

Modelo de Optimización bajo incertidumbre para una asignación eficiente de citas médicas.

Universidad Pontificia Comillas-Universidad de Zaragoza,

April 17, 2016

Esquema

- 1 Introducción
- 2 Descripción del Medio Objeto de Investigación
- 3 Planteamiento del Problema
- 4 Objetivos
- 5 Modelo Matemático
 - Índices y Conjuntos
 - Definición de Parámetros
 - Definición de las Variables de decisión
 - Restricciones
- 6 Construcción y Solución del Modelo Matemático
- 7 Resultados Obtenidos
- 8 Objetivos a corto-mediano Plazo
- 9 Objetivos a Largo Plazo

Introducción

La especialidad de oftalmología del Hospital Clínico Quirúrgico de la Provincia Santiago de Cuba, Cuba, (Medio objeto de investigación) atiende aproximadamente a 200 pacientes diarios por diferentes motivos que pueden ser:

- 1 Glaucoma, Cornia.
- 2 Catarata, Oculoplastia.
- 3 Uveitis, retinosis pigmentaria.
- 4 Retina, Baja visión

Además de ello, los/as licenciados/as en oftalmología hacen las siguientes pruebas:

- 1 Refracción Dinámica,
- 2 Cálculo de lente,
- 3 Pequimetría,
- 4 HRT y Fondo de Ojo Dilatado.

Por las múltiples enfermedades que se tratan en la especialidad de Oftalmología en el Hospital Clínico Quirúrgico de la Provincia Santiago de Cuba, ésta a su vez se divide en varias subespecialidades, que hacen el trabajo más sencillo y especializado, siendo algunas de ellas.

- 1 Neurooftalmología
- 2 Retinosis Pigmentaria
- 3 Inmunología y Superficie Ocular
- 4 Inflamación Intraocular y Uveítis
- 5 Glaucoma
- 6 Vítreo-Retina
- 7 Cirugía Refractiva
- 8 Oculoplástica
- 9 Baja Visión y Rehabilitación Visual

El protocolo que sigue la especialidad de oftalmología del Hospital para otorgar citas Médicas es el siguiente:

- 1 El paciente llega con una remisión desde su área de salud.
- 2 El personal administrativo, encargado de otorgar las citas médicas, considerando la disponibilidad decide si el paciente puede esperer a ser atendido ese mismo día o si es menester otorgar cita para otro día.

Este último paso el personal lo hace basado en la experiencia considerando según encuesta los siguientes elementos.

- 1 Los recursos disponibles en el hospital son limitados.
- 2 Existen diferentes tipos de categorías de pacientes, o sea pacientes nuevos (dentro de los pacientes nuevos, dependiendo de la patología, pueden requerir una atención más urgente o menos urgente) y pacientes en seguimiento.
- 3 Los pacientes nuevos o en seguimientos, podrían necesitar ser planificados en dos tipos de citas: Citas para ver al especialista en oftalmología, o citas para la realización de algún tipo de prueba con algunos de los técnicos.

Planteamiento del Problema

Planteamiento del Problema

En el Hospital Clínico Quirúrgico de la provincia Santiago de Cuba, en la especialidad de oftalmología, los pacientes no cuentan con una hora aproximada de comienzo de la cita el día que son citados y el tiempo total de estancia en el hospital es elevado (aproximadamente cuatro horas).

Objetivos

Objetivos

- 1 Modelar todo el sistema de gestión de citas correspondiente a la especialidad de oftalmología.
- 2 Implementar el modelo matemático mediante la programación de algoritmos en MATLAB.
- 3 Realizar pruebas piloto haciendo uso del software MATLAB y GAMS en la enfermedad de catarata.
- 4 Cálculo del ahorro en términos de tiempo, comparado con las prácticas tradicionales.

Índices y Conjuntos

Índices y Conjuntos

P: Conjunto de protocolos que se siguen para detectar la enfermedad de catarata, indexado con p .

N: Conjunto de todos los pacientes con sospecha de Catarata, indexado con n .

D: Conjunto que define los días del horizonte de planificación. De manera general se toma un mes, indexado con d .

J: Conjunto que define todos los médicos que pertenecen a la especialidad de oftalmología del hospital objeto de estudio, indexado con j .

W: Conjunto ordenado de las ventanas de tiempo que dan cumplimiento a una jornada laboral, indexada con w .

