

# DISEÑO DE UN MODELO DE PLANEACIÓN AGREGADA PARA LAS PRESTACIONES MÉDICAS EN UN SERVICIO DE GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA

## DESIGN OF AN AGGREGATE PLANNING MODEL FOR MEDICAL SERVICES WITHIN A GYNECOLOGY AND OBSTETRICS SERVICE

Rodrigo de la Fuente Gallegos<sup>1</sup>, Iván Santelices Malfanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Industrial, Departamento Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

<sup>2</sup> Profesor Departamento Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile

### RESUMEN

En el presente trabajo se diseña un modelo de planificación agregada dentro de la unidad de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín. Se comienza investigando los modelos que se han desarrollado para tal propósito dentro del área de organizaciones de salud. Se establecen los modelos de pronósticos de demanda utilizando como criterios de evaluación la señal de rastreo y la desviación absoluta media. Luego, por medio de un modelo de programación entera programado en un software de optimización se establece la asignación óptima de colaboradores médicos y de recursos físicos que maximiza la cantidad de servicios entregados por la unidad. Finalmente, se analizan las holguras de recursos disponibles en la unidad y se establecen como cuellos de botella tanto al pabellón quirúrgico como las salas de recuperación obstétrica.

**Palabras Clave:** Gestión de hospitales, planificación agregada, programación entera.

### ABSTRACT

The main scope of this paper is to design an aggregate planning model within the gynecology and obstetrics service at the Hospital Herminda Martín. First, it was necessary to research the current models that have been applied within health care organizations. After that, it was developed the forecasting models to determine the actual demand, moreover; it was used the tracking signal and the mean absolute deviation as the parameters to justify the best forecasting model. Then, through an integer programming model was calculated the optimal assignation of resources in order to maximize the number of services that the unit offers, subject to limitations of staff and physical resources. Finally, the authors analyzed the limitation of resources and concluded that the bottlenecks are both the surgical unit and the obstetric recovery rooms.

**Keywords:** Hospitals management, aggregate planning, integer programming.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas dentro del ámbito de la salud, es la distinción entre necesidad, demanda y oferta, lo cual ha generado varios estudios que cubren este efecto, entre otros, Lave *et al* (1974); Vissers (1998). Este asunto es de especial interés ya que la intersección entre estos tres elementos es lo que en definitiva genera la demanda real por salud en cualquier institución, y ante dicha demanda reacciona el sistema productivo en base a su capacidad de oferta. Por lo tanto, realizar una adecuada gestión de los recursos que constituyen la oferta del sistema es un concepto de efectividad asociado a una mejora de la productividad.

En busca de esa mejora en productividad el sistema de salud pública chileno a sufrido en los últimos años fuertes modificaciones, Castro (2007a), que tienen como objetivo incrementar su competitividad en relación a la proliferación de instituciones privadas de salud, como también mejorar la cobertura de atenciones para los mas desposeídos. En este sentido y según lo expresa Castro (2007b), la reforma al sector creó la categoría de establecimientos autogestionados en red (E.A.R.), en los cuales los directores pueden tomar decisiones más autónomas, pueden administrar el presupuesto e incluso realizar acuerdos económicos con el mundo privado. Hasta el momento, según estudios del Instituto Libertad y Desarrollo, la reforma no ha sido suficiente y la red de hospitales autogestionados ha tenido contratiempos debido a los fuertes problemas de gestión, a los escasos incentivos y a la baja eficiencia en el uso de recursos. Castro (2007b) también expresa que dichos establecimientos aún mantienen una importante inflexibilidad administrativa que sólo les permite cumplir con tareas propias del estado y no de una empresa de servicios, como son los hospitales.

El Hospital Clínico Herminda Martín es uno de los once hospitales que fueron declarados como establecimientos autogestionados en red por el ministerio de salud, De la Fuente *et al* (2009), por lo tanto presenta procedimientos administrativos y clínicos mucho más avanzados que la gran mayoría de los demás recintos a lo largo de nuestro país, pero adolece de un adecuado sistema general de planificación, que contenga tal como lo expresa Anthony (1965) un nivel estratégico, táctico y operativo. Hoy por hoy, la dirección se ha centrado en el desarrollo de una adecuada planificación estratégica, pero no ha podido articular los demás niveles que de ésta se desencadenan, dificultando así una concepción global del proceso de planificación en su conjunto.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de planificación agregada para el servicio de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán, y así generar una herramienta para mejorar la gestión de mediano plazo al interior de dicha unidad. El caso de estudio fue diseñado para soportar la planificación de las prestaciones médicas de dicho servicio y solamente se presentarán los resultados.

La planificación agregada, en su calidad de modelo, tal como señala Eppen *et al* (2000), es una representación de la realidad que debe entregar los detalles suficientes para que el resultado satisfaga las necesidades y sea consistente con los datos que se tienen al alcance. Los modelos suelen desempeñar diferentes papeles en distintos niveles de la empresa, así en los niveles más altos estos aportan información en forma de resultados y conocimientos, pero no necesariamente decisiones recomendables, son útiles como instrumentos de planificación estratégica, ayudan a crear pronósticos, explorar alternativas, desarrollar planes para múltiples contingencias, acrecentar la flexibilidad y abreviar el tiempo de reacción. Por otra parte, en niveles inferiores se usan con más frecuencia para obtener decisiones recomendables. En este sentido y siguiendo a Fleischmann *et al* (2004), la preparación de las decisiones es el trabajo de planificar.

Con respecto al actual proceso de planificación de la unidad, sólo se dispone de un modelo de planificación de corto plazo, que es programado semanalmente por los jefes de servicio de la unidad en base a los requerimientos ginecológicos u obstétricos, siendo los primeros extraídos

desde el consultorio de atención de especialidades (C.A.E.) y los segundos emanados de los informes de la matrona jefe de servicio y los médicos especialistas de la unidad de alto riesgo obstétrico (A.R.O.)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Modelos de pronósticos

Para poder aplicar un modelo de planificación agregada, lo primero es establecer el pronóstico de familias de productos que constituyen la información de entrada de la demanda a satisfacer y así como lo expresa Widiarta *et al* (2008) se evitar caer en el paradigma de pensar que la planificación es de primera importancia, mientras que los pronósticos son una decisión de segundo plano.

La aplicabilidad de los distintos modelos de pronósticos a las decisiones de planificación se pueden encontrar en Chase *et al* (2000), Schroeder (2005), Heizer *et al* (2004) entre otros, los cuales señalan que se utilizan preferentemente modelos causales y/o modelos de series de tiempo. Para este caso en particular no se dispone de información alguna de causalidad en la demanda de prestaciones, existiendo únicamente el registro histórico de una pseudo-demanda a través del tiempo, exactamente la comprendida en el periodo (2003-2008).

