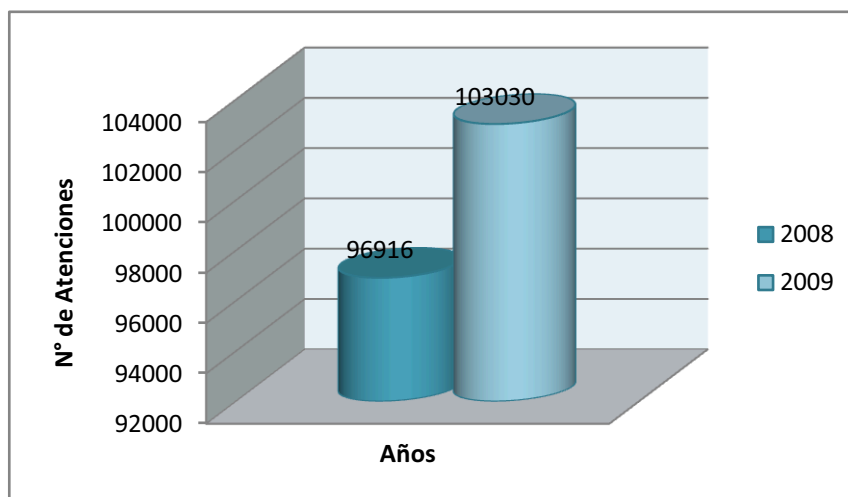
**Fuente:** MSP

El hospital presta sus servicios en las siguientes áreas:

- Emergencia
- Hospitalización
- Cuidados intensivos
- Consulta Externa
- Docencia
- Áreas administrativas
- Chequeo médico ejecutivo
- Laboratorios
- Anatomía patológica
- Centro ortopédico

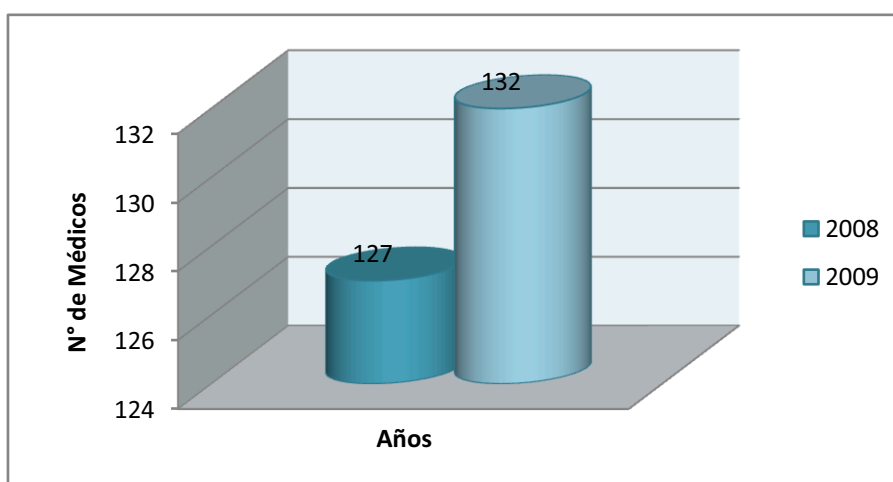
### 1.2.1.1 Pacientes Atendidos

En el área de Consulta Externa, en el período enero-junio del 2008 fueron atendidos 96916 pacientes por 127 médicos y en el mismo período del 2009 la cifra de atención llegó a 103030 pacientes con una disposición de 132 médicos tratantes.



**Figura 1.6** Atenciones en Consulta Externa, período enero – junio, años 2008 y 2009

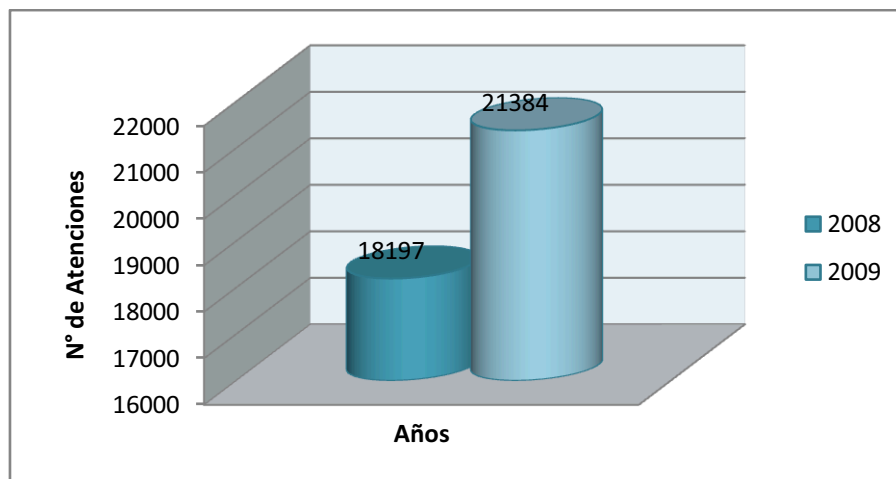
**Fuente:** HEE



**Figura 1.7** Médicos en Consulta Externa, período enero – junio, años 2008 y 2009

**Fuente:** HEE

Por otro lado, en emergencia la afluencia de pacientes en urgencias en el año 2009 se incrementó en 3187 atenciones en relación a la del año 2008 [17].



**Figura 1.8** Atenciones en urgencia, período enero – junio, años 2008 y 2009

**Fuente:** HEE

De acuerdo a un análisis socioeconómico, los pacientes son clasificados en 5 categorías [17] que determinarán los rubros que podrían pagar si fuera el caso.

*Categoría A:* usuarios que ganen menos de 200 USD mensuales

Características:

- Niños menores a los 5 años.
- Menores a los 18 años de edad.

Patologías:

- Tuberculosis (enfermedad de la Pobreza).
- HIV

*Categoría B:* pacientes que ganen entre 201 y 280 USD.

Características:

- Vivienda de arriendo.
- De 1 a 5 cargas familiares.
- Préstamos contraídos por motivos de la enfermedad.

*Categoría C:* pacientes que ganen entre 281 y 360 USD

Características:

- Tercera edad.
- Discapacitados.
- Vivienda arrendada.
- De 1 a 5 cargas familiares.

*Categoría D:* pacientes que ganen entre 361 y 440 USD

Características:

- Vivienda de arriendo.
- De 1 a 5 cargas familiares.

*Categoría E:* pacientes que ganen entre 441 y 520 dólares

Características:

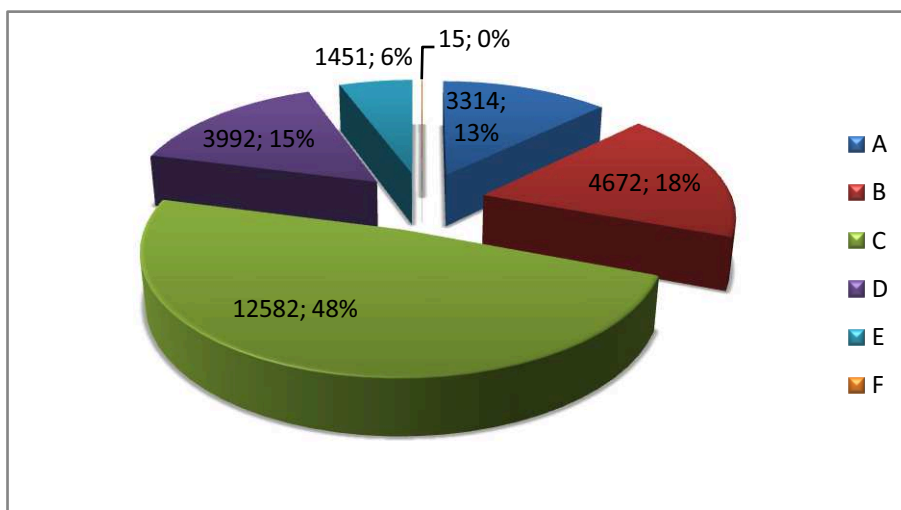
- Vivienda propia.
- De 1 a 5 cargas familiares.
- Afiliados al IESS y otros seguros Privados

*Categoría F:* pacientes que ganen sobre los 520 USD.

Características:

- Vivienda propia.
- De 1 a 5 cargas familiares.
- Afiliados al ISFA, IESS, ESPOL u otros seguros privados.

Frente a esta categorización, la afluencia de pacientes al hospital está explicada en el siguiente gráfico [18].



**Figura 1.9** Categorización de pacientes en el HEE

**Fuente:** HEE

Los tipos de pacientes que acuden con mayor frecuencia al hospital son los de clasificación B y C; el hospital busca atender a los quintiles más bajos de la población, es decir, a los de clasificación de tipo A y de esta forma invertir el presupuesto destinado a salud en gente de pocos recursos que no pueda afrontar el gasto por sí sola.

#### 1.2.1.2 Tipos de pacientes

- Nuevo: aquel paciente al que se le abre historia clínica por primera vez en el hospital
- Primera vez: paciente que tiene un historial clínico pero solicita atención en una nueva especialidad.
- Subsecuente: se refiere al paciente que tiene historia clínica, que ha sido atendido en una especialidad anteriormente y recurre al hospital para ser valorado en la misma especialidad.

#### 1.2.1.3 Asignación de turnos

El HEE tiene algunas formas de asignar turnos para Consulta Externa:

- Previa cita: es aquella que el doctor asigna después de haber atendido a un paciente pero que requiere más atenciones con el mismo médico.
- Referencia externa: citas referidas por otras instituciones médicas como centros de salud, subcentros, etc. Este proceso se lo realiza mediante la referencia interna entre el centro de salud que desea hacer la transferencia y la Subdirección Técnica del HEE.
- Central Telefónica: citas que son otorgadas a personas que se contactan de 8h00 a 16h30 al sistema de asignación de turnos mediante una llamada telefónica al número 147 implementado por el Ministerio de Salud Pública.
- Referencia interna: citas que son solicitadas por el médico tratante de otra especialidad para su paciente. Este tipo de turnos suelen ser otorgados el mismo día que son solicitados pues en su mayoría son casos que requieren atención inmediata.

La asignación de turnos a través de la Central Telefónica, se viene aplicando en el hospital desde el 28 de septiembre del 2009, con el objetivo de eliminar las largas filas que se formaban al buscar un turno de forma presencial. De esta manera se evita que la gente contraiga enfermedades por estar expuestas al frío de la madrugada, disminuye representativamente el número de robos y se elimina el costo de traslados innecesarios para quienes no conseguían turno.

### **1.2.2 CENTRAL TELEFÓNICA**

La Central Telefónica es la que se encarga de receptar todas las llamadas para solicitar turnos. Atiende de lunes a viernes de 8h00 a 16h30 y cuenta con 6 operadores.

Los operadores en el lapso de 8h00 a 12h30 tienen un receso de 15 minutos. Adicionalmente, al medio día tienen 30 minutos destinados para el almuerzo, pero esta acción se la realiza en dos grupos para que de esta manera no se dejen desatendidos los teléfonos. Dos de los operadores que retornan del primer grupo serán los encargados de receptar las llamadas hasta el momento en que se cierre la Central Telefónica, los operadores restantes se harán cargo de ingresar las



historias clínicas que retornan de los consultorios durante el día para así poder asignar en caso de ser necesario una nueva cita al paciente.

Los operadores llenan los siguientes documentos al momento de abrir una historia clínica:

- Una hoja denominada “hoja 001” que contiene los datos personales del solicitante:
- Una carpeta que contendrá la historia clínica
- La “hoja Anamnesis” (hoja de la primera consulta)
- Una ficha en la que se digitan los datos principales del paciente como son nombres y apellidos y nombres de los padres.
- El carnet del paciente
- Registro de archivo

A partir de febrero de 2008 los datos personales de cada historia clínica que sea abierta deben ser ingresados en un archivo digital. Aquellas que fueron creadas antes de esta fecha se encuentran en proceso de digitalización, teniendo un 92% de avance hasta diciembre de 2009.

Cuando uno marca al 147 es conectado a un sistema que agrupa a las principales casas de salud del país. Para ser direccionado con el HEE es necesario discar la opción Pichincha y posteriormente la del HEE.

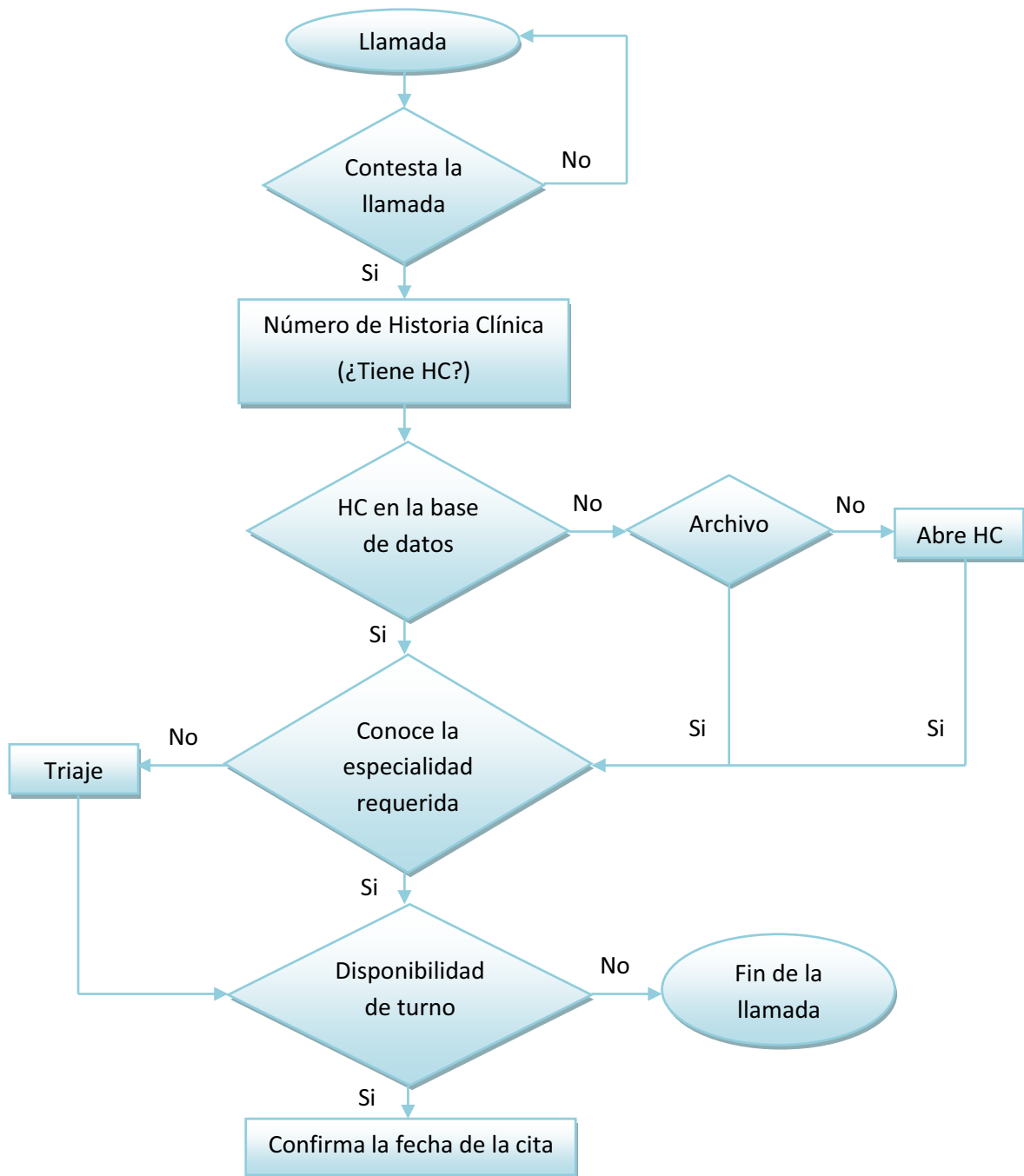
A diario llegan aproximadamente 8200 intentos de llamadas, de las cuales 1200 son atendidos y únicamente 700 turnos están disponibles para ser asignados. El sistema no puede atender más llamadas debido a que existen especialidades con una fuerte demanda, como urología, que cubren su cupo en los primeros 15 minutos de atención. Sin embargo, los pacientes que requieren este servicio continúan llamando para obtener turnos y colapsan la Central Telefónica.

Además se presentan irregularidades en el sistema que impiden una entrega justa de turnos, ya que a las afueras del hospital una persona alquila un teléfono y se forman grandes filas detrás de éste, debido a que las llamadas se realizan a una línea directa de un determinado operador y no tienen que atravesar por el 147, de esta manera, la posibilidad de que la llamada sea receptada se incrementa significativamente.

El proceso no se realiza con la eficiencia esperada por la constante pérdida de historias clínicas. Según el Ex Subdirector Técnico del HEE, Santiago Echeverría, 4 de cada 10 historias son perdidas. Esta es la principal razón por la que los pacientes son llamados al inicio de la jornada de atención del médico, pese a que tengan un número de turno posterior y tengan que esperar varias horas para ser atendido.

#### **1.2.2.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE TURNOS A TRAVÉS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA**

Todo aquel que desee obtener un turno para ser atendido en Consulta Externa debe solicitarlo a través de la central de turnos del Ministerio de Salud Pública discando el 147, en caso de ser la primera vez que solicita turno dentro del hospital, tendrá que abrir una historia clínica; una vez abierta esta, el operador se encarga de verificar si existe disponibilidad de turnos en los 8 días siguientes, de ser así, la fecha de atención será confirmada, caso contrario, el interesado debe intentar nuevamente otro día.



**Figura 1.10** Diagrama de flujo de la Central Telefónica

Las especialidades de Consulta Externa y el número de médicos con las que cuenta el hospital son:

<b>Especialidad</b>	<b>N° Médicos</b>	<b>Especialidad</b>	<b>N° Médicos</b>
Cardiología *	6	Neumología*	4
Cardiorácica	2	Neurocirugía*	4
Cirugía Cardíaca	2	Neuroclínica*	4
Cirugía General *	3	Odontología	6
Cirugía Pediátrica	1	Oftalmología*	5
Cirugía Plástica*	5	Oncología*	2
Cirugía Vasculár*	3	Otorrinolaringología*	9
Dermatología*	2	Pediatría	3
Endocrinología*	1	Proctología	3
Gastroenterología*	4	Psicología	3
Geriatría	1	Psiquiatría	3
Ginecología*	5	Rehabilitación*	3
Hematología	2	Reumatología*	1
Maxilofacial	2	Traumatología*	13
Medicina Interna*	5	Urología*	4
Nefrología*	3		

\* Especialidades observadas y medidas en el estudio

**Tabla 1.3** Número de médicos por especialidad

El criterio para seleccionar las especialidades en las que se realizó la observación y la medición de sus tiempos lo ha determinado el Subdirector Técnico; ya que se analizaron aquellas que presentan ciertos problemas, sea por su gran demanda, por la hora de llegada de sus médicos o incluso por la desorganización interna de la especialidad.

Cada especialidad cuenta con un jefe de servicio y varios médicos tratantes. Estos tienen diferentes responsabilidades a su cargo como son:

- Pasar visita a los pacientes que están internos, esto habitualmente lo hacen a las primeras horas de la mañana antes de acercarse a atender a sus pacientes de Consulta Externa.
- Referir a pacientes internamente, es decir, trasladar de una especialidad a otra a un paciente que requiere otro tipo de atención.
- Procedimientos, son acciones que realizan los especialistas diferentes a la consulta médica para llegar a un diagnóstico más acertado haciendo uso de equipos especializados, instrumentos e incluso salas de procedimientos.
- Consulta Externa, se refiere atender a todo paciente externo que requiera ser atendido en su especialidad
- Cirugía, realizar operaciones a pacientes que lo requieran
- Funciones administrativas, que son asignadas ajustándose al cargo que lleve dentro de la especialidad o el hospital.

Es importante aclarar que no todas las funciones son realizadas por todos los médicos, estas dependen de las tareas asignadas a cada especialista.

Además, sujetándose a las disposiciones de cada una de las especialidades, el paciente puede ser asignado de dos maneras. La primera es a un médico específico, es decir el individuo sabrá por quién será diagnosticado antes de tener su cita, en la segunda el paciente al momento de llegar al consultorio es analizado por el médico que esté disponible.

Adicionalmente el hospital dispone con el servicio de enfermería [19], el cual cuenta con:

- 1 Coordinadora de la Gestión de enfermería
- 1 Líder de Gestión Administrativa
- 1 Líder de Docencia e Investigación
- 1 enfermera de Control de Infecciones
- 21 líderes de los servicios
- 138 enfermeras miembros de equipo

- 272 auxiliares de enfermería
- 56 auxiliares administrativos de salud

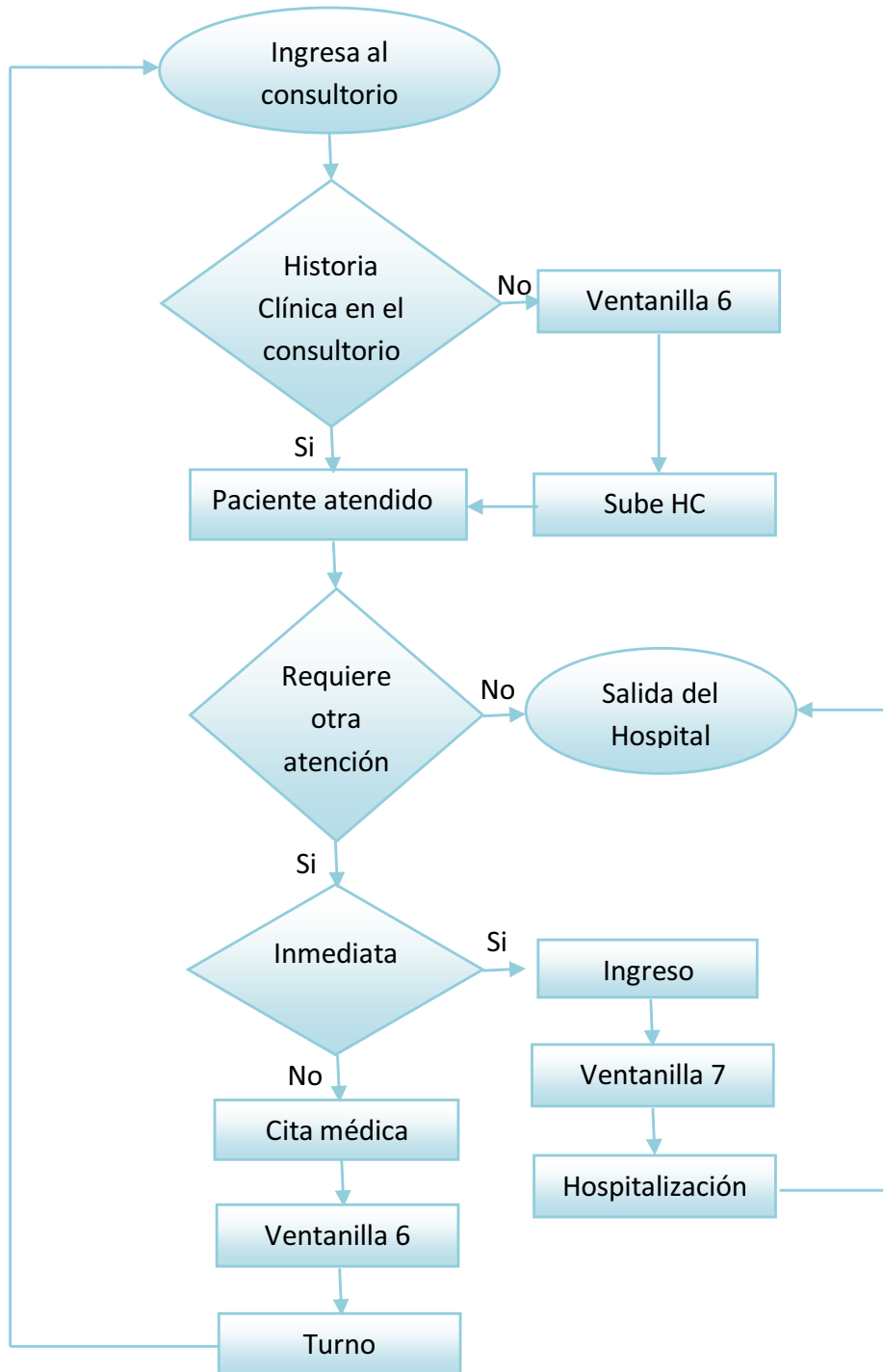
El trabajo social es de suma importancia en el tratamiento del paciente de Consulta Externa, ya que es esta área la encargada de determinar si es el medio en el que se desenvuelve el individuo el que en parte es responsable de sus malestares. Por este motivo, las instalaciones del HEE cuentan con profesionales en esta rama, que hasta el año 2006 estaba conformado por 17 Trabajadoras Sociales con nombramiento, 2 a contrato destinadas para los pacientes externos y 1 para los pacientes internos.

#### **1.2.2.2 PROCESO DE ATENCIÓN**

Al momento en que el paciente llega al consultorio verifica si está en lista para ser atendido, el no estar enlistado puede darse por dos motivos; el primero sería porque su historia clínica no ha llegado al consultorio, en este caso, el paciente debe acercarse a la ventanilla 6 para solicitar que se soluciones el problema y faciliten el documento a la enfermera o auxiliar encargada de la especialidad; el segundo se da por confusión en la fecha correspondiente al turno, si esto sucede el paciente debe regresar el día correcto o solicitar otro turno.

Una vez confirmado el turno, dependiendo de la especialidad, la enfermera o auxiliar realiza una pre-consulta al paciente, en donde chequea los signos vitales del paciente como son el ritmo cardíaco y la respiración. Finalizada esta, el paciente se dispone a esperar la llegada del médico que le atenderá.

Finalizada la consulta, en determinadas especialidades, la enfermera o auxiliar realiza una post consulta donde se explica nuevamente la o las enfermedades diagnosticadas, medicamentos y horarios a seguir, o incluso exámenes que deberán realizarse hasta la siguiente cita.



**Figura 1.11** Diagrama de flujo de proceso de atención en Consulta Externa

## **2 ANÁLISIS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA Y EL ÁREA DE CONSULTA EXTERNA**

En el capítulo I se habló sobre el funcionamiento de la Central Telefónica y el área de Consulta Externa del HEE, analizando el procedimiento que cada uno de los pacientes siguen al momento de solicitar un turno o al llegar al hospital para ser atendido.

El presente capítulo analiza detalladamente estos procesos basándonos en información recopilada a lo largo de semanas de observación en cada una de estas áreas. Presenciar los procesos ha permitido adquirir un conocimiento claro de cómo se manejan las diversas situaciones diariamente en el hospital.

El tiempo de duración de la llamadas para solicitar turnos, horas de congestión en la Central Telefónica así como momentos de aglomeración frente a los consultorios, la hora de llegada de los pacientes y de los médicos, la duración de cada una de las consultas es información de suma importancia para la investigación y será detallada a lo largo del capítulo.

Adicionalmente, se planteará posibles escenarios que permitan solucionar problemas como el tiempo de espera de los pacientes, las largas colas en los pasillos y la subutilización de los médicos.

### **2.1 ANÁLISIS DE DATOS**

#### **2.1.1 CENTRAL TELEFÓNICA**

En la semana del 7 al 11 de diciembre del 2009 se realizó la toma de datos en la Central Telefónica del HEE en un horario de 8h15 a 12h30, con la participación de 5 operadores. La Coordinación de la Subdirección Técnica nos proporcionó la



ayuda de 4 trabajadores del hospital que colaboraron con la toma de tiempo de las llamadas.

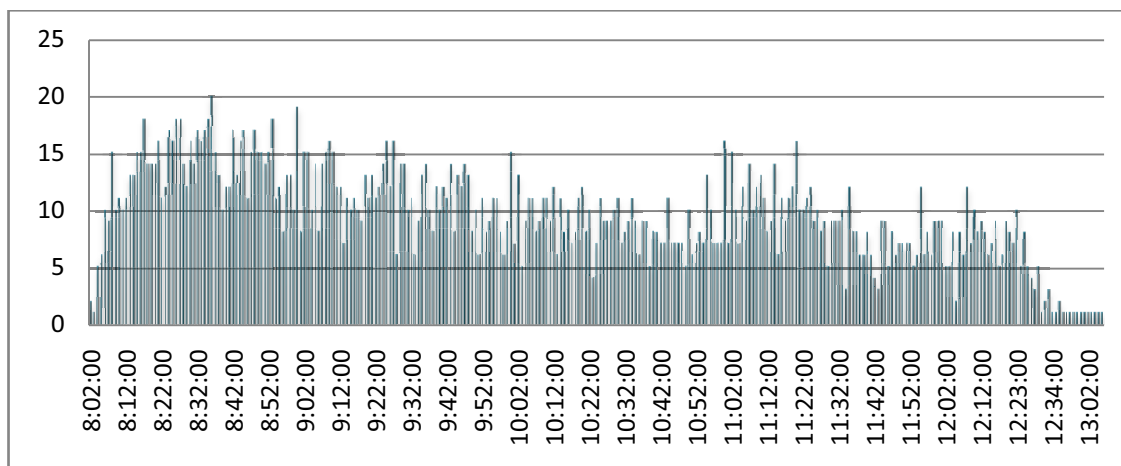
El primer día de medición una de las operadoras se hizo cargo de dos líneas telefónicas debido a que la responsable de la segunda estaba con permiso, es así que el lunes 7 de diciembre se tomaron en cuenta 6 líneas telefónicas que atendían la solicitud de turnos.

La Central Telefónica está situada en el departamento de estadística del hospital, primer piso, sección de hospitalización. Hasta la fecha de la toma de datos, se contaba con 6 líneas disponibles para la atención al público. Existen 3 archiveros donde se guardan las tarjetas que contienen los datos personales de las historias y una sección denominada archivo donde se almacenan las carpetas que contengan las historias clínicas.

El número de especialidades a analizarse es de 34, detalladas a continuación:

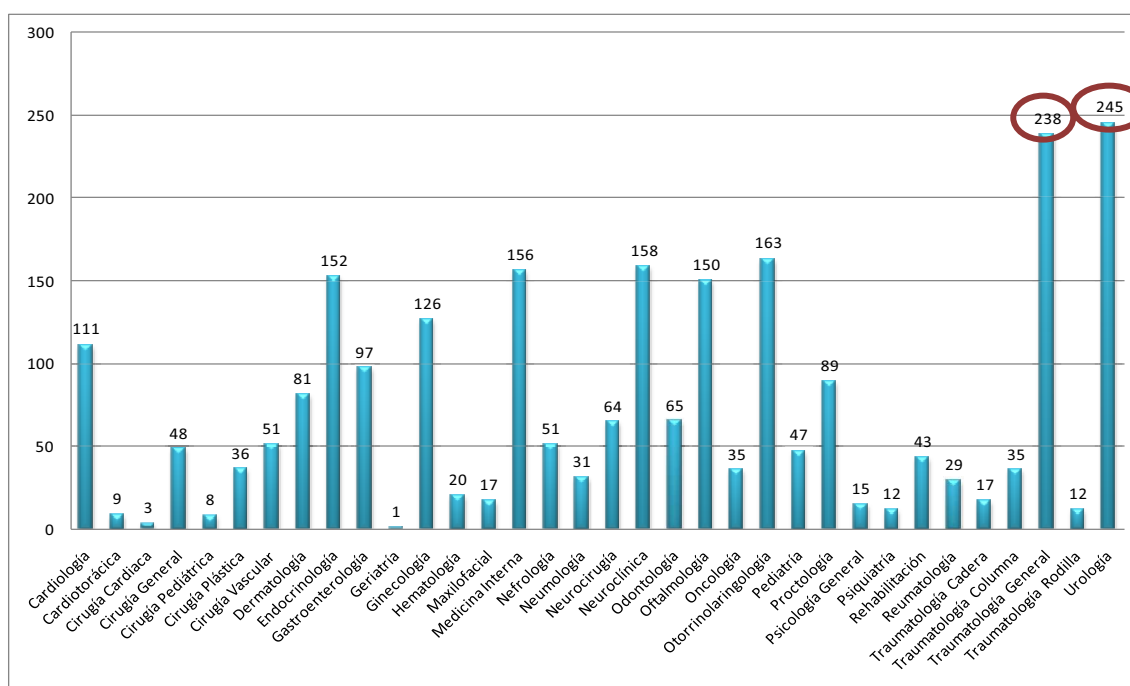
- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Cardiología        | 18. Neurocirugía          |
| 2. Cardiorácica       | 19. Neuroclínica          |
| 3. Cirugía Cardiaca   | 20. Odontología           |
| 4. Cirugía General    | 21. Oftalmología          |
| 5. Cirugía Pediátrica | 22. Oncología             |
| 6. Cirugía Plástica   | 23. Otorrinolaringología  |
| 7. Cirugía Vasular    | 24. Pediatría             |
| 8. Dermatología       | 25. Proctología           |
| 9. Endocrinología     | 26. Psicología General    |
| 10. Gastroenterología | 27. Psiquiatría           |
| 11. Geriatría         | 28. Rehabilitación        |
| 12. Ginecología       | 29. Reumatología          |
| 13. Hematología       | 30. Traumatología Cadera  |
| 14. Maxilofacial      | 31. Traumatología Columna |
| 15. Medicina Interna  | 32. Traumatología General |
| 16. Nefrología        | 33. Traumatología Rodilla |
| 17. Neumología        | 34. Urología              |

En el período de observación se recibieron 2689 llamadas, de las cuales únicamente 2670 cuentan con el total de duración. Haciendo uso de estas podemos ver en el gráfico de dispersión (Figura 2.1) que los picos más altos de número de llamadas se dan en el período de 8h00 a 10h00.



**Figura 2.1** Frecuencia de llamadas por horario

Urología y Traumatología General son las especialidades con mayor demanda a través de la Central Telefónica (Figura 2.2) del hospital con un total de 245 y 238 llamadas respectivamente.



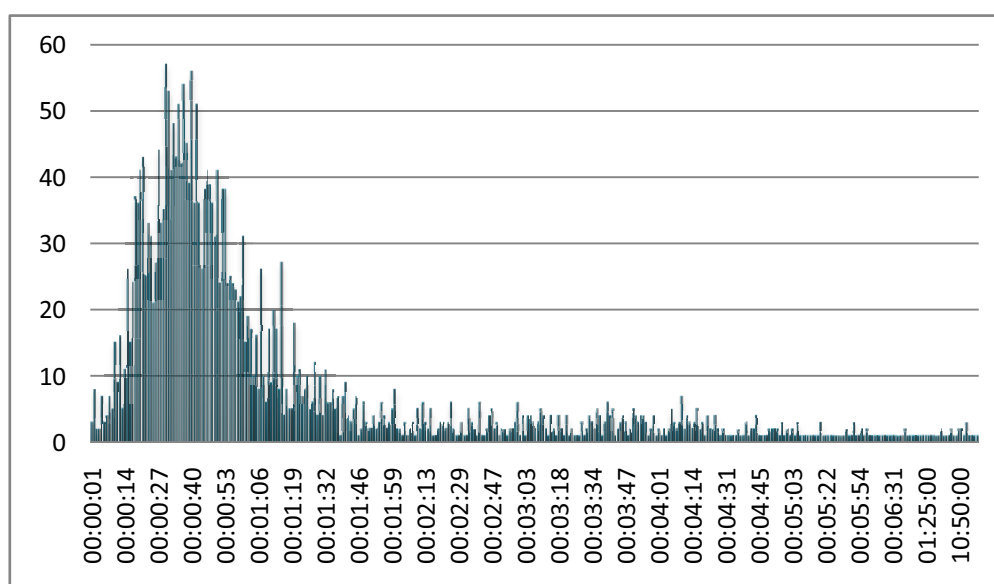
**Figura 2.2** Número de llamadas recibidas por especialidad

Debido a que existen llamadas que ingresan a la central pero por motivos externos se cortan, la duración mínima de las llamadas es de 1 segundo. Por otro lado, la duración máxima de una llamada es de 9 minutos y 36 segundos, tiempos como este se producen debido a inconvenientes con la información de las historias clínicas, como sus números o datos personales, quien llama no tiene la información requerida para reservar el turno o porque hay problemas de audio. Agrupando todas estas llamadas, su promedio de duración llega a 1 minuto y 16 segundos con una desviación estándar de 1 minuto 18 segundos (Tabla 2.1).

<b>Número de llamadas</b>	<b>2673</b>
Duración mínima de llamada	00:00:01
Duración máxima de llamada	00:09:36
Duración promedio de llamada	00:01:16

**Tabla 2.1** Tiempo total de llamadas

La mayor cantidad de llamadas se agrupa en el rango de tiempo de 11 segundos a 1 minuto. Paulatinamente, la frecuencia de duración de llamadas va disminuyendo a medida que el tiempo se incrementa (Figura 2.3).