K: Conjunto de todos los pasos que pueden ser utilizados para detectar y proceder a la cura de la catarata, indexado con k .

Índices y Conjuntos

J_{k-1} : Conjunto que define todos los médicos que pueden atender el paso anterior a k , indexado con j .

K_p : Conjunto que define todos los pasos necesarios para dar cumplimiento al protocolo p , indexado con k .

K_p^ω : Conjunto que define todos los pasos necesarios para dar cumplimiento al protocolo p , en el escenario ω , indexado con k .

N_p : Conjunto que define todos los pacientes que utilizan el protocolo p , indexado con n .

Índices y Conjuntos

J_p : Conjunto que define todos los médicos que forman parte del equipo que participa en el protocolo p , indexado con j .

S_{kpd} : Conjunto ordenado que define un número de ventanas de tiempo consecutivas que dan la posibilidad de realizar el paso k del protocolo p el día d .

WB_w : Conjunto ordenado que indica el conjunto de ventanas de tiempo anterior a la ventana w , indexada con el mismo índice w .

Definición de Parámetros

V_k : Parámetro que brinda información del número de ventanas de tiempo consecutivas necesarias para la ejecución del paso k , imprescindible para dar cumplimiento al protocolo p .

P_{pk}^ω : Probabilidad de que el paciente p realice el paso k bajo el escenario ω .

T_k : Tiempo total promedio en minutos que demora la realización del paso k .

t_w : Tiempo prefijado que dura cada ventana de tiempo. Según expertos se ha definido como cinco minutos dicho tiempo.

Definición de Variables

$X_{k,w,j,d}^{n,p}$: Variable binaria que toma valor 1 si el paciente n , que va a seguir el protocolo p es asignado en el paso k a la ventana w , con el médico j el día de la cita d , para cumplir con el protocolo p .

$Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega}$: Variable aleatoria binaria que toma valor 1 si el paciente n , que va a seguir el protocolo p es asignado en el paso k a la ventana w , con el médico j el día de la cita d , para cumplir con el protocolo p si ocurre el escenario ω .

Y_{ik} : Variable indicadora que toma valor 1 si se utiliza la secuencia i -ésima de ventanas para cumplimentar el paso k ; $i = 1, \dots, m$.

Restricciones

Restricciones de Tipo 1a

Una ventana de tiempo puede ser utilizada únicamente por un paciente en un paso k .

$p \in P$, $d \in D$, $w \in W$, $k \in K_p$

$$\sum_{j \in J_{kp}} \sum_{n \in N_p} X_{k,w,j,d}^{n,p} \leq 1 \quad (1)$$

Restricciones de Tipo 1b

Una misma ventana debe ser utilizada únicamente por un paciente para cada escenario.

Restricciones

$$p \in P, d \in D, \omega \in \Omega, w \in W, k \in K_p$$

$$\sum_{j \in J_{kp}} \sum_{n \in N_p} z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} \leq 1 \quad (2)$$

Restricciones de Tipo 2a

Esta restricción garantiza que cada paciente sea atendido en cada paso k por un médico en el horizonte de planificación.

$$d \in D, p \in P, n \in N_p, j \in J_p, k \in K_j$$

$$\sum_{w \in W} x_{k,w,j,d}^{n,p} = 1 \quad (3)$$

Restricciones

Restricciones de Tipo 2b

Esta restricción garantiza que cada paciente sea atendido por un médico en el horizonte de planificación, en cada escenario.

$$p \in P, d \in D, \omega \in \Omega, w \in W, k \in K_p$$

$$\sum_{w \in W} z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} = 1 \quad (4)$$

Restricciones de Tipo 3a

Esta restricción garantiza complementar un paso k perteneciente al protocolo p y realizado por el médico j , considerando el tiempo necesario para complementar dicho paso.

$$p \in P, n \in N_p, d \in D, k \in K_p$$

$$\sum_{w \in W} t_w X_{k,w,j,d}^{n,p} = T_k \quad (5)$$

Restricciones de Tipo 3b

Esta restricción garantiza cumplimentar un paso k , que pertenece a un escenario ω , considerando el tiempo total necesario para cumplimentar dicho paso.

$$d \in D, \omega \in \Omega, p \in P, n \in N_p, k \in K_p^\omega$$

$$\sum_{w \in W} t_w Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} = T_k \quad (6)$$

Restricciones de Tipo 4a

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , realizado por un médico j que necesite más de una ventana de tiempo sea asignado de manera secuencial.