Por otra parte, Widiarta *et al* (2008) señala que los modelos de suavizamiento exponencial, han sido ampliamente adoptados por diversos tipos de industrias productivas en el problema del pronóstico agregado de la demanda, esto gracias a su simplicidad. Además, en su investigación señalan que a pesar de los esfuerzos por desarrollar sofisticados algoritmos de pronóstico, los tomadores de decisiones continúan prefiriendo los métodos relativamente sencillos, siendo el más utilizado el suavizamiento exponencial simple.

Para poder realizar los pronósticos se utiliza el software Crystal ball 2000, el cual permite establecer el mejor ajuste con respecto al modelo de serie de tiempo que minimiza la desviación absoluta media y también se define el valor de la prueba Theil's U y la señal de rastreo como elementos de control. (De la Fuente *et al* 2009).

### Modelos de planificación agregada

Son diversos los métodos de planificación agregada presentados en la literatura, pero siguiendo lo propuesto por Corominas *et al* (2007) se pueden clasificar en tres grandes grupos: 1) Modelos de comparación de alternativas, 2) Modelos que utilizan reglas de decisión y 3) Modelos basados en programación lineal. De los anteriores, los modelos más desarrollados en materia de planificación agregada han sido los de programación lineal, agrupando entre ellos la programación lineal, la programación lineal entera, la programación lineal entera mixta, la programación lineal de metas y la programación lineal entera de metas entre otros modelos. Todos ellos constituyen herramientas poderosas para resolver el problema de planificación agregada, ya que entregan un resultado óptimo, lo que permite crear estrategias.

Entre los autores que han desarrollado aplicaciones de estas materias en el ámbito de la salud se encuentran Blake & Donald (2002), desarrollan un modelo de programación lineal entera para la asignación de tiempo de operación en la unidad quirúrgica de un recinto hospitalario. Por su parte Jansson (2000) desarrolla un modelo de programación lineal entera para la programación agregada de atenciones quirúrgicas. Bretthauer & Murray (1998), presentan un modelo basado en programación lineal entera que tiene por objetivo optimizar la planeación de la capacidad en los sistemas de salud. Ogulata & Erol (2003), desarrollan un modelo de programación lineal entera de metas para la programación de cirugía general en un hospital de gran tamaño.

Kwak & Lee (1997) presentan un modelo de programación lineal de metas para la asignación de personal en organizaciones de cuidado de la salud. Plantean la necesidad de reforzar el enfoque del pasado, donde la experiencia y la intuición eran los caminos más comunes para asignar el personal para algunos trabajos, señalan que la ayuda de la programación matemática le permite a los tomadores de decisiones, observar sus errores de asignación y centrarse en un curso óptimo de acción. Blake & Carter (2002, 2003), desarrollan un modelos de programación lineal de metas aplicados a recintos hospitalarios, en los cuales concilian tanto objetivos médicos como hospitalarios, pero la complejidad aquí es que la jerarquía de las metas no es a menudo tan aparente entre los tomadores de decisiones. Keown & Martin (1976) aplican a un modelo de programación lineal entera de metas a la distribución de presupuestos en hospitales. Rifai & Pecenka (1989), realizan una aplicación didáctica de la programación lineal de metas al problema de la salud, centrada en un hospital de mediano tamaño. Albornoz & Contesse (1999), presentan una aplicación de la optimización robusta al problema de la planificación agregada.

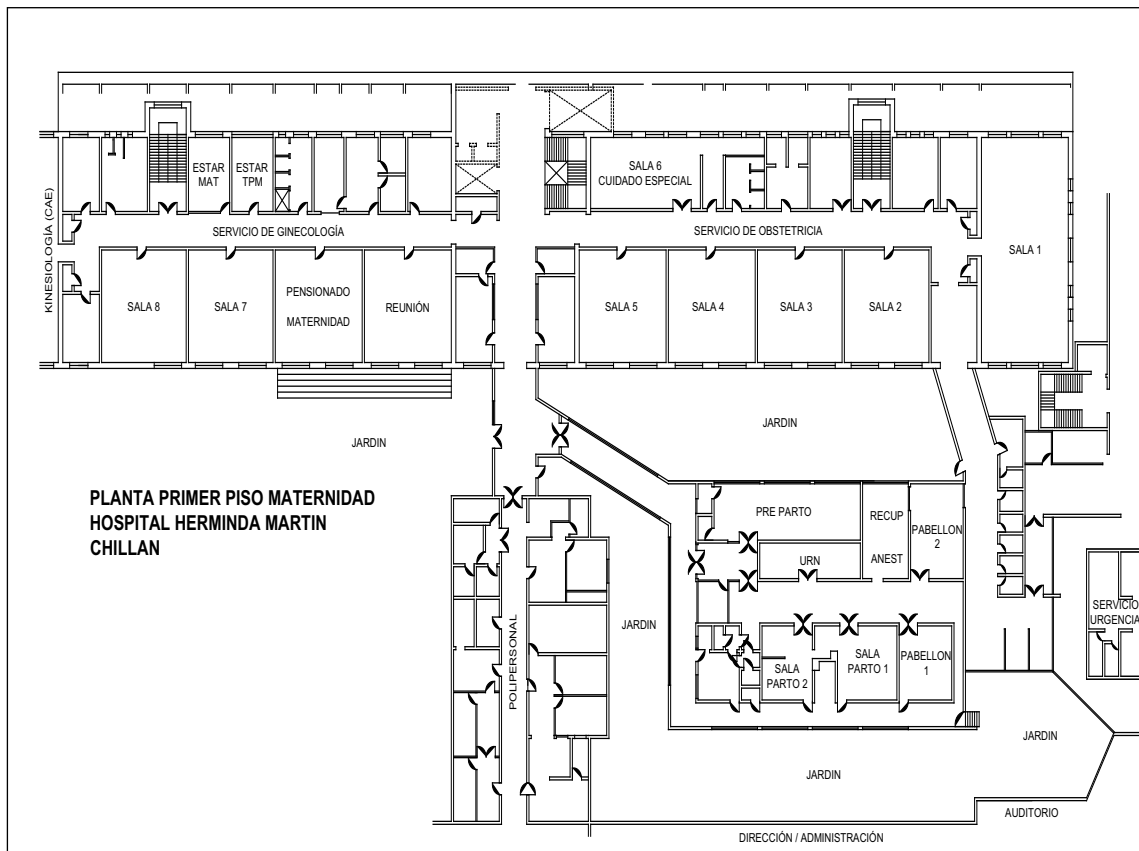
### Confección del modelo

El criterio de agregación de las prestaciones médicas, dentro de familias de prestaciones es el mismo expresado por Hax & Meal (1973), Bitran & Hax (1977), Bitran & Tirupatu (1989), quienes señalan que una familia es un conjunto de productos que comparten una ruta similar dentro de su proceso productivo y que tienen mínimos costos de configuración del sistema por el cambio entre un producto y otro. Se procede a generar tan solo nueve familias, de un total de 54 prestaciones, como se puede apreciar en la tabla 1 bajo el rótulo de prestaciones. Dicha tabla además recoge la información pertinente a los colaboradores, los recursos y periodos utilizados en este trabajo.