**Figura 2.3** Frecuencia de duración de llamadas en la Central Telefónica

Para el estudio, hemos decidido tomar el tiempo que demora el operador en verificar que la historia clínica del paciente no se duplique en el archivero. Es así que con un total de 201 llamadas que contienen este tiempo hemos obtenido la siguiente información:

En promedio un operador se demora 1 minuto con 16 segundos en ir, verificar y regresar del archivero. El mejor tiempo en este procedimiento es de 10 segundos y el máximo es de 2 minutos 36 segundos (Tabla 2.2).

<b>Número de llamadas</b>	<b>201</b>
Tiempo mínimo en el archivero	00:00:10
Tiempo máximo en el archivero	00:02:36
Duración promedio en el archivero	00:01:16

**Tabla 2.2** Tiempo en el archivero

No siempre se debe verificar la existencia de la historia clínica en el archivero, esto se hace únicamente si esta no se encuentra registrada en el sistema. Esta verificación de datos origina los tiempos de la Tabla 2.3.

<b>Número de llamadas</b>	<b>199</b>
Duración mínima de llamada	00:01:21
Duración máxima de llamada	00:09:36
Duración promedio de llamada	00:04:15

**Tabla 2.3** Duración de la llamada con verificación de datos

Cuando un paciente llama para solicitar un turno por primera vez, el operador debe abrir una historia clínica, incrementando el tiempo de llamada significativamente.

De 2537 llamadas únicamente el 13% de estas abrieron historia clínica (Tabla 2.4), es decir, el 87% de aquellos que llamaron son pacientes que ya se habían hecho atender en el hospital.

	<b>Abre HC</b>	<b>No abre HC</b>
Número de llamadas	324	2213
Duración mínima de llamada	00:00:48	00:00:05
Duración máxima de llamada	00:09:36	00:09:14
Duración promedio de llamada	00:04:02	00:00:54

**Tabla 2.4** Apertura y no apertura de HC

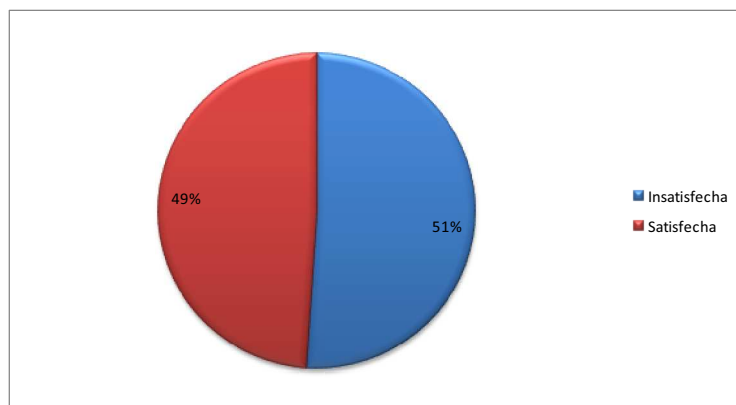
Durante la semana de observación se actualizaron 13 historias y se abrieron 479, se entregaron 2255 turnos, y retornaron 2608 historias a estadística del hospital (Tabla 2.5). El hecho de que retornen menos historias que las despachadas se da porque los médicos las guardan por algún tiempo. Esto provoca que se extravíen y susciten inconvenientes en futuras solicitudes de turnos o incluso en el momento de atención al paciente.

<b>Actualización Nro. Historia</b>	<b>13</b>
Entrega de turno	2255
Nueva Historia	479
Retornar Historia	2608

**Tabla 2.5** Datos proporcionados por el HEE

### 2.1.1.1 Demanda de turnos

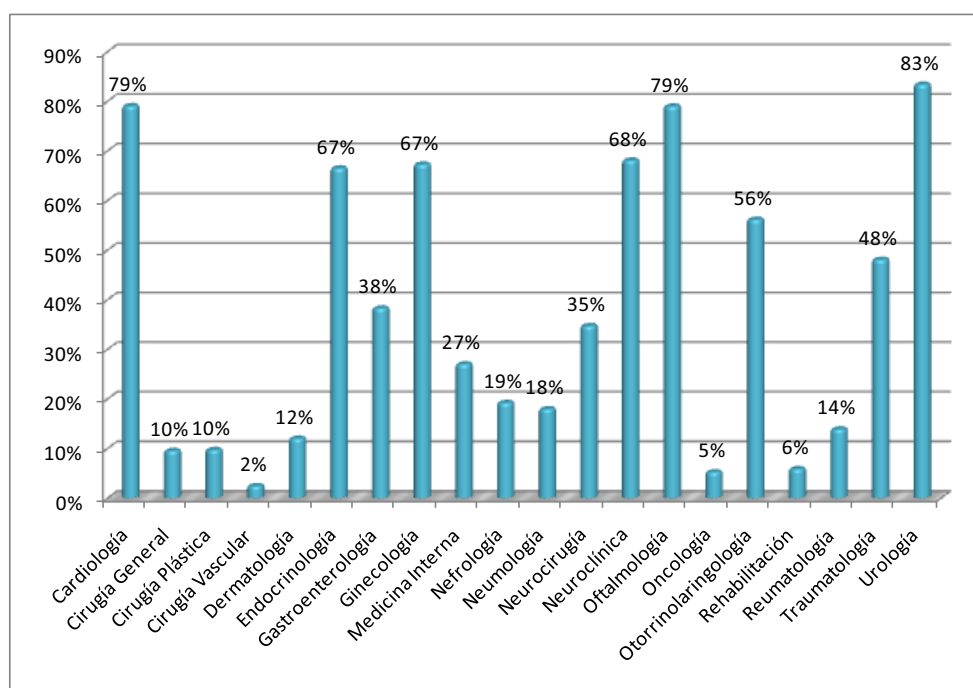
Una vez obtenidos todos los datos podemos ver que existe una gran demanda insatisfecha de turnos para la atención en Consulta Externa. La Figura 2.4 muestra que un 51% de las personas que accedieron a la Central Telefónica no lograron apartar un turno.



**Figura 2.4** Demanda de turnos para Consulta Externa

En determinadas especialidades la demanda insatisfecha llega a valores extremadamente altos, como el caso de Urología que tiene un 83% de demanda no cubierta, o Cardiología y Oftalmología con un 79% como muestra la Figura 2.5.

Así como existen especialidades alarmantes, también podemos ver que hay otras cuya demanda está cubierta casi en su totalidad. Se ve claramente que especialidades como cirugía vascular y oncología se encuentran por debajo del 5% no satisfecho.



**Figura 2.5** Demanda insatisfecha de turnos por especialidad

### 2.1.2 ATENCIÓN CONSULTA EXTERNA

Del 24 de febrero al 2 de marzo del 2010, se realizaron encuestas (ver Anexo 1.4) a los pacientes de Consulta Externa del HEE en las 20 especialidades especificadas en la tabla 1.3 del Capítulo 1. Para esto colaboraron 25 encuestadores repartidos en los tres pisos que abarca Consulta Externa. Se requirió este número de colaboradores debido a que determinadas especialidades por la afluencia de pacientes, el número de médicos que atendían o su ubicación, requerían ser registradas por más de un encuestador.

Las encuestas fueron dirigidas a los pacientes que asistían al hospital, en la semana de análisis, quienes serán los directamente afectados al momento de aplicar las posibles soluciones para la reducción de tiempo de espera en Consulta Externa. Las encuestas se realizaron de forma individual directamente al paciente que era atendido, salvo a aquellos que por complicaciones de salud o por edad no podían desenvolverse por sí solos.

Para cerciorarnos de que los datos de las encuestas sean tomados adecuadamente, días antes se capacitó a los encuestadores que recolectarían los datos. Allí se explicaron cada una de las preguntas y se despejaron toda clase de dudas de los presentes.

En el tiempo de recolección de datos diariamente se entregaban a las 07h30 el número necesario de encuestas para cada especialidad y a las 8h00 se daba inicio al proceso terminando a la hora en que el médico finalizaba todas sus consultas.

Especialidades como Cardiología, Cirugía Plástica, Cirugía General, Gastroenterología, Medicina Interna, Rehabilitación y Traumatología también fueron analizadas en la tarde ya que su horario de atención, dependiendo del día, se extendía hasta las 16h00.

### 2.1.2.1 Cálculo de la muestra

Debido a que cada una de las especialidades del hospital tiene su propia organización, sus pacientes son similares internamente pero muy diversos externamente y adicionalmente el tiempo de atención de cada uno es sumamente variado, se decidió hacer un muestreo estratificado donde cada una de las especialidades conforma un estrato.

Dado que existen especialidades que son más demandadas que otras y para que los estratos pequeños no estén sobrerrepresentados o los más grandes subrepresentados se calculó el tamaño de la muestra de la población del HEE en base a lo que especifica la teoría [5].

$$n = \frac{N(z_{\alpha})^2 \sum_{i=1}^K N_i s_i^2}{E^2 N^2 + (z_{\alpha})^2 \sum_{i=1}^K N_i s_i^2}$$

Donde:

$N$  es el número de elementos en la población

$N_i$  es el número de elementos en el estrato  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$

$s_i^2$  es la varianza de los datos de la muestra en el estrato  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$

$E$  error esperado

$n$  es el tamaño de la muestra

Tomando como población el total diario de pacientes que asistieron a Consulta Externa en la semana del 4 al 8 de enero del 2010, con un error del 2% y con una confianza del 95% se obtuvieron las siguientes muestras diarias:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>n</b>	558,1289	490,4221	510,9046	471,6215	418,1776

**Tabla 2.6** Muestras diarias en número de pacientes<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Valores no aproximados debido a su utilidad en la siguiente fórmula



Y haciendo uso de esta muestra se calculó el tamaño de las submuestras:

$$n_1 = N_1 \frac{n}{N}, \quad n_2 = N_2 \frac{n}{N}, \quad \dots, \quad n_k = N_k \frac{n}{N}$$

Después de realizar el procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados por especialidad dándonos un total de 2449 encuestas requeridas.

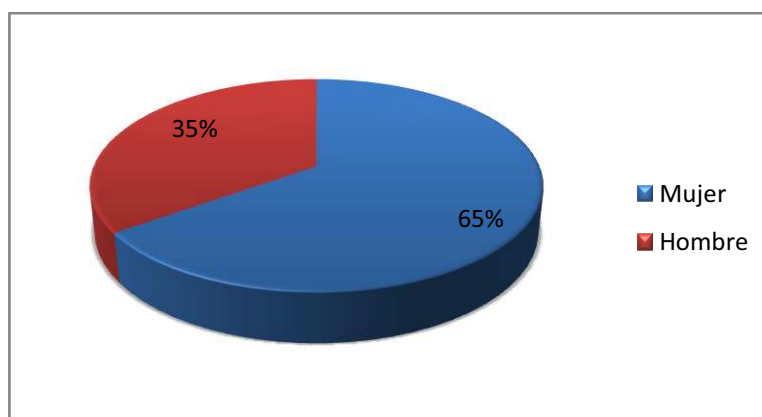
<b>Especialidad</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>Cardiología</b>	49	14	54	15	49
<b>Cirugía General</b>	22	18	25	18	14
<b>Cirugía Plástica</b>	8	6	9	7	7
<b>Cirugía Vascular</b>	22	36	22	12	16
<b>Dermatología</b>	23	21	27	26	22
<b>Endocrinología</b>	16	15	16	15	15
<b>Gastroenterología</b>	32	34	45	34	26
<b>Ginecología</b>	41	42	33	30	32
<b>Medicina Interna</b>	55	70	67	60	36
<b>Nefrología</b>	16	15	4	13	6
<b>Neumología</b>	39	31	30	37	13
<b>Neurocirugía</b>	13	10	8	5	8
<b>Neuroclínica</b>	45	38	27	39	22
<b>Oftalmología</b>	42	44	33	30	23
<b>Oncología</b>	14	14	11	11	11
<b>Otorrinolaringología</b>	24	22	24	22	24
<b>Rehabilitación</b>	20	23	27	15	23
<b>Reumatología</b>	13	14	14	12	13
<b>Traumatología General</b>	42	24	23	42	36
<b>Urología</b>	21	0	13	27	21

**Tabla 2.7** Submuestras por estrato y día en número de pacientes

## 2.1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

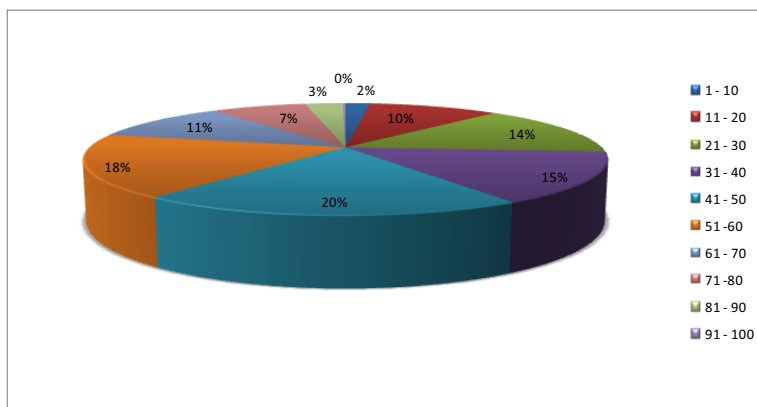
### 2.1.3.1 Concurrencia al hospital

La afluencia de personas en el hospital puede ser analizada desde varios puntos de vista, como el género, la edad de sus pacientes e incluso la región del país de donde provienen. En el área de Consulta Externa la diferencia entre la cantidad de mujeres y hombres que concurren es muy grande, es así que el 65% de los asistentes son mujeres (Figura 2.6). En la mayoría de especialidades se da esta situación como en los casos de Reumatología y endocrinología que tienen el 91% y 86% (Anexo 2.1. opción “conurrencia por género” dentro de cada especialidad) de mujeres atendidas respectivamente, sin mencionar ginecología que únicamente atiende a este género. Por otro lado, también existen especialidades que en su mayoría atienden a hombres como son Cirugía Plástica y Urología donde su porcentaje alcanza el 61%.



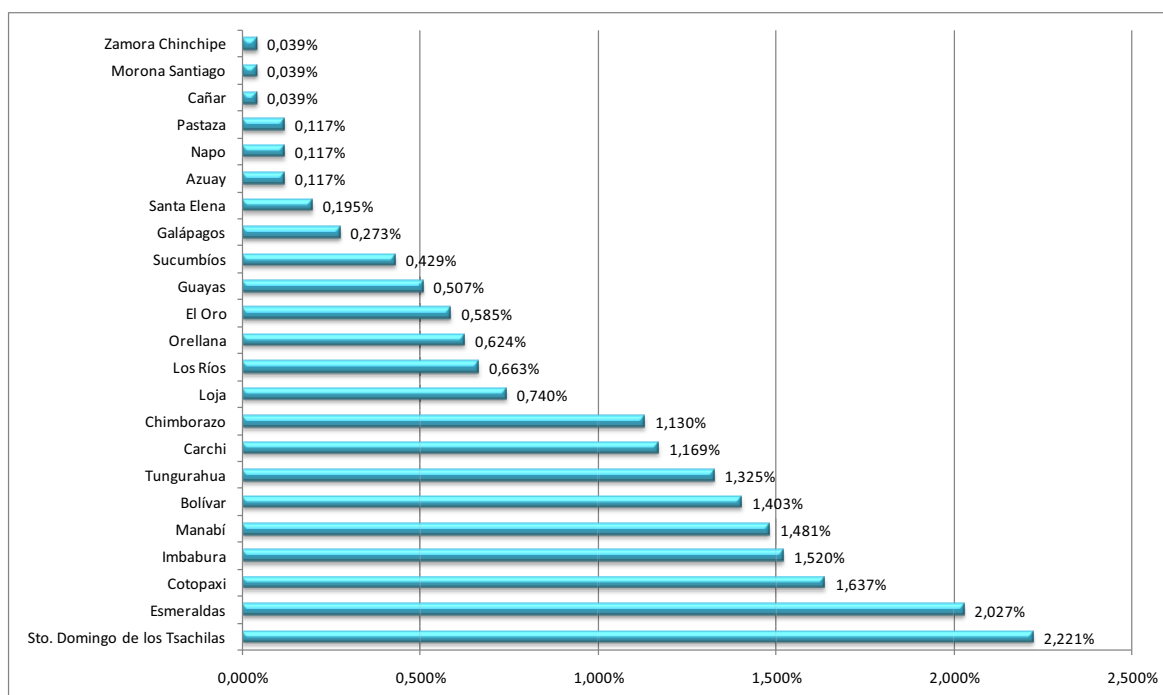
**Figura 2.6** Concurrencia por género Consulta Externa

Así mismo, la edad de los pacientes varía desde bebés en brazos hasta ancianos que llegan a los 100 años de edad pero la mayor afluencia es de personas entre los 40 y 60 años con un 38% del total (Figura 2.7).



**Figura 2.7** Concurrancia por edad de pacientes en Consulta Externa

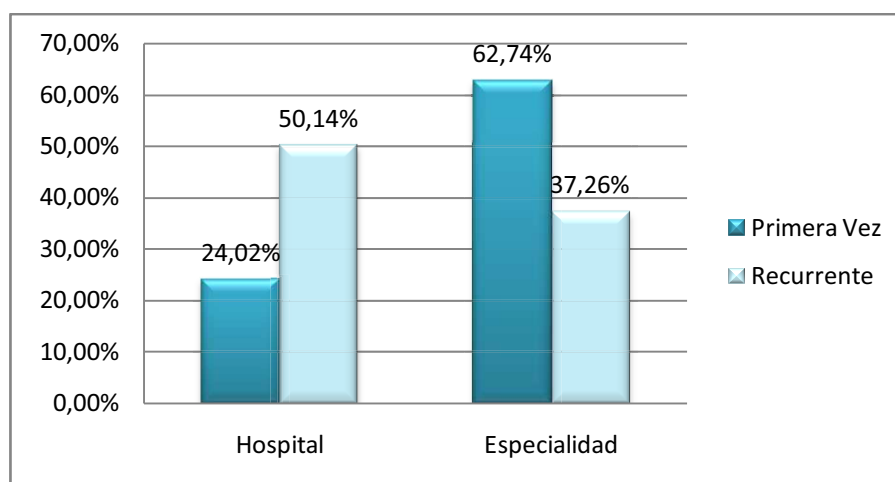
Al ser el HEE un hospital de referencia nacional, sus pacientes provienen de todas las regiones del país, siendo las que más demandan esta atención provincias como Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Cotopaxi (Figura 2.8), es claro que Pichincha con el 81,61% será la provincia con mayor afluencia de personas debido a la ubicación del hospital (Anexo 2.1. opción “concurrancia por provincia” dentro de cada especialidad).



**Figura 2.8** Concurrancia proveniente de cada provincia

Existen personas cuya primera vez en el hospital se da en el área de Consulta Externa, pero en su mayoría son pacientes recurrentes, es decir, ya han sido atendidos anteriormente en alguna área del mismo, siendo así tan solo el 24% de los pacientes son nuevos (Figura 2.9).

A pesar de que a algunos pacientes no se los está atendiendo por primera vez en el hospital, es la primera vez que asiste a determinada especialidad, en el período de observación el 63% de los pacientes estarían en este grupo (Anexo 2.1. opción “Tipo de paciente (nuevo, recurrente)” dentro de cada especialidad).



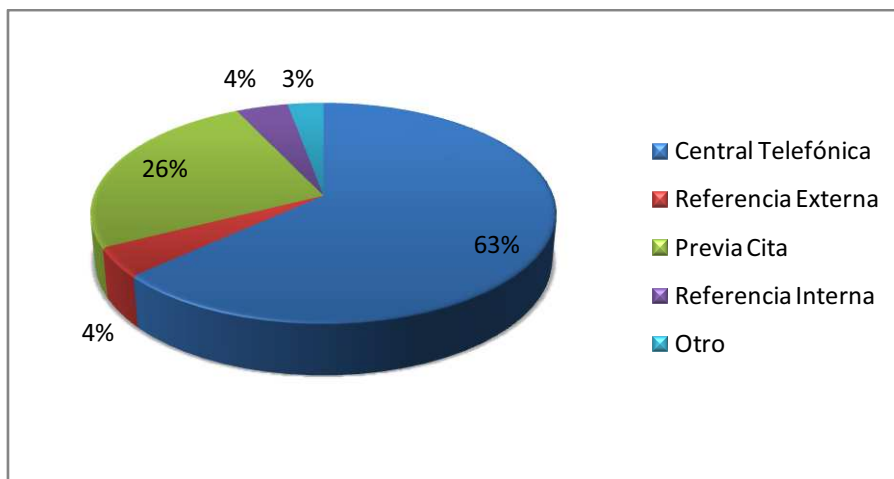
**Figura 2.9** Concurrencia y recurrencia de pacientes al hospital

### 2.1.3.2 Obtención de turnos

Existen varios métodos mediante los cuales se puede obtener un turno para Consulta Externa. En la Figura 2.10 notamos que la Central Telefónica es el medio que otorga más turnos con un 63% del total (Anexo 2.1. opción “Obtención de turno” dentro de cada especialidad).

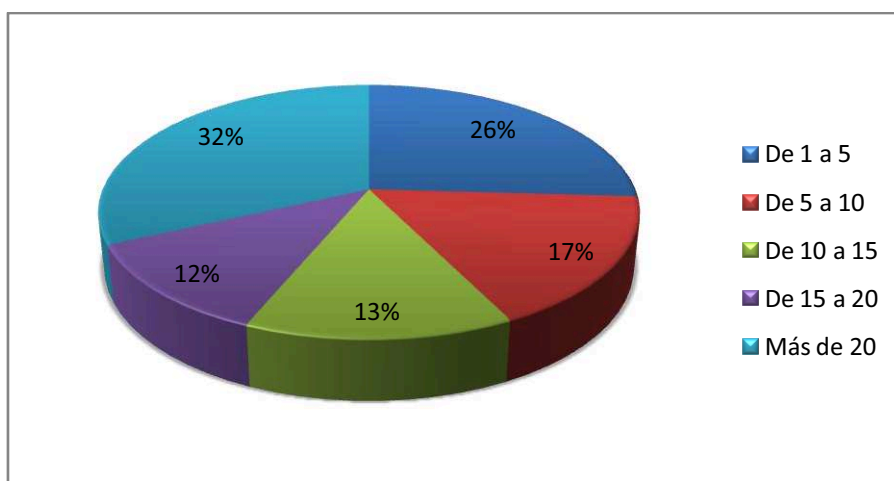
La asignación de turnos a través de previa cita también tiene una alta captación con un 26%. Este último medio, conjuntamente con la referencia externa son los métodos que el hospital desea impulsar ya que, al ser el HEE un hospital de especialidades, lo óptimo sería atender únicamente casos que requieran atención

especializada y que previamente haya sido calificada como tal por un médico calificado del sistema de salud.



**Figura 2.10** Porcentaje de obtención de turnos

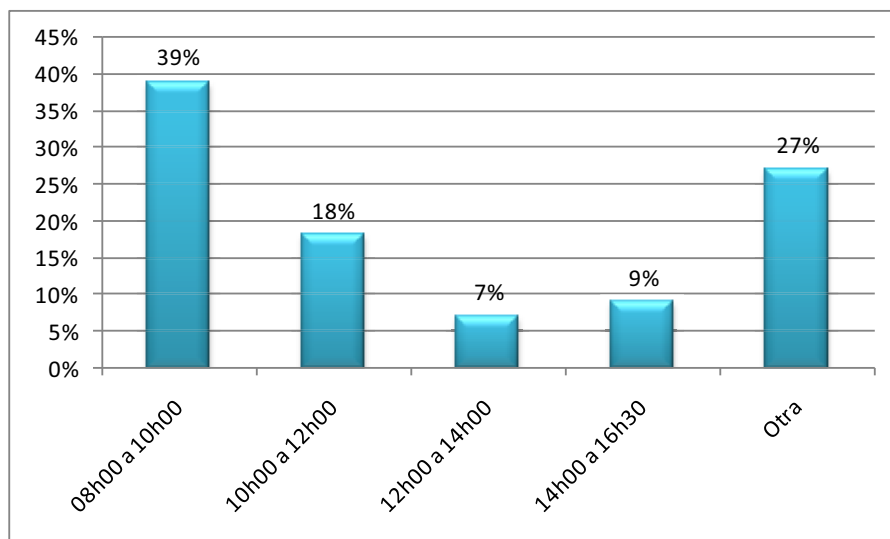
Un total de 1619 pacientes encuestados se comunicaron con la Central Telefónica para obtener su turno, de estos únicamente 1590 nos proporcionaron información del número de veces que llamaron antes de concretar su cita.



**Figura 2.11** Porcentaje del número de llamadas realizadas antes de obtener un turno

Esta información está basada en la percepción de quienes contestaban la encuestas, siendo así que un 26% de los pacientes presumen haber obtenido el turno en sus primeros 5 intentos (Figura 2.11). Este porcentaje está por debajo del 32% que representa a aquellos que dicen haber llamado más de 20 veces. Este

valor, sumado a los porcentajes de los otros rangos de números de llamadas puede presentarse debido a que 54% de estos no tenían conocimiento del horario de atención de la Central Telefónica.



**Figura 2.12** Frecuencia de llamadas según el horario

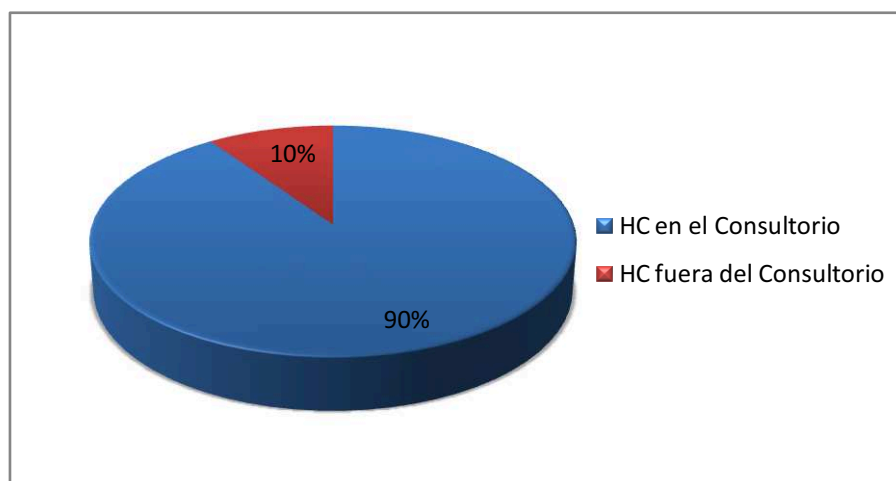
Adicionalmente, la Figura 2.12 muestra que el 39% de las llamadas se las realizan entre las 8h00 y las 10h00, esto provoca que exista aglomeración en el sistema por lo que las líneas permanecerán ocupadas y los presuntos pacientes deben intentar varias veces, provocando que el número de intentos se incremente significativamente.

### 2.1.3.3 Datos de consulta

En el HEE existen dos jornadas de atención para Consulta Externa, de 4 horas cada una, la matutina que inicia a las 8h00 y finaliza a las 12h00, y la vespertina que inicia a las 12h00 y termina a las 16h00.

Al momento en que el paciente recibe la fecha de su cita, este se entera de la hora en la que debe llegar al consultorio, que en su gran mayoría es al inicio de cada jornada, salvo especialidades como ginecología, oftalmología y otorrinolaringología, que debido al modo de atención ya explicado anteriormente son llamados más tarde dependiendo del número de turno asignado.

El motivo por el que se llama con tal antelación es que una de cada diez historias clínicas (Figura 2.13) no llegan al consultorio en la fecha de la cita<sup>3</sup>, y únicamente en el momento en que el paciente o la enfermera se percatan de esta ausencia se da inicio al procedimiento de búsqueda de la historia clínica, proceso que puede tardar desde algunos minutos hasta varias horas.

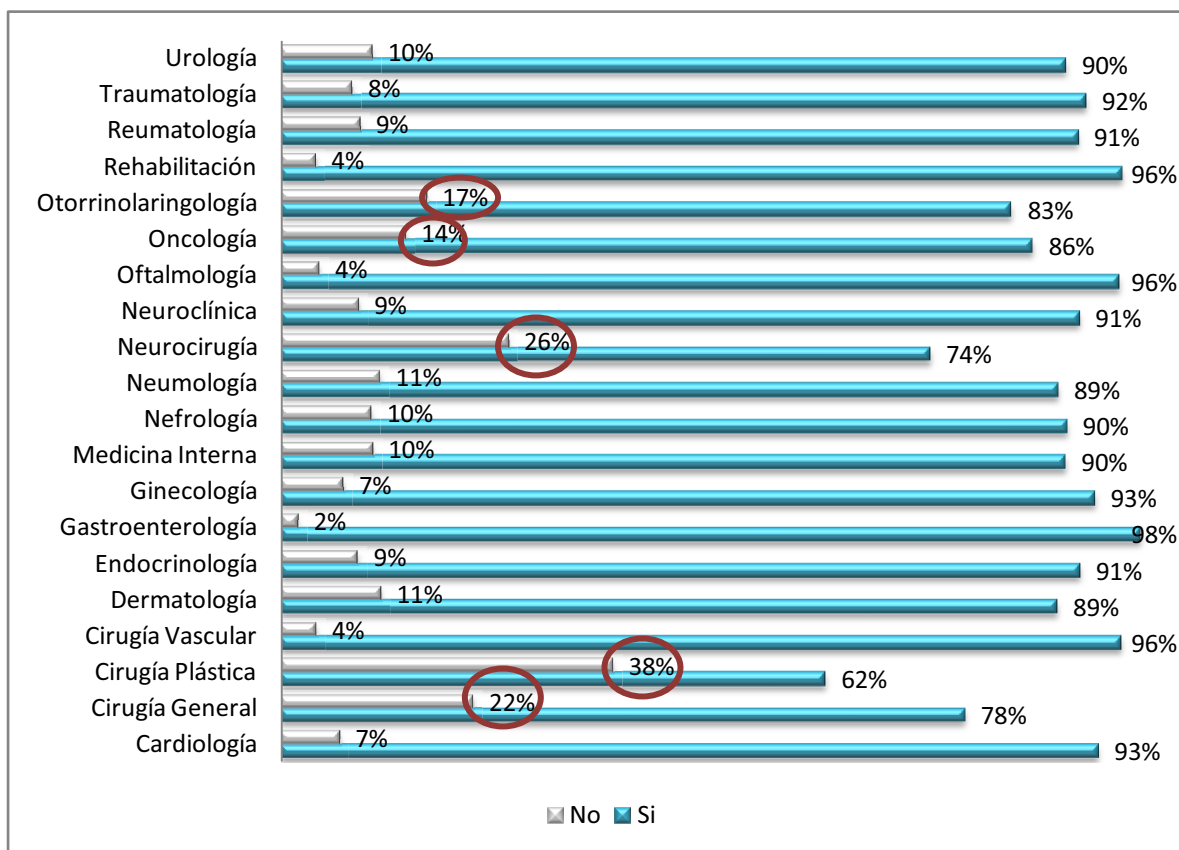


**Figura 2.13** Probabilidad de que la HC se encuentre en el consultorio

En la Figura 2.14 se muestra el porcentaje de pacientes que encuentran su HC en el consultorio al momento de ser atendidos. Se observan datos alarmantes como el caso de Cirugía Plástica que cuenta con el más alto porcentaje de ausencia de HC en el consultorio con un 38%. Esto provoca el tiempo que espera el paciente se aumente considerablemente.

---

<sup>3</sup> Información proporcionada por el departamento de Estadística del HEE



**Figura 2.14** Porcentaje de pacientes que encontraron su HC en el consultorio por especialidad

La pérdida de HC se debe a varios factores como el hecho de que un médico no la ha retornado al departamento de estadística, el paciente fue hospitalizado recientemente, o se ha solicitado un certificado sobre el estado de salud del paciente y la HC se encuentra en manos de la persona encargada de este trámite.

Pese a que los pacientes son llamados a las 8h00 o 12h00 respectivamente, estos asisten antes de la hora indicada con la esperanza de que se les atienda según el orden de llegada, cosa que no sucede ya que se respeta el número de turno asignado salvo casos excepcionales en los que se da preferencia a personas embarazadas, reos, enfermos de gravedad y otros, pero esto únicamente depende del criterio del médico tratante.

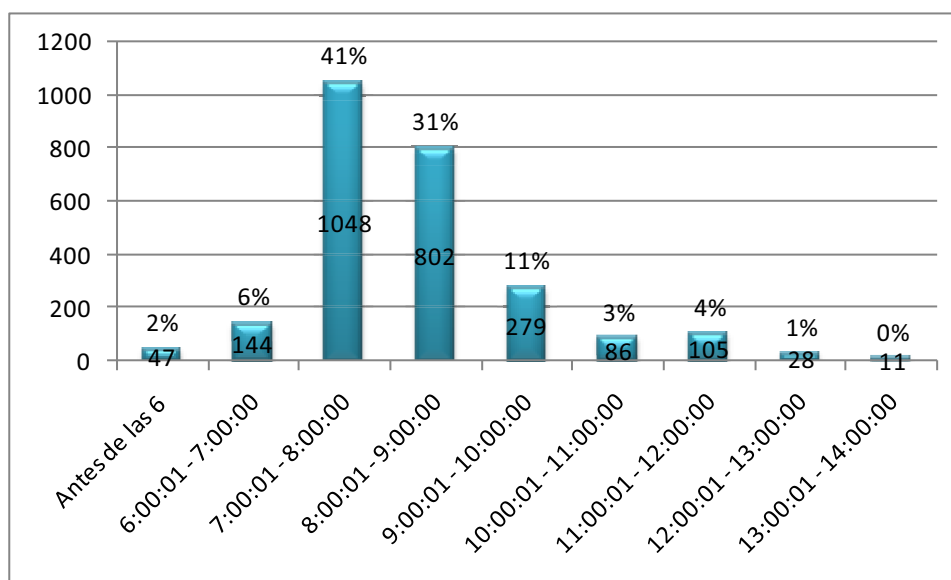
Aún con constantes aclaraciones sobre el horario de atención, en la Figura 2.15 vemos que a lo largo de la semana de observación aún 46 personas, el 2% del total de encuestados, llega antes de las 06h00 y el 6%, 144 pacientes, antes de



las 07h00 (Anexo 2.1. opción “Arribo de pacientes” dentro de cada especialidad). Con una hora de anticipación llega el 41%, es decir, 1048 personas. Esto incrementa el tiempo de espera de los pacientes ya que únicamente el que tenga el primer turno será atendido a las 08h00, siempre y cuando el médico empiece a atender puntual, mientras tanto, los demás tendrán que esperar hasta que llegue el momento de su turno.

Por otro lado, únicamente el 31% de los pacientes (802 personas) llegan en el lapso de las 08h00 a 09h00 que es el horario en que han sido citados. Por lo tanto, casi el 50% de los pacientes llegan antes de la hora indicada generando congestión en los pasillos frente a cada especialidad y colaborando para que se sienta más larga la espera por las condiciones de incomodidad que esto representa.

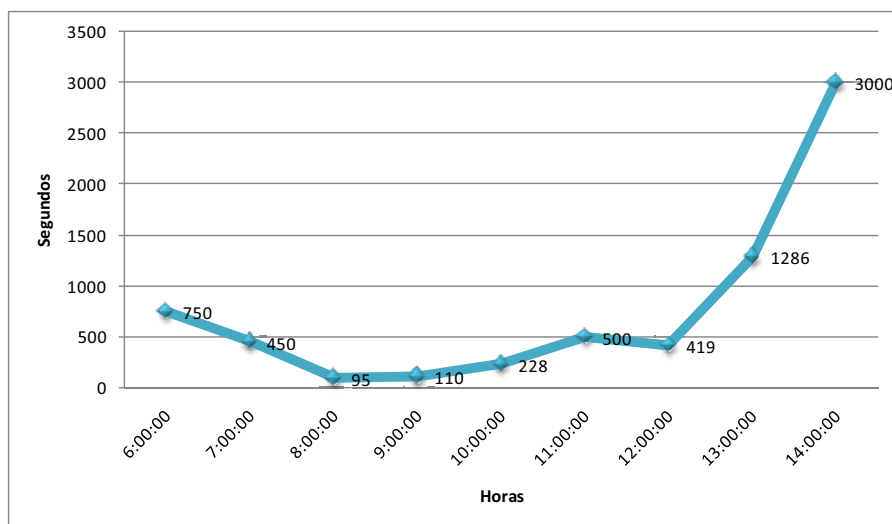
Pese existen dos jornadas de atención, la mayoría de pacientes prefieren ser atendidos en la mañana, por lo que el porcentaje de concurrencia en la tarde no sobrepasa el 2% del total.



**Figura 2.15** Pacientes que arriban al HEE en períodos de 1 hora

La hora de llegada de pacientes también indica cada cuanto aproximadamente llega un paciente a Consulta Externa; en la Figura 2.16 vemos la frecuencia en

promedio con que esto sucede en toda el área (Anexo 2.1. opción “Tiempo de interarribo de pacientes” dentro de cada especialidad). De 8 a 9 de la mañana las personas llegan cada 95 segundos, es decir, se esperarían 37 pacientes en una hora. A medida que van avanzando las horas, el tiempo que transcurre entre llegadas se va incrementando hasta llegar a dos pacientes por hora a las 14h00.



