

Proyecto de sistemas de líneas de espera y aplicaciones

Juan Antonio Banda Moreno

December 5, 2016

1 Introducción

Un trasplante consiste en remover de una persona donante (no necesariamente viva) un órgano, tejido o un conjunto de células a un paciente receptor, que puede ser el mismo donante [3]. El proceso de trasplante inicia cuando el receptor es diagnosticado tener un padecimiento que ha afectado un órgano o tejido específico, por lo que es necesario sustituirlo por uno sano. El receptor debe ser sometido a un protocolo de evaluación para definir si reúne las condiciones necesarias para el trasplante. Dicho protocolo consiste en una serie de exámenes médicos que permiten determinar las condiciones específicas del paciente y la utilidad o no del trasplante. Una vez que el paciente es aceptado para recibir un trasplante, el responsable del programa en el hospital deberá ingresar los datos del paciente a la base de datos electrónica del Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA) [1].

Los criterios para la asignación de órganos y tejidos son de orden médico y se refieren a la urgencia ante la inminente pérdida de vida, a la oportunidad del trasplante, los beneficios esperados, la compatibilidad entre el órgano donado y el receptor, el tiempo de espera, y otros criterios de índole médica. La Ley General de salud establece que el tiempo de espera es el último criterio a considerar para realizar la asignación. En México se realizan trasplantes de córnea, médula ósea, hueso, válvulas cardíacas, riñón, hígado, corazón y pulmón [1, 3].

2 Descripción del problema

El presente trabajo muestra los resultados de una simulación de trasplantes en México para 4 diferentes órganos. La simulación se modelará como un sistema de colas con prioridades debido a la normativa de ley, por lo que clasificaremos a los pacientes como: receptores con prioridad alta y receptores con prioridad baja.

Un sistema de colas con prioridad el cual se describe de la siguiente forma [2]:

Consideremos un sistema $M/G/1$ donde M representa la distribución que sigue un proceso de Poisson para las llegadas, G representa la distribución de las salidas la cual es indefinida, y el 1 indica que únicamente se tiene un servidor en el sistema. Los clientes se dividen en K clases de prioridad $k = 1, 2, \dots, K$. Los de la clase 1 representan los clientes con mayor prioridad y los de la clase

Table 1: Cantidad de personas para córnea

Año	Receptores	Donadores
2011	7 157.00	2 685.00
2012	7 427.00	3 114.00
2013	7 296.00	3 093.00
2014	7 293.00	3 284.00
2015	7 228.00	3 473.00
Promedio	7 280.20	3 129.80
Tasas diarias	19.95	8.57

K son los de menor. La tasa de llegada de las diferentes clases son $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K$. El valor esperado y el segundo momento del tiempo de servicio de las K diferentes clases son: \bar{S}_k y \bar{S}_k^2 para $k = 1, 2, \dots, K$.

A continuación se muestra información de los 4 órganos reportados en el CENATRA. Las tablas 1,3 y 4 presentan, en un lapso de 5 años, la cantidad de pacientes en espera de un órganos y el número de donadores. De la misma forma para la tabla 2 pero en un lapso de 2 años, debido a que el número de pacientes en espera de un riñón va ascendiendo. De cada una de las tablas podemos calcular la tasa diaria de pacientes que solicitan un trasplante (λ) y la tasa diaria de donadores (μ). Como el sistema es con prioridades se tomarán las tasas de llegadas de receptores de la siguiente forma: para los de prioridad alta un 10% de λ y para los de prioridad baja el 90% de λ . Lo anterior es un supuesto que se hace debido a que no se encontró dato sobre ello.

3 Resultados

En la tabla 5 podemos observar los días promedio que tarda un receptor en recibir el trasplante para cada uno de los órganos. En la tabla 6 se observa que se necesitan más donadores puesto que hay muchos pacientes en espera de un órgano. A pesar de que en los últimos años se ha observado un incremento de donadores en la página del CENATRA [1], hacen falta más campañas de instituciones públicas y privadas para concientizar a la sociedad de la importancia de la donación de órganos y tejidos.

4 Conclusiones y trabajo futuro

Un sistema de trasplantes de órganos se puede modelar como un sistema de colas con prioridades, para saber la cantidad de personas que siguen en espera en un lapso de tiempo dado y el tiempo promedio que un paciente puede durar en cada una de las clases de prioridad. Para mejorar el modelo es necesario aumentar la cantidad de clases de prioridad, debido a que no sólo son prioridad baja y prioridad alta, para ello es necesario la búsqueda de mayor información.

Table 2: Cantidad de personas para riñón

Año	Receptores	Donadores
2011	12 095.00	2 673.00
2012	11 302.00	2 770.00
Promedio	11 698.50	2 721.50
Tasas diarias	32.05	7.46

Table 3: Cantidad de personas para hígado

Año	Receptores	Donadores
2011	321.00	104.00
2012	395.00	108.00
2013	373.00	152.00
2014	394.00	132.00
2015	357.00	151.00
Promedio	368.00	129.40
Tasas diarias	1.01	0.35

Table 4: Cantidad de personas para corazón

Año	Receptores	Donadores
2011	40.00	27.00
2012	39.00	42.00
2013	48.00	46.00
2014	42.00	52.00
2015	49.00	38.00
Promedio	43.60	41.00
Tasas diarias	0.12	0.11

Table 5: Tiempos promedio de espera de los receptores por órgano en un año

Órgano	Prioridad alta(días)	Prioridad baja(días)
Córnea	0.15	115.74
Riñón	0.23	155.56
Hígado	3.91	133.21
Corazón	9.87	48.48

Table 6: Cantidad promedio de receptores en espera al finalizar el año por órgano

Órgano	Prioridad alta	Prioridad baja
Córnea	0.93	4154.56
Riñón	1.15	8973.65
Hígado	0.95	241.51
Corazón	0.91	8.97

References

- [1] Centro Nacional de Transplantes. http://www.cenatra.salud.gob.mx/interior/trasplante_estadisticas.html, 07 de Septiembre de 2016.
- [2] Queueing theory, lecture notes. <http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s383143/kalvot/english.shtml>, 28 de Octubre de 2005.
- [3] Instituto Nacional de Ciencias y Nutrición Salvador Zubirán. <http://www.innsz.mx/opencms/contenido/investigacion/comiteEtica/trasplante.html>, 23 de Marzo de 2013.