**Tabla 1:** Resumen de elementos de planificación.

Prestaciones	<i>i</i>	Colaboradores	<i>k</i>	Recursos	<i>r</i>	Periodos	<i>t</i>
Endoscopías	1	Médicos	1	Box CAE	1	Enero	1
Otras Exploraciones	2	Técnicos CAE	2	Salas Parto Normal	2	Febrero	2
Otras Procedimientos	3	Matronas CAE	3	Pab. Quirúrgico	3	Marzo	3
Cirugía a la Mama	4	Matronas Serv.	4	Salas Obstetricia	4	Abril	4
Cirugía Ginecológica	5	Técnicos Serv.	5	Salas A.R.O.	5	Mayo	5
Aborto	6			Salas Ginecología	6	Junio	6
Cesárea	7					Julio	7
Parto normal	8					Agosto	8
Atenciones A.R.O.	9					Septiembre	9
						Octubre	10
						Noviembre	11
						Diciembre	12

La figura 1 presenta un plano del servicio de ginecología y obstetricia, el cual tiene la finalidad de entregar un posicionamiento espacial por parte del lector dentro de la unidad en estudio.



**Figura 1:** Plano servicio de ginecología y obstetricia Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán.

En la figura 1 se aprecian los recursos físicos con que cuenta la unidad. Desde la sala uno hasta la tres se dispone de 32 camas de recuperación obstétrica, las salas cuatro y cinco conforman las 16 camas para atención de pacientes de alto riesgo obstétrico, las salas siete y ocho conforman las 16 camas disponibles para recuperación ginecológica. La esquina inferior derecha de la figura permite apreciar las dos salas de parto normal y los dos pabellones quirúrgicos, siendo el número uno el de urgencias y el dos, el que actualmente se encuentra en evaluación de construcción y que fue agregado como horas extra en el modelo. Dicha figura no permite apreciar los boxes que se encuentran emplazados en el consultorio de especialidades ni el pabellón de cirujías programadas del servicio de cirugía, desde donde se extraen las horas disponibles de pabellón quirúrgico.

La mayoría de los modelos de planificación agregada buscan maximizar los beneficios o minimizar costos cuando los ingresos son fijos, pero al no disponer el hospital de información pertinente a los costos de las prestaciones se procedió a buscar en la literatura y siguiendo a Jansson (2000) se definió un modelo de programación lineal entera, dado el carácter de las prestaciones, que tiene como objetivo maximizar la cantidad de prestaciones a realizar durante el periodo 2009 dentro del servicio de ginecología y obstetricia. A continuación se presenta la definición de variables y parámetros:

Sean las variables de decisión:

- $x_{i,t}$  = La cantidad mensual de prestaciones del tipo  $i$  que se efectúan durante el periodo  $t$ .  
 $dp_{i,t}$  = La cantidad mensual de prestaciones del tipo  $i$  que quedan pendientes durante el periodo  $t$ .  
 $ex_{r,t}$  = La cantidad mensual de horas extra del recurso  $r$  que se requieren durante el periodo  $t$ .

Sean los parámetros:

- $d_{i,t}$  = La cantidad pronosticada de demanda por prestaciones del tipo  $i$  durante el periodo  $t$   
 $c_{i,k}$  = La cantidad promedio de horas que utiliza cada prestación del tipo  $i$  de cada colaborador de tipo  $k$ .  
 $dtc_{k,t}$  = La cantidad total de horas disponible de cada colaborador de tipo  $k$  durante el periodo  $t$ .  
 $re_{i,r}$  = La cantidad promedio de horas que utiliza cada prestación del tipo  $i$  de cada recurso de tipo  $r$ .  
 $dtr_{r,t}$  = La cantidad total de horas disponible de cada recurso de tipo  $r$  durante el periodo  $t$ .  
 $sm_{i,t}$  = La cantidad mínima de prestaciones del tipo  $i$  a efectuar durante el periodo  $t$ .  
 $ttx_{r,t}$  = La cantidad extra total, expresada en horas, del recurso  $r$  disponible durante el periodo  $t$ .

La representación algebraica del modelo se presenta a continuación:

$$Max Z = \sum_{i=1}^9 \sum_{t=1}^{12} x_{i,t} \quad \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (1)$$

Sujeto a:

$$x_{i,t} = d_{i,t} + dp_{i,t-1} - dp_{i,t} \quad \forall i = 1..5; \quad \forall t = 1..12 \quad (2)$$

$$x_{i,t} = d_{i,t} \quad \forall i = 6..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (3)$$

$$x_{i,t} \geq sm_{i,t} \quad \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^7 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 1; \quad \forall t = 1..12 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^3 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 2,3; \quad \forall t = 1..12 \quad (6)$$

$$\sum_{i=7}^8 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (7)$$

$$\sum_{i=6}^8 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 5; \quad \forall t = 1..12 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^3 re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 1; \quad \forall t = 1..12 \quad (9)$$

$$re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad i = 8; \quad r = 2; \quad \forall t = 1..12 \quad (10)$$

$$\sum_{i=4}^7 re_{i,r} x_{i,t} - ex_{r,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 3; \quad \forall t = 1..12 \quad (11)$$

$$ex_{r,t} \leq ttex_{r,t} \quad r = 3; \quad \forall t = 1..12 \quad (12)$$

$$\sum_{i=6}^8 re_{i,r} x_{i,t} - ex_{r,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (13)$$

$$ex_{r,t} \leq ttex_{r,t} \quad r = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (14)$$

$$re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad i = 9; \quad r = 5; \quad \forall t = 1..12 \quad (15)$$

$$\sum_{i=4}^5 re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 6; \quad \forall t = 1..12 \quad (16)$$

$$x_{i,t} \geq 0; \quad dp_{i,t} \geq 0 \text{ y enteros}, \quad \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (17)$$

$$ex_{r,t} \geq 0; \quad r = 2,3; \quad \forall t = 1..12 \quad (18)$$

La ecuación 1, expresa la función que maximiza la sumatoria de las prestaciones entregadas dentro de un periodo de doce meses, la ecuación 2, muestra que las primeras cinco familias pueden dejar demanda pendiente. La ecuación 3, da a conocer que las familias desde los abortos hasta las atenciones A.R.O., no pueden quedar pendientes de un período a otro, ya que ponen en riesgo la vida. La ecuación 4, expresa que todas las familias tienen un cumplimiento mínimo, siendo para las últimas cuatro, un cumplimiento mínimo de cien por ciento.