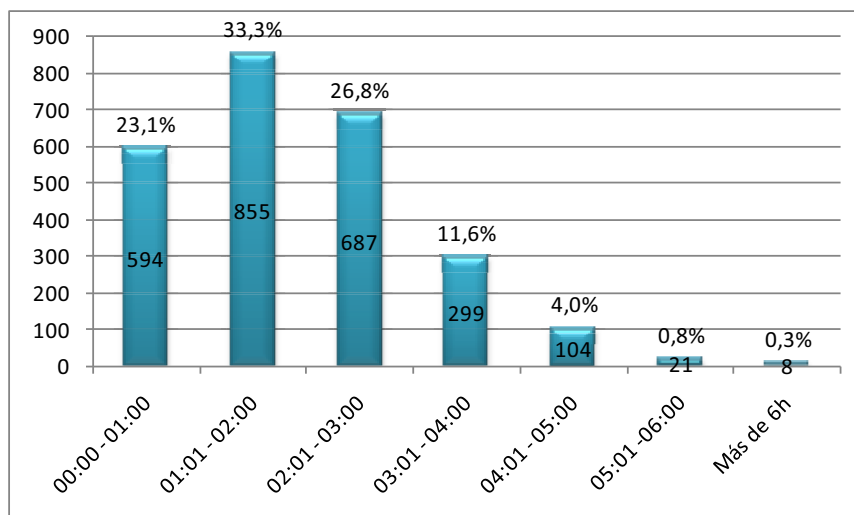
**Figura 2.16** Tiempo de interarribo de pacientes según el horario

#### 2.1.3.4 Tiempo de espera y consulta

Una vez que el paciente llega al consultorio de la especialidad que le corresponde, debe esperar hasta que el médico llegue para que se de inicio a las consultas. La hora de llegada del médico depende de las diversas responsabilidades que estos realicen en todo el hospital como asistir cirugías, realizar funciones administrativas, pasar visita o incluso procedimientos médicos<sup>4</sup>. En promedio un paciente espera 1 hora con 56 minutos y 24 segundos para ser atendido, pero aún el 43,5% espera más de dos horas hasta el momento de su cita.<sup>5</sup> Este tiempo se calculó tomando en cuenta la hora en la que llega el paciente al hospital, no la hora en la que ha sido convocado.

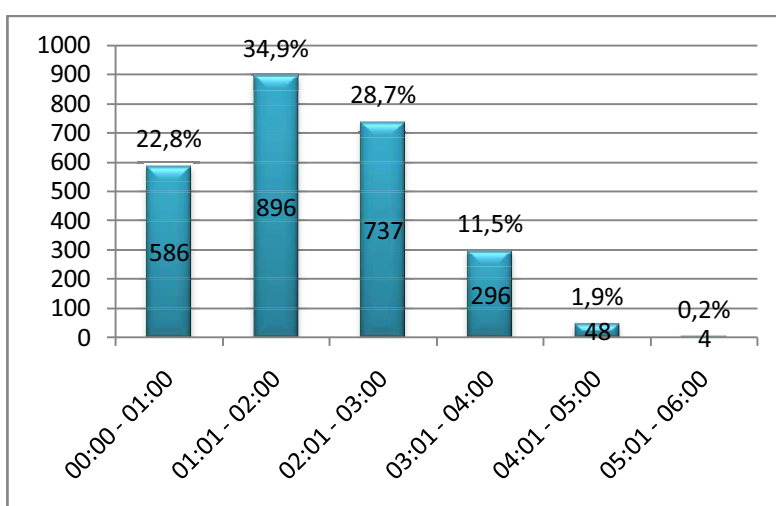
<sup>4</sup> Todo tipo de acción de salud que haga uso de equipos, instalaciones o salas de procedimientos (Ej. Endoscopías)

<sup>5</sup> Toda la información de tiempo de espera es calculado en base a 2568 encuestas que cuentan con los datos requeridos para su cálculo.



**Figura 2.17** Tiempo de espera del paciente considerando la hora de llegada del mismo

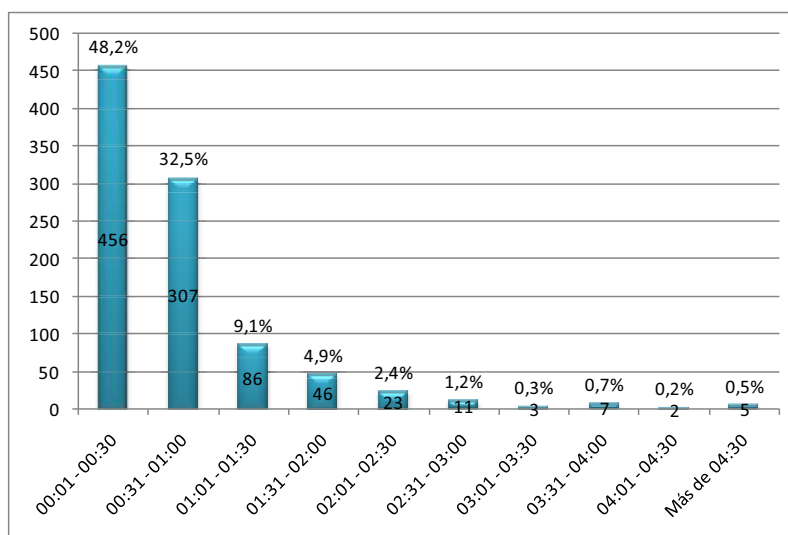
Al analizar el tiempo de espera del paciente, desde el momento en que el hospital le pidió que llegue a Consulta Externa, el promedio cambia a 1 hora 52 minutos, es decir, tan solo 4 minutos con 24 segundos por debajo del promedio de tiempo de espera impuesto por el paciente; además el porcentaje de quienes esperan más de 2 horas disminuye en 1,2 puntos, es decir, al 42,3% (Figura 2.18).



**Figura 2.18** Tiempo de espera del paciente considerando la hora en que fue convocado para su cita

El 41,47% de los pacientes llegan antes de la hora indicada, siendo que en toda la semana de observación 946 personas llegaron antes de las 8 de la mañana, de estos, el 48,2% llegan 30 minutos antes de la hora indicada y un 32,5% con 1 hora de anticipación (Figura 2.19). Es decir, adicional al tiempo que los pacientes

deben esperar a partir de la hora en que son llamados para su cita hasta el momento en que esta se efectiviza, deben esperar también el tiempo que ellos mismo se imponen que en promedio es de 50 minutos con 14 segundos.



**Figura 2.19** Tiempo de espera incrementado por el paciente

### 2.1.3.5 Tiempo de consulta

Según los resultados de la encuesta, un médico de Consulta Externa se demora en atender un paciente 12 minutos con 26 segundos en promedio, pero existen especialidades que están por encima de la media como es el caso de Cirugía General que tarde 21 minutos con 14 segundos y otras que están por debajo como es Endocrinología con 5 minutos de interacción (Tabla 2.8). Estas dos especialidades que mencionamos anteriormente son los de máximo y mínimo tiempo de atención en toda el área.

<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo (h)</b>
Cardiología	0:11:58	Neumología	0:13:29
Cirugía General	0:09:25	Neurocirugía	0:08:52
Cirugía Plástica	0:21:14	Neuroclínica	0:10:38
Cirugía Vascular	0:09:01	Oftalmología	0:15:09
Dermatología	0:12:38	Oncología	0:15:34
Endocrinología	0:05:00	Otorrinolaringología	0:20:35
Gastroenterología	0:11:43	Rehabilitación	0:18:56
Ginecología	0:19:31	Reumatología	0:05:31
Medicina Interna	0:12:25	Traumatología	0:08:34
Nefrología	0:11:34	Urología	0:10:36
<b>PROMEDIO GENERAL</b>			<b>0:12:26</b>

**Tabla 2.8** Tiempo promedio de atención a pacientes por especialidad

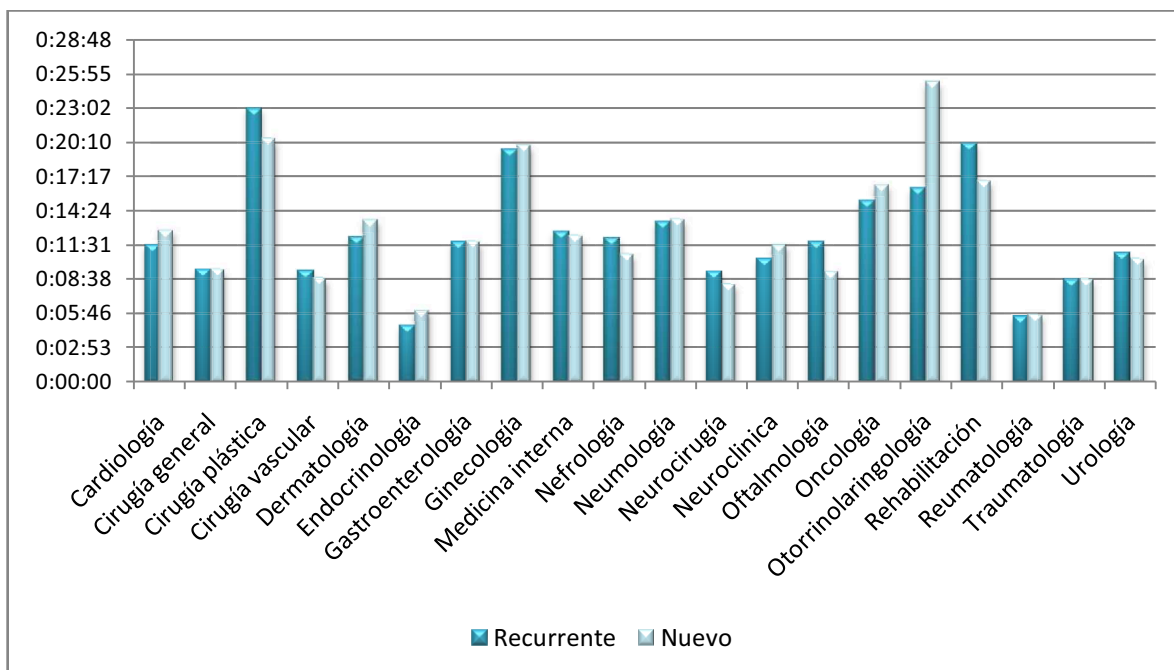
El tiempo que dura una consulta no depende del número de médicos que tenga cada especialidad, es decir, no porque una especialidad tenga un solo médico este tendrá que atender en menor tiempo para cubrir la demanda, este recibirá la cantidad de pacientes que la norma internacional indica, es decir, 4 atenciones en una hora, un paciente durante 15 minutos.

En la Tabla 2.9 se puede ver la hora en que cada una de las especialidades dan inicio a su atención, la hora en que finaliza, el número de pacientes atendidos en ese tiempo y el promedio de duración de una cita en el transcurso del día lunes 1 de marzo del 2010 (para otras fechas ver Anexo 2.2). El tiempo que transcurre desde que se da inicio a las consultas hasta que estas terminan puede ser un punto de referencia para determinar la calidad de atención que se ofrece al paciente. Por ejemplo, Endocrinología atiende en 1 hora con 19 minutos a 14 pacientes, con un promedio de tiempo de atención de 5 minutos y 9 segundos, es decir que el tiempo destinado a la consulta es el 34,33% del tiempo impuesto por la norma internacional.

Lunes (01/03/2010)					
Especialidad	N° de Médicos Tratantes	Inicio de Atención	Fin de Atención	N° de Pacientes Atendidos	Tiempo promedio por Cita
Cardiología	5	8:38:00	14:44:00	41	0:10:50
Cirugía General	3	8:30:00	12:57:00	25	0:05:58
Cirugía Plástica	3	9:49:00	12:09:00	13	0:16:23
Cirugía Vasculuar	2	9:25:00	11:24:00	18	0:08:07
Dermatología	2	8:10:00	11:30:00	31	0:13:19
Endocrinología	1	9:09:00	10:28:00	14	0:05:09
Gastroenterología	3	9:28:00	13:00:00	36	0:10:40
Ginecología	9	8:43:00	12:50:00	41	0:18:16
Medicina Interna	6	7:49:00	11:50:00	46	0:12:23
Nefrología	1	9:55:00	12:40:00	14	0:10:30
Neumología	4	8:00:00	11:02:00	33	0:11:20
Neurocirugía	1	9:42:00	13:14:00	12	0:14:15
Neuroclínica	5	9:54:00	12:14:00	39	0:09:26
Oftalmología	4	8:22:00	12:20:00	42	0:09:47
Oncología	2	8:20:00	12:36:00	25	0:13:22
Otorrinolaringología	6	8:09:00	11:41:00	28	0:25:28
Rehabilitación	3	8:30:00	11:22:00	27	0:15:27
Reumatología	1	9:26:00	10:29:00	14	0:04:30
Traumatología	3	9:20:00	12:07:00	42	0:08:50
Urología	4	9:21:22	11:39:00	33	0:09:23

**Tabla 2.9** Tiempo promedio de atención a pacientes por especialidad

El tiempo que el médico se tarda en atender a un paciente varía dependiendo del tipo de paciente que este sea, nuevo o recurrente. Es así que en un paciente nuevo tardará en general más tiempo que con un paciente recurrente. En toda Consulta Externa, en promedio, la consulta de un paciente nuevo demora 13 minutos con 1 segundo (Figura 2.20), y una de un paciente recurrente tarda 12 minutos con 17 segundos.



**Figura 2.20** Tiempo de espera de pacientes nuevos y recurrentes por especialidad

### 2.1.3.6 Tiempo de interacción

En promedio una atención en Consulta Externa del HHE dura 12 minutos con 34 segundos, pero para esto el paciente tuvo que haber esperado aproximadamente 1 hora con 52 minutos, es decir, del total de 2 horas con 4 minutos y 34 segundos que pasó en el hospital, únicamente el 10,09% interactuó con el médico (Tabla 2.10).

Existen especialidades en que este porcentaje de interacción es alarmante como sucede con Reumatología que apenas interactúa con el paciente el 5,55%. Este problema también presentan Cirugía Vascular, Endocrinología, Gastroenterología, Nefrología, Neurocirugía, Neuroclínica, Oftalmología, Traumatología y Urología que se encuentran entre el 6 y 8% de interacción.

<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo de Espera (Generado por el paciente)</b>	<b>Tiempo de Atención</b>	<b>Porcentaje de Interacción</b>
Cardiología	1:42:06	0:11:58	10.49%
Cirugía General	1:26:09	0:09:25	9.86%
Cirugía Plástica	2:14:05	0:21:14	13.67%
Cirugía Vasculare	2:05:05	0:09:01	6.72%
Dermatología	1:31:51	0:12:38	12.09%
Endocrinología	1:04:03	0:05:00	7.24%
Gastroenterología	2:19:54	0:11:43	7.73%
Ginecología	2:04:00	0:19:31	13.60%
Medicina Interna	1:35:39	0:12:25	11.48%
Nefrología	2:31:09	0:11:34	7.11%
Neumología	1:19:10	0:13:29	14.56%
Neurocirugía	1:51:48	0:08:52	7.35%
Neuroclínica	2:33:27	0:10:38	6.48%
Oftalmología	2:07:59	0:15:09	10.58%
Oncología	2:05:13	0:15:34	11.06%
Otorrinolaringología	1:34:27	0:20:35	17.89%
Rehabilitación	1:21:48	0:18:56	18.80%
Reumatología	1:33:53	0:05:31	5.56%
Traumatología	2:03:45	0:08:34	6.48%
Urología	2:07:33	0:10:36	7.67%
<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>1:52:00</b>	<b>0:12:34</b>	<b>10.09%</b>

**Tabla 2.10** Tiempo de interacción del paciente con el médico

De la misma manera podemos analizar las horas productivas que el país pierde debido al tiempo que un paciente pasa en Consulta Externa de HEE.

Al tener que esperar 2,0761 horas el país pierde este tiempo de producción. Si a este dato añadimos que el hospital atiende en promedio 504 pacientes diarios, concluimos que diariamente se está perdiendo 1046,36 horas productivas. Es decir 130,80 días laborables (de 8 horas) o bien, 6,54 meses. Si a esto le multiplicamos el salario mínimo de USD 240, entonces se están perdiendo USD



1569,54 diarios por las colas en esta institución médica. Esto representa al país anualmente un costo social de USD 376689,60

Según datos del banco central, la tasa de desempleo a noviembre del 2010 es de 7,44%, si esta tasa se aplica a los pacientes de Consulta Externa, únicamente 467 de estos estarían empleados, por lo tanto, las horas productivas perdidas 968,51 provocando 121,06 días laborables desperdiciados y un total de 6,05 meses. Generando un costo social de USD 1452,77 diarios. Dándonos un total de USD 348663,89 anuales.

#### **2.1.3.7 Tiempo entre citas**

El tiempo que transcurre desde que se termina de atender a un paciente y se da inicio a la atención de otro se ha denominado tiempo entre citas. Este tiempo es muy variado dependiendo de la especialidad y del médico, y es utilizado en ordenar instrumentos médicos o como descanso para el médico. El problema es que si este tiempo se prolonga demasiado el tiempo de espera del paciente también se aumentará y por el afán de atender a todos los pacientes el tiempo de la cita se reducirá significativamente.

El tiempo promedio que transcurre entre atenciones por especialidad es bajo, la mayoría no sobrepasan los 4 minutos, pero también existen casos donde los médicos dejan esperando a sus pacientes de consulta a consulta, 5 u 8 minutos y sin mencionar el caso de Oncología que llega a un promedio de 13 minutos y 29 segundos (Tabla 2.11)

<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo</b>
Cardiología	0:05:34	Neumología	0:04:20
Cirugía general	0:03:04	Neurocirugía	0:01:56
Cirugía plástica	0:02:55	Neuroclínica	0:01:27
Cirugía vascular	0:01:01	Oftalmología	0:04:01
Dermatología	0:04:49	Oncología	0:13:29
Endocrinología	0:00:57	Otorrinolaringología	0:08:32
Gastroenterología	0:01:27	Rehabilitación	0:03:09
Ginecología	0:02:43	Reumatología	0:01:11
Medicina interna	0:02:33	Traumatología	0:03:41
Nefrología	0:00:54	Urología	0:03:46

**Tabla 2.11** Tiempo entre cita promedio por especialidad

El inconveniente con analizar únicamente los promedios por especialidad es que algunos médicos tienen tiempos entre citas mínimos que muchas veces no pasan de segundos y otros de la misma especialidad con valores sumamente altos, resultando así que el promedio de dicha especialidad sea bajo pero aún así sus pacientes tendrán que esperar bastante.

Es así que en Urología contamos con 7 médicos, de los cuales tres de ellos (doctores 5, 6 y 7) atienden un paciente tras de otro sin dejar pasar tiempo entre ellos y otros dos (doctores 1 y 2) que se encuentran por debajo de los dos minutos (Tabla 2.12). El problema es que existen dos especialistas que dejan transcurrir más de 5 minutos, es más, uno de ellos permite que transcurran más de 13 minutos antes de iniciar la cita del siguiente paciente. Haciendo de esta forma que el promedio se establezca en 3 minutos con 46 segundos, valor que no representa ni el poco tiempo que se toman los cinco primeros médicos, ni el excesivo tiempo que tardan los dos últimos. Por esta razón, es más eficaz si se analiza a cada médico por especialidad (Anexo 2.1. opción “Tiempo entre citas” dentro de cada especialidad).

Urología	Tiempo	Urología	Tiempo
Doctor 1	0:01:47	Doctor 5	0:00:00
Doctor 2	0:01:09	Doctor 6	0:00:00
Doctor 3	0:05:42	Doctor 7	0:00:00
Doctor 4	0:13:25		

**Tabla 2.12** Tiempo entre cita promedio - Urología

### 2.1.3.8 Indicador de desempeño del personal médico

Al momento de determinar si el desempeño de un médico es o no eficiente, no debemos hacerlo basándonos únicamente en el número de pacientes que este atiende, sino que además, es necesario analizarlo tomando en cuenta varios factores ya que las condiciones no son las mismas para todos.

Por este motivo se ha decidido establecer un indicador que determine el desempeño de un médico basado en 3 parámetros: tiempo promedio de atención, tiempo promedio entre consulta y número promedio de pacientes atendidos por hora. Cada uno de estos factores será calificado sobre 5 puntos, bajo los rangos establecidos por la Dirección del HEE de manera empírica, de la siguiente manera:

*Tiempo promedio de atención:*

Puntuación	Rango
1	00:00:00 ≤ t ≤ 00:03:00
2	00:03:01 ≤ t ≤ 00:06:00 o t ≥ 00:50:01
3	00:06:01 ≤ t ≤ 00:09:00 o 00:40:01 ≤ t ≤ 00:50:00
4	00:09:01 ≤ t ≤ 00:12:00 o 00:30:01 ≤ t ≤ 00:40:00
5	00:12:01 ≤ t ≤ 00:30:00

**Tabla 2.13** Rango para puntaje de tiempo promedio de atención

*Tiempo promedio entre consultas*

Puntuación	Rango
1	$t \geq 0:16:01$
2	$00:12:01 \leq t \leq 00:16:00$
3	$00:08:01 \leq t \leq 00:12:00$
4	$00:04:01 \leq t \leq 00:08:00$
5	$00:00:00 \leq t \leq 00:04:00$

**Tabla 2.14** Rango para puntaje de tiempo promedio entre consulta*Número promedio de pacientes atendidos por hora*

Puntuación	Rango
1	$0 \leq n \leq 1$
2	$1.1 \leq n \leq 1,9 \text{ o } n \geq 10,1$
3	$2 \leq n \leq 2,9 \text{ o } 8.1 \leq n \leq 10$
4	$3 \leq n \leq 3,8 \text{ o } 6.1 \leq n \leq 8$
5	$3,9 \leq n \leq 6$

**Tabla 2.15** Rango para puntaje de número promedio de pacientes atendidos por hora.

La suma de estos factores da un total de 15 puntos. Este puntaje es homologado a 100 y este valor es el indicador de cada especialidad y médico.

Los puntajes obtenidos por cada especialidad se muestra en la Tabla 2.16 (Anexo 2.1. opción "Indicador de desempeño" dentro de cada especialidad):

Especialidad	Puntaje	Especialidad	Puntaje
Cardiología	77,9	Neumología	86,7
Cirugía general	80,7	Neurocirugía	86,7
Cirugía plástica	86,7	Neuroclínica	88,0
Cirugía vascular	85,0	Oftalmología	90,7
Dermatología	90,0	Oncología	73,3
Endocrinología	66,7	Otorrinolaringología	74,1
Gastroenterología	91,7	Rehabilitación	83,3
Ginecología	86,7	Reumatología	66,7
Medicina interna	88,3	Traumatología	83
Nefrología	95,6	Urología	48

**Tabla 2.16** Indicador de desempeño promedio por especialidad

## 2.2 MEDIDAS DE RENDIMIENTO DEL PROCESO DE ATENCIÓN EN CONSULTA EXTERNA

En todas las especialidades de Consulta Externa se crean colas debido a que los médicos empiezan a atender después de la hora a la que son llamados los pacientes a sus citas, por lo tanto, estos tienen que aglomerarse en las puertas de cada consultorio. Este comportamiento puede ser analizado haciendo uso de la Teoría de Colas, y mediante esta estudiaremos el comportamiento y eficiencia de los procesos en cada una de las especialidades.

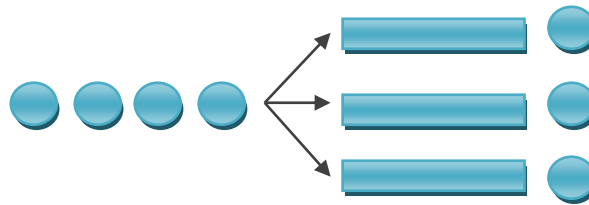
### 2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS

El patrón de llegada de los pacientes se explica mediante una distribución de Poisson, demostrada a través del estadístico de la prueba de bondad de ajuste (fórmula empleada ver Anexo 2.4):

De esta manera obtenemos de los datos un  $\chi^2 = 11,22907727$  y dado que  $\chi_{0,05,9}^2 = 16,9190$  no podemos rechazar la hipótesis nula que declara que la distribución es de Poisson (pruebas por especialidad Anexo 2.3).

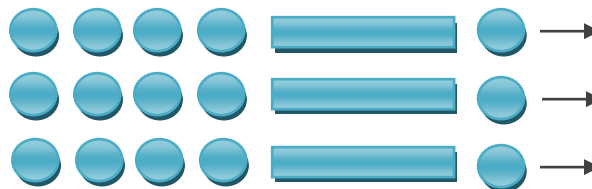
La atención de los médicos tiene un tiempo de servicio variable y la función de probabilidad que describe esta variabilidad es la distribución exponencial.

Adicionalmente en Consulta Externa se ven dos formas de servicio [8]. La primera muestra canales paralelos o multiservidores (Figura 2.21), es decir, una sola fila será atendida por varios doctores. Este caso únicamente se presenta en Ginecología, Oftalmología y Otorrinolaringología.



**Figura 2.21** Servicios paralelos.

La segunda forma se presenta en las demás especialidades, las colas son independientes, por lo tanto, cada cola será atendida por un servidor (Figura 2.22).



**Figura 2.22** Servicios independientes.

Cada médico puede atender un máximo de 16 pacientes en sus 4 horas de servicio. Es así que en los sistemas de una sola cola y varios servidores se multiplican el número de doctores que atienden por el número de pacientes permitido. Mientras que en las otras especialidades se da un máximo de pacientes en cola por cada médico que esté atendiendo.

Analizando todas las características de los médicos (servidores) y pacientes (clientes) determinamos que en Consulta Externa existen dos modelos de Teoría de Colas que describen al sistema. El primero es un modelo M/M/1[12] (las fórmulas se detallan en el Anexo 2.4) ya que cada médico atiende una fila, la

llegada de los pacientes sigue una distribución de Poisson y la atención de los médicos es exponencial. El segundo modelo es uno M/M/s, ya que en especialidades como en Ginecología, Oftalmología y Otorrinolaringología varios servidores atienden una misma cola, la llegada de sus pacientes sigue una distribución de Poisson y la atención de los médicos se da de manera exponencial.

La Teoría de Colas nos permite determinar cuán utilizado está un sistema, nuestro caso sería cada especialidad o cada médico y a través de esta obtuvimos los siguientes resultados:

<b>Servidores</b>	<b>Promedio T. Atención</b>	<b>Pacientes que arriban por hora (<math>\lambda</math>)</b>	<b>Pacientes atendidos por hora (<math>\mu</math>)</b>	<b>Factor de utilización (<math>\rho</math>)</b>	<b>Pacientes atendidos (n)</b>
Doctor 1	0:12:04	2,87	4,98	0,58	13
Doctor 2	0:08:39	2,25	6,93	0,32	7,75
Doctor 3	0:11:13	2,61	5,35	0,49	9
Doctor 4	0:07:36	1,33	7,89	0,17	2
Doctor 5	0:08:01	1	7,48	0,13	1
Doctor 6	0:11:10	1	5,38	0,19	1
Doctor 7	0:05:00	1	12	0,08	1

**Tabla 2.17** Factor de utilización del sistema - Urología

En la Tabla 2.17 vemos que el factor de utilización de los médicos es muy bajo, con un 58% el doctor 1 llega a tener el mayor valor. Esto significa que apenas el 58% del tiempo de atención el médico está ocupado (otras especialidades Anexo 2.5).

## 2.2.2 ANÁLISIS DE ESCENARIOS BASADOS EN LA TEORÍA DE COLAS

Al buscar una mejora del proceso de atención en Consulta Externa del HEE, hemos propuesto varios escenarios que permitan analizar las posibles soluciones al problema de minimizar los tiempos de espera de los pacientes.

Para realizar los cálculos asumimos las siguientes condiciones que se mantendrán en todos los escenarios:

- Los escenarios propuestos implementarán canales de servicios paralelos, es decir, todos los pacientes harán una sola fila e irán al médico que esté disponible en el momento que llegue su turno. Para esto, todos los médicos deben iniciar su atención a las 8h00.
- Este modelo es aplicable a la realidad porque se pretende que el HEE llame a un número específico de pacientes por hora y con un turno asignado. Por lo tanto los médicos se desocuparán de forma equitativa y el paciente ingresará al médico indicado.
- Lo que buscamos en cada escenario es encontrar el número de servidores necesarios para que estos presenten un factor de utilización del 87%, es decir, los médicos atenderán este porcentaje de su tiempo asignado a Consulta Externa. Este valor fue fijado debido a que la administración del HEE nos informó que cada médico debe atender durante 4 horas, a este tiempo se le disminuirá 15 minutos de descanso después de las dos primeras horas de atención y además se le restará 1 minuto por cambio de paciente, es decir, 15 minutos debido a las 16 personas que puede atender como máximo. Así obtenemos 210 minutos de atención que representa el 87% del tiempo total que el servidor debe pasar en asistencia al público.

Al determinar la cantidad de doctores necesarios para cubrir los requerimientos de cada especialidad, los valores no serán exactos, y serán redondeados a su entero superior ya que los servidores no pueden ser divididos. Este procedimiento provocará que su factor de utilización sea menor al 87%. A este valor le llamaremos factor de utilización corregido.

Cada escenario contendrá una tabla que resuma su objetivo, los parámetros empleados que estarán explicados en la celda de “Entrada” y los resultados que se espera obtener descritos en la celda de “Salida”



## 2.2.2.1 Escenario 1

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención promedio observado</li> <li>Arribo de pacientes por hora observado</li> <li>Número total de pacientes atendidos observado</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

Tabla 2.18 Parámetros empleados en el escenario 1

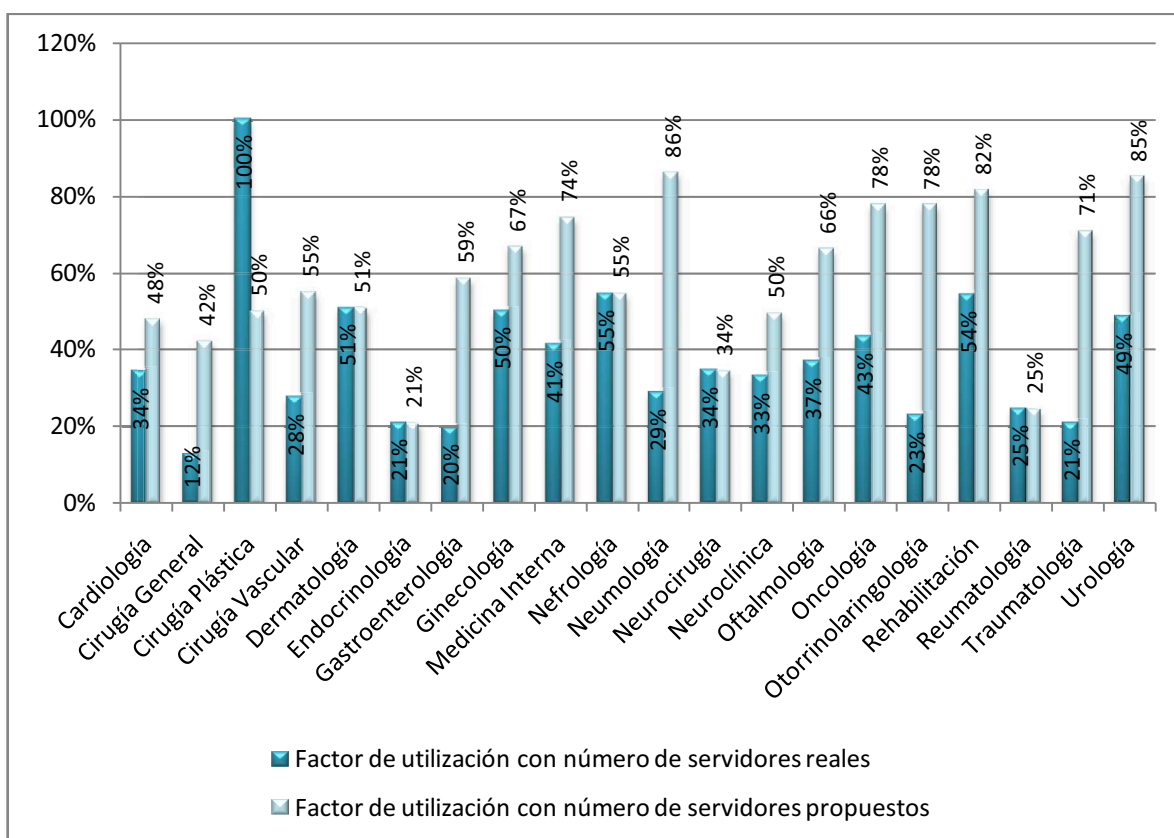
Los resultados obtenidos son los siguientes (fórmulas empleadas Anexo 2.4):

Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_c$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:11:58	4,82	5,02	3	2	34,33%	48,06%	29,2
Cirugía General	0:09:25	2,69	6,37	3	1	12,43%	42,25%	15,2
Cirugía Plástica	0:21:14	2,83	2,83	1	2	100,29%	50,14%	12,7
Cirugía Vasculat	0:09:01	3,67	6,66	2	1	27,53%	55,06%	20,6
Dermatología	0:12:38	4,83	4,75	2	2	50,87%	50,87%	28,4
Endocrinología	0:05:00	2,50	12,00	1	1	20,83%	20,83%	13,8
Gastroenterología	0:11:43	3,00	5,12	3	1	19,52%	58,56%	28,6
Ginecología	0:19:31	6,17	3,07	4	3	50,15%	66,87%	33,8
Medicina interna	0:12:25	7,20	4,84	4	2	41,36%	74,45%	45,0
Nefrología	0:11:34	2,83	5,19	1	1	54,64%	54,64%	8,8
Neumología	0:13:29	3,83	4,45	3	1	28,72%	86,17%	21,6
Neurocirugía	0:08:52	2,33	6,77	1	1	34,47%	34,47%	11,2
Neuroclínica	0:10:38	5,60	5,64	3	2	33,07%	49,60%	35,2
Oftalmología	0:15:09	5,25	3,96	4	2	36,81%	66,25%	33,0
Oncología	0:15:34	3,00	3,85	2	1	43,26%	77,87%	14,2
Otorrinolaringología	0:20:35	4,53	2,92	7	2	22,87%	77,75%	26,8
Rehabilitación	0:18:56	5,17	3,17	3	2	54,36%	81,54%	26,0
Reumatología	0:05:31	2,67	10,86	1	1	24,55%	24,55%	13,0
Traumatología	0:08:34	4,96	7,00	3	1	20,84%	70,86%	31,6
Urología	0:10:36	4,81	5,66	2	1	48,59%	85,03%	28,3
<b>PROMEDIO</b>	0:12:34	4,13	5,51	2,65	1,50	37,97%	58,79%	23,85

Tabla 2.19 Teoría de Colas – Escenario 1

De las 20 especialidades analizadas, 14 deben reducir el número de servidores que atenderán en Consulta Externa en relación al número de médicos que se encuentran atendiendo en la actualidad (Tabla 2.19).

Por otro lado, únicamente Cirugía Plástica tendrá que incrementar el número de servidores para llegar a un factor de utilización considerable y las 5 restantes atenderán con el número de servidores iniciales.



**Figura 2.23** Comparación del factor de utilización con servidores reales y servidores propuestos – escenario 1

Es importante recalcar que el factor de utilización mejoró o se mantuvo constante (Figura 2.23) debido a que el número de servidores propuesto permite que el servidor emplee mejor su tiempo. Cirugía plástica es el único caso en el que su factor disminuye, esto se da porque con un solo médico que atienda este rebasaría el 100% y con el servidor extra que se ha agregado el porcentaje de tiempo utilizado es del 50,14%.

Bajo estas condiciones, los resultados obtenidos son los siguientes:

<b>Especialidad</b>	<b>Número de pacientes en el sistema (L)</b>	<b>Número de pacientes en la cola (Lq)</b>	<b>Tiempo de espera promedio en el sistema (W) Minutos</b>	<b>Tiempo de espera promedio en la cola (Wq) Minutos</b>
Cardiología	1,25	0,29	15,55	3,59
Cirugía General	0,73	0,31	16,31	6,89
Cirugía Plástica	1,34	0,34	28,37	7,13
Cirugía Vascolar	1,23	0,67	20,05	11,04
Dermatología	1,37	0,36	17,04	4,41
Endocrinología	0,26	0,05	6,32	1,32
Gastroenterología	1,41	0,83	28,27	16,55
Ginecología	2,91	0,90	28,31	8,79
Medicina Interna	3,34	1,85	27,84	15,43
Nefrología	1,20	0,66	25,50	13,93
Neumología	6,23	5,37	97,54	84,05
Neurocirugía	0,53	0,18	13,53	4,66
Neuroclínica	1,27	0,28	13,60	2,97
Oftalmología	2,33	1,00	26,61	11,46
Oncología	3,27	2,50	65,45	49,94
Otorrinolaringología	3,92	2,37	51,93	31,35
Rehabilitación	4,82	3,19	56,02	37,08
Reumatología	0,33	0,08	7,32	1,80
Traumatología	2,43	1,72	29,43	20,85
Urología	5,68	4,83	70,80	60,20
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,29</b>	<b>1,39</b>	<b>32,29</b>	<b>19,67</b>

**Tabla 2.20** Medidas de rendimiento por especialidad – Escenario 1

En este caso, los tiempos de espera en la cola y en el sistema se han disminuido considerablemente (Tabla 2.20), salvo casos específicos como Neumología y Urología que son especialidades cuyos tiempos de atención están cercanos a los 15 minutos exigidos, sus  $\lambda$  en relación a sus  $\mu$  son altos y el número de pacientes que atienden sobrepasan los 16 permitidos. A pesar de que sus tiempos de

espera en la cola son altos se encuentran por debajo del tiempo de espera observado. Siendo que Urología pasa de un tiempo de espera de 127 minutos (Tabla 2.10) a 60, es decir, menos de la mitad del tiempo.