$$d \in D, p \in P, n \in N_p, k \in K_p, j \in J_k \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{w \in S_{kp}} X_{k,w,j,d}^{n,p} = V_k Y_{ik} \quad (7)$$

Restricciones de Tipo 4b

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , bajo el escenario ω en la etapa dos y realizado por un médico j que necesite más de una ventana de tiempo.

$$d \in D, p \in P, n \in N_p, \omega \in \Omega, k \in K_p^\omega, j \in J_k \quad i = m+1, \dots, q$$

$$\sum_{w \in S_{kp}} Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} = V_k Y_{ik} \quad (8)$$

Restricciones de Tipo 5a

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , realizado por un médico j que necesite más de una ventana de tiempo se realice de manera secuencial.

$$k \in K_p$$

$$\sum_{i=1}^m Y_{i,k} = 1 \quad (9)$$

Restricciones de Tipo 5b

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , realizado por un médico j que necesite más de una ventana de tiempo se realice de manera secuencial.

$$k \in K_p^\omega$$

$$\sum_{i=m+1}^q Y_{i,k} = 1 \quad (10)$$

Restricciones de Tipo 6a.

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , realizado por un médico j , debe ser ejecutado después del paso $k - 1$.

$d \in D$, $p \in P$, $n \in N_p$, $k \in K_p$, $j \in J_k$, $w \in W$

$$\sum_{j \in J_{k-1}} \sum_{w \in S_{WB_w}} X_{k-1,w,j,d}^{n,p} \geq X_{k,w,j,d}^{n,p} \quad (11)$$

Restricciones de Tipo 6b.

Esta restricción garantiza que cada paso k del protocolo p , debe ser ejecutado después del paso $k - 1$.

$$d \in D, p \in P, n \in N_p, \omega \in \Omega, k \in K_p^\omega, j \in J_k, w \in W$$

$$\sum_{j \in J_{k-1}} \sum_{w \in S_{WB_w}} Z_{k-1,w,j,d}^{n,p,\omega} \geq Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} \quad (12)$$

Restricciones de Tipo 7

Restricción de no Anticipatividad.

$$\forall \omega, \omega' \in \Omega$$

$$Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} = Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega'} \quad (13)$$

Restricciones de no negatividad

Restricciones de no negatividad.

$$X_{k,w,j,d}^{n,p}, Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega}, Y_{i,k} \forall \omega, n, p, k, w, j, d, i$$

Función Objetivo

Busca minimizar el tiempo de espera de cada paciente.

$$MINZ = \sum_{p \in P_n} \sum_{k \in K_p} \sum_{j \in J_{kp}} \sum_{w \in W} t_w X_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} + \sum_{p \in P_n} \sum_{k \in K_p^\omega} \sum_{j \in J_{kp}} \sum_{w \in W} P_{p,k}^\omega t_w Z_{k,w,j,d}^{n,p,\omega} \quad (14)$$

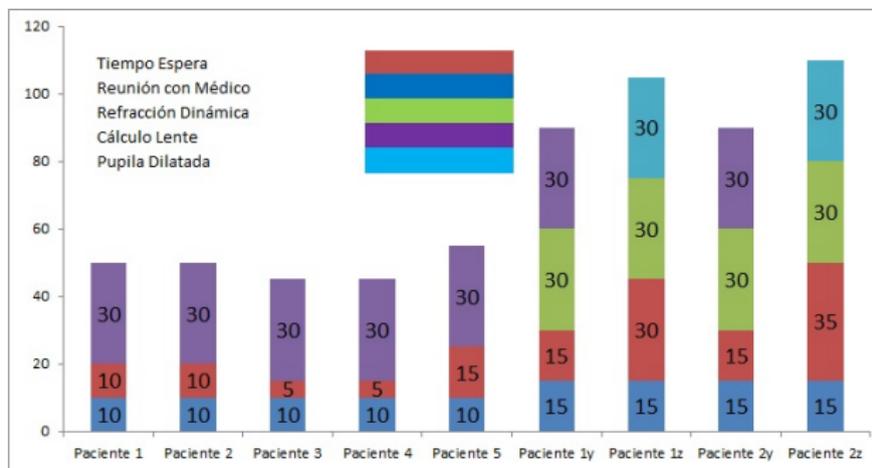
Construcción y Solución del Modelo Matemático

Construcción y Solución del Modelo Matemático

Para la construcción y solución del modelo expuesto anteriormente se realizaron los siguientes pasos.