En relación a los colaboradores la ecuación 5, expresa que los colaboradores médicos se comparten entre las primeras siete familias y su uso mensual debe ser menor o igual a la cantidad de horas totales disponibles al mes. La ecuación 6, expresa que los colaboradores matronas C.A.E. y técnicos C.A.E., se comparten en las primeras tres familias y además su utilización debe ser menor o igual a la disponibilidad mensual, en horas, de dichos colaboradores. La ecuación 7, señala que las matronas del servicio aplican en procedimientos directos en las familias de cesárea y parto normal y su utilización debe ser menor o igual a la cantidad de horas mensuales de matronas disponibles. La ecuación 8, muestra que el colaborador técnico del servicio colabora en forma directa en las familias aborto, cesáreas y parto normal por lo tanto su tiempo de utilización mensual debe ser menor o igual a la disponibilidad mensual en horas de dichos técnicos.

Por parte de los recursos físicos, la ecuación 9, expresa que el recurso box C.A.E., es utilizado por las primeras tres familias y su tasa de utilización debe ser menor o igual a la disponibilidad mensual en horas. La ecuación 10, indica que las salas de parto solo son utilizadas por la familia parto normal y que las horas de uso al mes deben ser menores o iguales al total de horas disponibles por el recurso. La ecuación 11, indica que el recurso pabellón quirúrgico es utilizado por las familias cirugía a la mama, cirugía ginecológica, aborto y cesárea las que no pueden exceder en utilización de dicho pabellón, expresado en horas, la disponibilidad mensual de horas del pabellón más las horas extra del pabellón hipotético y del pabellón de urgencia y/o la compra de servicios. La ecuación 12, expresa que no se pueden utilizar mensualmente más horas extra en el pabellón que el total de horas extras asignadas para ello. La ecuación 13, formula que el recurso sala de recuperación es utilizado por las familias de aborto, cesárea y parto normal, las que no pueden utilizar dicha sala una cantidad de horas superior a la disponible por el recurso más los anexos existentes.

Siguiendo con la ecuación 14, se expresa que la cantidad de horas extra utilizadas en anexos, no puede ser superior a las horas totales mensuales disponibles para ello. La ecuación 15, esta

diseñada especialmente para determinar el uso del recurso de camas A.R.O., donde el uso no puede ser superior a la disponibilidad mensual en horas cama. La ecuación 16 muestra que el recurso camas ginecología es utilizado por las familias cirugía a la mama y la ginecológica, y que las horas utilizadas deben ser menores a las horas disponibles mensuales. La ecuación 17, expresa la no negatividad y la restricción de enteros de las variables  $x_{i,t}$  y  $dp_{i,t}$  que deben ser mayores o iguales que cero y enteras. La ecuación 18, indica la condición de no negatividad para la variables de recursos extra.

Para solucionar el modelo algebraico presentado en este trabajo, se programa un algoritmo en el software LINGO 8.0, el cual está indexado a Excel por medio de listas y cuyo código se presenta a continuación:

SETS:

**! CONJUNTOS PRIMITIVOS;**

PRESTACIONES;;

COLABORADORES;;

RECURSOS;;

PERIODOS;;

INICIAL;;

**! CONJUNTOS DERIVADOS;**

PRESTACIONES\_PERIODOS(PRESTACIONES,PERIODOS):ASIGNACION,PENDIENTE,DEMANDA,MINIMO;

COLABORADORES\_PERIODOS(COLABORADORES,PERIODOS):DCOL\_MEN;

PRESTACIONES\_COLABORADORES(PRESTACIONES,COLABORADORES):CON\_COL;

PRESTACIONES\_RECURSOS(PRESTACIONES,RECURSOS):CON\_REC;

RECURSOS\_PERIODOS(RECURSOS,PERIODOS):DREC\_MEN, EXTRA,TOTAL\_EXTRA;

PRESTACIONES\_INICIAL(PRESTACIONES,INICIAL):ESPERA;

ENDSETS

**! FUNCION OBJETIVO; Representada por la Ecuación 1.**

[OBJETIVO] MAX=@SUM(PRESTACIONES\_PERIODOS:(ASIGNACION));

**! RESTRICCIONES DE DEMANDA DE DESIGUALDAD; Representadas por la Ecuación 2.**

@FOR(PRESTACIONES(I))| #LE# 5:

    @FOR(PERIODOS(T))|T #EQ# 1:

        @FOR(INICIAL(J):[DEMANDA1\_ROW]

            ASIGNACION(I,T)-ESPERA(I,J)+PENDIENTE(I,T)=DEMANDA(I,T));

@FOR(PRESTACIONES(I))| #LE# 5:

    @FOR(PERIODOS(T))|T #NE# 1:[DEMANDA2\_ROW]

        ASIGNACION(I,T)-PENDIENTE(I,T-1)+PENDIENTE(I,T)=DEMANDA(I,T));

**! RESTRICCIONES DE DEMANDA DE IGUALDAD; Representada por la Ecuación 3.**

@FOR(PRESTACIONES(I))| #GT# 5:

    @FOR(PERIODOS(T):[DEMANDA\_ROW]

        ASIGNACION(I,T)<=DEMANDA(I,T));

**! RESTRICCIONES DE CUMPLIMIENTO MINIMO; Representada por la Ecuación 4 y compensa el efecto de las familias 6, 7, 8 y 9 que exigen un 100% de cumplimiento.**

@FOR(PRESTACIONES(I):

    @FOR(PERIODOS(T):[MINIMO\_ROW]

        ASIGNACION(I,T)>=MINIMO(I,T));



**! RESTRICCIONES DE COLABORADORES MEDICOS; Representada por la Ecuación 5.**

@FOR(COLABORADORES(K)|K #EQ# 1:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DCOL\_MEDICOS\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #LE# 7:  
            CON\_COL(I,K)\*ASIGNACION(I,T))<=DCOL\_MEN(K,T));

**! RESTRICCIONES DE COLABORADORES MATRONAS Y TECNICOS CAE; Representada por la Ecuación 6.**

@FOR(COLABORADORES(K)|K #GE# 2 #AND# K #LE# 3:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DCOL\_MATYTEC\_CAE\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #LE# 3:  
            CON\_COL(I,K)\*ASIGNACION(I,T))<=DCOL\_MEN(K,T));

**! RESTRICCIONES DE COLABORADORES MATRONAS SERVICIO; Representada por la Ecuación 7.**

@FOR(COLABORADORES(K)|K #EQ# 4:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DCOL\_MATSERV\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #GE# 7 #AND# I #LE# 8:  
            CON\_COL(I,K)\*ASIGNACION(I,T))<=DCOL\_MEN(K,T));

**! RESTRICCIONES DE COLABORADORES TECNICOS SERVICIO; Representada por la Ecuación 8.**

@FOR(COLABORADORES(K)|K #EQ# 5:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DCOL\_TECSEV\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #GE# 6 #AND# I #LE# 8:  
            CON\_COL(I,K)\*ASIGNACION(I,T))<=DCOL\_MEN(K,T));