Además, las colas en los pasillos han disminuido considerablemente, en su mayoría no sobrepasan 1 paciente. Y el caso más sobresaliente que se presenta es el de neumología que llega a un total de 5 pacientes esperando fuera del consultorio.

### 2.2.2.2 Escenario 2

A diferencia del escenario 1, este escenario considera el tiempo de atención promedio del médico en base a la norma internacional cuyo valor es de 15 minutos.

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención estipulado por la norma internacional (15 minutos)</li> <li>Arribo de pacientes por hora observado</li> <li>Número total de pacientes atendidos observado</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

**Tabla 2.21** Parámetros empleados en el escenario 2

Los resultados obtenidos son los siguientes (fórmulas empleadas Anexo 2.4):

Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_c$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:15:00	4,82	4,00	3	2	43,06%	60,28%	29,2
Cirugía General	0:15:00	2,69	4,00	3	1	22,43%	67,29%	15,2
Cirugía Plástica	0:15:00	2,83	4,00	1	1	70,83%	70,83%	12,7
Cirugía Vasculat	0:15:00	3,67	4,00	2	2	45,83%	45,83%	20,6
Dermatología	0:15:00	4,83	4,00	2	2	60,42%	60,42%	28,4
Endocrinología	0:15:00	2,50	4,00	1	1	62,50%	62,50%	13,8
Gastroenterología	0:15:00	3,00	4,00	3	1	25,00%	75,00%	28,6
Ginecología	0:15:00	6,17	4,00	4	2	38,54%	77,08%	33,8
Medicina interna	0:15:00	7,20	4,00	4	3	50,00%	60,00%	45,0
Nefrología	0:15:00	2,83	4,00	1	1	70,83%	70,83%	8,8
Neumología	0:15:00	3,83	4,00	3	2	31,94%	47,92%	21,6
Neurocirugía	0:15:00	2,33	4,00	1	1	58,33%	58,33%	11,2
Neuroclínica	0:15:00	5,60	4,00	3	2	46,67%	70,00%	35,2
Oftalmología	0:15:00	5,25	4,00	4	2	32,81%	65,63%	33,0
Oncología	0:15:00	3,00	4,00	2	1	41,67%	75,00%	14,2
Otorrinolaringología	0:15:00	4,53	4,00	7	2	16,19%	56,67%	26,8
Rehabilitación	0:15:00	5,17	4,00	3	2	43,06%	64,58%	26,0
Reumatología	0:15:00	2,67	4,00	1	1	66,67%	66,67%	13,0
Traumatología	0:15:00	4,96	4,00	3	2	36,46%	61,98%	31,6
Urología	0:15:00	4,81	4,00	2	2	68,75%	60,16%	28,3
<b>PROMEDIO</b>	0:15:00	4,13	4,00	2,65	1,65	47%	64%	23,84

**Tabla 2.22** Teoría de Colas – Escenario 2

En este caso, únicamente 12 de las 20 especialidades deben reducir el número de servidores (Tabla 2.22), ninguna debe aumentarlo y 8 mantendrán su número actual. El motivo por el que no se presenten casos de aumento en el número de servidores es porque ninguna especialidad ha sobrecargado a sus doctores con exceso de pacientes.

Igual que en el escenario anterior en todos los casos el factor de utilización ha incrementado debido a que el tiempo del médico ha sido mejor empleado (gráfico en el Anexo 2.6).

El segundo escenario nos permite notar (Anexo 2.7) que los tiempos de espera en cola son sumamente bajos, con un promedio de 18,93 minutos (Tabla 2.35). De

igual manera, el número de pacientes que harán fila antes de entrar al consultorio es muy bajo, llegando a un máximo de 2 pacientes en espera.

### 2.2.2.3 Escenario 3

El hospital recibe a diario más solicitudes de turnos médicos que los que pueden otorgar, es por esto que el presente escenario y los que vienen a continuación buscan satisfacer esta demanda real del HEE<sup>6</sup>.

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención estipulado por la norma internacional</li> <li>Arribo de la demanda total de pacientes en forma equitativa durante las 4 horas de atención</li> <li>Promedio diario de demanda total</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

**Tabla 2.23** Parámetros empleados en el escenario 3

Los resultados obtenidos son los siguientes (fórmulas empleadas Anexo 2.4):

<sup>6</sup> Información proporcionada por el departamento de estadística del HEE

Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_p$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:15:00	19,10	4,00	3	6	170,54%	79,58%	76,0
Cirugía General	0:15:00	4,70	4,00	3	2	39,17%	58,75%	19,0
Cirugía Plástica	0:15:00	3,42	4,00	1	1	85,42%	85,42%	14,0
Cirugía Vasculat	0:15:00	4,05	4,00	2	2	50,63%	50,63%	16,0
Dermatología	0:15:00	8,30	4,00	2	3	103,75%	69,17%	33,0
Endocrinología	0:15:00	10,45	4,00	1	4	261,25%	65,31%	42,0
Gastroenterología	0:15:00	15,80	4,00	3	5	131,67%	79,00%	63,0
Ginecología	0:15:00	18,65	4,00	4	6	116,56%	77,71%	75,0
Medicina interna	0:15:00	16,65	4,00	4	5	115,63%	83,25%	67,0
Nefrología	0:15:00	3,25	4,00	1	1	81,25%	81,25%	13,0
Neumología	0:15:00	4,45	4,00	3	2	37,08%	55,63%	18,0
Neurocirugía	0:15:00	3,60	4,00	1	2	90,00%	45,00%	14,0
Neuroclínica	0:15:00	11,60	4,00	3	4	96,67%	72,50%	46,0
Oftalmología	0:15:00	15,95	4,00	4	5	99,69%	79,75%	64,0
Oncología	0:15:00	1,90	4,00	2	1	26,39%	47,50%	8,0
Otorrinolaringología	0:15:00	13,80	4,00	7	4	49,29%	86,25%	55,0
Rehabilitación	0:15:00	4,25	4,00	3	2	35,42%	53,13%	17,0
Reumatología	0:15:00	3,60	4,00	1	2	90,00%	45,00%	14,0
Traumatología	0:15:00	26,30	4,00	3	8	193,38%	82,19%	105,0
Urología	0:15:00	17,69	4,00	2	6	252,68%	73,70%	71,0
PROMEDIO	0:15:00	10,38	4,00	2,65	3,55	106,32%	68,54%	41,5

**Tabla 2.24** Teoría de Colas – Escenario 3

En este escenario se requieren 71 servidores en toda Consulta Externa para cubrir la demanda total, es decir, el número de personal médico de esta área deberá crecer en un 33,9%.

En este caso, 12 especialidades deben aumentar el número de médicos disponibles para la atención (Tabla 2.24). Esto significa que este grupo tendría que incrementar su personal médico en un promedio del 105% para poder cubrir su demanda total. A pesar de que se usa la demanda total de pacientes, se observa que en 5 especialidades se debe reducir en promedio el 37% del personal médico.

Únicamente, 3 especialidades logran cubrir la demanda total con los médicos que disponen actualmente. Si utilizamos el número de servidores reales bajo las

condiciones de este escenario, estos estarían sobrecargados en su mayoría, por lo que el número de servidores propuestos provocará que disminuya el factor de utilización (gráfico en el Anexo 2.6).

Las medidas de rendimiento para este escenario son muy favorables (Anexo 2.7) ya que los pacientes esperan en promedio 12 minutos (Tabla 2.35), un tiempo menor al tiempo que dura la consulta. Adicionalmente, el escenario planteado permite que el largo de la cola no sobrepase los 4 pacientes en espera por especialidad.

#### 2.2.2.4 Escenario 4

La nueva Ley de Servicio Público plantea que los médicos que ingresen a trabajar a casas de salud públicas deberán laborar por una jornada de 8 horas, por este motivo, el presente escenario al igual que el seis toma este parámetro para su análisis.

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención estipulado por la norma internacional (15 minutos)</li> <li>Arribo de la demanda total de pacientes en forma equitativa durante 8 horas de atención</li> <li>Promedio diario de demanda total</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

**Tabla 2.25** Parámetros empleados en el escenario 4

Los resultados obtenidos son los siguientes (fórmulas empleadas Anexo 2.4):



Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_c$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:15:00	9,55	4,00	3	3	85,27%	79,58%	76,0
Cirugía General	0:15:00	2,35	4,00	3	1	19,58%	58,75%	19,0
Cirugía Plástica	0:15:00	1,71	4,00	1	1	42,71%	42,71%	14,0
Cirugía Vasculat	0:15:00	2,03	4,00	2	1	25,31%	50,63%	16,0
Dermatología	0:15:00	4,15	4,00	2	2	51,88%	51,88%	33,0
Endocrinología	0:15:00	5,23	4,00	1	2	130,63%	65,31%	42,0
Gastroenterología	0:15:00	7,90	4,00	3	3	65,83%	65,83%	63,0
Ginecología	0:15:00	9,33	4,00	4	3	58,28%	77,71%	75,0
Medicina interna	0:15:00	8,33	4,00	4	3	57,81%	69,38%	67,0
Nefrología	0:15:00	1,63	4,00	1	1	40,63%	40,63%	13,0
Neumología	0:15:00	2,23	4,00	3	1	18,54%	55,63%	18,0
Neurocirugía	0:15:00	1,80	4,00	1	1	45,00%	45,00%	14,0
Neuroclínica	0:15:00	5,80	4,00	3	2	48,33%	72,50%	46,0
Oftalmología	0:15:00	7,98	4,00	4	3	49,84%	66,46%	64,0
Oncología	0:15:00	0,95	4,00	2	1	13,19%	23,75%	8,0
Otorrinolaringología	0:15:00	6,90	4,00	7	2	24,64%	86,25%	55,0
Rehabilitación	0:15:00	2,13	4,00	3	1	17,71%	53,13%	17,0
Reumatología	0:15:00	1,80	4,00	1	1	45,00%	45,00%	14,0
Traumatología	0:15:00	13,15	4,00	3	4	96,69%	82,19%	105,0
Urología	0:15:00	8,84	4,00	2	3	126,34%	73,70%	71,0
PROMEDIO	0:15:00	5,19	4,00	2,65	1,95	53,16%	60,30%	41,5

**Tabla 2.26** Teoría de Colas – Escenario 4

Las condiciones del escenario 4 causan que 3 especialidades requieran un aumento de médicos en su personal (Tabla 2.26) para lograr cubrir su demanda. Estas especialidades necesitarán crecer en promedio un 61%. Una reducción de personal será requerido en 10 de las 20 especialidades en un promedio del 48%. El resto de especialidades no requieren cambios en el número de médicos tratantes.

Al igual que en los otros escenarios el factor de utilización se ve favorecido con el número de servidores propuestos en este caso (gráfico en el Anexo 2.6).

El tiempo en cola tiene un valor promedio de 13,80 minutos y el número de pacientes que espera en ninguna especialidad sobrepasa uno (Anexo 2.7).

## 2.2.2.5 Escenario 5

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención promedio observado</li> <li>Arribo de la demanda total de pacientes en forma equitativa durante las 4 horas de atención</li> <li>Promedio diario de demanda total</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

**Tabla 2.27** Parámetros empleados en el escenario 5

Los resultados obtenidos son los siguientes (fórmulas empleadas Anexo 2.4):

Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_c$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:11:58	19,10	5,02	3	5	135,98%	76,15%	76,4
Cirugía General	0:09:25	4,70	6,37	3	1	24,59%	73,78%	18,8
Cirugía Plástica	0:21:14	3,42	2,83	1	2	120,93%	60,47%	13,7
Cirugía Vasculat	0:09:01	4,05	6,66	2	1	30,41%	60,82%	16,2
Dermatología	0:12:38	8,30	4,75	2	3	87,35%	58,23%	33,2
Endocrinología	0:05:00	10,45	12,00	1	2	87,08%	43,54%	41,8
Gastroenterología	0:11:43	15,80	5,12	3	4	102,81%	77,11%	63,2
Ginecología	0:19:31	18,65	3,07	4	7	151,68%	86,68%	74,6
Medicina interna	0:12:25	16,65	4,84	4	4	95,65%	86,09%	66,6
Nefrología	0:11:34	3,25	5,19	1	1	62,68%	62,68%	13,0
Neumología	0:13:29	4,45	4,45	3	2	33,34%	50,02%	17,8
Neurocirugía	0:08:52	3,60	6,77	1	1	53,19%	53,19%	14,4
Neuroclínica	0:10:38	11,60	5,64	3	3	68,50%	68,50%	46,4
Oftalmología	0:15:09	15,95	3,96	4	5	100,64%	80,51%	63,8
Oncología	0:15:34	1,90	3,85	2	1	27,40%	49,31%	7,6
Otorrinolaringología	0:20:35	13,80	2,92	7	6	67,63%	78,90%	55,2
Rehabilitación	0:18:56	4,25	3,17	3	2	44,72%	67,07%	17,0
Reumatología	0:05:31	3,60	10,86	1	1	33,14%	33,14%	14,4
Traumatología	0:08:34	26,30	7,00	3	5	110,55%	75,17%	105,2
Urología	0:10:36	17,69	5,66	2	4	178,57%	78,13%	70,8
<b>PROMEDIO</b>	0:12:34	10,38	5,51	2,65	3	80,84%	65,97%	41,5

**Tabla 2.28** Teoría de Colas – Escenario 5

Este escenario presenta 9 especialidades que deben aumentar el número de médicos en servicio, las cuales en conjunto deben crecer en un 68% para satisfacer la demanda total.

Las especialidades que deben disminuir el número de médicos son 6 y tendrían que hacerlo en un 41%, y apenas 5 especialidades deben mantener la cantidad constante.

La diferencia de los  $\rho$  es notable, siendo en el escenario propuesto más eficiente (gráfico en el Anexo 2.6). Bajo estas condiciones el tiempo de espera de los pacientes rodea los 9,7 minutos (Tabla 2.35). Además el largo de la cola no sobrepasa los 4 pacientes (Anexo 2.7).

#### 2.2.2.6 Escenario 6

<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcanzar un factor de utilización del 87%</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de atención promedio observado</li> <li>Arribo de la demanda total de pacientes en forma equitativa durante 8 horas de atención</li> <li>Promedio diario de demanda total</li> </ul>
<b>Salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pacientes atendidos por hora</li> <li>Número de servidores necesarios</li> <li>Factor de utilización corregido</li> </ul>

**Tabla 2.29** Parámetros empleados en el escenario 6

Los resultados obtenidos son los siguientes

Especialidad	Promedio Tiempo Atención	Pacientes que arriban por hora ( $\lambda$ )	Pacientes atendidos por hora ( $\mu$ )	Servidores reales	Servidores propuestos	Factor de utilización con servidores reales ( $\rho_r$ )	Factor de utilización con servidores propuestos ( $\rho_c$ )	Pacientes atendidos (n)
Cardiología	0:11:58	9,55	5,02	3	3	67,99%	63,46%	76,0
Cirugía General	0:09:25	2,35	6,37	3	1	12,30%	36,89%	19,0
Cirugía Plástica	0:21:14	1,71	2,83	1	1	60,47%	60,47%	14,0
Cirugía Vasculat	0:09:01	2,03	6,66	2	1	15,20%	30,41%	16,0
Dermatología	0:12:38	4,15	4,75	2	2	43,67%	43,67%	33,0
Endocrinología	0:05:00	5,23	12,00	1	1	43,54%	43,54%	42,0
Gastroenterología	0:11:43	7,90	5,12	3	2	51,41%	77,11%	63,0
Ginecología	0:19:31	9,33	3,07	4	4	75,84%	75,84%	75,0
Medicina interna	0:12:25	8,33	4,84	4	2	47,83%	86,09%	67,0
Nefrología	0:11:34	1,63	5,19	1	1	31,34%	31,34%	13,0
Neumología	0:13:29	2,23	4,45	3	1	16,67%	50,02%	18,0
Neurocirugía	0:08:52	1,80	6,77	1	1	26,59%	26,59%	14,0
Neuroclínica	0:10:38	5,80	5,64	3	2	34,25%	51,38%	46,0
Oftalmología	0:15:09	7,98	3,96	4	2	50,32%	67,09%	64,0
Oncología	0:15:34	0,95	3,85	2	1	13,70%	24,66%	8,0
Otorrinolaringología	0:20:35	6,90	2,92	7	3	33,81%	78,90%	55,0
Rehabilitación	0:18:56	2,13	3,17	3	1	22,36%	67,07%	17,0
Reumatología	0:05:31	1,80	10,86	1	1	16,57%	16,57%	14,0
Traumatología	0:08:34	13,15	7,00	3	3	55,28%	62,65%	105,0
Urología	0:10:36	8,84	5,66	2	2	89,29%	78,13%	71,0
<b>PROMEDIO</b>	0:12:37	5,19	5,51	2,65	1,75	40,42%	53,59%	41,5

**Tabla 2.30** Teoría de Colas – Escenario 6

Este escenario provoca que únicamente se deban mantener o disminuir el número de servidores en cada sistema (Tabla 2.30), siendo que 10 de las especialidades deben reducir sus médicos en un 52% y los otras 10 deben mantener su personal.

De igual manera el escenario propuesto permite que el factor de utilización mejore o permanezca constante en cada especialidad (gráfico en el Anexo 2.6).

Al analizar el tiempo en cola de los pacientes de Consulta Externa vemos que en promedio tendrán que esperar 11,76 minutos (Tabla 2.35) y habrá un máximo de 2 personas fuera de cada consultorio.

### **2.2.3 ESCENARIOS BASADOS EN TEORÍA DE COLAS CON NÚMERO DE SERVIDORES REALES**

En los escenarios enlistados anteriormente se buscaba establecer un número óptimo de médicos que ocupen un 87% de su tiempo y que provoquen que sus pacientes no tengan que esperar varias horas fuera de los consultorios. A continuación se analizarán los mencionados escenarios pero sus medidas de rendimiento serán calculadas con el número de servidores reales, es decir, los médicos que en la actualidad están atendiendo.

Es importante señalar que los escenarios que estamos proponiendo suponen una llegada del paciente a la hora de inicio de atención. Además los pacientes llegan equitativamente en las horas de atención, es decir, los pacientes no se adelantarán a la hora que fueron convocados.

#### **2.2.3.1 Escenario 1 y 2 con número de servidores reales**

Como ya habíamos mencionado, las condiciones bajo las cuales se analizarán estos escenarios son las indicadas anteriormente, salvo por el número de médicos disponibles que en esta ocasión serán los servidores que atienden diariamente en la realidad.

Especialidad	Número de pacientes en el sistema (L)		Número de pacientes en la cola (Lq)		Tiempo de permanencia en el sistema (W) Minutos		Tiempo de permanencia en la cola (Wq) Minutos	
	Es. 1	Es. 2	Es. 1	Es. 2	Es. 1	Es. 2	Es. 1	Es. 2
Cardiología	1,00	1,22	0,04	0,10	12,44	16,25	0,48	1,25
Cirugía general	0,42	0,68	0,00	0,01	9,42	15,21	0,00	0,21
Cirugía plástica	8,07	2,38	7,13	1,67	170,86	50,40	150,90	35,42
Cirugía vascular	0,60	1,16	0,05	0,24	9,75	18,99	0,74	3,99
Dermatología	1,37	1,90	0,36	0,69	17,04	23,62	4,41	8,62
Endocrinología	0,26	1,66	0,05	1,04	6,32	39,86	1,32	24,86
Gastroenterología	0,59	0,76	0,01	0,01	11,82	15,29	0,11	0,29
Ginecología	2,18	1,59	0,18	0,05	21,24	15,49	1,72	0,49
Medicina interna	1,53	1,91	0,04	0,11	12,77	15,88	0,36	0,88
Nefrología	1,20	2,38	0,66	1,67	25,50	50,40	13,93	35,42
Neumología	0,89	1,06	0,03	0,04	13,88	15,64	0,40	0,64
Neurocirugía	0,53	1,40	0,18	0,81	13,53	35,95	4,66	20,96
Neuroclínica	1,04	1,58	0,04	0,18	11,10	16,90	0,47	1,90
Oftalmología	1,35	1,34	0,03	0,02	15,43	15,28	0,29	0,28
Oncología	0,92	0,87	0,14	0,12	18,36	17,45	2,78	2,45
Otorrinolaringología	1,56	1,13	0,00	0,00	20,59	15,00	0,00	0,00
Rehabilitación	1,97	1,42	0,34	0,13	22,89	16,47	3,95	1,47
Reumatología	0,33	1,98	0,08	1,32	7,32	44,61	1,80	29,62
Traumatología	0,71	1,26	0,00	0,02	8,59	15,22	0,02	0,22
Urología	1,04	1,89	0,19	0,68	12,94	23,51	2,34	8,51
<b>Total</b>	<b>1,38</b>	<b>1,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,45</b>	<b>22,09</b>	<b>23,87</b>	<b>9,53</b>	<b>8,87</b>

**Tabla 2.31** Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 1 y 2 (E1, E2)

De esta manera, las medidas de rendimiento son aceptables ya que los pacientes esperan 9,53 y 8,87 minutos respectivamente (Tabla 2.31). Adicionalmente ninguno de los dos escenarios provocan más de 2 pacientes en cola.

En el *escenario 1 – servidores reales* podemos ver que cirugía plástica tiene como promedio de espera 150,9 minutos. Esto se debe a que su factor de utilización es mayor a 1 ya que su capacidad de atención en una hora es menor a la cantidad

de pacientes que llegan en esta. Por este motivo, al disminuir su tiempo de atención a 15 minutos los pacientes esperarán menos fuera del consultorio y el médico no se encontrará sobrecargado.

Los dos escenarios están basados en propuestas del hospital, pero la diferencia se da debido a que en la realidad los pacientes son llamados todos al mismo tiempo y los médicos no inician con la atención sino hasta varias horas después de la hora de convocatoria.

#### **2.2.3.2 Escenario 3 y 5 con número de servidores reales**

En los escenarios 3 y 5 se busca cubrir la demanda total que llega al hospital diariamente en 4 horas de servicio. La diferencia de los dos escenarios recae en que en el 3 el tiempo de atención tomado para el análisis serán los 15 minutos de norma internacional, y en el 5 el tiempo será el promedio obtenido de la observación.

Especialidad	Número de pacientes en el sistema (L)		Número de pacientes en la cola (Lq)		Tiempo de permanencia en el sistema (W) Minutos		Tiempo de permanencia en la cola (Wq) Minutos	
	Es. 3	Es. 5	Es. 3	Es. 5	Es. 3	Es. 5	Es. 3	Es. 5
Cardiología								
Cirugía general	1,26	0,75	0,09	0,01	16,10	9,59	1,10	0,18
Cirugía plástica	4,61	11,92	3,76	10,93	80,87	209,36	66,06	191,95
Cirugía vascular	1,36	0,67	0,35	0,06	20,17	9,93	5,17	0,92
Dermatología		7,37		5,62		53,28		40,65
Endocrinología		6,74		5,87		38,71		33,71
Gastroenterología								
Ginecología								
Medicina interna		7,84		4,39		28,24		15,83
Nefrología	3,82	1,67	3,01	1,05	70,52	30,89	55,63	19,32
Neumología	1,18	1,05	0,07	0,05	15,94	14,10	0,94	0,61
Neurocirugía	5,60	1,14	4,72	0,60	93,29	18,93	78,62	10,07
Neuroclínica	18,33	3,08	15,45	1,02	94,93	15,92	79,93	5,29
Oftalmología	31,84	4,27	27,91	1,33	119,99	16,07	104,99	5,02
Oncología	0,50	0,53	0,03	0,03	15,90	16,58	0,90	1,01
Otorrinolaringología	3,52	5,29	0,07	0,55	15,30	22,98	0,30	2,40
Rehabilitación	1,12	1,49	0,06	0,15	15,82	21,03	0,82	2,09
Reumatología	5,60	0,50	4,72	0,16	93,29	8,26	78,62	2,74
Traumatología		14,47		10,71		33,00		24,43
Urología								
<b>Total</b>	<b>6,56</b>	<b>4,30</b>	<b>5,02</b>	<b>2,66</b>	<b>54,34</b>	<b>34,18</b>	<b>39,42</b>	<b>22,26</b>

**Tabla 2.32** Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 3 y 5 (E1, E2)

Al analizar los escenarios 3 y 4 con el número de servidores reales existen especialidades cuyo número de médicos no logra cubrir la demanda total, siendo que estos llegan a tener un coeficiente de eficiencia mucho mayor al 100%. Esto significa que estas especialidades obligatoriamente tienen que incrementar su número de doctores para atender a todos los pacientes que acuden al hospital por atención.



Aquellas especialidades que logran cubrir la demanda lo hacen con valores promedio de 39,42 y 2,26 minutos respectivamente (Tabla 2.31), valores mayores a los de los escenarios 1 y 2 debido al incremento en el número de pacientes que deben ser atendidos.

De igual manera, al ser el tiempo de espera mayor, los pacientes formarán una cola más larga frente a los consultorios. Por tal motivo, hay un promedio de 5 y 3 pacientes por cada uno.

El escenario 5 tiene menor tiempo de espera debido a que el tiempo de atención tomado para su análisis es el promedio observado que es menor a los 15 minutos empleados en el escenario 3.

#### **2.2.3.3 Escenario 4 y 6 con número de servidores reales**

Al igual que en los escenarios 3 y 5 buscamos satisfacer la demanda total del hospital, con la particularidad de que la atención será de 8 horas, es decir, los médicos atenderán jornada completa.

Especialidad	Número de pacientes en el sistema (L)		Número de pacientes en la cola (Lq)		Tiempo de permanencia en el sistema (W) Minutos		Tiempo de permanencia en la cola (Wq) Minutos	
	Es. 4	Es. 6	Es. 4	Es. 6	Es. 4	Es. 6	Es. 4	Es. 6
Cardiología	4,88	2,60	2,50	0,69	30,68	16,33	15,68	4,37
Cirugía general	0,40	0,37	0,01	0,00	15,15	9,44	0,15	0,02
Cirugía plástica	0,75	1,53	0,32	0,92	26,18	53,72	11,18	32,48
Cirugía vascular	0,54	0,31	0,03	0,01	16,03	9,22	1,03	0,21
Dermatología	1,42	1,08	0,38	0,21	20,52	15,61	5,52	2,98
Endocrinología		0,77		0,34		8,86		3,86
Gastroenterología	2,79	1,73	0,92	0,28	22,02	13,87	7,02	2,16
Ginecología	2,70	4,68	0,37	1,64	17,39	30,10	2,39	10,58
Medicina interna	2,29	1,81	0,21	0,09	16,52	13,02	1,52	0,61
Nefrología	0,68	0,46	0,28	0,14	25,26	16,85	10,26	5,28
Neumología	0,56	0,50	0,00	0,00	15,12	13,57	0,12	0,08
Neurocirugía	0,82	0,36	0,37	0,10	27,27	12,08	12,27	3,21
Neuroclínica	1,54	1,08	0,22	0,05	17,31	11,15	2,31	0,52
Oftalmología	2,17	1,51	0,17	0,04	16,29	11,35	1,29	0,30
Oncología	0,50	0,20	0,00	0,00	15,16	15,82	0,16	0,25
Otorrinolaringología	1,73	2,37	0,00	0,01	15,01	20,63	0,01	0,05
Rehabilitación	0,54	0,68	0,00	0,01	15,11	19,21	0,11	0,27
Reumatología	0,82	0,20	0,37	0,03	27,27	6,62	12,27	1,10
Traumatología	6,36	2,01	2,94	0,13	28,40	9,16	13,40	0,59
Urología		3,69		2,13		25,04		14,44
<b>Total</b>	<b>1,75</b>	<b>1,33</b>	<b>0,51</b>	<b>0,32</b>	<b>20,37</b>	<b>16,60</b>	<b>5,37</b>	<b>4,16</b>

**Tabla 2.33** Medidas de rendimiento por especialidad de los Escenarios 4 y 6 (E1, E2)

Al dividir la demanda total para 8 horas de atención, el arribo de pacientes es menor, por lo que es más fácil que los médicos puedan atender a todas las personas. Aún así, en el escenario 4 que tiene un tiempo de atención mayor, aún existen especialidades cuyos médicos se encuentran sobrecargados por lo que sus medidas de rendimiento no son adecuadas.

De esta manera, el tiempo de atención rodea los 5,37 y 4,16 minutos en cada escenario (Tabla 2.33). De igual forma los pacientes no hacen cola, ya que en promedio el largo de la cola está por debajo de un paciente.

#### 2.2.4 COSTOS DE ESCENARIOS

Anteriormente se estableció las medidas de rendimiento de 6 escenarios planteados y a cada uno de estos se los analizó con un número de servidores propuestos y con el número actual de doctores que atienden en Consulta Externa. Estos escenarios nos permitieron ver cómo se modifica el tiempo de espera dependiendo de la cantidad de pacientes que llegan a las especialidades y la frecuencia con que la hacen, además del tiempo que dura la atención y por lo tanto a cuántas personas se pueden atender por hora.

Es importante que el tiempo de espera de los pacientes sea mínimo antes de acceder a la atención médica, pero el HEE tiene un presupuesto limitado por lo que también debe tomar en cuenta este factor al momento de contratar médicos tratantes. Además, no podemos dejar de lado la cantidad de dinero que se pierde por el tiempo que los pacientes esperan en Consulta Externa.

Es así que los costos incurridos por cada uno de los escenarios son los indicados en la Tabla 2.34:

	<b>Costos con número de servidores propuestos</b>	<b>Costos con número de servidores reales</b>	<b>Diferencia</b>
<b>Escenario 1</b>	\$ 1.505,52	\$ 2.548,63	\$ 1.043,11
<b>Escenario 2</b>	\$ 1.489,67	\$ 2.489,59	\$ 999,93
<b>Escenario 3</b>	\$ 3.015,69	\$ 1.597,61	\$ (1.418,07)
<b>Escenario 4</b>	\$ 3.621,15	\$ 4.595,99	\$ 974,84
<b>Escenario 5</b>	\$ 1.614,93	\$ 1.931,46	\$ 316,53
<b>Escenario 6</b>	\$ 4.871,00	\$ 4.862,56	\$ (8,43)

**Tabla 2.34** Costo de escenarios con servidores propuestos y reales por día

Los costos fueron calculados tomando en cuenta:

- Honorarios de médicos
- Costos del tiempo de espera de los pacientes en base a lo que ganaría un trabajador que percibe el salario mínimo vital durante el tiempo de espera.
- La probabilidad de que haya determinado número de pacientes en el sistema.

Un médico que atiende 4 horas diarias recibe un salario mensual de USD 919 y por 8 horas USD 1800, es decir, por día gana USD 45,96 y USD 90 respectivamente. Adicionalmente, como ya habíamos mencionado, una persona que espera fuera de Consulta Externa, por mes recibe por lo menos el salario mínimo de USD 240, es decir, diariamente USD 12 y por hora USD 1,50.

Los costos señalados en la Tabla 2.34 hacen referencia a un día de atención en Consulta Externa (costos por especialidad Anexo 2.8). En general, el dinero empleado es menor para los escenarios en el caso de contratar los médicos propuestos.

La excepción se presenta en el escenario 3 debido a que para cubrir la demanda total el número de servidores reales en ciertas especialidades no es suficiente, por lo que no son tomadas en cuenta al momento de calcular el costo y esto hace que se reduzca el total.

Tomando en cuenta el costo de cada escenario el dos es el más adecuado, ya que diariamente implicaría un desembolso de 1489,53 USD.

Escenario		N° de pacientes en el sistema (L)	N° de pacientes en cola (Lq)	Tiempo de espera en el sistema (W) Minutos	Tiempo de espera en cola (Wq) Minutos
1	s propuesto	2,29	1,39	32,29	19,67
	s real	1,38	0,48	22,09	9,53
2	s propuesto	2,15	1,11	33,93	18,93
	s real	1,48	0,45	23,87	8,87
3	s propuesto	4,16	1,57	27,66	12,68
	s real	6,56	5,02	54,34	39,42
4	s propuesto	2,50	1,21	28,80	13,80
	s real	1,75	0,51	20,37	5,37
5	s propuesto	2,50	1,21	28,80	13,80
	s real	4,30	2,66	34,18	22,26
6	s propuesto	2,09	1,02	24,17	11,76
	s real	1,33	0,32	16,60	4,16

**Tabla 2.35** Medidas de rendimiento con servidores (s) propuestos y reales

El escenario más adecuado tomando en cuenta los tiempos de espera es el número 4 con servidores reales. El promedio de espera es de 4,16 minutos (Tabla 2.35), el problema de este es que el costo de su aplicación sería muy elevado para que el hospital pueda afrontarlo.

### **3 SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ESCENARIOS**

En capítulos anteriores se ha tratado minuciosamente la organización del hospital, los procesos que se llevan a cabo dentro del mismo; tanto a la hora de tomar un turno, como en el momento mismo de la atención a los pacientes en los consultorios, así como también los diferentes involucrados en dichos procesos.

Es así que, partiendo de la realidad se han determinado varios escenarios que plantean soluciones que podrían influir en el tiempo de espera de los pacientes e incluso en la calidad de atención que reciban los mismos; sin embargo, el implementar dichas soluciones en la realidad podría llevar mucho tiempo y recursos. De esta manera surge la necesidad de implementar en nuestro proyecto la simulación.

En este capítulo, se estudiarán las ventajas y desventajas de la simulación en este caso de estudio, la elección del software adecuado para incorporar la información recolectada y los parámetros requeridos. Se hará también, una breve descripción del simulador y los resultados que brinda el mismo y finalmente probaremos las diferentes soluciones que se presentaron en capítulos anteriores implementándolos en el simulador y analizaremos los resultados.

#### **3.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN**

La simulación ha ido evolucionando casi de la mano de la informática. Sus orígenes se remontan a la segunda Guerra mundial cuando los matemáticos J. V. Neumann y S. Ulam, analizaban el comportamiento de los neutrones y al reconocer que los procedimientos eran muy costosos decidieron utilizar números aleatorios y distribuciones de probabilidad para simular su comportamiento. [25]

Con el pasar de los años se han ido dando varias definiciones de simulación, entre las más conocidas, la de Robert Shannon, en que se dice que la "Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de

un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.”

Sin embargo, esta definición se puede ver complementada por la de Thomas Taylor, en la que se aclara que es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Además Taylor recalca que “estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo”.

Robert Thierauf, un profesor dedicado a los sistemas de información, conceptualiza a la simulación como “la técnica cuantitativa que se emplea para evaluar cursos alternativos de acción, basada en hechos y suposiciones con un modelo matemático de computadora a fin de representar la toma real de decisiones y condiciones de incertidumbre.”

Pero el aporte verdaderamente significativo, que hace Thierauf no consiste en su definición, sino en la descripción minuciosa que hace del proceso de simulación, ya que afirma que es la elaboración de un modelo matemático que describe el funcionamiento del sistema o del proceso, en el que se evalúan los diferentes elementos y sus interrelaciones; analizando su comportamiento al punto de poder describirlo con una distribución probabilística para cada uno de los posibles estados del sistema. [27]

Todas estas definiciones confluyen en que la simulación es una herramienta para representar la realidad abstraída en un modelo matemático que contiene las características esenciales del sistema, de tal manera que este proporcione los mismos resultados, con la finalidad de reproducir el fenómeno observado tantas veces como se requiera para realizar indagaciones y alteraciones sin afectar al sistema real.

### 3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los avances tanto en la técnica misma de la simulación, así como en el software, hacen de la simulación una solución cada vez más utilizada en diversas aplicaciones.