- 1 Se programó un algoritmo en MATLAB V9.2 que permite la construcción de las restricciones y la función objetivo.
- 2 El modelo construido por MATLAB es entregado a GAMS mediante la interfaz de comunicación que existe entre ellos.
- 3 El software GAMS resuelve el modelo utilizando el algoritmo IBM ILOG CPLEX 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 VS8, que resuelve modelos enteros binarios.
- 4 Una vez que el software GAMS brinda la solución, utilizando el algoritmo , dicha solución es entregada nuevamente a MATLAB que sea interpretada adecuadamente.

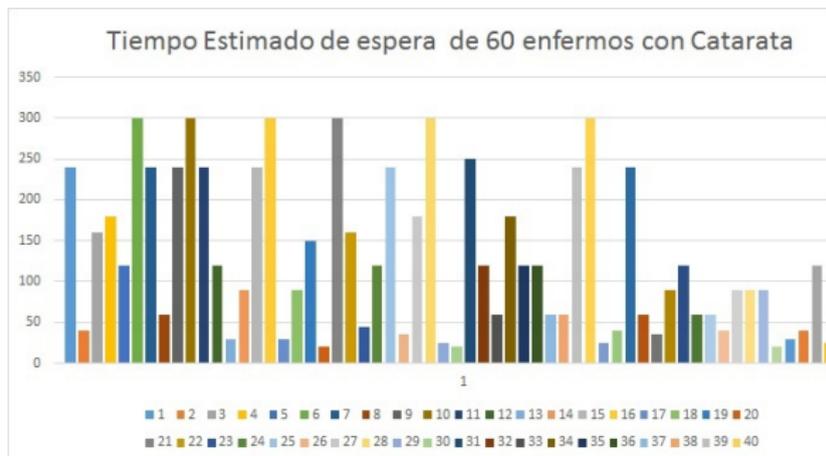
Resultados Obtenidos



Resultados Obtenidos

	<u>Hora Cita</u>	<u>Refracción</u>	<u>Médico</u>	<u>Cálculo Lente</u>	<u>Fondo Ojo</u>	<u>Médico</u>
<i>Paciente 1</i>	12.10			12:20		12.55
<i>Paciente 2</i>	9:05			9:15		9:50
<i>Paciente3</i>	10:35			10:45		11.15
<i>Paciente 4</i>	11.35			11.45		12.15
<i>paciente5</i>	11.05			11.15		11.55
<i>Paciente 1y</i>	9:00	9.10	9:40	9:45		10:25
<i>Paciente 1z</i>	9:00	9.10	9:40		10.10	10:40
<i>Paciente 2y</i>	9:25	9:30	10:05	10.15		10.50
<i>Paciente 2z</i>	9:25	9:30	10:05		10.40	11.10

Tiempo medio de 60 Pacientes según lo tradicional



Resultados Obtenidos

- 1 Con el modelo de optimización planteado es posible brindarle al paciente una hora de cita, así como el tiempo aproximado de estancia en el Hospital.
- 2 El tiempo medio es de 80 minutos. Si se compara con las prácticas tradicionales (aproximadamente 4 horas), este tiempo se ve reducido en un 70 por ciento.
- 3 Con la puesta en marcha de un sistema informático, se permitirá mejorar el proceso de citas médicas que hasta el momento se realiza de manera manual.

Objetivos a corto-mediano plazo

- 1 Aplicar los modelos Matemáticos planteados a cada una de las subespecialidades dentro de la Oftalmología, por si hubiera algún protocolo con una casuística particular.
- 2 Programar una Página Web con un canal de comunicación hacia los distintos centros de salud de la provincia con el objetivo de que al final de cada día puedan programarse las citas de los pacientes que solicitan el servicio de oftalmología.
- 3 Realizar una prueba piloto con el software en el hospital en la especialidad de oftalmología.

Objetivos a Largo Plazo

- 1 Modelar todas las especialidades existentes en el Hospital de la Provincia Santiago de Cuba.
- 2 Programar una Página Web Integral (con todas las especialidades) con canales de comunicación hacia los distintos centros de salud de la provincia con el objetivo de que al final de cada día puedan programarse las citas de los pacientes que solicitan el servicio de oftalmología.
- 3 Realizar una prueba piloto en cada una de las especialidades con el software programado.