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS BOX CAE; Representada por la Ecuación 9.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 1:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DREC\_BOXCAE\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #LE# 3:  
            CON\_REC(I,R)\*ASIGNACION(I,T))<=DREC\_MEN(R,T));

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS SALA DE PARTO; Representada por la Ecuación 10.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 2:  
    @FOR(PERIODOS(T):  
        @FOR(PRESTACIONES(I)|I #EQ# 8:[DREC\_SALAPARTO\_ROW]  
            CON\_REC(I,R)\*ASIGNACION(I,T))<=DREC\_MEN(R,T));

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS PABELLON QUIRURGICO; Representada por la Ecuación 11.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 3:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DREC\_PABQUIR\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #GE# 4 #AND# I #LE# 7:  
            CON\_REC(I,R)\*ASIGNACION(I,T))- EXTRA (R,T)<=DREC\_MEN(R,T));

**! HORAS EXTRA TOTALES POR MES DE PABELLON QUIRURGICO; Representada por la Ecuación 12.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 3:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DREC\_HEXTPAB\_ROW]  
        EXTRA(R,T)<=TOTAL\_EXTRA(R,T));

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS SALA OBSTETRICIA; Representada por la Ecuación 13.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 4:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DREC\_SALAOBST\_ROW]  
        @SUM(PRESTACIONES(I)|I #GE# 6 #AND# I #LE# 8:  
            CON\_REC(I,R)\*ASIGNACION(I,T))-EXTRA (R,T)<=DREC\_MEN(R,T));

**! HORAS CAMAS EXTRAS EN OBSTETRICIA; Representada por la Ecuación 14.**

@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 4:  
    @FOR(PERIODOS(T):[DREC\_HEXTSALA\_ROW]  
        EXTRA(R,T)<=TOTAL\_EXTRA(R,T));

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS SALA A.R.O.; Representada por la Ecuación 15.**

```
@FOR(RECURSOS(R))R #EQ# 5:
  @FOR(PERIODOS(T):
    @FOR(PRESTACIONES(I))I #EQ# 9:[DREC_SALAARO_ROW]
      CON_REC(I,R)*ASIGNACION(I,T)<=DREC_MEN(R,T))));
```

**! RESTRICCIONES DE RECURSOS SALA GINECOLOGÍA; Representada por la Ecuación 16.**

```
@FOR(RECURSOS(R))R #EQ# 6:
  @FOR(PERIODOS(T):[DREC_SALAGINE_ROW]
    @SUM(PRESTACIONES(I))I #GE# 4 #AND# I #LE# 5:
      CON_REC(I,R)*ASIGNACION(I,T)<=DREC_MEN(R,T))));
```

**! SOLO VALORES ENTEROS; Representada por la Ecuación 17.**

```
@FOR(PERIODOS(T):
@FOR(PRESTACIONES(I)): [ENTEROS_ROW]
@GIN(ASIGNACION(I,T)); @GIN(PENDIENTE(I,T))));
```

DATA:

**! IMPORTAR LA INFORMACION DESDE EXCEL; Se importan los conjuntos primarios y derivados definidos en los SETS.**

```
PRESTACIONES,COLABORADORES,RECURSOS,PERIODOS,INICIAL,DEMANDA,
MINIMO,DCOL_MEN,CON_COL,CON_REC,DREC_MEN,ESPERA,TOTAL_EXTRA=
@OLE('C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\DATOS.XLS',
'PRESTACIONES','COLABORADORES','RECURSOS','PERIODOS','INICIAL','DEMANDA',
'MINIMO','DCOL_MEN','CON_COL','CON_REC','DREC_MEN','ESPERA','TOTAL_EXTRA');
```

**! EXPORTAR INFORMACION A EXCEL; Se exporta a Excel los resultados del modelo de optimización.**

```
@OLE('C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\DATOS.XLS',
'ASIGNACION','PENDIENTE','EXTRA')=ASIGNACION,PENDIENTE,EXTRA;
ENDDATA
```

En cuanto a la validación del modelo se sigue lo establecido por Eppen *et al* (2000) quien señala que el sentido común por sí solo, no ofrece un camino científico para validar la construcción, por lo cual surgen métodos imperfectos de validación, por ejemplo, utilizar el modelo para predecir la historia. En efecto, si existe similitud entre los resultados de ambos, los del modelo y los de la historia, el modelo queda validado. Por último, se analiza el modelo y cualquier ventaja adicional en términos de mejores recomendaciones para la toma de decisiones es una evidencia del valor del mismo.

La información pertinente para la confección de los pronósticos y el modelo en sí, se encuentra en De la Fuente *et al* (2009) y fue validada en conjunto con los jefes de servicio, utilizándose estimaciones promedio del tiempo que requería cada tipo de colaborador para satisfacer la demanda de una prestación, como también estableciéndose la dócima de tipos de colaboradores por prestación.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este apartado se presentan los resultados finales de este trabajo. La tabla 2 recoge la información obtenida al aplicar el programa Crystal Ball Predictor 2000, el cual entrega la información con respecto al mejor modelo de pronósticos para cada familia por medio de series temporales.

**Tabla 2:** Resumen del mejor modelo por tipo de familia

Familia	Modelo	Parámetros			Theil's U	Estacionalidad	MAD
		Alfa	Beta	Gamma			
ENDO	Holt-Winters' Multiplicative	0,193	0,001	0,001	0,533	12 meses	24,942
OEXP	Holt-Winters' Multiplicative	0,114	0,001	0,001	0,803	24 meses	34,24
OPRO	Holt-Winters' Multiplicative	0,241	0,001	0,001	0,516	24 meses	23,264
CMAM	Holt-Winters' Multiplicative	0,17	0,001	0,001	0,481	24 meses	2,6199
CGIN	Holt-Winters' Multiplicative	0,556	0,001	0,001	0,641	24 meses	9,6303
ABOR	Holt-Winters' Multiplicative	0,001	0,001	0,001	0,502	24 meses	4,1959
CESA	Seasonal Multiplicative	0,251	XXXX	0,001	0,6	24 meses	8,2643
PNOR	Holt-Winters' Multiplicative	0,001	0,001	0,001	0,568	24 meses	10,455
A.R.O.	Factor ponderado	N/A	N/A	N/A	N/A	24 meses	N/A

La información de pronósticos obtenida al aplicar los modelos de la tabla 2, es validada por medio de la señal de rastreo y la prueba Theil's U y permite observar que los modelos pronostican certeramente la historia. Con tales modelos se confeccionan los pronósticos para el 2009, los cuales constituyen el insumo que alimenta al modelo de planificación agregada y junto con la información recabada acerca de la disponibilidad de los colaboradores y recursos, se ingresan desde Excel por medio de listas al algoritmo programado en LINGO 8.0, presentado anteriormente.