Implementar un modelo de simulación, puede traer varias ventajas, entre ellas las siguientes:

- Al observar detenidamente el proceso y el funcionamiento de cada una de las partes por separado y en conjunto, se pueden detectar anomalías en el sistema, cuya corrección podría aportar una solución significativa al problema.
- También se evalúa fácil y rápidamente las alteraciones que se pueden incluir en el modelo y se observan los efectos en el comportamiento del sistema. Además se tiene un control de las condiciones de experimentación bajo las cuales se desarrolla el sistema que se pueden repetir con la frecuencia que se necesite, no así con el sistema real.
- Experimentar con el sistema real es mucho más costoso que la simulación, puesto que, dependiendo del proceso que se desee observar, se requeriría destinar muchos recursos para implementar nuevas soluciones que podrían o no funcionar, mientras que con la simulación éstas pueden ser evaluadas con menores costos.
- La técnica de la simulación, brinda oportunidades de experimentar nuevos escenarios, aún cuando se posea poca información, los cuales permiten anticiparse a resultados no previstos.
- El tiempo es un factor muy importante a la hora de la toma de decisiones y la simulación brinda resultados que en el sistema real podrían llevar horas, días e incluso meses, en cuestión de segundos. [24]
- Ofrece una visualización más clara y didáctica del sistema que el análisis puramente matemático, y permite comprender fácilmente cada uno de los procesos que se desarrollan dentro del mismo.



También se presentan algunas desventajas, como las que se detallan a continuación:

- A pesar de que la simulación puede ser menos costosa que la implementación de la solución, no necesariamente la simulación es barata ya que se incurre en gastos como licencias de software, a menos que sea libre, y en la toma de datos para el análisis.
- Para desarrollar una simulación adecuadamente, el análisis del sistema debe ser muy minucioso y al hacer las observaciones se puede interrumpir en las operaciones. Asimismo el ajustar el simulador al proceso puede llevar mucho tiempo.
- Para que los datos que se empleen en la simulación sean significativos, se requiere una muestra considerable de observaciones cuya recolección, digitalización y análisis puede incurrir en gastos de tiempo y recursos.
- Desarrollar un modelo requiere cierta experticia, y habilidad y contratar personal especializado puede ser complicado y costoso.
- La simulación no produce soluciones óptimas, y cada vez que la ejecutamos es como un experimento aislado que se efectúa con condiciones predeterminadas, por lo tanto serán necesarias muchas corridas para tener una respuesta adecuada. [27]
- Puede resultar complicado cuantificar todas las variables que intervienen en el sistema y establecer las relaciones que existen entre las mismas a través de una ecuación, esto incrementa la probabilidad de cometer errores de omisión.

### **3.3 ELECCIÓN DEL SOFTWARE**

El constante desarrollo de software dedicado a la simulación, pone a nuestra disposición muchas herramientas informáticas cuya finalidad es suministrar estructuras generalizadas para el diseño de los modelos a implementarse y proporcionar un método rápido para incluir las alteraciones y los diferentes escenarios que se desea evaluar.

La adecuada elección del software para la simulación es una pieza fundamental, ya que se espera que el software se adapte a las necesidades del diseñador y sobre todo, el programa elegido deberá contar con todas las funciones que el sistema exija.

Es importante considerar que el programa electo deberá ser amigable al usuario, para minimizar el tiempo de diseño y para que los próximos encargados de manipularlo se puedan adaptar fácilmente.

También se debe tomar en cuenta la clase de simulación que se va a realizar ya que existen varios *tipos de simulación*, cuya diferencia radica en el comportamiento del sistema, por ejemplo en los **modelos continuos**, el comportamiento cambia continuamente de forma con el tiempo y por lo tanto se representan a través de ecuaciones diferenciales que describen las interacciones entre los elementos del sistema. Mientras que, en los **modelos discretos**, el comportamiento cambia únicamente en instantes dados, como pasa en las colas, donde cambian de longitud o de promedio en la medida en la que entra o sale una entidad al sistema, mientras que el resto del tiempo permanece constante en términos estadísticos. [26]

Entonces por la naturaleza del sistema que se desea analizar, nos referiremos a los lenguajes de simulación discreta disponibles, que Taha [26] divide en dos categorías:

La **programación de eventos**, donde el usuario detalla las acciones asociadas con la ocurrencia de cada evento y se automatiza el proceso de generación de datos gracias a las distribuciones. Además, es posible el almacenamiento cronológico, la recuperación de eventos y la recopilación de estadísticas del modelo.

Los lenguajes de simulación **orientados a procesos** “usan bloques y nodos que se pueden unir para formar una red que describa los movimientos de transacciones o entidades en el sistema.” Los bloques más utilizados son los

dedicados a la generación de datos, las colas y los que llevan a cabo el servicio; y en cada uno de ellos se describen las instrucciones de los pasos que seguirá la entidad.

La diferencia entre los lenguajes antes mencionados es que las acciones por las que se conducen los simuladores orientados a procesos están automatizadas, no así en la programación de eventos, y esto da mayor comodidad al usuario puesto que facilita el uso, sin embargo el proceso corre el riesgo de perder flexibilidad en cuanto a su modelización.

Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar varios de los simuladores orientados a procesos que oferta el mercado informático. Se han considerado las funciones y utilidades, basándonos en criterios sugeridos por Robinson [24], de los programas: R Gui, Arena Simulation Software y Simulink (MATLAB), de los cuales se ha seleccionado a la librería Simulink de MATLAB para modelar el funcionamiento del HEE gracias a las facilidades que ofrece, entre ellas:

*Requerimientos de software y hardware:*

- Se cuenta con el sistema operativo requerido
- La Escuela Politécnica Nacional cuenta con la licencia del programa
- El hardware que se requiere está a nuestro alcance

*En cuanto a su código de modelización:*

- Fácil desarrollo de modelos.
- Ayuda en cuanto a la depuración de errores.
- No tiene limitaciones en cuanto al tamaño del modelo, que impidan el desarrollo de la simulación del HEE.
- Las dimensiones en cuanto a los objetos (como matrices, vectores, etc.) no sobrepasan el máximo de dimensión.
- Disponibilidad de ayuda sobre el software en la web.

*Características visuales:*

- Disponibilidad de iconos en las librerías

- Posibilita hacer acercamientos y alejamientos.
- Existe un localizador de objetos en el visualizador

*Ingreso de datos y análisis de características:*

- Cuenta con distribuciones estadísticas disponibles.
- Posibilidad de importar datos desde otro software
- Posibilidad de agregar distribuciones empíricas

*Experimentación:*

- Velocidad de proceso
- Control en la generación de números aleatorios
- Posibilidad de desarrollar múltiples réplicas

*Soporte:*

- Disponibilidad de ayuda en la consola
- Entrenamientos disponibles en la red

*Trayectoria:*

- Existen simulaciones similares con el paquete
- Cuenta con un gran número de usuarios
- Disponibilidad de literatura en cuanto al uso del paquete

*Costo:*

- El tiempo que conlleva aprender el software
- El entrenamiento puede ser gratuito a través de la web.

### **3.3.1 DESCRIPCIÓN DE MATLAB – SIMULINK**

MATLAB (Matrix Laboratory) es catalogado como un sistema basado en matrices para desarrollar cálculos matemáticos y de ingeniería. Es un programa desarrollado y comercializado por *The MathWorks, Inc.*, quienes son también los creadores de uno de sus complementos más útiles como es el Simulink, una

librería que contiene diagramas de bloques que facilitan la simulación de cualquier sistema o modelo dinámico.

Las principales características que MathWorks destaca de su producto, Simulink, son:

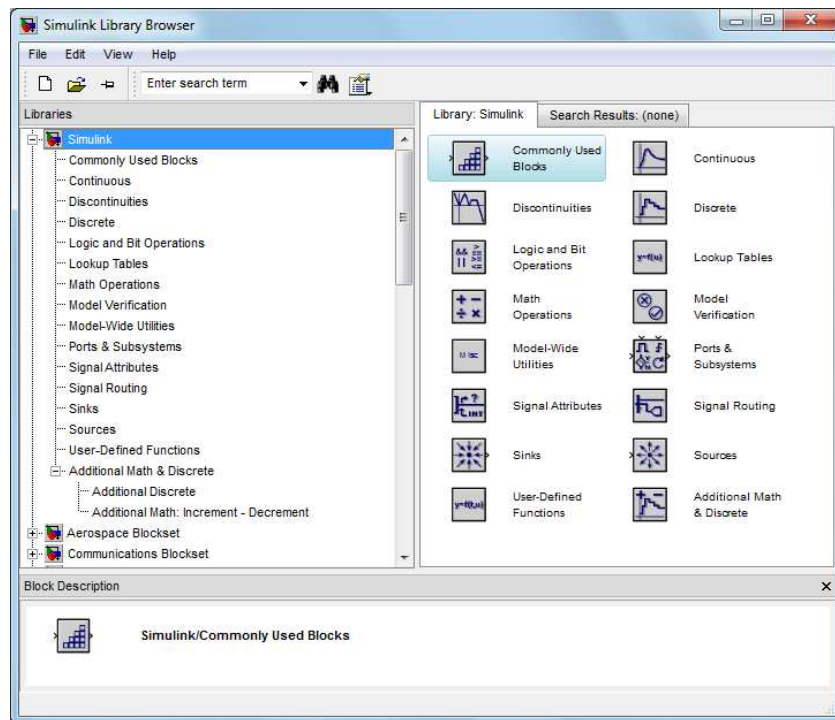
- Amplias bibliotecas de bloques predefinidos
- Editor gráfico para la recolección y gestión de los diagramas de bloque
- Capacidad para gestionar diseños complejos, segmentando los modelos en jerarquías de componentes de diseño
- Explorador del modelo, que permite navegar, crear, configurar y buscar todas las señales, parámetros, propiedades y código generado asociados con su modelo.
- Permite incrustar en los bloques de función del Simulink, algoritmos definidos en MATLAB
- Existen varios modos de simulación como son el normal, acelerado y acelerado rápido para ejecutar simulaciones interpretativamente.
- Cuenta con un depurador gráfico y un perfilador que permite examinar los resultados del diagnóstico y por ende algún comportamiento inesperado en el diseño.
- Acceso total para personalizar el entorno del modelado y la definición de las señales.
- Modelo de análisis y herramientas de diagnóstico para garantizar la coherencia del modelo e identificar los errores de modelado.

Este complemento permite simular desde sistemas lineales y no lineales, sistemas en tiempo continuo, muestreados o un híbrido de los dos e incluso sistemas multifrecuencia.

Simulink permite establecer cierta jerarquía en los modelos, es decir, que podemos ver un sistema desde un nivel superior y entrando en los bloques podemos ir descendiendo a través de los niveles para ver con más detalle el modelo.

La librería de Simulink consta de varios elementos útiles para las diferentes ramas como la electrónica, mecánica, etc. como se puede observar en la Figura 3.1, de los cuales los que comúnmente se emplean son:

- *Sources (fuentes)*: Sirven para generar todo tipo de señales.
- *Sinks (sumideros)*: Se usan como salida o para visualizar la señal.
- *Discrete*: elementos de sistemas lineales y en tiempo discreto (funciones de transferencia, diagramas de espacio-estado.)
- *Connections*: Multiplexores, Demultiplexores, etc.



**Figura 3.1** Librería de Simulink

Sin embargo, nuestro proyecto requiere un módulo específico llamado SimEvents, el cual se emplea para la modelización y simulación de sistemas de eventos discretos.

SimEvents facilita la representación de la estructura de sistemas mediante operaciones tales como el enrutamiento, procesos de retraso y procesos prioritarios, gracias a su biblioteca que cuenta con bloques predefinidos como

son: colas, servidores, generadores, distribuidores, interruptores, sincronizadores, etc.



**Figura 3.2** Librería de SimEvents

A partir de estos elementos, se pueden llegar a formar grandes y complejas estructuras cuya combinación permite describir procesos que los bloques, por si solos, no lo harían.

Además SimEvents admite establecer ciertos parámetros en el modelo como generación de entidades según vectores, probabilidades de los eventos, tiempo promedio de servicios, tipo y largo de colas, etc., que hacen que la simulación se acerque a la realidad del sistema.

### 3.3.2 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Para llevar a cabo la simulación que se detallará a continuación, se ha instalado el complemento Simulink en la versión de R2009a de MATLAB, en un servidor con Hewlett Packard (HP) ProLiant ML370G5 que cuenta con:

- Memoria RAM de 64 GB
- 2 procesadores Intel® Xeon® Quad-Core E5430 de 2.66 Ghz
- Sistema operativo: Linux Suse Enterprise Server

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR**

La necesidad de construir un simulador del área de Consulta Externa del HEE, surge cuando se plantean posibles soluciones que intenten minimizar el tiempo de espera de los pacientes, sin embargo, encontrar la solución óptima requiere probar varias opciones. Entonces nace la idea de implementar estas soluciones virtualmente, de manera que no se malgasten recursos ni tiempo, para determinar si el planteamiento soluciona o no el problema adecuadamente.

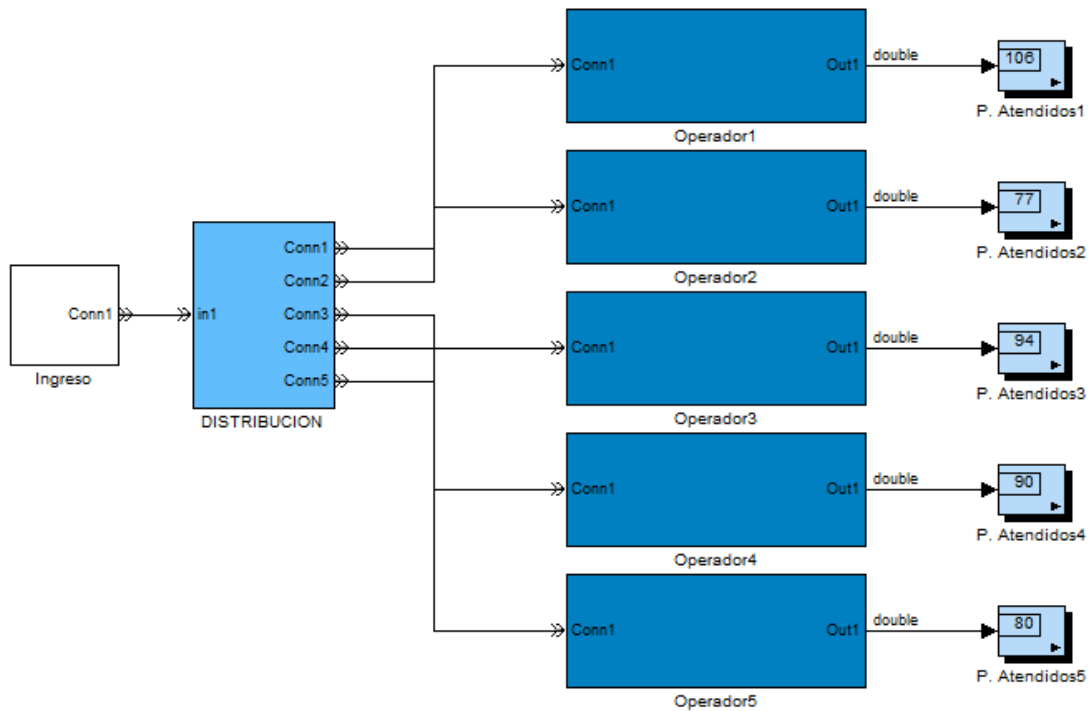
Para contemplar todos los parámetros y detalles del sistema es necesario observar a cada uno de los involucrados, sus responsabilidades, procedimientos, horarios, entre otros. De dicha observación resulta el diagrama de flujo, presentado en capítulos anteriores, que describe el paso del paciente en la Central Telefónica, este es el primer proceso por el que atraviesa antes de la atención.

#### **3.4.1 CENTRAL TELEFÓNICA**

Actualmente la central cuenta con 6 operadores, sin embargo se procede a la simulación con 5 de ellos debido a que durante la toma de datos una persona estuvo ausente.

A continuación se describe el modelo de simulación establecido para la Central Telefónica: (para operar el modelo completo dirijase al Anexo 3.1)

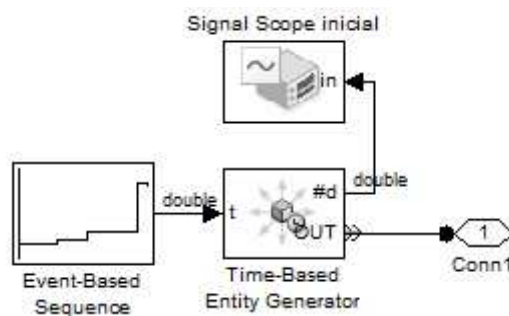




**Figura 3.3** Central Telefónica

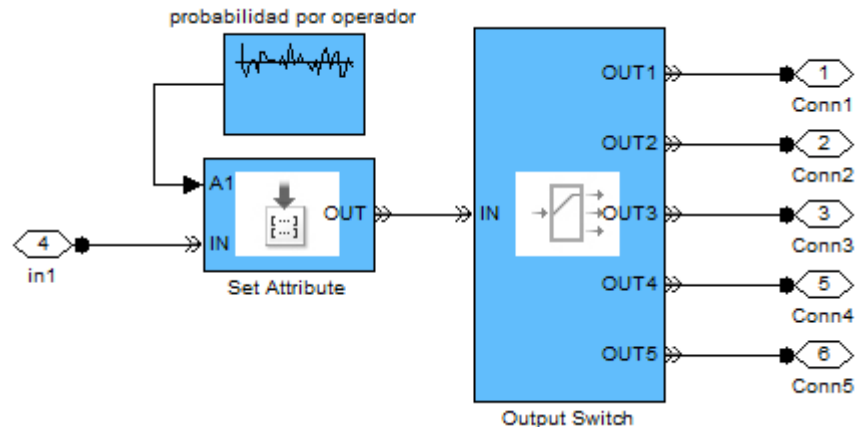
En la figura anterior, observamos 3 partes importantes, entre ellas el ingreso, la distribución, los operadores y finalmente un contador que permite visualizar el número de pacientes atendidos.

Para simular el *ingreso* de las llamadas se ha implementado un generador de entidades o de individuos, al cual se le ha asignado un vector que determina las frecuencias de interarribo de pacientes según el horario a la Central Telefónica.



**Figura 3.4** Central Telefónica / Ingreso

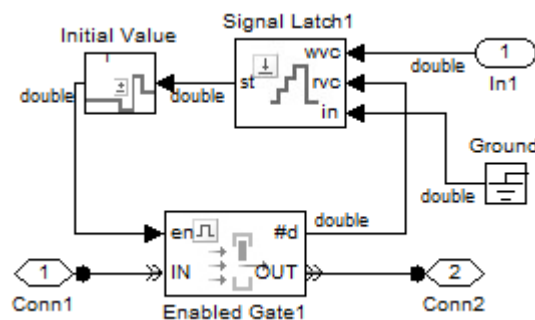
A continuación el distribuidor reparte las llamadas que se han generado de manera tal que sean enviadas al primer operador que se encuentre disponible, pero tomando en cuenta las probabilidades asignadas a cada operador, las cuales se han calculado en base al número de llamadas que receptaron cada uno de los operadores en la semana de medición.



**Figura 3.5** Central Telefónica / Distribución

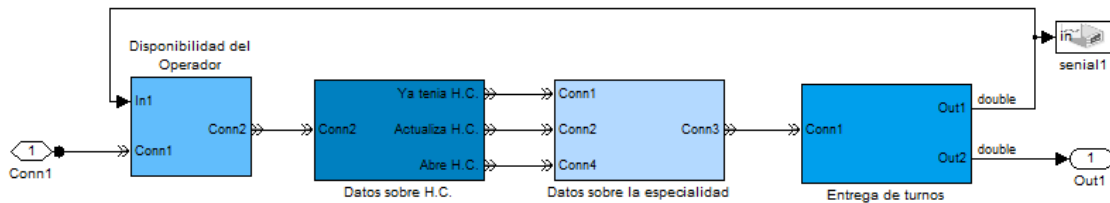
Para determinar si el operador está desocupado, se ha colocado un seguro, el cual habilita la entrada de una nueva llamada a través de una señal que se envía inmediatamente después de que el operador termine de procesar una llamada.

En la Figura 3.6, que se muestra a continuación, se describe la estructura necesaria para llevar a cabo este proceso, la cual se encuentra ubicada en el cuadro “disponibilidad del operador” dentro de cuadro denominado “operador”.



**Figura 3.6** Central Telefónica / Operador / Disponibilidad del Operador

Entre los procesos por los que atraviesa el paciente mientras es atendido por el operador se pueden diferenciar tres etapas importantes que permiten obtener datos sobre la historia clínica, sobre la especialidad y la entrega de turnos.

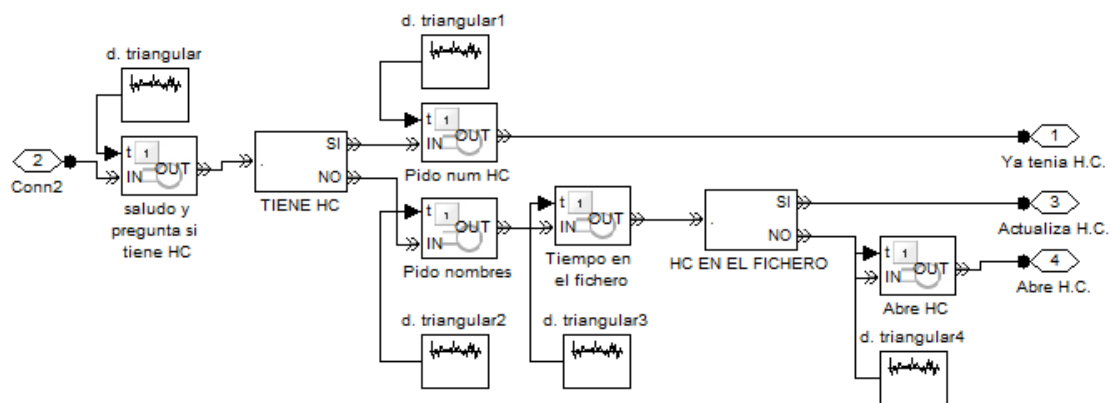


**Figura 3.7** Central Telefónica / Operador

En cada una de estas etapas, se realizan preguntas claves que permiten determinar el flujo que seguirá el paciente, por ejemplo, si tiene historia clínica se procede a solicitar el número de la misma y si no la tiene se solicitan los nombres para una verificación que se realiza en el fichero, ya que es probable que la persona tenga una historia clínica en el hospital y que haya olvidado su número.

La probabilidad que se toma en cuenta para determinar si tiene historia clínica o no, se muestra en la tabla 2.4 en la que se describe que un 9% de llamadas son pacientes que no han sido atendidos en el HEE y que requieren abrir una historia clínica.

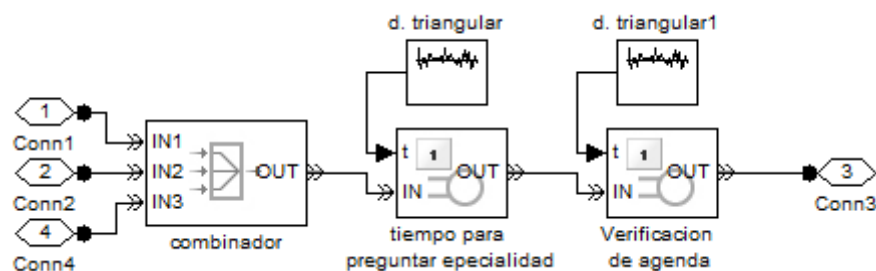
En la verificación, menos del 1% de las historias clínicas son actualizadas, es decir, que son encontradas efectivamente en el archivero a pesar de que la persona dijo no tener historia clínica, el resto requiere la apertura de la misma, como se muestran en la Figura 3.8.



**Figura 3.8** Central Telefónica / Operador / Datos sobre H.C.

A cada uno de los pasos se les ha asignado el tiempo de servicio en base a una distribución triangular, ya que la población es demasiado grande y los datos de la muestra son limitados por el costo elevado de su recolección. Esta distribución requiere determinar el tiempo mínimo, máximo y la moda del servicio.

Una vez que se cuenta con la historia clínica, el operador es el encargado de realizar el triaje<sup>7</sup> y ubicar al paciente en la especialidad adecuada, en el caso de que el mismo no sepa la especialización a la que debe dirigirse. El tiempo destinado a esta atención ha sido indicado en el bloque “tiempo para preguntar” y en segundos, que es la unidad de tiempo bajo la cual se establecerán el resto del procesos en todo el simulador.



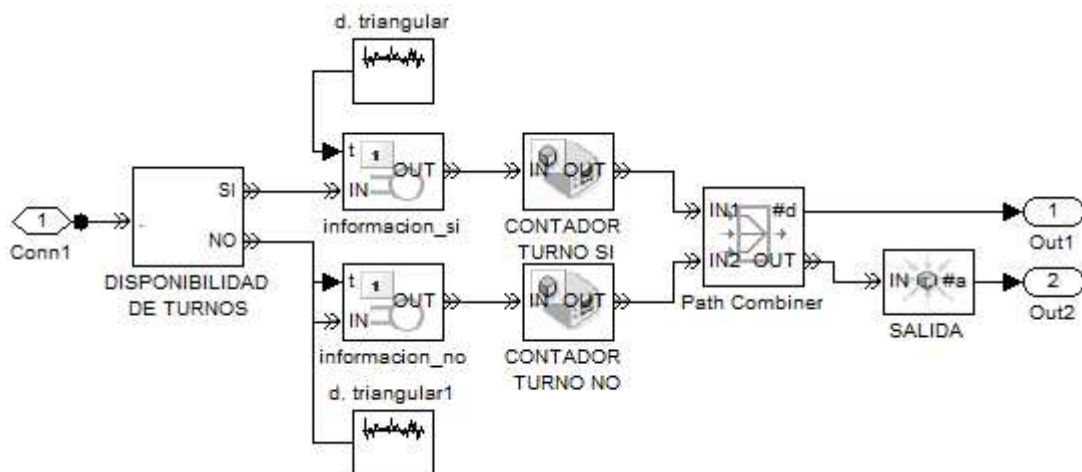
**Figura 3.9** Central Telefónica / Operador / Datos sobre la especialidad

<sup>7</sup> Es un método empleado en la Medicina, mediante el cual se clasifica a los pacientes tomando en cuenta prioridades de atención privilegiando la posibilidad de supervivencia, de acuerdo a las necesidades terapéuticas y los recursos disponibles.

Cuando se tiene clara la especialidad a la que debe dirigirse, se procede a verificar la disponibilidad de turnos para la misma, cuyo tiempo ha sido asignado en el bloque con el mismo nombre.

A continuación, en “disponibilidad de turnos” se distribuirán las llamadas según la probabilidad que tiene un paciente de requerir cierta especialidad (dictaminada por la demanda que se muestra en la figura 2.2) y se asignará un atributo por especialidad tomando en cuenta el cupo de disponibilidad, con la finalidad de que se asignen los turnos a las primeras llamadas que completen dicho cupo.

Inmediatamente se explica al paciente si existe o no un turno para ser asignado; en el caso de haber disponibilidad se le informa al paciente el nombre del médico, la fecha, la hora de la cita<sup>8</sup> y el número del turno asignado y concluye la llamada; y en el caso de que no exista disponibilidad se le comunica al paciente y se le pide que llame nuevamente al día siguiente o al día correspondiente para solicitar el turno y se concluye la llamada.



**Figura 3.10** Central Telefónica / Operador / Entrega de turnos

Una vez que se concluye la atención y el paciente sale del sistema, en el simulador es necesario emitir una señal que habilite al operador para recibir una nueva llamada.

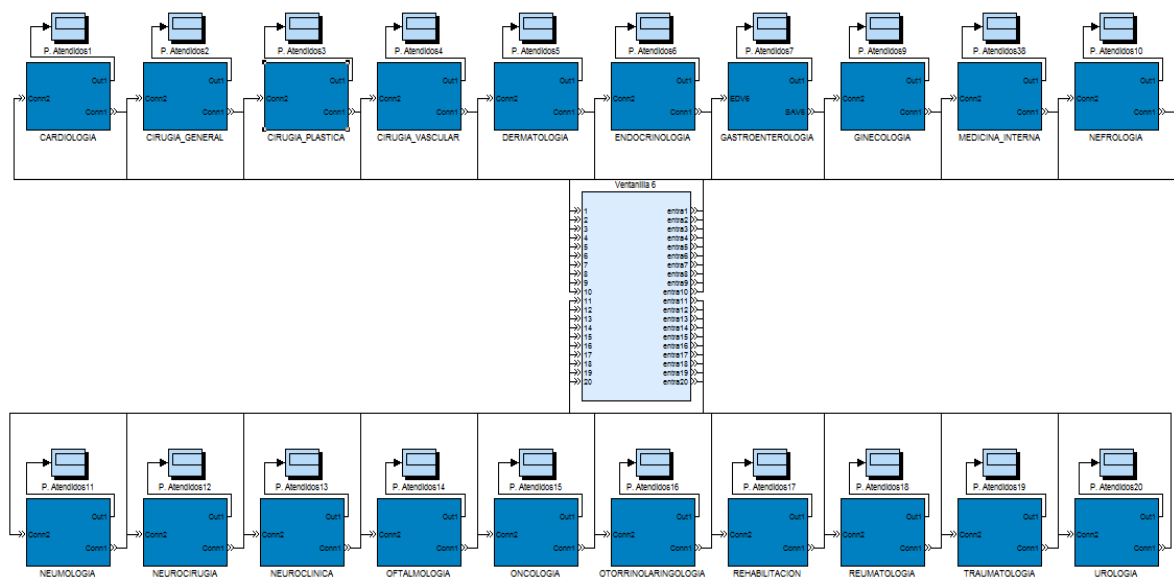
<sup>8</sup> Actualmente se les pide a los pacientes presentarse a las 8h00 en la jornada matutina y a las 12h00 en la vespertina; indistintamente del número de turno que se le asigne.

Luego de finalizada la atención en la Central Telefónica, los pacientes tienen que esperar a la fecha y hora indicada para acercarse a los consultorios respectivos y proceder a su consulta.

La construcción del simulador de la Central Telefónica ha sido un ejercicio pedagógico muy útil para adquirir experiencia en el manejo de la librería SimEvents, que permitirá lograr un efectivo desarrollo del proceso más complejo que es atención al paciente; por esta razón, nuestros esfuerzos se enfocarán en el desarrollo de Consulta Externa.

### 3.4.2 CONSULTA EXTERNA

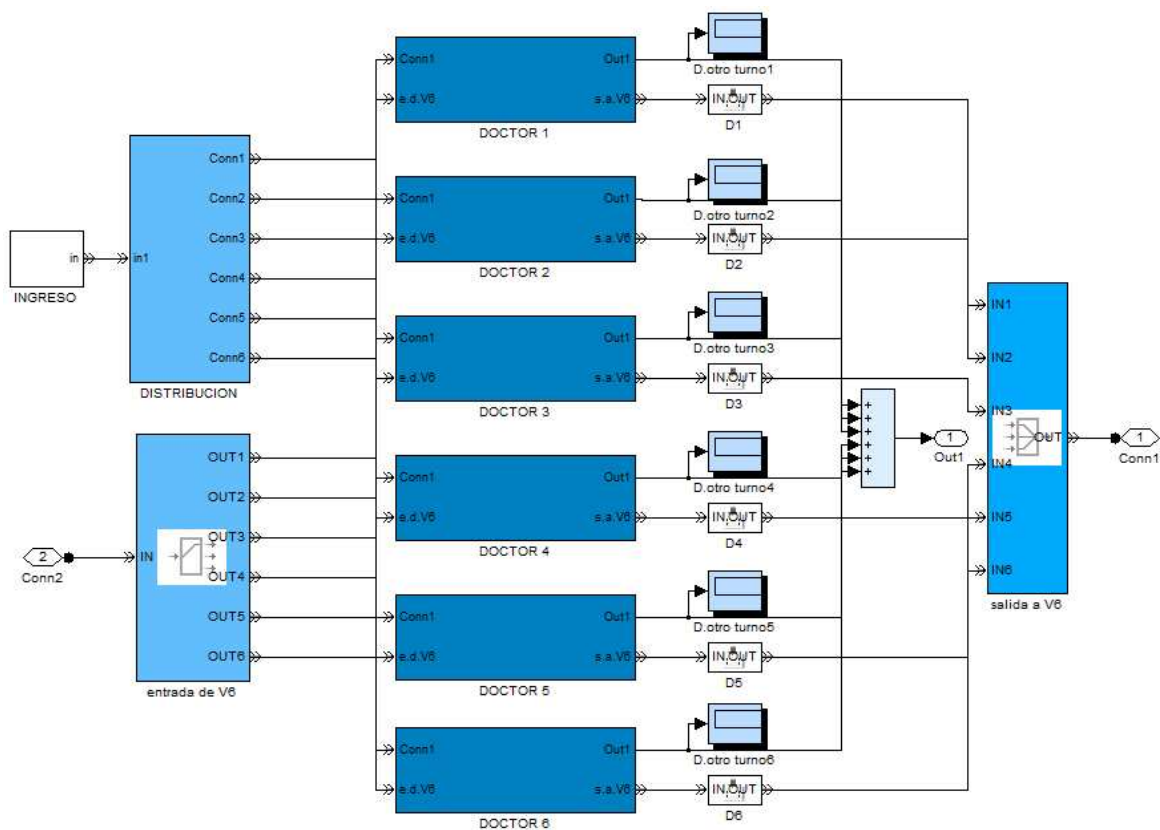
En la siguiente etapa se representa al HEE compuesto por las 20 especialidades que han sido observadas durante la semana del 24 de febrero al 2 de marzo del 2010. Como se muestra en la Figura 3.11, todas las especialidades se encuentran conectadas a la ventanilla 6, a la cual se tiene que remitir el paciente en el caso de que la historia clínica no haya llegado al momento de la consulta. (para operar el modelo completo diríjase al Anexo 3.2)



**Figura 3.11** Hospital Eugenio Espejo – Consulta Externa

Según la estructura de las especialidades, es decir, según la organización interna de sus médicos y enfermeras, podemos encontrar dos tipos de especialidad; una en la que los pacientes tienen la posibilidad de elegir al médico por el cual van a ser atendidos, que son la mayoría, y la otra en la cual el paciente espera fuera de la especialidad y es atendido por el médico que se desocupa primero como es el caso de Ginecología, Otorrinolaringología y Oftalmología.

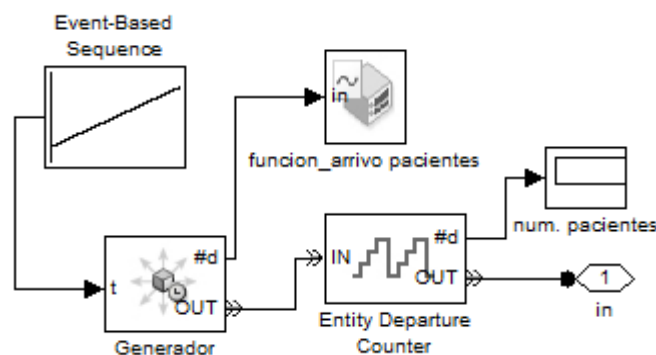
En el simulador, en cada especialidad, de aquellas en las que el médico está predeterminado, podemos identificar 5 partes importantes como se observa en la estructura de Cirugía Plástica a continuación:



**Figura 3.12** Especialidad con médicos predeterminados (Cirugía Plástica)

El bloque de *ingreso* de las especialidades consta de un generador que arroja individuos según una distribución determinada en el bloque llamado “Event – Based Sequence”, el cual contiene un vector, cuyos valores determinan el tiempo transcurrido, expresado en segundos, entre una entidad y otra.

Para hacer del simulador un modelo netamente estocástico y que se ajuste por completo a la realidad, lo ideal sería emplear un proceso de Poisson no homogéneo donde la tasa de llegadas está en función del tiempo, ya que los datos observados se comportan de esta manera, distribución que se lo puede demostrar a través de una prueba de rachas<sup>9</sup>. En vista de que Matlab no contempla esta distribución dentro de sus opciones se ha decidido emplear un vector que se asemeje al comportamiento real, sin embargo, esto provoca que, en su mayoría, el modelo sea determinístico.



**Figura 3.13** Especialidad / Ingreso

Por ejemplo, el vector en el bloque de ingreso de Cirugía Plástica es:

```
CP = [7600 400 400 400 400 400 400 400 400 400 400 720 720 720 720 720 3600];
```

Esto quiere decir que se generará la primera entidad a los 7600 segundos de iniciada la simulación, la siguiente después de 400 segundos, y así sucesivamente.

Estos intervalos han sido determinados según la información que se obtuvo en las encuestas sobre la llegada de los pacientes, con la cual se calcula el número de personas que arriban a dicha especialidad por hora<sup>10</sup>. Luego, se distribuyen

<sup>9</sup> Prueba que permite determinar si los valores de una muestra son o no aleatorios, es decir, si las observaciones de una secuencia son independientes entre si

<sup>10</sup> Por ejemplo, si llegan 6 pacientes de 7 a 8 de la mañana, se dividen los 3600 segundos que tiene una hora para 6, es decir 600, por lo tanto se ubicarán 6 veces 600 en el vector en el lugar que corresponde al período de 7 a 8 de mañana.



equitativamente los pacientes a lo largo de la hora y son plasmados en el vector de cada especialidad (en este caso CP).