El resultado entregado por el software de optimización fue de 17.927 prestaciones a realizar durante el año 2009 y se utilizó un modelo de programación lineal entera, logrando con ello la solución global óptima en la iteración 258 de un modelo con un total de 288 variables (216 enteras) y 373 restricciones. La tabla 3, recoge las prestaciones a realizar por cada tipo de familia durante el 2009.

**Tabla 3:** Asignación óptima

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDO	352	284	414	391	371	352	397	354	351	358	353	341
OEXP	300	316	352	350	388	345	367	410	378	396	399	452
OPRO	283	214	287	323	285	296	307	252	288	323	271	261
CMAM	32	9	16	21	23	14	18	31	17	14	13	12
CGIN	106	56	104	93	86	104	90	87	96	94	117	91
ABOR	26	34	35	37	32	35	34	33	38	45	31	34
CESA	66	79	83	83	81	72	87	81	84	85	73	98
PNOR	169	175	175	167	178	168	177	190	181	187	192	196
A.R.O.	65	72	73	71	72	68	74	76	75	79	74	82

### Análisis de déficit y exceso de colaboradores

La tabla 4 entrega la información de consumo de horas mensuales de colaboradores médicos. Para satisfacer la demanda de las familias se utiliza en promedio un 61% del tiempo total, existiendo una holgura de 39%, equivalente a 723 horas mensuales en promedio. Dicha holgura se utiliza en procedimientos indirectos difíciles de programar, tales como la visita médica en sala, las ecografías, controles de consulta en C.A.E., atenciones A.R.O., otros exámenes ginecológicos y obstétricos, horas de capacitación, trabajo administrativo, permisos y vacaciones, además; la especialización de los médicos no hace recomendable destinarlos a otras unidades.

**Tabla 4:** Consumo en horas mensuales de colaboradores médicos.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ENDO</b>	205	166	242	228	216	205	232	207	205	209	206	199
<b>OEXP</b>	225	237	264	263	291	259	275	308	284	297	299	339
<b>OPRO</b>	208	157	210	237	209	217	225	185	211	237	199	191
<b>CMAM</b>	105	29	52	69	75	46	59	101	56	46	42	39
<b>CGIN</b>	284	150	279	249	230	279	241	233	257	252	313	244
<b>ABOR</b>	22	29	30	32	27	30	29	28	32	38	27	29
<b>CESA</b>	88	105	111	111	108	96	116	108	112	113	97	131
<b>TOTAL (1)</b>	1137	873	1187	1187	1157	1131	1177	1169	1157	1192	1184	1172
<b>DISPONIBLE (2)</b>	1819	1732	1905	1819	1689	1907	1993	1907	1907	1907	1907	1907
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	682	859	718	631	532	775	816	737	750	714	723	735
<b>% DE USO</b>	62%	50%	62%	65%	69%	59%	59%	61%	61%	63%	62%	61%

Por otra parte, la tabla 5 recoge la información referente al consumo en horas mensuales de los colaboradores técnicos C.A.E. En general la utilización de estos técnicos es alta en procedimientos directos, alcanzando en promedio un 63% del tiempo mensual total. El restante 37% equivale en promedio a 409 horas mensuales, en las cuales dichos técnicos deben realizar tareas tan diversas como: efectuar pesaje, control de cada uno de los pacientes y recopilar la información histórica de cada paciente, limpiar los boxes, lavar los materiales utilizados al finalizar la jornada, realizar diariamente el canje de material estéril en la unidad de esterilización, capacitación de pacientes, capacitación personal, permisos y vacaciones.

**Tabla 5:** Consumo en horas mensuales Colaboradores técnicos C.A.E.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ENDO</b>	205	166	242	228	216	205	232	207	205	209	206	199
<b>OEXP</b>	225	237	264	263	291	259	275	308	284	297	299	339
<b>OPRO</b>	208	157	210	237	209	217	225	185	211	237	199	191
<b>TOTAL (1)</b>	638	560	716	727	716	681	732	699	699	743	704	729
<b>DISPONIBLE (2)</b>	1109	1056	1162	1109	1003	1109	1162	1109	1109	1109	1109	1109
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	471	496	446	381	287	428	430	410	409	366	405	379
<b>% DE USO</b>	58%	53%	62%	66%	71%	61%	63%	63%	63%	67%	63%	66%

El consumo mensual en horas de las matronas C.A.E. es en promedio de un 21% del tiempo total, como se puede extraer de la tabla 6. La holgura promedio de 873 horas mensuales se debe a la baja intervención que tienen dichas matronas en procedimientos directos y a la gran carga de trabajo administrativo, entre los que se encuentran: traspaso de registro de pacientes a base de datos manuales, manejo de historial de pacientes: por fecha de citación y tipo de patología, entrega de unidades educativas por tipo de paciente (individualizadas), capacitación y vacaciones. Es recomendable realizar un estudio de clima organizacional para poder establecer la conformidad de estas personas en su puesto de trabajo.

**Tabla 6:** Consumo en horas mensuales colaboradores matronas C.A.E.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ENDO</b>	68	55	81	76	72	68	77	69	68	70	69	66
<b>OEXP</b>	75	79	88	88	97	86	92	103	95	99	100	113
<b>OPRO</b>	69	52	70	79	70	72	75	62	70	79	66	64
<b>TOTAL (1)</b>	213	187	239	242	239	227	244	233	233	248	235	243
<b>DISPONIBLE (2)</b>	1109	1056	1162	1109	1003	1109	1162	1109	1109	1109	1109	1109
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	896	869	923	866	764	882	918	876	876	861	874	866
<b>% DE USO</b>	19%	18%	21%	22%	24%	20%	21%	21%	21%	22%	21%	22%

Las matronas del servicio intervienen en sólo dos familias, y dicha intervención es puntual en el procedimiento directo, requiriéndose para ello, en promedio de un 9% del tiempo total mensual como se observa en la tabla 7. Este tipo de colaborador desempeña su mayor labor en procedimientos indirectos de gestión de cuidado, en los cuales desarrolla actividades de diversa índole tales como: visitar al paciente (tres veces al día), revisión mamaria, revisión uterina, loquios (pérdida por genitales después del parto), cuidado del recién nacido (color y aspectos de la piel, medir el tamaño de la cabeza, controlar la clavícula y las articulaciones, controlar los reflejos, control y análisis de deposiciones y orina), revisión de documentos (licencias médicas para las madres, confección del carnet de nacimiento de los recién nacidos), capacitación al alta (charla educativa individual al alta médica), horas de capacitación personal, permisos y vacaciones. Para todas estas actividades se dispone en promedio de 4.518 horas mensuales, lo que representa la holgura del recurso.