Es así que en el vector han sido representados los arribos desde las 6h00 hasta la hora en la que llegue el último paciente (máximo 16h00, hora en la que el hospital cierra sus puertas).

Estos vectores han sido calculados para cada especialidad y difieren según el día y el horario de atención, ya que hay ciertas especialidades que no atienden determinados días de la semana.

Definir los tiempos tanto de ocurrencia como de llegada de los médicos y otros parámetros que se detallarán a lo largo de este capítulo, permite mantener la estructura del modelo y cambiar únicamente los vectores que se ejecutarán en la simulación dependiendo del día que se desee analizar.

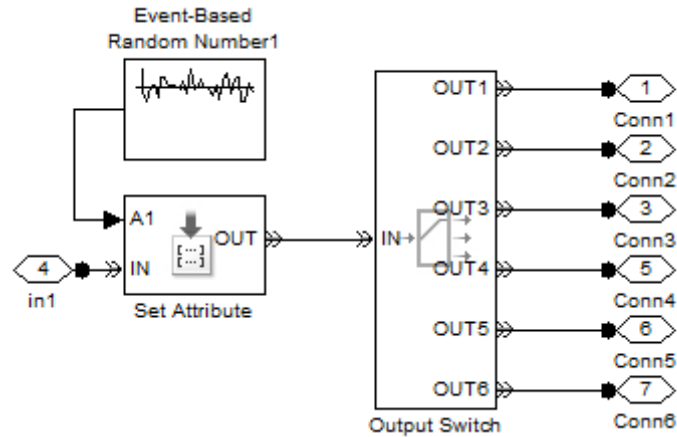
Para facilitar este procedimiento, se ha realizado una pequeña programación en Excel que requiere el ingreso de ciertos parámetros, que se detallarán más adelante, obteniendo como resultado la información necesaria para ser ingresada directamente en MATLAB. (Anexo 3.3)

En el siguiente bloque, el de la *distribución*, se han establecido las probabilidades con las que los pacientes se dirigen a los diferentes médicos, igualmente en el bloque “Event – Based Random Number1” en donde se debe incluir el vector CP\_DOC para el caso de Cirugía Plástica.

```
CP_DOC= [0.067 0.000 0.133 0.800 0.000 0.000];
```

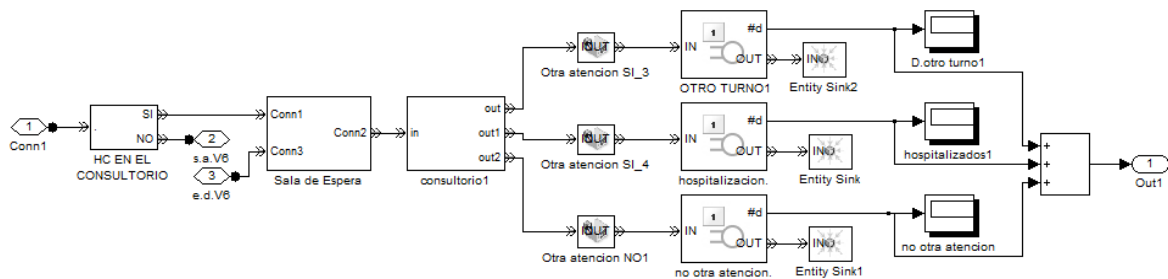
Como esta especialidad consta de 6 médicos, el vector cuenta con el mismo número de elementos, de los cuales únicamente 3 tienen valores diferentes de 0, ya que los doctores 2, 5 y 6 no atienden los días jueves y los pacientes han sido asignados a los doctores 1,3 y 4.

Este vector también permite observar que el doctor 4 atiende al 80% de los pacientes de ese día; el doctor 3 al 13% y el doctor 1 al 7%.



**Figura 3.14** Especialidad / Distribuidor

Luego de que atraviesa el distribuidor, el paciente se dirige al doctor que ha sido pre-asignado y se sigue el procedimiento que se muestra en la Figura 3.15, en donde se pueden distinguir 4 etapas.



**Figura 3.15** Especialidad / Doctor

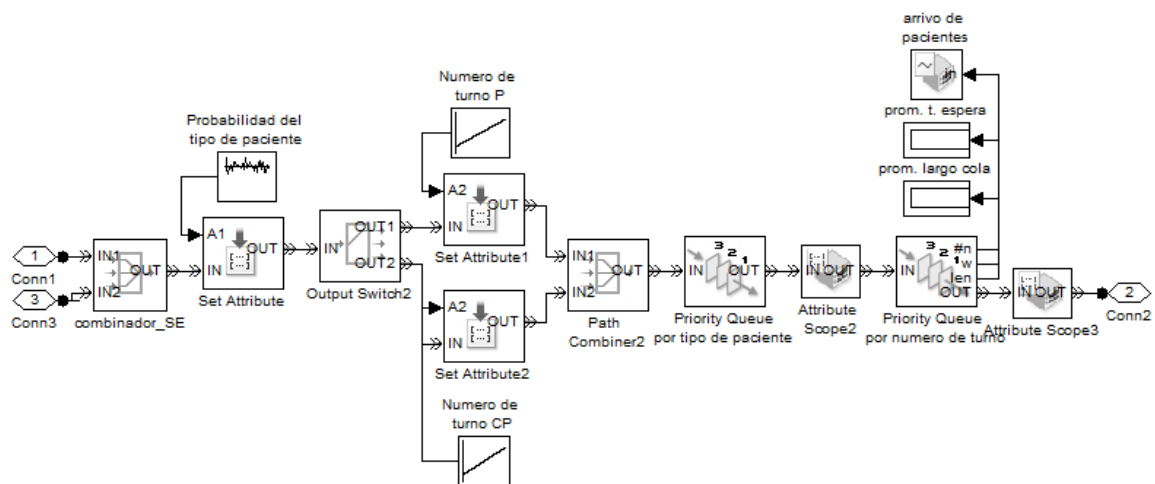
En la primera parte, el paciente verifica si su historia está en el consultorio; en este bloque se ha incluido la probabilidad según los datos obtenidos en la encuesta, que se expresa en un vector con la siguiente forma:

$$CP\_HC = [0.622 \ 0.378]$$

El cual explica que el 62,2% de las historias si se encuentran en el consultorio, mientras que el resto, al no encontrar su historia, el paciente o la enfermera

deberá acercarse a la ventanilla 6, en donde se solicita al personal encargado que se busque su historia; ya sea en el archivo, entre las historias que están por retornar, en los consultorios en los que previamente ha sido atendido el paciente, en hospitalización o en la subdirección técnica. Esta es la razón para los bloques denominados “salida a V6” y “entrada de V6” que están ubicados apenas se despliega la especialidad.

Una vez que su historia es entregada en el consultorio, los pacientes esperan su respectivo turno para ser atendido, en el bloque denominado “sala de espera” en donde se forma una cola con la siguiente forma:



**Figura 3.16** Especialidad / Doctor / Sala de Espera

En esta estructura, se divide a los pacientes según la recurrencia al médico, es decir, si es paciente nuevo para la especialidad o si es una cita médica que el doctor ha otorgado. Esta información se imprime en el vector que determina la vía que tomará el paciente en el distribuidor “output switch2” según la “probabilidad del tipo de paciente” que tiene la siguiente forma:

$$CP\_TIPO\_PAC = [0.676 \quad 0.324];$$

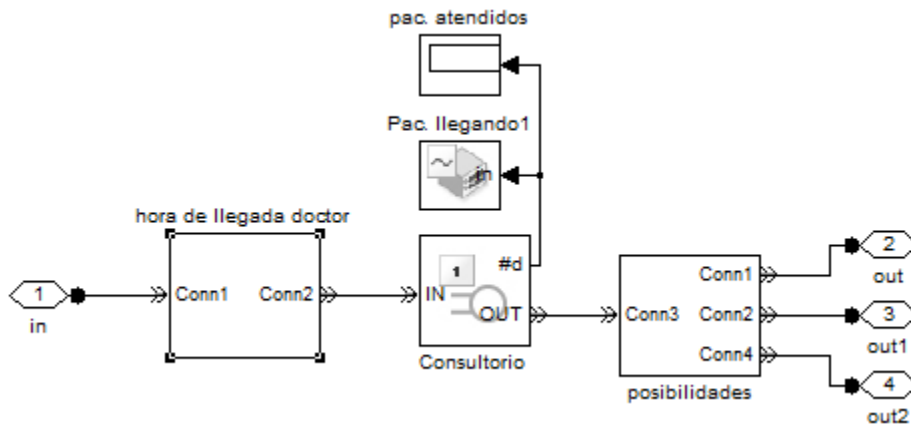
Lo que indica que el 93.8% es nuevo para el médico y que tan solo el 6.2% son pacientes que recurren por una cita otorgada por el doctor.

Entonces, una vez que el paciente atraviese el bloque "Set Attribute1" se le asignará el número de cita médica que tiene y si pasa por el "Set Attribute2" se otorgará el número de turno correspondiente. Los vectores que determinan el orden de los turnos son aleatorios ya que de esta manera es el arribo de pacientes al hospital, pues aunque se le otorgue al paciente un turno de los últimos, continua la creencia de que si llega temprano puede ser atendido antes, lo cual solo sucede en contadas ocasiones.

A continuación se han ubicado 2 colas de prioridades, en la primera se ordena según el tipo de paciente, en la que las citas previas encabezan la fila y a continuación se forman los turnos, sin embargo están desordenados en cuanto al número de turno. Por esta razón, en seguida se ha colocado una segunda cola en la que se tiene en cuenta el número de turno. Es así que se consigue una distribución en la que se atiende intercalando la primera cita y luego el primer turno regular y así sucesivamente hasta que se terminen las citas y se continúe únicamente con los turnos; ya que es de esta manera como atienden la mayoría de especialidades en Consulta Externa.

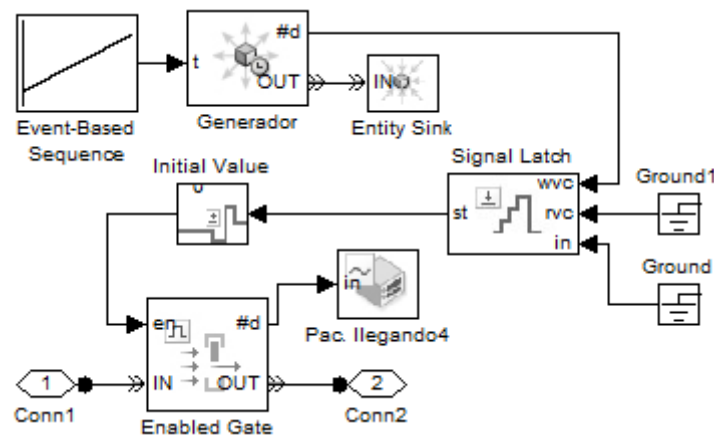
En la segunda cola se han ubicado visualizadores que nos dan una idea del promedio del largo de la cola, el promedio de tiempo de espera y la frecuencia de arribo de pacientes.

Una vez en el consultorio, el paciente es atendido por su médico. Pero recordemos que, como se dijo en capítulos anteriores, los doctores cumplen varias responsabilidades previas a la atención en consulta, por lo tanto su hora de llegada al consultorio es diferente cada día según la especialidad y el médico.



**Figura 3.17** Especialidad / Doctor / Consultorio

Para especificar la hora en la que empieza la consulta, se ha implementado el bloque “hora de llegada del doctor”, el cual admite un vector que se describe en “Event-Based Sequence” el cual se conecta al generador para emitir la señal que habilitará al médico para que inicie su atención.



**Figura 3.18** Especialidad / Doctor / Consultorio / Hora de llegada doctor

El vector tiene la siguiente forma:

```
CP1 = (20700);
CP2 = (100000);
```

Esto quiere decir que el cirujano plástico 1 empieza su jornada de atención a las 11h45 y como se ha iniciado la simulación desde las 6h00, se transformará la diferencia a segundos. Por lo tanto, 5 horas con 45 minutos son 20700 segundos,

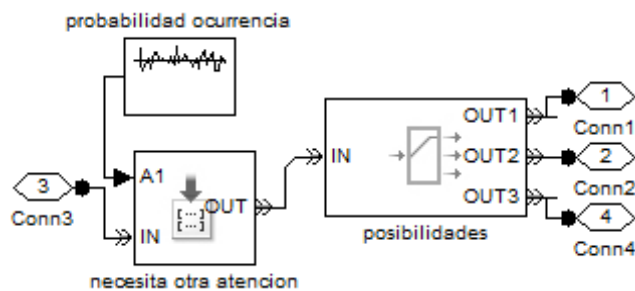
que es el momento en el que se emitirá la señal para que se habilite al médico y este dará inicio a su consulta.

En el caso del cirujano plástico 2, dado que el vector se ha tomado del jueves y este día el médico no atiende; para que permanezca constantemente bloqueado se le ha asignado un valor muy alto como es 100000, de tal manera se finalice la simulación sin que la señal que lo habilita sea enviada.

Luego, el bloque “consultorio” admite definir el tiempo (en segundos) que el médico tarda efectivamente en realizar la atención al paciente a través de un vector con esta forma:

```
TS_CP1 = (1056);
TS_CP2 = (1162);
```

Dicho tiempo es el promedio de la duración de la consulta del médico tomando como referencia la semana completa de medición. A este bloque han sido conectados 2 visualizadores que permiten ver el paso de los pacientes por el consultorio.



**Figura 3.19** Especialidad / Doctor / Posibilidades

Tanto la hora de inicio de atención, como el tiempo de consulta del médico son datos fijos que deben ser ingresados para arrancar la corrida, ya que son parámetros claves para reducción del tiempo de espera, y es entorno a estos datos que se pueden plantear soluciones viables al problema.

La hora de inicio de atención puede convertirse en una variable aleatoria si empleamos una distribución para explicar el posible retraso que pueden tener los

médicos ya sea por las responsabilidades asignadas (pasar visita a los pacientes) como por cualquier tipo de imprevisto, si ese fuera el objetivo del escenario a simular.

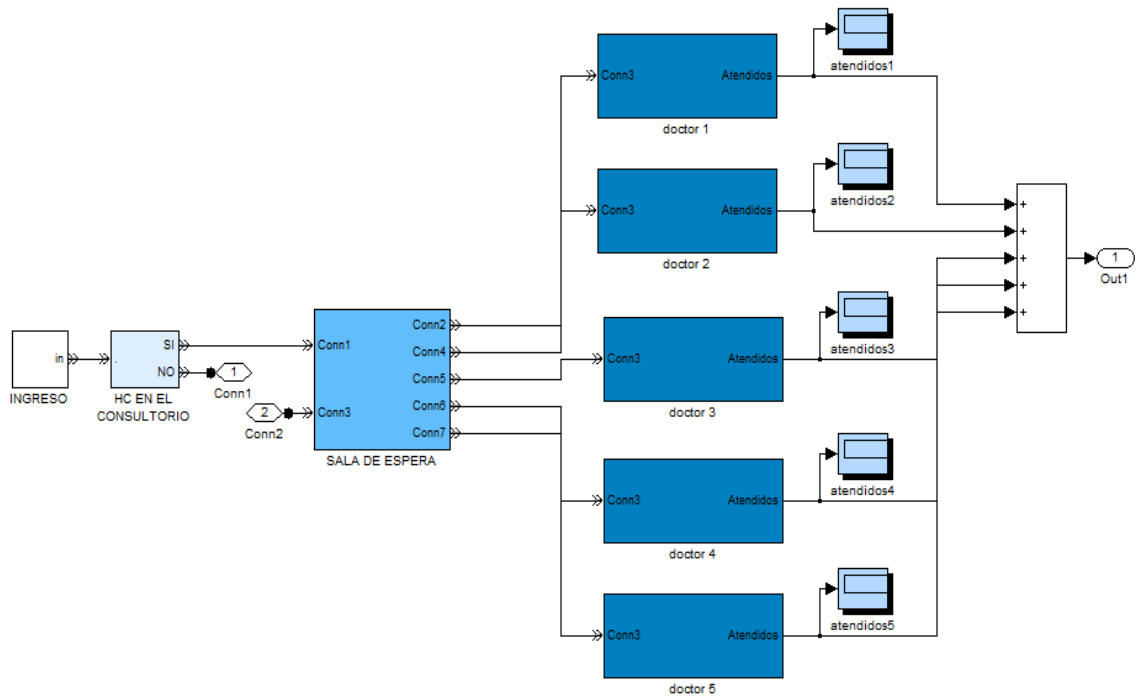
Después de la consulta, como se observó en la Figura 3.15 (Especialidad / Doctor), el paciente tiene tres opciones para salir del hospital: que requiera otro turno, que sea hospitalizado y que no requiera otra atención. La probabilidad con la que la persona sale por cada una de estas vías se ha especificado en el bloque denominado “probabilidad de ocurrencia” a través de un vector como el que se muestra a continuación:

$$CP\_TUR= [0.921 \ 0 \ 0.079]$$

Observemos que la mayoría de pacientes requieren otra atención (92%) y por lo tanto se le entrega una previa cita, el porcentaje de hospitalizados es equivalente a 0%, y el 8% de los pacientes en Cirugía Plástica no requiere otra atención o deben retornar después de un período muy largo.

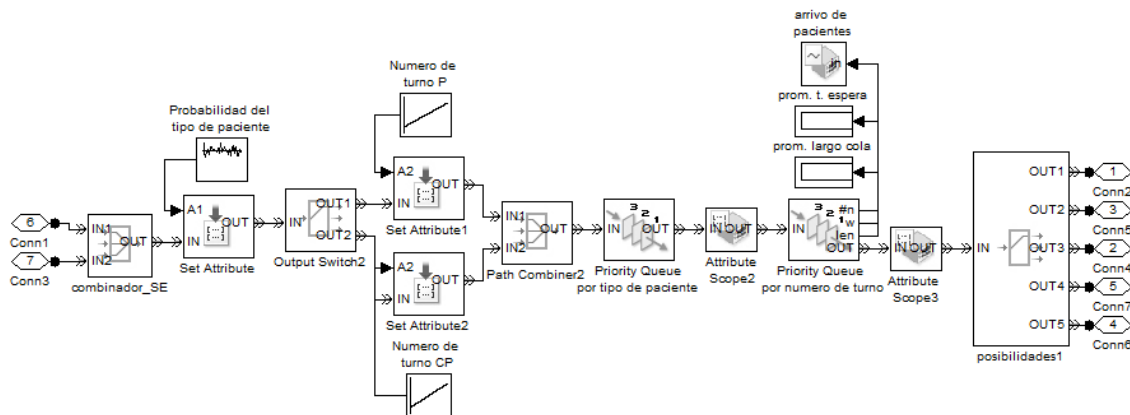
Al final encontramos tres visualizadores que nos permiten verificar el número de pacientes que han salido por cada una de las vías.

Dentro de las especialidades en las que no se puede elegir el médico por el cual el paciente va a ser atendido, se identifican 4 partes importantes, como se observa en el gráfico:



**Figura 3.20** Especialidad con médicos no predeterminados (Ginecología)

El “ingreso”, al igual que el bloque de “HC en el consultorio” no tiene ninguna diferencia con el otro tipo de especialidades, sin embargo la sala de espera si cambia puesto que las filas ya no se realizan en la puerta del consultorio de cada médico sino que la cola se forma tras una sola entrada.



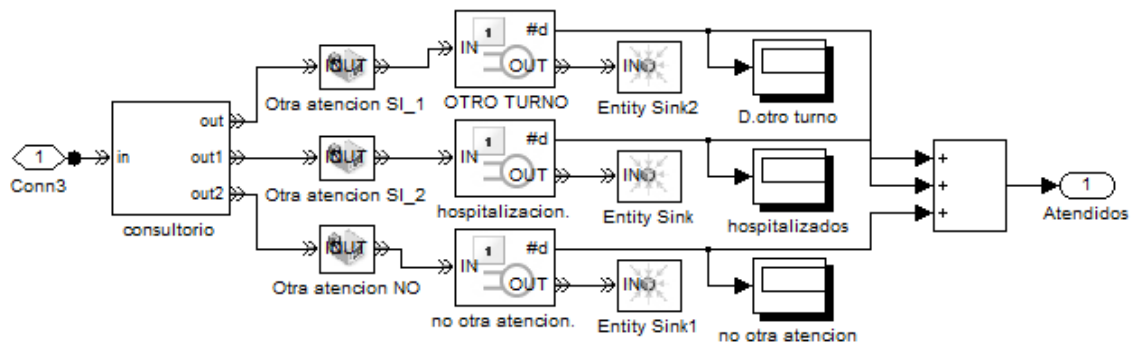
**Figura 3.21** Especialidad / Sala de Espera

En esta sala de espera, podemos observar que la fila de pacientes se formará de la misma manera que en las otras especialidades, con la única diferencia que después de ella se realiza una distribución gracias al bloque “posibilidades1” en el



cual se ha determinado que la repartición se realice por el primer puerto desocupado, es decir que se asignará el paciente al primer médico que termine su consulta.

En el bloque “doctor” hay mínimas variaciones, puesto que se ha eliminado el “ingreso” y el bloque “HC en el consultorio”, los cuales han sido ubicados en la puerta de la especialidad por así decirlo. Igualmente se observan las tres posibilidades de salida del hospital, con los respectivos visualizadores que nos imprimen el número de pacientes que atraviesa cada una ellas.



**Figura 3.22** Especialidad / Doctor no predeterminado

En el panel general, presentado en la Figura 3.11 (Hospital Eugenio Espejo) se observa gracias a los visualizadores el número de pacientes atendidos según el día que se esté evaluando.

También se puede recopilar la información resultante del simulador creando una matriz en MATLAB (Anexo 3.4) que englobe los nombres de las etiquetas que se han incluido en todo el simulador, a la cual se le asigna un nombre.

Una vez que se corra dicha matriz en MATLAB se genera un archivo en Excel que contiene cada una de las variables y su evolución en el tiempo de simulación. Excel facilita la manipulación de la información con macros y tablas dinámicas a partir de los cuales se obtiene un informe organizado (Anexo 3.5) que facilita su comprensión.

Para facilitar el manejo del simulador, sobre todo a aquellas personas que no están familiarizadas con MATLAB, se ha creado un interfaz en Excel (Anexo 3.3) que facilita la generación de todos los vectores que requieren ser ingresados en la simulación; por este motivo se ha constituido la estructura del modelo de manera tal que no requiera modificaciones para evaluar cada uno de los escenarios propuestos y que únicamente los vectores requieren ser alterados.

### **3.5 VERIFICACIÓN DEL SIMULADOR**

Existen varios métodos para verificar que el simulador explique adecuadamente el comportamiento del sistema, uno de ellos es conocido como la Caja Blanca [24], en el cual la observabilidad es total ya que el investigador tiene acceso a todos los puntos del sistema.

El método ha sido implementado a través la observación realizada en cada uno de los micro-procesos que componen el proceso real de Consulta Externa y han sido comparados con el simulador, comprobando que funcionan adecuadamente, entre ellos los más importantes:

- El flujo de los pacientes.
- La probabilidad de encontrar las historias clínicas en el consultorio.
- El tiempo de consulta promedio por cada médico.
- Los diferentes tipos de atención que los pacientes pueden requerir.
- Lo organización de las colas tras la puerta del médico.

### **3.6 VALIDACIÓN DEL SIMULADOR**

Para la validación se ha considerado el método de la Caja Negra sugerido por Robinson [24], el cual se caracteriza por permitir la visibilidad únicamente de la entrada y salida de datos.

Es así que se ha realizado una comparación con el sistema real, en la cual, si el simulador corre bajo las mismas condiciones (entradas) que en el sistema real, las salidas deben ser suficientemente similares, lo cual se demuestra comparando los promedios de los resultados.

Sin embargo, no solo es necesario comparar sus medias, se debe considerar también la dispersión, a través de un intervalo de confianza de la diferencia de las medias que se calcula con los datos que se recolectaron cada uno de los días de la semana de observación en las especialidades.

Prueba de la diferencia de las medias:

$$\overline{W}_s - \overline{W}_r \pm t_{2n-2, \alpha/2} \sqrt{\frac{S_s^2 + S_r^2}{n}}$$

Donde:

$\overline{W}_s$ : Media del tiempo de espera simulado (en minutos)

$\overline{W}_r$ : Media del tiempo de espera real (en minutos)

$S_s^2$ : Varianza del tiempo de espera simulado

$S_r^2$ : Varianza del tiempo de espera real

$n$ : Número de observaciones

$t_{2n-2, \alpha/2}$ : Valor de la distribución t-student con  $2n - 2$  grados de libertad y un nivel de significancia de  $\alpha/2$ .

La tabla que a continuación se muestra resume la información obtenida de dicha prueba.

ESPECIALIDADES	$n$	$\overline{W}_s$	$\overline{W}_r$	$S_s^2$	$S_r^2$	Intervalo de Confianza
Cardiología	5	112.6	119.5	999.5	676.5	[ -57.3 ; 43.5 ]
Cirugía General	5	119.2	97.3	318.5	301.8	[ -8.7 ; 52.6 ]
Cirugía Plástica	3	149.3	148.2	1135.3	6.3	[ -67.1 ; 69.3 ]
Cirugía Vasculár	5	116.1	117.5	329.8	299.0	[ -32.3 ; 29.4 ]
Dermatología	5	78.1	78.8	157.9	151.7	[ -22.3 ; 21.0 ]
Endocrinología	5	110.5	99.6	1202.0	186.3	[ -34.9 ; 56.8 ]
Gastroenterología	5	132.8	135.3	1190.6	400.3	[ -51.6 ; 46.6 ]
Ginecología	5	84.4	134.1	83.0	977.0	[ -89.8 ; -9.7 ]
Medicina Interna	5	108.7	95.4	633.3	61.7	[ -19.1 ; 45.8 ]
Nefrología	4	148.9	141.3	6937.9	4321.7	[ -149.9 ; 165.1 ]
Neumología	5	71.5	85.3	796.3	409.3	[ -56.5 ; 29.0 ]
Neurocirugía	5	105.7	129.2	929.9	821.1	[ -75.0 ; 28.0 ]
Neuroclínica	5	124.7	127.4	64.6	51.9	[ -15.9 ; 10.6 ]
Oftalmología	5	126.9	131.2	1034.2	150.0	[ -46.6 ; 38.1 ]
Oncología	5	162.4	135.3	3834.3	1114.4	[ -59.5 ; 113.6 ]
Otorrinolaringología	5	126.9	95.2	1034.2	306.9	[ -13.3 ; 76.8 ]
Rehabilitación	5	74.6	75.0	660.7	409.2	[ -40.6 ; 39.9 ]
Reumatología	5	81.1	91.8	432.1	791.7	[ -53.7 ; 32.4 ]
Traumatología	5	160.7	132.3	776.6	201.1	[ -10.0 ; 66.9 ]
Urología	4	164.2	148.2	213.7	186.2	[ -13.7 ; 45.6 ]

**Tabla 3.1** Prueba de diferencia de medias por especialidad

Como observamos en el intervalo de confianza, todos incluyen el cero (0), exceptuando Ginecología, por lo que se concluye, que con un 95% de confianza, la medias del tiempo real y el tiempo simulado no difieren y por lo tanto el simulador describe el comportamiento de Consulta Externa del HEE.

### 3.7 EXPERIMENTACIÓN

Los datos que requieren ser ingresados en el simulador por cada una de las especialidades para iniciar la corrida son:

- El número de pacientes atendidos por doctor.

- La hora de inicio de atención y el tiempo promedio que cada médico tarda en la misma.
- La probabilidad calculada por especialidad de encontrar la historia clínica en el consultorio del médico.
- El porcentaje de pacientes promedio por especialidad que requieren otra atención, ser hospitalizados y que no requieren otra atención.
- El número de pacientes que arriban por especialidad, separados en un rango de una hora, desde las 6h00 (hora que puede ser modificada) hasta las 16h00, cuando se termina la atención en Consulta Externa en el HEE.

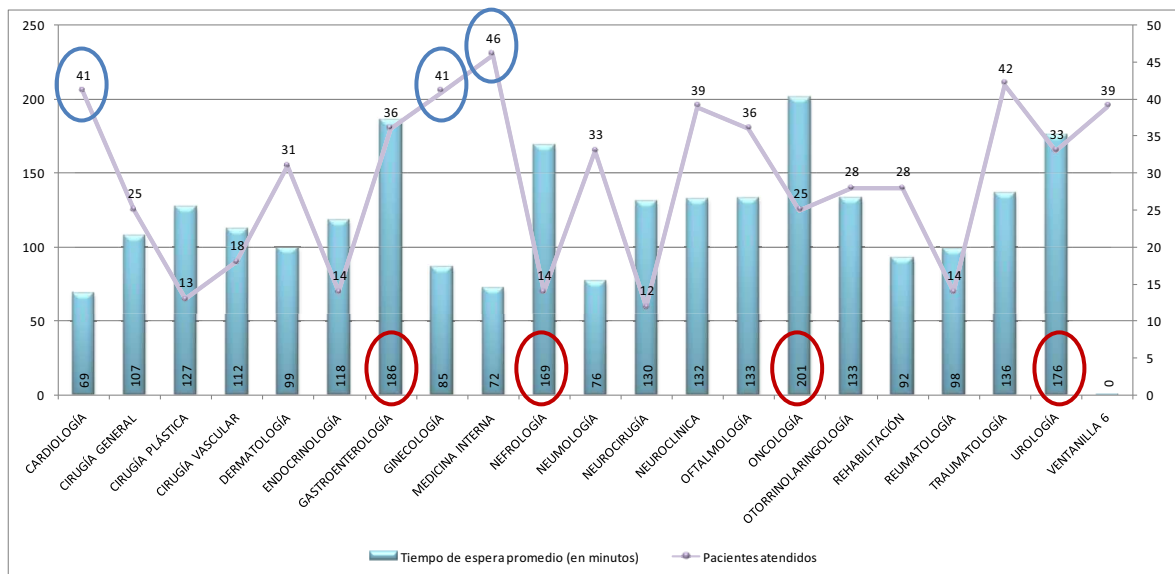
Una vez ingresados los datos y después de realizar un promedio de 3 corridas<sup>11</sup> por escenario en el simulador se obtienen los resultados que han sido organizados en el informe (Anexo 3.5) para facilitar su análisis, entre ellos:

- El número de pacientes atendidos por médico y especialidad.
- El número de pacientes que se quedaron sin atención.
- El tiempo de espera promedio.
- Promedio del largo de la cola.
- La hora en la que finaliza la atención.

De los informes obtenidos se han realizado varios gráficos para estudiar el comportamiento de los pacientes, tiempos de espera, largo de las colas, etc. de cada día observado. A continuación se presentan los datos del lunes, 1 de marzo:

---

<sup>11</sup> Al ser el modelo, casi en su totalidad, determinístico la variación de los resultados entre corridas es mínima, por este motivo se ha establecido empíricamente este número de corridas para comprobar que en general los datos permanecen *prácticamente* constantes. Sin embargo existen pruebas como la de corridas arriba y abajo para estipular este valor.

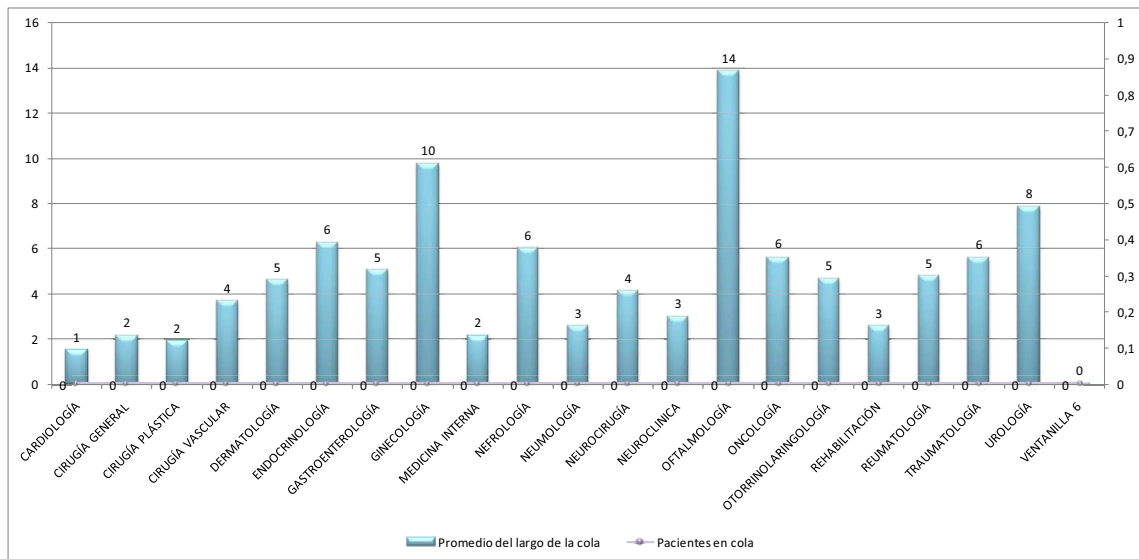


**Figura 3.23** Lunes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

Como podemos observar en la figura anterior, existen especialidades con tiempos de espera promedio muy elevados, como son Oncología (3 horas 21 minutos), Gastroenterología (3 horas 6 minutos), Urología (2 horas 56 minutos) y Nefrología (2 horas 49 minutos), esto se debe a que estas especialidades cuentan con gran demanda y pocos especialistas dedicados a la Consulta Externa, puesto que tienen a su cargo pacientes hospitalizados, los cuales son revisados antes de pasar a atender la consulta o tienen responsabilidades administrativas a su cargo.

Por el contrario, especialidades como Cardiología, Medicina Interna y Ginecología manejan tiempos de espera razonables, en comparación al resto, a pesar de tener una demanda elevada porque cuentan con el personal necesario para la atención.

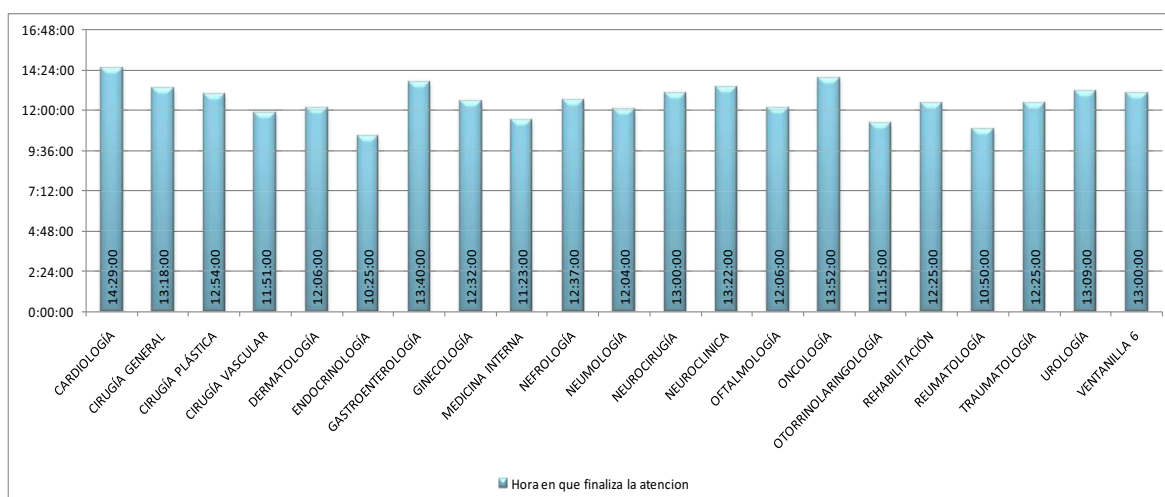
En la Figura 3.24 claramente se identifican las colas más largas en las especialidades de Ginecología y Oftalmología, que son especialidades con un modelo de comportamiento diferente en los que no se escoge un médico específico para la atención sino que se realiza una sola cola a partir de la cual el paciente se asigna al médico que se desocupa.



**Figura 3.24** Lunes simulado. Promedio del largo de la cola – Pacientes en cola.

En las especialidades en las cuales el paciente se dirige a un médico específico, las colas más largas se presentan en Urología, Traumatología, Oncología, Nefrología y Endocrinología, especialidades donde el cupo disponible de pacientes se asigna completamente debido su cuantiosa demanda.

En cuanto a los pacientes en cola, se observa que ninguna especialidad ha dejado un paciente sin atención.



**Figura 3.25** Lunes simulado. Hora en que finaliza la atención.

Si hacemos una breve comparación entre los resultados del día lunes observado y el mismo día simulado, teniendo en cuenta que ciertos parámetros en el simulador pueden provocar diferencias, como la probabilidad de encontrar la historia clínica en el consultorio y el tiempo de consulta (dado por una distribución exponencial), se presentan los siguientes resultados:

LUNES	Ps	Pr	D	Ws	Wr	D	Fs	Fr	D
Cardiología	41	41	0.0%	69	90	23.8%	14:29:00	14:44:00	1.7%
Cirugía General	25	25	0.0%	107	87	22.8%	13:18:00	12:57:00	2.7%
Cirugía Plástica	13	13	0.0%	127	148	14.0%	12:54:00	12:09:00	6.2%
Cirugía Vascular	18	18	0.0%	112	121	8.1%	11:51:00	11:24:00	3.9%
Dermatología	31	31	0.0%	99	88	12.1%	12:06:00	11:30:00	5.2%
Endocrinología	14	14	0.0%	118	110	7.0%	10:25:00	10:28:00	0.5%
Gastroenterología	36	36	0.0%	186	162	15.0%	13:40:00	13:00:00	5.1%
Ginecología	41	41	0.0%	85	160	46.7%	12:32:00	12:50:00	2.3%
Medicina Interna	46	46	0.0%	72	93	22.4%	11:23:00	11:50:00	3.8%
Nefrología	14	14	0.0%	169	167	0.8%	12:37:00	12:40:00	0.4%
Neumología	33	33	0.0%	76	76	0.9%	12:04:00	11:02:00	9.4%
Neurocirugía	12	12	0.0%	130	135	3.1%	13:00:00	13:14:00	1.8%
Neuroclínica	39	39	0.0%	132	120	10.2%	13:22:00	12:14:00	9.3%
Oftalmología	36	36	0.0%	133	129	3.4%	12:06:00	12:20:00	1.9%
Oncología	25	25	0.0%	201	159	26.5%	13:52:00	12:36:00	10.1%
Otorrinolaringología	28	28	0.0%	133	78	69.3%	11:15:00	11:41:00	3.7%
Rehabilitación	28	27	3.7%	92	92	0.2%	12:25:00	11:22:00	9.2%
Reumatología	14	14	0.0%	98	93	5.4%	10:50:00	10:29:00	3.3%
Traumatología	42	42	0.0%	136	122	11.2%	12:25:00	12:07:00	2.5%
Urología	33	33	0.0%	176	147	20.0%	13:09:00	11:39:00	12.9%

**Tabla 3.2** Lunes 1 de marzo del 2010. Comparación de tiempos simulado y real.

Donde:

*Ps*: Número de pacientes atendidos por el simulador<sup>12</sup>

*Pr*: Número real de pacientes atendidos

*D*: Diferencia absoluta porcentual, donde el 100% son los indicadores reales, mas no los simulados.

<sup>12</sup> Estos valores dependen del vector de ingreso (determinístico) por esta razón las mínimas variaciones que podrían darse sería que el médico no terminara de atender a los pacientes que le han sido asignados.



*Ws*: Media del tiempo de espera simulado (en minutos)

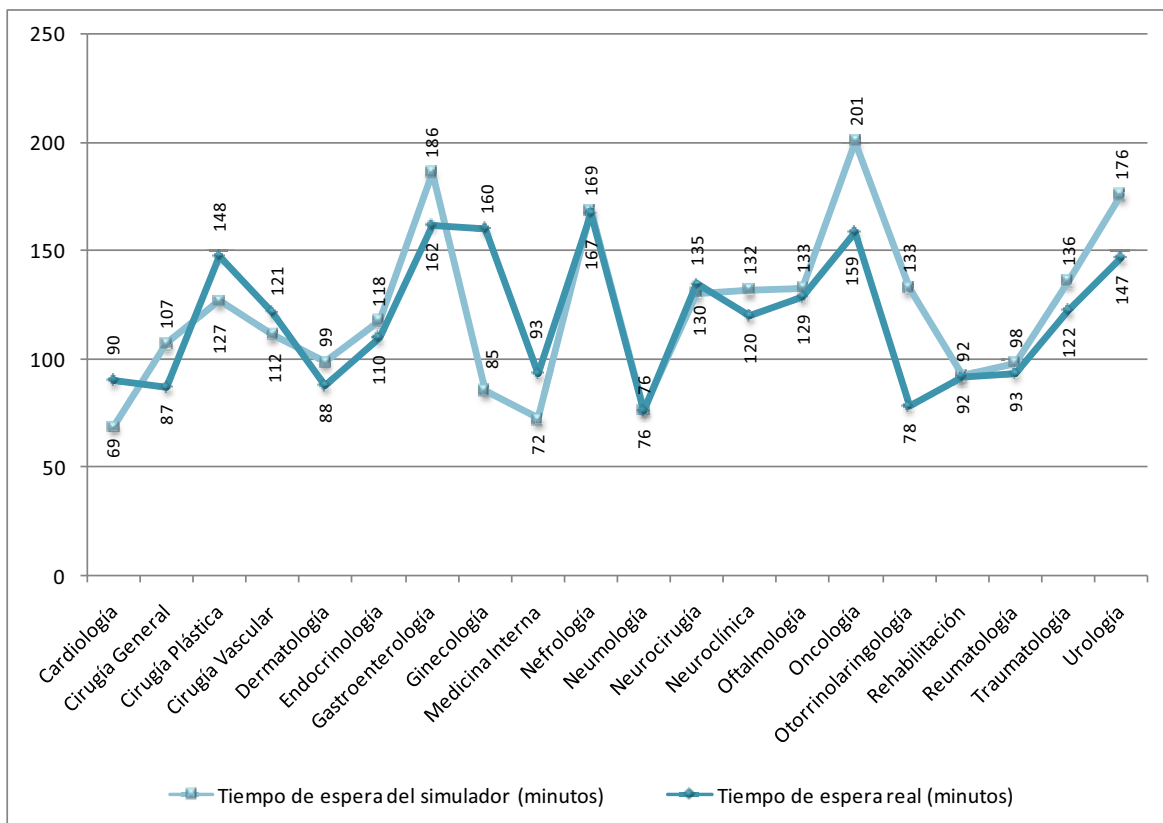
*Wr*: Media del tiempo de espera real (en minutos)

*Fs*: Hora simulada en la que finaliza la atención

*Fr*: Hora real en la que finaliza la atención

No existe mayor diferencia entre el número de pacientes observados y simulados, y en cuanto a la hora en que finaliza la atención, su variación no supera el 10% salvo en Urología.

El tiempo de espera, es vista de que presenta una mayor variación, será analizado más detalladamente:



**Figura 3.26** Lunes, 1 de marzo del 2010. Comparación de tiempos de espera simulado y real.

En promedio el día lunes presenta una diferencia porcentual absoluta del 16%, y como muestra el gráfico, en la mayoría de los casos a pesar de que se ha sobreestimado la espera, cada uno de los puntos del tiempo simulado es muy

cercano al tiempo real, lo cual ratifica la validez del simulador. Este comportamiento se confirma en los 5 días observados y simulados (ver Anexo 3.6). De esta manera se han analizado los días laborables de la semana comprendida entre el 24 de febrero y 2 de marzo del 2010.

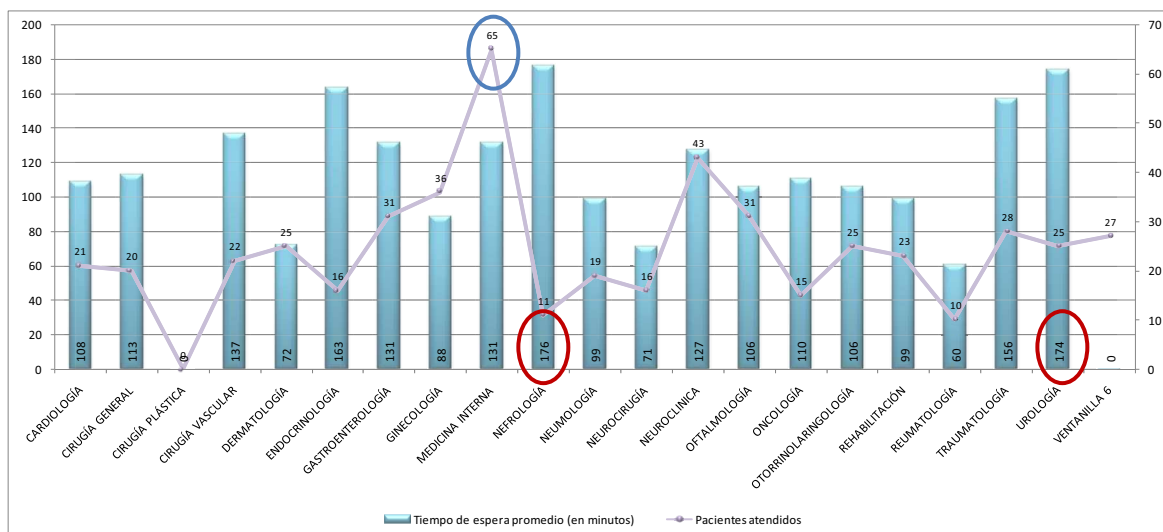
Si observamos los gráficos del largo de la cola de todos los días, notamos que las especialidades que resaltan son Ginecología, Oftalmología y Otorrinolaringología. Como se explicó anteriormente, estas especialidades tienen un modelo diferente de distribución de pacientes en la cual se forma una cola que corresponde a varios médicos, eso explica su número elevado.

Otras especialidades que presentan una cola larga son Endocrinología (lunes, miércoles, jueves, viernes), Traumatología (martes, jueves, viernes), Urología (lunes, viernes), Nefrología (lunes, jueves), Cirugía Vascul ar (martes, jueves). (ver Anexo 3.7). Estas especialidades se caracterizan por tener una numerosa demanda y entregar todos los cupos diarios disponibles. Además, Endocrinología cuenta con tan solo un especialista, y debido al corto tiempo de atención que brinda, sus pacientes llegan desde muy temprano al consultorio para no perder la cita. En cuanto a Nefrología, la hora de convocatoria es las 8h00 a pesar de que la atención inicie aproximadamente 3 horas más tarde. Traumatología y Cirugía Vascul ar cuentan con el número de especialistas adecuados para Consulta Externa, sin embargo, son requeridos en el área de hospitalización y el pasar visita retrasa el inicio de atención en sus consultorios; finalmente Urología cuenta con un número muy reducido de médicos en relación a la demanda de la especialidad.

Algo similar sucede con la hora en que finaliza la atención, existen varias especialidades como Cirugía General, Cardiología, Traumatología y Medicina Interna que han establecido un horario vespertino para dar solución a la demanda insatisfecha, esto provoca que la jornada termine en horas de la tarde en dichas especialidades. Gastroenterología es un caso especial, ya que cuenta con una doctora cuyo contrato es de 8 horas de atención, por lo tanto la especialidad en promedio finaliza su atención más tarde. También se presentan casos en los que

la consulta excede las horas programadas, sobre todo en especialidades como Neuroclínica, Oncología y Urología donde los médicos, por su responsabilidad de pasar visita a los pacientes hospitalizados, retrasan el inicio de la atención en Consulta Externa. (Ver Anexo 3.8)

Cada día tiene una asignación de médicos diferente, y cabe recalcar que ciertas especialidades no atienden en Consulta Externa determinados días debido a que se los destina a procedimientos, intervenciones quirúrgicas o reuniones para estudiar casos complejos. Es así que los martes no atiende Cirugía Plástica y los miércoles no se atiende en Nefrología, Urología y Cirugía Plástica, eso explica los valores nulos tanto en tiempos de espera como en el largo de la cola.

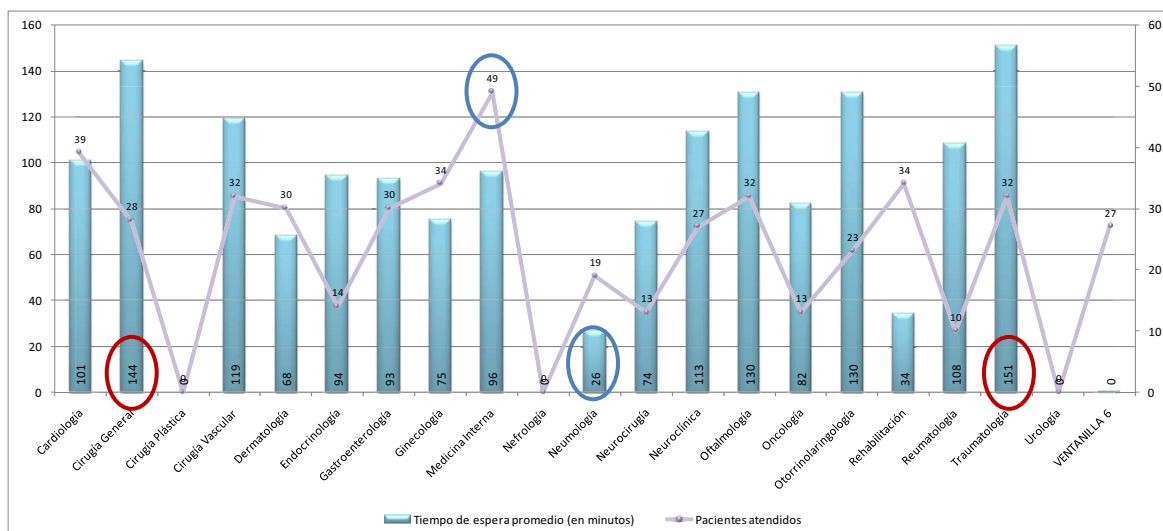


**Figura 3.27** Martes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

En este día el valor pico en tiempo de espera es Nefrología con 2 horas 56 minutos, a pesar de que atiende a tan solo 13 pacientes; seguido por Urología con 2 horas 54 minutos para atender a 25 pacientes.

Reumatología presenta el menor tiempo de espera con 60 minutos, sin embargo, también es la especialidad que atiende el menor número de personas.

Analizando los pacientes atendidos, el pico es de 65 pacientes en Medicina Interna, cuya espera sobrepasa las 2 horas.

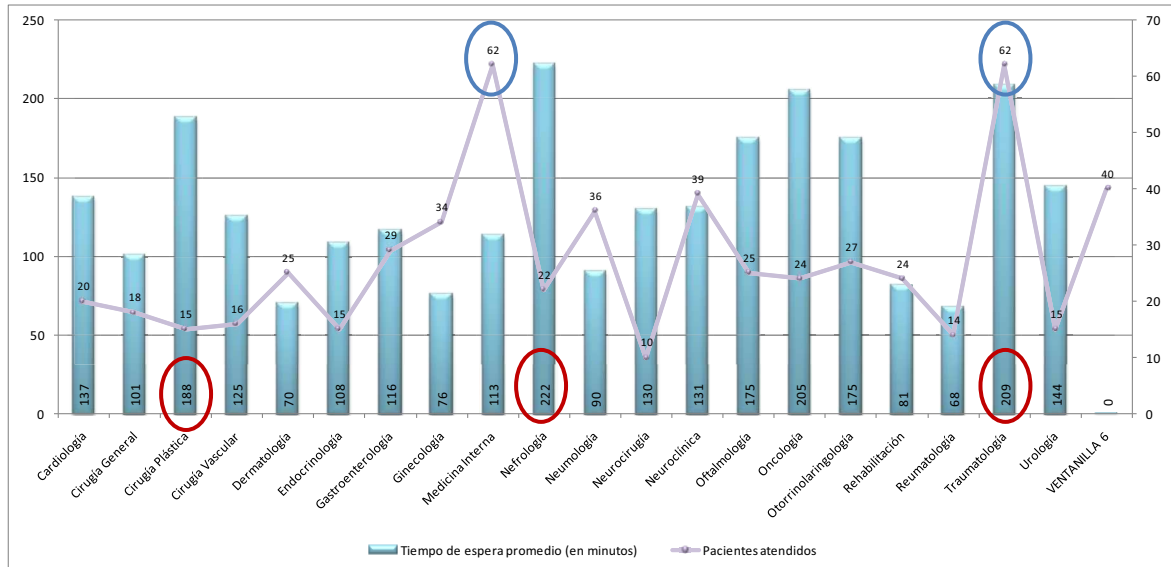


**Figura 3.28** Miércoles simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

Respecto al miércoles, Traumatología y Cirugía General presentan una espera superior a las 2 horas ya que a veces los pacientes de la tarde llegan en la mañana en espera de su atención a pesar de que su turno era vespertino.

Medicina Interna se mantiene como la especialidad con mayor número de pacientes atendidos con una espera aproximada de 1 hora y media, mientras que Reumatología que cuenta con el menor número de pacientes excede la espera de Medicina Interna, esta situación puede darse debido a que existe un solo reumatólogo.

El menor tiempo de espera del día miércoles es el de Neumología, con tan solo 26 minutos a pesar de manejar una demanda considerable de 19 pacientes que se divide entre 3 médicos.

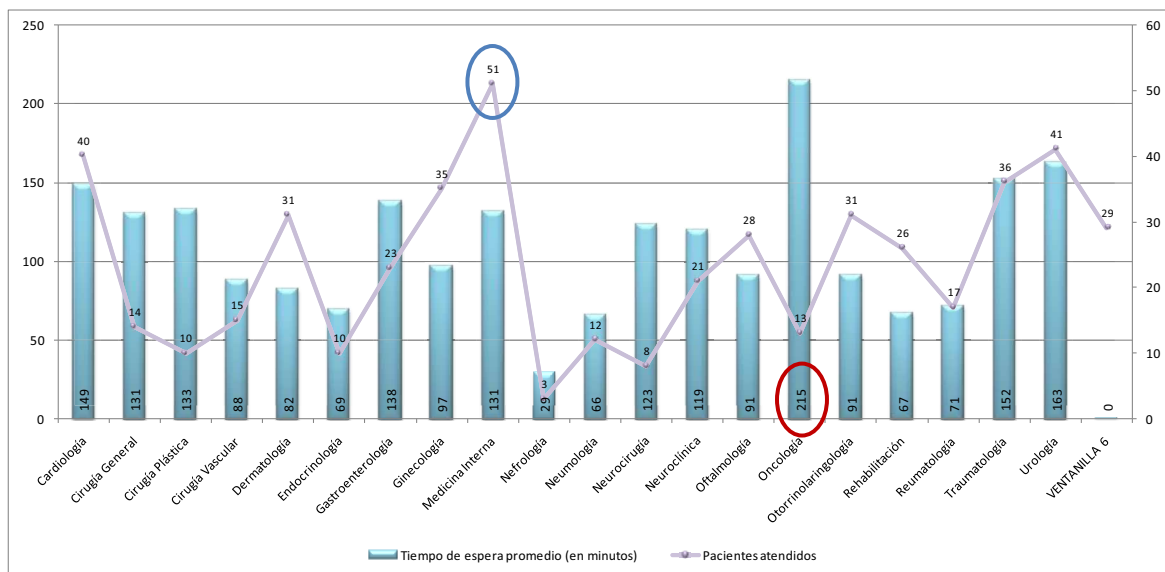


**Figura 3.29** Jueves simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

En el día jueves el mayor tiempo de espera se presenta en Nefrología con 3 horas y 42 minutos que deben esperar 22 personas para ser atendidas por un solo especialista. Traumatología tiene el segundo lugar, los 62 pacientes esperan un promedio de 3 horas y media a pesar de que este día el equipo de traumatólogos cuenta con 4 médicos destinados a la atención de consulta. Cirugía Plástica también genera una espera excesiva de aproximadamente 3 horas para atender a 15 pacientes distribuidos entre 3 médicos.

Neurocirugía presentó este día el menor número de pacientes, 10 personas que al ser atendidas por un solo neurocirujano tuvieron que esperar 2 horas para su consulta.

El menor tiempo de espera se observa en Reumatología, aproximadamente 1 hora, que es un tiempo razonable considerando que un solo médico atiende 14 pacientes, sin embargo puede ser mejorado.



**Figura 3.30** Viernes simulado. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

El tiempo promedio de espera del día viernes es de 1 hora 45 minutos, este día la especialidad que provoca la mayor espera es Oncología 3 horas 35 minutos para atender 15 pacientes entre 2 especialistas.

Medicina Interna se mantiene con el mayor número de pacientes atendidos pero su espera aumenta en relación días anteriores, 51 pacientes esperan 2 horas 11 minutos para ser atendidos los 4 médicos de turno.

Nefrología esta vez provoca el menor tiempo de espera de todos los días, 29 minutos, que es un tiempo tolerable sin embargo esto sucede ya que se atiende únicamente a 3 pacientes.

### 3.8 IMPLEMENTACIÓN DE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS EN EL SIMULADOR

En el capítulo anterior, se plantearon varios escenarios según la Teoría de Colas que nos serán útiles para determinar el número de servidores óptimos que minimice el tiempo de espera. Estos escenarios serán procesados en el simulador con la finalidad de agregar ciertos parámetros que la Teoría de Colas no contempla porque los asume como eficientes, entre ellos, la probabilidad de

encontrar la historia clínica en el consultorio, ya que al ser 100% se anula la posibilidad de pasar a la ventanilla 6.

Además en los escenarios propuestos en el capítulo anterior se considera a todas las especialidades bajo la misma estructura, donde se contempla una sola cola y varios servidores, la misma que en el simulador se ha implementado únicamente en especialidades como Ginecología, Oftalmología y Otorrinolaringología; en el resto de ellas, la estructura supone una cola frente a cada servidor o médico dentro de cada una de las especialidades.

Con este precedente, se procede a realizar el análisis de cada uno de los escenarios propuestos:

Para correr el **Escenario 1** en el simulador se deben tomar en cuenta varias consideraciones procurando adaptarse a la estructura propuesta, una de ellas es hacer que los médicos sean equiprobables, es decir, que se les asigne a todos el mismo número de pacientes por atender.

También se ha considerado el tiempo de atención promedio por especialidad durante la semana de observación para definir el tiempo de consulta.

Se mantienen constantes los valores promedio observados para los parámetros que no se consideran en Teoría de Colas, como la probabilidad de encontrar la historia clínica en el consultorio, la probabilidad de que el paciente requiera o no otra atención o ser hospitalizado y la probabilidad de que sea nuevo o tenga una cita previa.

En Teoría de Colas se asume que cuando el paciente ingresa al sistema, si no hay cola, es atendido inmediatamente. Por esta razón se ha fijado la hora de inicio de atención y el arribo de los primeros pacientes a las 8 de la mañana.

Los resultados del simulador son los que se presentan en la tabla a continuación:

Escenario 1	Nt	Nr	Ps	Pr	D	Ws	Wr	R%
Cardiología	2	3	29	29	0	4	120	96.5%
Cirugía General	1	4	15	15	0	0	97	99.8%
Cirugía Plástica	2	1	13	13	0	3	148	98.2%
Cirugía Vasculat	1	2	21	21	0	1	118	98.8%
Dermatología	2	2	28	28	0	3	79	96.8%
Endocrinología	1	1	14	14	0	0	100	100.0%
Gastroenterología	1	3	28	29	1	4	135	97.2%
Ginecología	3	4	34	34	0	0	134	99.7%
Medicina Interna	2	4	45	45	0	11	95	88.6%
Nefrología	1	1	9	9	0	1	141	99.5%
Neumología	1	3	22	22	0	18	85	79.2%
Neurocirugía	1	1	11	11	0	4	129	97.0%
Neuroclínica	2	3	35	35	0	3	127	97.5%
Oftalmología	2	4	33	33	0	1	131	99.2%
Oncología	1	2	14	14	0	9	135	93.1%
Otorrinolaringología	2	7	27	27	0	1	95	98.8%
Rehabilitación	2	3	27	26	-1	20	75	73.0%
Reumatología	1	1	13	13	0	0	92	100.0%
Traumatología	1	4	32	32	0	2	132	98.2%
Urología	1	2	28	28	0	7	148	95.2%

**Tabla 3.3** Escenario 1. Comparación de tiempos simulado y real.

Donde:

*Nt*: Número de médicos propuestos por la teoría

*Nr*: Número de médicos promedio real

*Ps*: Número simulado de pacientes atendidos.

*Pr*: Número pacientes promedio real.

*D*: Diferencia entre los indicadores reales y simulados.

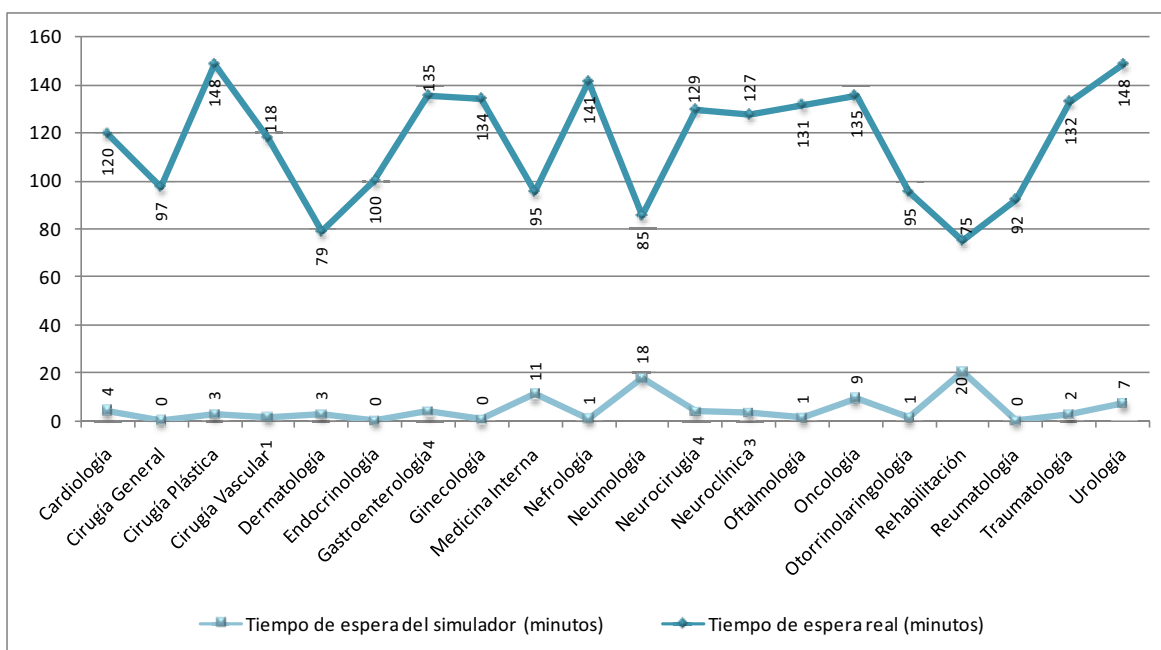
*Ws*: Media del tiempo de espera simulado (en minutos)

*Wr*: Media del tiempo de espera real (en minutos)

*R%*: Diferencia absoluta porcentual, donde el 100% son los indicadores reales.



Como se observa en la Tabla 3.3, el número de médicos requeridos para satisfacer la demanda puede ser limitado y sin embargo reduce el tiempo de espera. La clave radica en la calendarización del arribo de los pacientes, pues, aunque no se modifiquen los parámetros relacionados con el departamento de estadística, si los pacientes llegan a la hora convocada, la espera se reduce muy significativamente, como se observa en el siguiente gráfico:

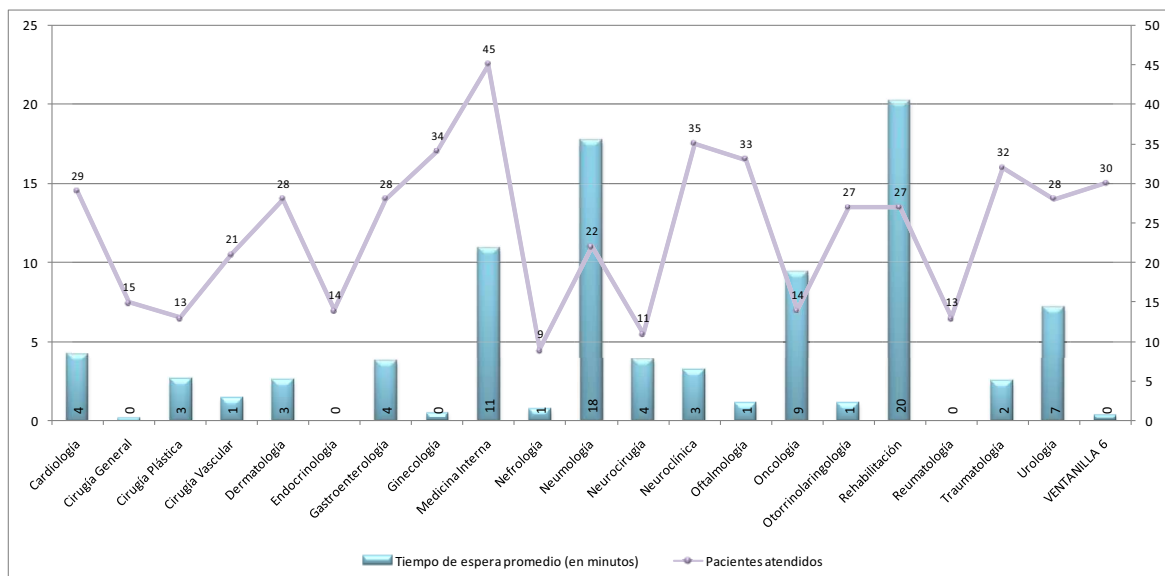


**Figura 3.31** Escenario 1. Comparación del tiempo de espera simulado y real.

Comparando el tiempo de espera promedio real con el obtenido en el simulador, en este escenario existe una reducción promedio del 95.3%.

La demanda de este escenario se satisface en todas las especialidades, exceptuando Gastroenterología donde un solo paciente no pudo ser atendido.

La desventaja de este escenario es que los médicos requieren más de 4 horas para terminar de atender a todas las personas citadas y se asume que los doctores están asignados estrictamente a Consulta Externa, es decir, no tienen otras responsabilidades como pasar visita o actividades administrativas por lo que inician su atención a las 8 de la mañana.



**Figura 3.32** Escenario 1. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

Bajo estas condiciones el paciente debe esperar en promedio 5 minutos para su atención. Siendo que las especialidades que presentan mayor espera son aquellas cuyo tiempo de consulta es elevado como Neumología y Rehabilitación, seguidos por Medicina Interna y Oncología. Mientras que las especialidades con tiempos de espera nulos como Endocrinología y Reumatología presentan un tiempo de consulta mínimo.

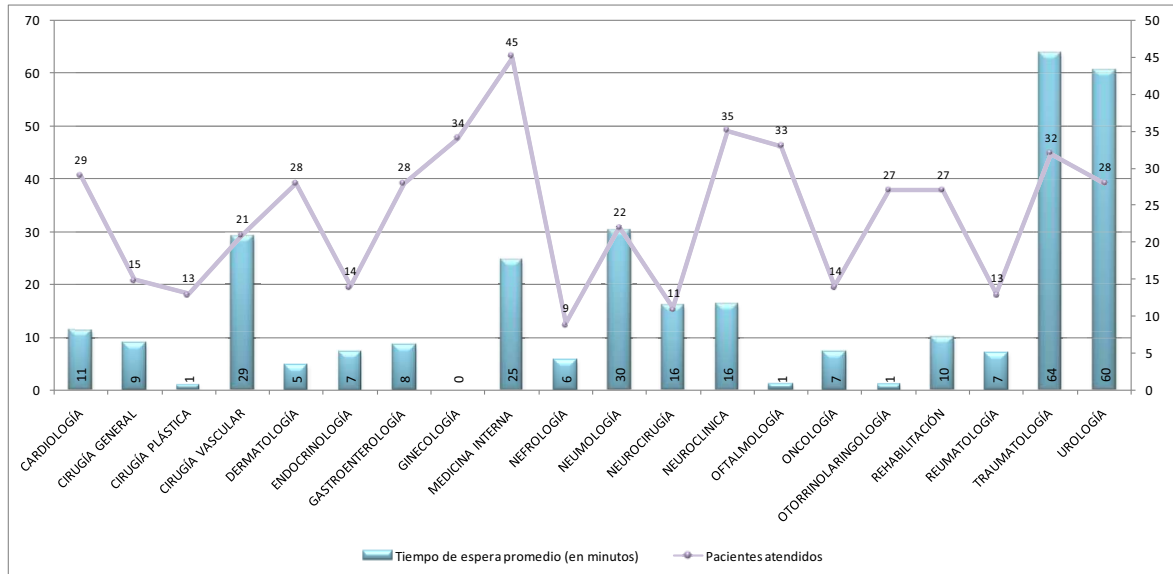
Este precedente da origen al **Escenario 2**, cuya única variante es que se asume un tiempo de consulta uniforme para todas las especialidades de 15 minutos, tiempo sugerido por la norma internacional. Los resultados son los siguientes:

Escenario 2	Nt	Nr	Ps	Pt	D	Ws	Wr	R%
Cardiología	2	3	29	29	0	11	120	90.6%
Cirugía General	1	4	15	15	0	9	97	91.1%
Cirugía Plástica	1	1	13	13	0	1	148	99.4%
Cirugía Vascul	2	2	21	21	0	29	118	75.3%
Dermatología	2	2	28	28	0	5	79	94.2%
Endocrinología	1	1	14	14	0	7	100	92.9%
Gastroenterología	1	3	28	29	1	8	135	93.9%
Ginecología	2	4	34	34	0	0	134	100.0%
Medicina Interna	3	4	45	45	0	25	95	74.1%
Nefrología	1	1	9	9	0	6	141	96.0%
Neumología	2	3	22	22	0	30	85	64.7%
Neurocirugía	1	1	11	11	0	16	129	87.7%
Neuroclínica	2	3	35	35	0	16	127	87.4%
Oftalmología	2	4	33	33	0	1	131	99.2%
Oncología	1	2	14	14	0	7	135	94.8%
Otorrinolaringología	2	7	27	27	0	1	95	98.9%
Rehabilitación	2	3	27	26	-1	10	75	86.8%
Reumatología	1	1	13	13	0	7	92	92.6%
Traumatología	2	4	32	32	0	64	132	51.8%
Urología	2	2	28	28	0	60	148	59.3%

**Tabla 3.4** Escenario 2. Comparación de tiempos simulado y real.

Este nuevo tiempo de consulta provoca una disminución en el número de doctores de las especialidades que atienden más de 15 minutos como son Ginecología (de 3 a 2) y Cirugía Plástica (de 2 a 1). Mientras que las especialidades como Cirugía Vascul, Medicina Interna, Neumología, Traumatología y Urología, cuyo tiempo de atención era menor a 15 minutos, se observa un incremento de 1 médico.

A pesar del incremento de los servidores, el tiempo de espera en estas especialidades aumentó en referencia al Escenario 1, como se observa en el gráfico a continuación:



**Figura 3.33** Escenario 2. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

Bajo estas condiciones, el tiempo de espera se ve reducido en un 86% si se considera el tiempo promedio de espera observado como referencia y aunque el tiempo promedio de espera del hospital asciende a 16 minutos, se garantiza una consulta que cumpla con los parámetros internacionales.

La desventaja del escenario 1, referente al número de horas que los médicos dedican a la atención se mantiene en el escenario 2, es decir se superan las 4 horas de atención.

Con esta inquietud, se planteó el **Escenario 3**, en el cual se ha considerado la demanda total diaria (tomada de la Central Telefónica) y se ha organizado el arribo de pacientes distribuyendo dicha demanda a lo largo de 4 horas de atención.