**Tabla 7:** Consumo en horas mensuales colaboradores matronas servicio.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CESA</b>	88	105	111	111	108	96	116	108	112	113	97	131
<b>PNOR</b>	338	350	350	334	356	336	354	380	362	374	384	392
<b>TOTAL (1)</b>	426	455	461	445	464	432	470	488	474	487	481	523
<b>DISPONIBLE (2)</b>	5060	4636	5124	4940	4932	4940	5124	5060	4940	5060	4940	5060
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	4634	4181	4663	4495	4468	4508	4654	4572	4466	4573	4459	4537
<b>% DE USO</b>	8%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	10%	10%	10%	10%	10%

El último tipo de colaborador que se define en este trabajo son las técnicas de servicio, las cuales tiene una tasa de utilización mensual promedio de un 14% en procedimientos directos relacionados con las familias tal como se desprende de la tabla 8 y el restante 86% de su tiempo mensual es utilizado en actividades indirectas, no menos importantes, ya que constituyen el último eslabón operativo de la estructura del servicio requiriendo un fuerte despliegue físico en su trabajo.

La holgura de horas mensuales promedio de dichos colaboradores alcanza a las 6.642 h. las que se utilizan para ejecutar las siguientes actividades: realizar ayudantía en todos los procedimientos indirectos efectuados tanto por los médicos como por las matronas dentro del servicio, cubrir el desplazamiento de los pacientes entre las subunidades al interior del hospital, tomar la presión y temperatura (mínimo tres veces al día) para todas las pacientes de ginecología y obstetricia, realizar aseos perineales (por fuera de la vagina), capacitación personal, permisos y vacaciones.

**Tabla 8:** Consumo en horas mensuales colaboradores técnicos servicios.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ABOR</b>	63	83	85	90	78	85	83	80	92	110	75	83
<b>CESA</b>	413	494	519	519	506	450	544	506	525	531	456	613
<b>PNOR</b>	423	438	438	418	445	420	443	475	453	468	480	490
<b>TOTAL (1)</b>	898	1014	1041	1026	1029	955	1069	1062	1070	1108	1012	1185
<b>DISPONIBLE (2)</b>	7823	7085	7841	7583	7786	7583	7841	7823	7583	7823	7583	7823
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	6925	6071	6800	6557	6757	6628	6772	6761	6513	6715	6571	6638
<b>% DE USO</b>	11%	14%	13%	14%	13%	13%	14%	14%	14%	14%	13%	15%

### Análisis de déficit y exceso de recursos físicos.

En cuanto a los recursos físicos definidos en este trabajo, la tabla 9 refleja el consumo de horas mensuales de boxes en el C.A.E. y se observa que la tasa de uso promedio de estas instalaciones, en relación a los procedimientos directos de las familias que ahí se prestan es de un 70% y el restante 30%, es decir, 310 horas mensuales en promedio, queda disponible en: demoras, limpiezas, calibración de equipos, trabajos administrativos y otros procedimientos médicos no computados como un procedimiento directo.

**Tabla 9:** Consumo en horas mensuales del box C.A.E.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ENDO</b>	205	166	242	228	216	205	232	201	205	209	206	199
<b>OEXP</b>	225	237	264	263	291	259	275	300	284	297	299	339
<b>OPRO</b>	208	157	210	237	209	217	225	177	211	237	199	191
<b>TOTAL (1)</b>	638	560	716	727	716	681	732	678	699	743	704	729
<b>DISPONIBLE (2)</b>	1008	960	1056	1008	912	1008	1056	1008	1008	1008	1008	1008
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	370	400	340	281	196	327	324	330	309	265	304	279
<b>% DE USO</b>	63%	58%	68%	72%	79%	68%	69%	67%	69%	74%	70%	72%

Como se observa en la figura 1, se dispone de dos salas de parto normal, las cuales son utilizadas 24 horas diarias, todos los días del año. La tabla 10 muestra el consumo en horas mensuales de sala de parto, y se aprecia que la tasa de uso promedio de dichas salas es de un 15%, con un exceso promedio de 85%, es decir 1.236 horas mensuales. Lo importante es destacar que la tasa de uso es óptima ya que únicamente se atienden los eventos puntuales del parto, y deben existir dos salas para no poner en riesgo la vida de las madres que se encuentren en trabajo de parto al mismo tiempo. Lo especializado de las salas de parto y la volatilidad del acto de parto normal hace difícil encontrar un uso alternativo de las horas de holgura, sin poner en riesgo el nivel de servicio interno de la unidad.

**Tabla 10:** Consumo en horas mensuales de la sala de parto normal.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>PNOR</b>	211	219	219	209	223	210	221	238	226	234	240	245
<b>TOTAL (1)</b>	211	219	219	209	223	210	221	238	226	234	240	245
<b>DISPONIBLE (2)</b>	1488	1344	1488	1440	1488	1440	1488	1488	1440	1488	1440	1488
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	1277	1125	1269	1231	1266	1230	1267	1251	1214	1254	1200	1243
<b>% DE USO</b>	14%	16%	15%	14%	15%	15%	15%	16%	16%	16%	17%	16%

El pabellón quirúrgico es una unidad que generalmente presenta dificultades en los hospitales según lo expresa Jansson (2000), Este caso en particular, no es la excepción e históricamente ha presentado un lastre para las familias de cirugía de la unidad en estudio, es por tal razón que

en este trabajo se presume la existencia durante todo el 2009 de 280 horas extra mensuales de dicha unidad que serían compensadas con la construcción del nuevo pabellón en estudio de edificación.

La tabla 11 muestra que la actual disponibilidad (sólo usando lo que cede el pabellón central) entrega un déficit promedio de 272 horas mensuales, lo que como ya se explicó ha llevado a los médicos a incurrir en una riesgosa práctica. El nuevo pabellón de la unidad dispone, en horario normal, de 180 horas de trabajo mensuales y las otras 100 pueden ser extraídas por dos medios: 1) compras de servicio, y 2) uso del pabellón de urgencia de la unidad en una tasa notoriamente inferior a la que se usa hoy en día. Se recomienda el uso de la primera alternativa, pero todo depende del presupuesto disponible para realizar las actividades. Con las 284 horas extra mensuales se obtiene una tasa de uso promedio de 97%, y una holgura promedio mensual de 12 horas. El pabellón quirúrgico se constituye por tal motivo en el cuello de botella y toda la unidad debe programarse en base a los requerimientos del pabellón.