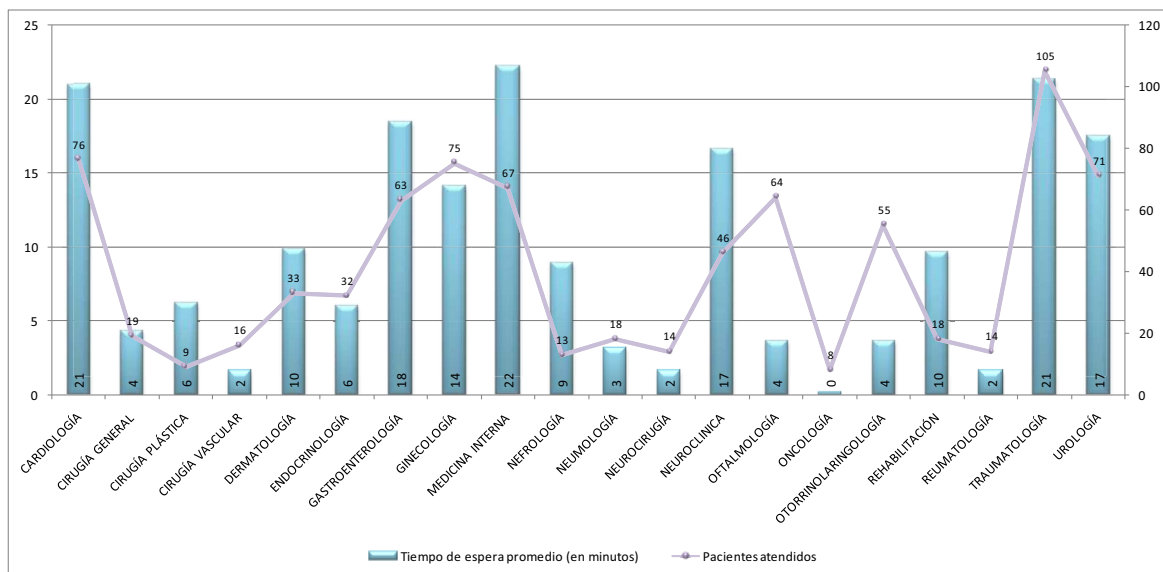
Se mantiene el inicio de atención a las 8h00 y el tiempo de consulta en 15 minutos. En este caso, los resultados son:

<b>Escenario 3</b>	<b>Nt</b>	<b>Nr</b>	<b>Ps</b>	<b>Pt</b>	<b>D</b>	<b>Ws</b>	<b>Wr</b>	<b>R%</b>
<b>Cardiología</b>	6	3	76	76	0	21	120	82.5%
<b>Cirugía General</b>	2	4	19	19	0	4	97	95.6%
<b>Cirugía Plástica</b>	1	1	9	14	5	6	148	95.8%
<b>Cirugía Vascul</b>	2	2	16	16	0	2	118	98.7%
<b>Dermatología</b>	3	2	33	33	0	10	79	87.5%
<b>Endocrinología</b>	4	1	32	42	10	6	100	94.0%
<b>Gastroenterología</b>	5	3	63	63	0	18	135	86.3%
<b>Ginecología</b>	6	4	75	75	0	14	134	89.5%
<b>Medicina Interna</b>	5	4	67	67	0	22	95	76.7%
<b>Nefrología</b>	1	1	13	13	0	9	141	93.7%
<b>Neumología</b>	2	3	18	18	0	3	85	96.4%
<b>Neurocirugía</b>	2	1	14	14	0	2	129	98.8%
<b>Neuroclínica</b>	4	3	46	46	0	17	127	87.0%
<b>Oftalmología</b>	5	4	64	64	0	4	131	97.2%
<b>Oncología</b>	1	2	8	8	0	0	135	99.9%
<b>Otorrinolaringología</b>	4	7	55	55	0	4	95	96.2%
<b>Rehabilitación</b>	2	3	18	17	-1	10	75	87.2%
<b>Reumatología</b>	2	1	14	14	0	2	92	98.3%
<b>Traumatología</b>	8	4	105	105	0	21	132	83.9%
<b>Urología</b>	6	2	71	71	0	17	148	88.2%

**Tabla 3.5** Escenario 3. Comparación de tiempos simulado y real.

Como se esperaba, el número de servidores en relación al escenario anterior aumenta significativamente, las especialidades que mantienen su número de médicos constante son Cirugía Plástica, Cirugía Vascul, Nefrología, Neumología, Oncología y Rehabilitación. Pero en relación al promedio de servidores reales, existen 8 especialidades que se dan abasto con los médicos existentes, el resto de ellas requieren incrementar su personal para cubrir la demanda.

Sin embargo, a pesar del incremento de servidores, Endocrinología y Cirugía Plástica no satisfacen totalmente la demanda.



**Figura 3.34** Escenario 3. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

El tiempo de espera se eleva debido al incremento de la demanda, esta vez el promedio en el hospital es de 10 minutos, a pesar de que especialidades como Cardiología, Medicina Interna y Traumatología doblen el promedio.

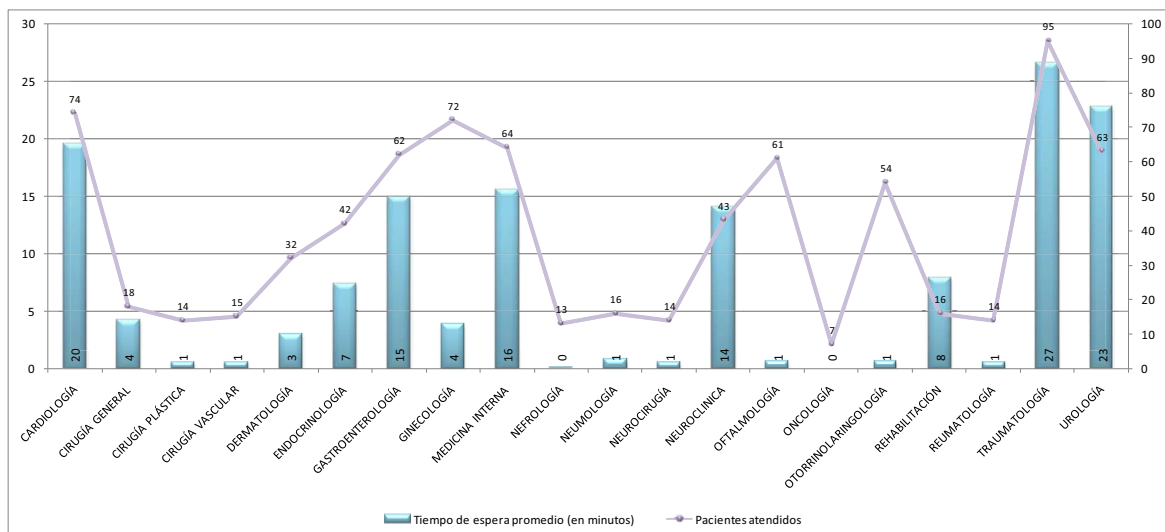
Observemos en el **Escenario 4** lo que sucede si se integran al hospital médicos con un contrato que permita destinar 8 horas atención a la Consulta Externa. Entonces el arribo se distribuirá equitativamente ya no en 4 sino en 8 horas.

Escenario 4	Nt	Nr	Ps	Pt	D	Ws	Wr	R%
Cardiología	3	3	74	76	2	20	120	83.7%
Cirugía General	1	4	18	19	1	4	97	95.7%
Cirugía Plástica	1	1	14	14	0	1	148	99.7%
Cirugía Vasculat	1	2	15	16	1	1	118	99.6%
Dermatología	2	2	32	33	1	3	79	96.2%
Endocrinología	2	1	42	42	0	7	100	92.6%
Gastroenterología	3	3	62	63	1	15	135	89.0%
Ginecología	3	4	72	75	3	4	134	97.2%
Medicina Interna	3	4	64	67	3	16	95	83.6%
Nefrología	1	1	13	13	0	0	141	99.9%
Neumología	1	3	16	18	2	1	85	99.1%
Neurocirugía	1	1	14	14	0	1	129	99.6%
Neuroclínica	2	3	43	46	3	14	127	89.0%
Oftalmología	3	4	61	64	3	1	131	99.5%
Oncología	1	2	7	8	1	0	135	100.0%
Otorrinolaringología	2	7	54	55	1	1	95	99.3%
Rehabilitación	1	3	16	17	1	8	75	89.5%
Reumatología	1	1	14	14	0	1	92	99.4%
Traumatología	4	4	95	105	10	27	132	80.0%
Urología	3	2	63	71	8	23	148	84.6%

**Tabla 3.6** Escenario 4. Comparación de tiempos simulado y real.

Se observa una reducción del número de médicos en relación al Escenario 3. Las especialidades que se mantienen con el mismo número de servidores son Cirugía Plástica, Nefrología y Oncología, mientras que en las restantes este disminuye.

Este escenario tiene como debilidad que en la mayoría de especialidades la demanda no se satisface por completo. Únicamente en Cardiología, Endocrinología, Nefrología, Neurocirugía y Reumatología todos los pacientes citados son atendidos.



**Figura 3.35** Escenario 4. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

Solo en determinadas especialidades se eleva el tiempo de espera, como en Traumatología, Urología y Cardiología sin embargo el promedio del hospital se fija en 7 minutos.

Aunque la demanda de los días observados es mucho menor a la demanda ensayada en este escenario; el tiempo de espera en relación al tiempo real disminuye en un 93.9%.

El escenario 3 al igual que el **Escenario 5**, contempla la demanda total diaria distribuida en 4 horas de atención, sin embargo se ha propuesto que se emplee el tiempo de atención promedio observado como tiempo de duración de la consulta.

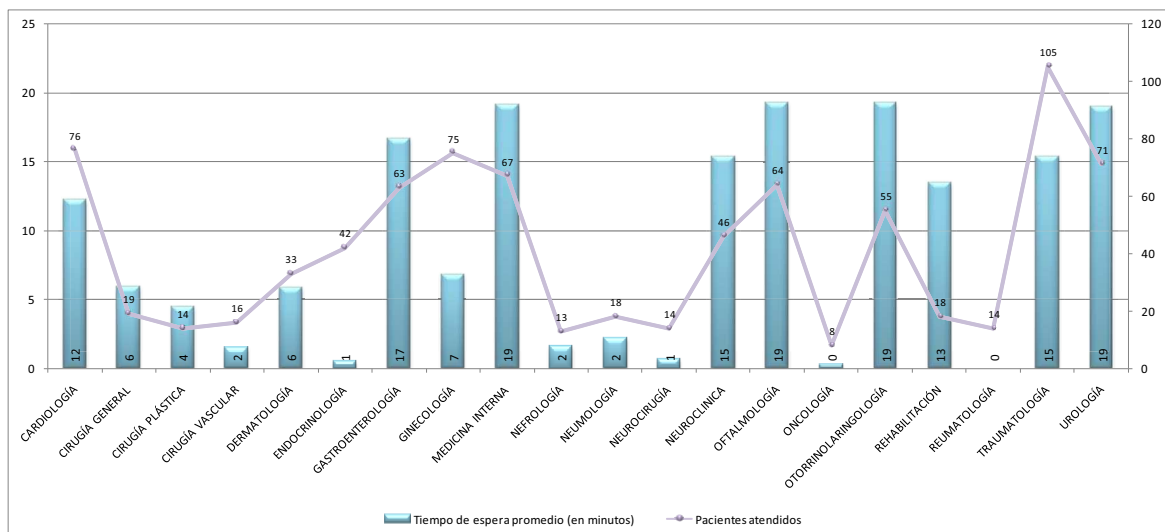


Escenario 5	Nt	Nr	Ps	Pt	D	Ws	Wr	R%
Cardiología	5	3	76	76	0	12	120	89.7%
Cirugía General	1	4	19	19	0	6	97	93.9%
Cirugía Plástica	2	1	14	14	0	4	148	97.0%
Cirugía Vasculat	1	2	16	16	0	2	118	98.7%
Dermatología	3	2	33	33	0	6	79	92.5%
Endocrinología	2	1	42	42	0	1	100	99.5%
Gastroenterología	4	3	63	63	0	17	135	87.7%
Ginecología	7	4	75	75	0	7	134	95.0%
Medicina Interna	4	4	67	67	0	19	95	80.0%
Nefrología	1	1	13	13	0	2	141	98.9%
Neumología	2	3	18	18	0	2	85	97.5%
Neurocirugía	1	1	14	14	0	1	129	99.5%
Neuroclínica	3	3	46	46	0	15	127	87.9%
Oftalmología	4	4	64	64	0	19	131	85.3%
Oncología	1	2	8	8	0	0	135	99.8%
Otorrinolaringología	6	7	55	55	0	19	95	79.8%
Rehabilitación	2	3	18	17	-1	13	75	82.0%
Reumatología	1	1	14	14	0	0	92	100.0%
Traumatología	5	4	105	105	0	15	132	88.4%
Urología	4	2	71	71	0	19	148	87.2%

**Tabla 3.7** Escenario 5. Comparación de tiempos simulado y real.

Los servidores se han visto reducidos en la mayoría de especialidades, pero en Otorrinolaringología, Ginecología y Cirugía Plástica se requiere un incremento de servidores.

En este escenario, la demanda es totalmente cubierta y el tiempo de espera en general se ve reducido en un 92% tomando como referencia el tiempo de espera observado.



**Figura 3.36** Escenario 5. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

A pesar del incremento de la espera en varias especialidades, el tiempo de espera promedio del hospital es de 9 minutos.

En el último escenario se propone distribuir la demanda total a lo largo de las 8 horas de atención y tomando el tiempo observado como tiempo de consulta.

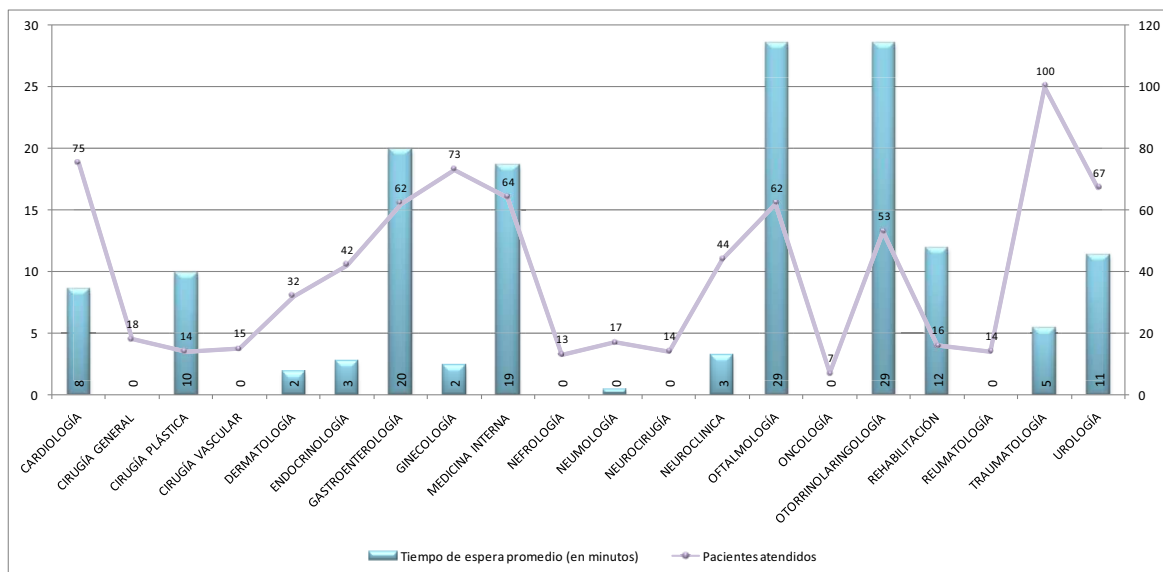
Escenario 6	Nt	Nr	Ps	Pt	D	Ws	Wr	R%
Cardiología	3	3	75	76	1	8	120	92.9%
Cirugía General	1	4	18	19	1	0	97	100.0%
Cirugía Plástica	1	1	14	14	0	10	148	93.3%
Cirugía Vasculat	1	2	15	16	1	0	118	100.0%
Dermatología	2	2	32	33	1	2	79	97.7%
Endocrinología	1	1	42	42	0	3	100	97.3%
Gastroenterología	2	3	62	63	1	20	135	85.3%
Ginecología	4	4	73	75	2	2	134	98.2%
Medicina Interna	2	4	64	67	3	19	95	80.5%
Nefrología	1	1	13	13	0	0	141	100.0%
Neumología	1	3	17	18	1	0	85	99.6%
Neurocirugía	1	1	14	14	0	0	129	100.0%
Neuroclínica	2	3	44	46	2	3	127	97.5%
Oftalmología	2	4	62	64	2	29	131	78.2%
Oncología	1	2	7	8	1	0	135	100.0%
Otorrinolaringología	3	7	53	55	2	29	95	70.0%
Rehabilitación	1	3	16	17	1	12	75	84.2%
Reumatología	1	1	14	14	0	0	92	100.0%
Traumatología	3	4	100	105	5	5	132	96.0%
Urología	2	2	67	71	4	11	148	92.4%

**Tabla 3.8** Escenario 6. Comparación de tiempos simulado y real.

En comparación al escenario 5, como se esperaba, se requiere un número menor de médicos en la mayoría de especialidades, únicamente en 6 permanecen estables.

Al igual que en el escenario 4, la demanda no se satisface por completo en la mayoría de especialidades, tan solo 5 de ellas atienden a todos los pacientes citados.

El promedio de espera del hospital se fija en 8 minutos y en relación al tiempo de espera observado se presenta una reducción del 93.2%



**Figura 3.37** Escenario 6. Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos.

En este escenario la espera de Traumatología es mínima en relación al número de pacientes que atiende. Urología que suele presentar una espera elevada en comparación al resto ha disminuido, mientras que Oftalmología y Otorrinolaringología son especialidades que presentan un incremento notable, pero a pesar de estos elevados valores la espera según este escenario es tolerable ya que no sobrepasan los 30 minutos.

*Resumiendo los resultados de todos los escenarios*, el primero es el que presenta una mayor reducción en el tiempo promedio de espera tomando como referencia la espera observada durante la semana de medición. Se debe tomar en cuenta que la demanda es este escenario es el promedio diario observado.

El único escenario que satisface por completo la demanda total es el quinto.

Los escenarios que no requieren un incremento de personal para llevarse a la práctica son: el escenario 2 si se contemplan 4 horas de atención y la demanda promedio diaria y el escenario 6 si se contemplan 8 horas de consulta y si se atiende a la demanda total.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- El número de médicos actual en Consulta Externa del HEE no logra cubrir la demanda total en las 4 horas de atención, por lo tanto, es necesario incrementar el número de servidores disponibles o doblar las jornadas de atención.
- Las especialidades críticas son Urología y Oftalmología cuya demanda está alrededor del 81% y su tiempo de espera promedio sobrepasa las dos horas, por lo que es imperante el incremento de horas de atención, ya sea con aumento de médicos en el área o por duplicación de la jornada de trabajo.
- Las personas que solicitan turno a través de la Central Telefónica tienen un 49% de posibilidades de obtener su turno, el porcentaje restante congestiona las líneas telefónicas.
- Los factores principales por los que los tiempos de espera se prolongan son la hora a la que son llamados los pacientes y la hora a la que el médico empieza la atención. Al citar a todos al mismo tiempo se aglomeran en los pasillos y esperan tiempos innecesarios hasta que llegue el momento de su turno.
- La disminución de los tiempos de espera son de suma importancia debido al impacto social que esto representa. Las aglomeraciones provocan incomodidad e insatisfacción en los pacientes y adicionalmente se entra en gastos innecesarios.
- Es apremiante que las horas que los médicos dedican para visitar a pacientes hospitalizados sean separadas de las destinadas para Consulta

Externa, de esta manera los pacientes pueden ser convocados a partir de la hora que el médico efectivamente iniciaría las consultas.

- La recolección de datos mediante observación directa a través de encuestas permitió implementar adecuadamente la realidad del área de Consulta Externa en el simulador y a través de este probar diversas variaciones del proceso de atención.
- Del tiempo que un paciente pasa en el hospital para ser atendido en consulta externa, apenas el 10,09% de este es destinado a la consulta, el tiempo restante se lo ocupa esperando el momento de la atención, por lo que es imperante realizar cambios en los procesos que lleven a una disminución del tiempo de espera e incrementen el tiempo de atención dedicado por el médico.
- El tiempo que las personas pasan esperando por atención en el HEE no únicamente representa pérdidas económicas para ellos, sino también para el país, con un costo aproximado de USD 376689,60 anual.
- Una forma adecuada de determinar el nivel de desempeño de un médico en Consulta Externa del HEE se basa en tres parámetros importantes: el tiempo promedio de atención, el tiempo entre consulta y el número promedio de pacientes atendidos por hora; dando la misma importancia a cada factor.
- El número de médicos que dispone el HEE para Consulta Externa es el adecuado siempre y cuando se respete el tiempo de atención exigido por la norma internacional y los médicos atiendan las 4 horas de jornada laboral establecida, ya que estas condiciones permiten que el costo para el hospital sea el mínimo y aunque el tiempo de espera no sea el más bajo es muy aceptable debido a que el promedio se encuentra por debajo de los 20 minutos.

- La simulación es un instrumento que permite tomar decisiones de manera rápida y eficiente, ya que con limitados recursos y sin afectar el sistema real, permite evaluar las diversas soluciones propuestas para reducir el tiempo de espera de los pacientes de Consulta Externa del HEE.
- El análisis de los procesos de atención a pacientes en Consulta Externa del HEE que se realizó en este proyecto mediante el simulador en MATLAB, hasta donde conocemos, es un trabajo que no ha sido desarrollado anteriormente en Investigación de Operaciones en el sector de la salud.
- El simulador puede ser alimentado con datos de cualquier otra casa de salud para simular situaciones similares a las estudiadas en este proyecto.
- El simulador no se restringe al uso únicamente del hospital estudiado ya que es muy versátil y sus características pueden ser modificables de acuerdo a las necesidades de la casa de salud que se desee simular.
- La pérdida de historias clínicas o su tardío retorno al Archivo, es el motivo de la ausencia de este documento a la hora de la consulta, esto provoca que los pacientes de todas las especialidades sean dirigidos a la “ventanilla 6” convirtiendo este proceso en el cuello de botella del sistema.
- Bajo los parámetros que se establecen en la simulación, sin alterar la duración de la consulta, el tiempo de espera se ve reducido en 95% si los pacientes arriban desde las 8 de la mañana y los médicos inician la atención en puntualmente.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere la digitalización de las historias clínicas, y que los médicos tengan acceso a las mismas a través de una red interna del hospital, de esta manera se elimina la pérdida de historias.
- Se propone la separación de la documentación de las historias clínicas ya digitalizadas de las que no lo están para disminuir el tiempo en la verificación de existencia de las mismas.
- Se recomienda la calendarización, es decir, que los pacientes sean citados de acuerdo a la hora que iniciará su atención, estableciendo un período de separación de 15 minutos entre citas y tomando en cuenta las horas que los médicos dedican exclusivamente a la atención en Consulta Externa.
- Establecer horarios para la solicitud de turnos en la Central Telefónica agrupando las especialidades adecuadamente, y difundir con mayor énfasis el horario de atención para reducir la saturación de las líneas en el sistema.
- Contratar médicos de jornada completa en las especialidades como Urología, Cardiología, Oftalmología, Neuroclínica, Endocrinología y Ginecología, cuya demanda insatisfecha llega a valores críticos mayores al 65%.
- Extender los estudios expuestos en esta tesis a otras áreas del HEE como emergencia u hospitalización, así también a las diferentes casas de salud alrededor de las diferentes provincias del país.
- En trabajos futuros es recomendable incrementar el tiempo de observación para establecer mejor el comportamiento del área analizada, obteniendo varias mediciones del mismo período.



- Modificar los tiempos de atención en la calendarización, asignando menor tiempo para las consultas de pacientes recurrentes y manteniendo los 15 minutos de atención para aquellas cuyos pacientes son nuevos.
- Establecer un receso para los médicos de 15 minutos cada dos horas de servicio para asegurar la eficiencia en la atención a todos los pacientes.
- Para implementar mejoras en el simulador, se recomienda contratar un programador con la finalidad de automatizar el informe de resultados así como la impresión de vectores.

## REFERENCIAS

- [1]. Abdullah, Mohamad Hanaffi. "Study on Outpatients' Waiting Time in Hospital University Kebangsaan Malaysia (HUKM) Through the SixSigma Approach" *Research and Development Division*. Malaysia (2005)
- [2]. Arora, Suchit. "Health, Human Productivity and Longterm Economic Growth", *Journal of Economic History* 61. Inglaterra (2001) 699-749.
- [3]. Escritores Vistazo. "La Salud la Enferma Olvidada". *Revista Vistazo*. Ecuador (marzo 1995)
- [4]. Escuela Politécnica Superior de Jaén. "Tutorial de Simulink". <http://voltio.ujaen.es>. España. Acceso: julio de 2010.
- [5]. Galindo, Edwin. "Estadística: Métodos y aplicaciones". *Prociencia Editores*. Ecuador (2006)
- [6]. Gallivan, Steve; Utlely, Martin; Treasure, Tom y Valencia, Oswaldo. "Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modelling study". *BJM* 2, (2002) 324-280
- [7]. Granda Ugalde, Edmundo. "Redes de Salud". [www.conasa.gov.ec](http://www.conasa.gov.ec). Acceso: mayo del 2010.
- [8]. Gross, Donald y Harris, Carl "Fundamentals of Queueing Theory". *John Wiley & Sons, Inc.* Estados Unidos (2008)
- [9]. Grupo de Trabajo 1 de la Comisión sobre Macroeconomía y Salud. Washington DC. "Salud, Crecimiento Económico y Reducción de la Pobreza". *Revista Cubana Salud Pública* 29, (2003) 285-286.
- [10]. Harper, P.R. Gamlin. "Reduce outpatient waiting times with improved appointment scheduling a simulation modeling approach" *OR Spectrum* 25. (2003) 207-222
- [11]. Hertzendorf, Mark "Recursive Utility and the Rate of Impatience", *Economic Theory* 5. Springer. Berlín (1995) 51-65
- [12]. Hiller, Frederick y Lieberman, Gerald. "Investigación de Operaciones" *MCGraw-Hill*. (2001)

- [13]. Knowles, Stephen y Owen, P. Dorian. "Health Capital and cross-country variation in income per capita in the Mankiw-Romer-Weil Model". *Economics Letters* 48. Holanda (1995) 99-106.
- [14]. Mantel, Rolf. "Optimal Economic Growth with Recursive Preferences: Decreasing Rate of Time Preference", *Estudios de Economía* 25. Chile (1998) 161-78.
- [15]. Matlab® "Simulink – Simulation and Model – Based Design". [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com). Acceso: julio de 2010.
- [16]. Mayer, David. "The Long-Term Impact of Health on Economic Growth in Latin America". *World Development* 29. Holanda (2001) 1025-33.
- [17]. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. "Comparativo Primer Semestre Años 2008 2009". [www.hee.gov.ec](http://www.hee.gov.ec). Acceso: mayo del 2010.
- [18]. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. "Estructura Orgánico Funcional de la Gestión de Enfermería, HEE 2007". [www.hee.gov.ec](http://www.hee.gov.ec). Acceso: octubre del 2010.
- [19]. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. "Planificación Estratégica. El Hospital Eugenio Espejo que Queremos. 2008 – 2012". [www.hee.gov.ec](http://www.hee.gov.ec). Acceso: mayo del 2010.
- [20]. Mould, Joaquín. "Salud y Crecimiento Económico". *Economía y Sociedad* 55, (2005) 45-50
- [21]. Organización Panamericana de Salud. "Perfíl de Sistema de Salud: Ecuador, monitoreo y análisis de los procesos de cambio y reforma" *Organización mundial de salud*. (2008)
- [22]. PENUD. "The Human Development Index - going beyond income". [www.hdrstats.undp.org](http://www.hdrstats.undp.org). Acceso: mayo del 2010.
- [23]. Ponce Jarrín, Juan. "El Acceso a los Servicio de Salud y Educación en los Cantones del Ecuador". [www.siise.gov.ec](http://www.siise.gov.ec). Acceso: mayo del 2010.
- [24]. Robinson, Stewart. "Simulation, The practice of Model Development and Use". *John Wiley & Sons Ltd., England* (2003)

- [25]. Soto, Lauro. "Definición e Importancia Simulación en Ingeniería". *www.mitecnologico.com*. México. Acceso: junio de 2010.
- [26]. Taha, Handy. "Investigación de Operaciones, una Introducción". *Prentice Hall*. México (1997)
- [27]. Thierauf, Robert y Richard Grosse. "Toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones". *Editorial Limusa*, México, 1983

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

Incluye los documentos referentes a la Introducción

### Anexo 1.1 Autorización para realizar el estudio en el HEE



Ministerio de Salud Pública

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "EUGENIO ESPEJO"  
Despacho Dirección

## AUTORIZACION

Dr. Robert Salinas Suikowski, en mi calidad de Director del Hospital de Especialidades "Eugenio Espejo", autorizo a las Señoritas Gabriela Ribadeneira y Ana Karina Guevara, estudiantea de la Escuela Politécnica Nacional, realizar un estudio con la finalidad de minimizar el tiempo de espera de los pacientes en Consulta Externa, por lo que solicito al Personal Médico y Administrativo de esta Casa de Salud brindar las facilidades necesarias para la culminación de este trabajo de investigación.

Cordialmente,

  
*Dr. Robert Salinas Suikowski*  
DIRECTOR GENERAL



**Anexo 1.2 Oficio que certifica la norma internacional de 15 minutos de atención**

Ministerio de Salud Pública

**HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "EUGENIO ESPEJO"**  
*Despacho Dirección*

Oficio N° 808-DIR-2010

Quito DM, 29 de julio del 2010

Doctora  
Sandra Gutiérrez  
**Profesora del Departamento de Matemática**  
**Escuela Politécnica Nacional**  
Ciudad

De mi consideración:

Lugo de un cordial y atento saludo, informo a usted que según la norma internacional, la atención médica en Consulta Externa es de 4 pacientes por hora para garantizar un servicio de calidad.

Particular que comunico para fines pertinentes.

Cordialmente,



*Dr. Robert Salinas Quikowski*  
DIRECTOR GENERAL

*Angela María O.*

## Anexo 1.3 Documento que certifica la recepción de los resultados de la investigación



Ministerio de Salud Pública  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "EUGENIO ESPEJO"  
Despacho Dirección

Oficio N° 156-DIR-2011

Quito DM, 20 de enero del 2011

Ingeniero  
Alfonso Espinosa  
**Rector de la Escuela Politécnica Nacional.**  
Presente

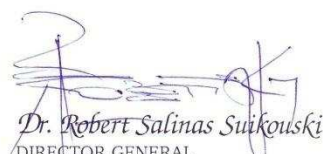
De mi consideración

Por medio de la presente certifico que el Departamento de Matemática de la Escuela Politécnica Nacional, ha entregado los resultados del proyecto de investigación semilla "Optimización del sistema hospitalario ecuatoriano: estudio, modelización, simulación y optimización de los tiempos de espera de los pacientes de consulta externa".

Los estudios realizados han servido como herramienta en la toma de decisiones importantes en el área de consulta externa de este hospital con el fin de mejorar la atención a los pacientes de nuestra casa de salud.

Particular que comunico para fines pertinentes.

Cordialmente,

  
*Dr. Robert Salinas Suikowski*  
DIRECTOR GENERAL





## Anexo 1.4 Encuesta para muestreo

### Encuesta para muestreo

Hospital de Especialidades Eugenio Espejo –  
Escuela Politécnica Nacional  
Cuestionario para PACIENTE

Tiempo (min)	Inicio	Fin
Preconsulta		
Consulta		
Postconsulta		

Médico tratante \_\_\_\_\_

Especialidad \_\_\_\_\_

Sexo Mujer \_\_\_\_\_ Hombre \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

Provincia donde vive \_\_\_\_\_

- ¿Es la primera vez que se hace atender en el hospital Eugenio Espejo?
  - Si
  - No
- ¿Cómo obtuvo su turno?
  - Central Telefónica (llamando 147)
  - Redireccionado desde otro centro médico (pase a la pregunta 7)
  - Cita dada directamente por el médico tratante (pase a la pregunta 8)
  - Redireccionado desde otra especialidad. (Especialidad \_\_\_\_\_)
- En caso de haber obtenido su cita mediante la Central Telefónica ¿Cuántas veces llamó antes de que sea atendido?
  - De 1 a 5
  - De 5 a 10
  - De 10 a 15
  - De 15 a 20
  - Más de 20
- ¿Tiene conocimiento del horario de atención de la Central Telefónica?
  - Si
  - No
- ¿En qué hora del día llama usted al hospital para solicitar su turno?
  - De 8h00 a 10h00
  - De 10h00 a 12h00
  - De 12h00 a 14h00
  - De 14h00 a 16h30
  - Otro: \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces le contestó la operadora y no hubo disponibilidad de turno para la especialidad que solicitaba? \_\_\_\_\_
- ¿Se había hecho atender anteriormente por este médico y/o especialidad?
  - Si
  - No
- ¿Estuvo su historia clínica en el consultorio?
  - Si
  - No
- Si su respuesta fue NO, ¿tuvo que acercarse a la ventanilla 6?
  - Si
  - No
- ¿A qué hora llegó al hospital? \_\_\_\_\_
- ¿A qué hora tenía la cita? \_\_\_\_\_
- ¿Debe regresar por otra cita médica el mismo médico?
  - Si ¿Cuándo? \_\_\_\_\_
  - No
- Si su respuesta fue SI, ¿El médico le ha otorgado ya el turno?
  - Si
  - No

Por facilidad de operación se han incluido los anexos que a continuación se detallan en el CD adjunto:

## **ANEXO 2**

Incluye los documentos referentes al Análisis de los procedimientos de la Central Telefónica y el área de Consulta Externa

### **Anexo 2.1 Resumen información Consulta Externa**

Archivo que indica los resultados obtenidos a través de las encuestas del 24 de febrero al 2 de marzo del 2010. La información se encuentra organizada por especialidad y se puede acceder a ella a través de los botones interactivos desde la pestaña "Inicio".

### **Anexo 2.2 Tiempo promedio de atención por especialidad**

Anexo que reúne el tiempo de atención promedio organizado por día, adicionalmente contiene el inicio de la atención en cada especialidad y el número de pacientes atendidos.

### **Anexo 2.3 Prueba de Bondad de Ajuste**

Archivo que indica las fórmulas empleadas para el cálculo de la prueba de bondad de ajuste. Adicionalmente contiene resultados de la prueba por especialidad, comprobando que todas las especialidades tiene un arribo de pacientes que se ajusta a una distribución de Poisson.

### **Anexo 2.4 Fórmulas modelos de Teoría de Colas**

Conjunto de fórmulas utilizadas en el análisis de Teoría de Colas organizado por cada modelo empleado.

**Anexo 2.5 Factor de utilización del sistema**

Anexo que indica el factor de utilización de cada médico por especialidad. Además señala la cantidad de pacientes que cada uno atiende así como el número de atenciones que puede realizar por hora.

**Anexo 2.6  $\rho$  servidores reales vs.  $\rho$  servidores propuestos**

Gráficos comparativos de los factores de utilización obtenidos en los 6 modelos planteados aplicando los dos supuestos: número de servidores existentes (reales) y número de servidores propuestos.

**Anexo 2.7 Medidas de rendimiento por especialidad**

Se señala por especialidad el tiempo de espera y el número de pacientes tanto en el sistema como en la cola por cada modelo propuesto, así como también el promedio obtenido de dichas medidas en cada uno de estos.

**Anexo 2.8 Costo por especialidad**

Indica el costo que representaría el aplicar cada uno de los modelos sugeridos, esta información se encuentra detallada por especialidad, indicando el precio del número de médicos a contratarse y el costo de que los pacientes esperen fuera de los consultorios.

**ANEXO 3**

Incluye los documentos referentes al Análisis de los Procedimiento de Consulta Externa

**Anexo 3.1 Modelo de simulación Central Telefónica**

Archivo de MATLAB que contiene el modelo de la Central Telefónica y que permite realizar corridas, así como modificaciones en cuanto a los recursos que en ella intervienen.

### **Anexo 3.2 Modelo de simulación Consulta Externa**

Este archivo de MATLAB contiene la modelación de los procesos que se llevan a cabo en Consulta Externa para la atención del paciente. Además, permite su manipulación tanto por especialidad como por médico.

### **Anexo 3.3 Impresor de vectores**

Es una herramienta en la cual se introducen los datos que se desea simular y arroja, con la ayuda de macros, los vectores que deben ser ingresados en MATLAB para iniciar la corrida del simulador de Consulta Externa.

### **Anexo 3.4 Matriz de etiquetas**

Esta matriz permite extraer los resultados que se generan en MATLAB para facilitar su importación a Excel, programa en el que se generan los informes.

### **Anexo 3.5 Informes de los resultados**

Es una recopilación de los informes generados después de la simulación en la semana observada, así como también de los escenarios que fueron planteados en el capítulo 2.

### **Anexo 3.6 Comparación de tiempos de espera simulado y real**

En este anexo se recogen los gráficos del tiempo de espera provocado en la semana observada y en los escenarios propuestos en el capítulo 2 y son comparados con los resultados arrojados por el simulador.

### **Anexo 3.7 Tiempo promedio de espera – Pacientes atendidos**

Se muestra un gráfico por cada día de la semana observada que resume el tiempo promedio de espera por especialidad y el número de pacientes que han sido atendidos en las mismas.

**Anexo 3.8 Promedio del largo de la cola – Pacientes en cola**

En este archivo se muestra el promedio del largo de la cola por especialidad en cada uno de los días simulados, así como también los pacientes que al finalizar la jornada no han recibido atención en la variable “pacientes en cola”.

**Anexo 3.9 Hora en que finaliza la atención**

Este anexo muestra por día, la hora en la que se termina la jornada en cada una de las especialidades basándose en la información obtenida del simulador.

**Anexo 3.10 Vectores**

Anexo que recoge todos los vectores que han sido empleados para iniciar las corridas del simulador de Consulta Externa presentadas en este estudio.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**

**ORDEN DE ENCUADERNACIÓN**

De acuerdo con lo estipulado en el Art. 17 del instructivo para la Aplicación del Reglamento del Sistema de Estudios, dictado por la Comisión de Docencia y Bienestar Estudiantil el 9 de agosto del 2000, y una vez comprobado que se han realizado las correcciones, modificaciones y mas sugerencias realizadas por los miembros del Tribunal Examinador al informe del proyecto de titulación (ó tesis de grado) presentado por Ana Karina Guevara Granja y María Gabriela Rivadeneira Hinojosa.

Se emite la presente orden de empastado, con fecha febrero 17 de 2011.

Para constancia firman los miembros del Tribunal Examinador:

<b>NOMBRE</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FIRMA</b>
Dr. Diego Recalde	Director	
Dra. Sandra Gutiérrez	Examinador	
Dr. Ramiro Torres	Examinador	

---

Dr. Eduardo Ávalos  
DECANO