**Tabla 11:** Consumo en horas mensuales del pabellón quirúrgico.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CMAM</b>	68	19	34	45	49	30	38	66	36	30	28	26
<b>CGIN</b>	194	103	191	171	158	191	165	160	176	172	215	167
<b>ABOR</b>	35	46	47	50	43	47	46	45	51	61	42	46
<b>CESA</b>	121	145	152	152	149	132	160	149	154	156	134	180
<b>TOTAL (1)</b>	419	313	424	417	398	400	409	419	418	419	418	418
<b>DISPONIBLE (2)</b>	135	128	141	135	122	135	141	135	135	135	135	135
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	-284	-184	-283	-283	-276	-265	-268	-284	-283	-284	-283	-283
<b>HRS. EXTRA PAB.</b>	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
<b>NUEVA HOLGURA</b>	0,17	99,85	1,07	1,45	7,59	19,09	16,49	0,19	1,30	0,09	0,95	0,87
<b>% DE USO</b>	100%	76%	100%	100%	98%	95%	96%	100%	100%	100%	100%	100%

En la tabla 12 se observa el consumo en horas mensual de camas de las salas de recuperación ubicadas en el ala de obstetricia de la unidad. La tasa de uso promedio mensual es de 94%, pero algunos meses se ha llegado a superar el 100%. Para evitar que dos madres usen la misma cama se arman camas anexas, lo que entrega holgura al recurso.

**Tabla 12:** Consumo en horas mensuales de la sala de recuperación obstétrica.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ABOR</b>	1040	1360	1400	1480	1280	1400	1360	1320	1520	1800	1240	1360
<b>CESA</b>	3696	4424	4648	4648	4536	4032	4872	4536	4704	4760	4088	5488
<b>PNOR</b>	15210	15750	15750	15030	16020	15120	15930	17100	16290	16830	17280	17640
<b>TOTAL (1)</b>	19946	21534	21798	21158	21836	20552	22162	22956	22514	23390	22608	24488
<b>DISPONIBLE (2)</b>	23808	21504	23808	23040	23808	23040	23808	23808	23040	23808	23040	23808
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	3862	-30	2010	1882	1972	2488	1646	852	526	418	432	-680
<b>HRS. EXTRA AN.</b>	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	680
<b>NUEVA HOLGURA</b>	3862	0	2010	1882	1972	2488	1646	852	526	418	432	0
<b>% DE USO</b>	84%	100%	92%	92%	92%	89%	93%	96%	98%	98%	98%	100%

El estándar de utilización de camas es entre un 75% y 85%, ya que de ser inferior a 75% se habla de subutilización del recurso y en caso de sobre utilización el fenómeno toma el nombre de "cama caliente", ya que impide la ventilación normal de la cama entre paciente y paciente. En la tabla 12 se observa un notorio exceso en la utilización, lo que debería ser objeto de análisis para los responsables de la unidad.

La tabla 13 refleja el consumo de horas mensuales de las camas de la sala A.R.O., consumo que está en directa relación con el porcentaje de mujeres que presentan complicaciones durante su embarazo, y que se ha estimado en un 25% de las mujeres embarazadas. La tasa de uso promedio de las camas de la sala A.R.O. es de 45% y existe una holgura de 6.394 horas promedio mensual. Se recomienda mantener un estándar de 75% para esta prestación, lo que implica que con la actual demanda se debería disponer de 7.870 horas cama, en orden de disminuir la holgura promedio a 25% y liberar alrededor de 4.050 horas mensuales las que complementarían la oferta de camas de recuperación obstétrica.

**Tabla 13:** Consumo en horas mensuales de la sala A.R.O.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>A.R.O.</b>	4680	5184	5256	5112	5184	4896	5328	5472	5400	5688	5328	5904
<b>TOTAL (1)</b>	4680	5184	5256	5112	5184	4896	5328	5472	5400	5688	5328	5904
<b>DISPONIBLE (2)</b>	11904	10752	11904	11520	11904	11520	11904	11904	11520	11904	11520	11904
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	7224	5568	6648	6408	6720	6624	6576	6432	6120	6216	6192	6000
<b>% DE USO</b>	39%	48%	44%	44%	44%	43%	45%	46%	47%	48%	46%	50%

La tabla 14 presenta el consumo promedio de camas del área obstétrica de la unidad, el cual es de 78%. Si se analiza en forma agregada dicha tasa de uso está en conformidad con el estándar y las estadísticas del hospital, pero como se ha demostrado, dicho análisis puede inducir a error ya que la distribución real de la utilización de camas de la unidad es notoriamente diferente en este aspecto.

**Tabla 14:** Tasa de uso total de camas de la unidad obstétrica.

<b>% DE USO</b>	69%	83%	76%	76%	76%	74%	77%	80%	81%	81%	81%	85%
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Para finalizar, la tabla 15 muestra la información pertinente al consumo en horas camas mensuales de la sala de ginecología de la unidad. Se observa que el consumo promedio es de 70%, lo que indica una leve subutilización del recurso, pero si la demanda de cirugías ginecológicas y mamarias es superior a lo pronosticado, esa pequeña subutilización sería cubierta de inmediato. En un momento se pensó disminuir el número de camas del área ginecológica ya que existe una tasa de utilización del orden del 50%, pero al incrementar la capacidad de resolución de patologías por medio de las nuevas horas del pabellón quirúrgico se genera un efecto dominó que incrementa instantáneamente la tasa de utilización de dichas camas.

**Tabla 15:** Consumo en horas mensuales de la sala ginecológica.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>CMAM</b>	2304	648	1152	1512	1656	1008	1296	2232	1224	1008	936	864
<b>CGIN</b>	7632	4032	7488	6696	6192	7488	6480	6264	6912	6768	8424	6552
<b>TOTAL (1)</b>	9936	4680	8640	8208	7848	8496	7776	8496	8136	7776	9360	7416
<b>DISPONIBLE (2)</b>	11904	10752	11904	11520	11904	11520	11904	11904	11520	11904	11520	11904
<b>HOLGURA (2)-(1)</b>	1968	6072	3264	3312	4056	3024	4128	3408	3384	4128	2160	4488
<b>% DE USO</b>	83%	44%	73%	71%	66%	74%	65%	71%	71%	65%	81%	62%

## DISCUSIÓN FINAL

Un requerimiento esencial para generar una estructura de planificación agregada es la coordinación requerida para calzar la oferta y la demanda, y su respectivo nivel de agregación para poder comprender adecuadamente el flujo de pacientes. La unidad de ginecología y obstetricia adolece de carencia de un sistema de registro que permita determinar la demanda



real, ya que únicamente disponen de la información histórica de la oferta entregada. Se recomienda realizar investigación aplicada dentro de la unidad para desarrollar un sistema de pronóstico que genere información más exacta para alimentar el modelo.

Mediante la agregación de familias de prestaciones médicas se estableció el primer paso para desarrollar el modelo de planificación agregada en dicho servicio. Se aconseja que los directivos del recinto hospitalario extrapolen esta aplicación a los otros servicios dentro del Hospital. Además, el modelo identifica, con datos empíricos, la existencia de dos cuellos de botella al interior de la unidad, el primero de ellos el pabellón quirúrgico, al cual se le deben agregar horas adicionales para poder cumplir con un nivel de servicio mínimo establecido (esto hecho le permite al jefe de la unidad poder reafirmar su proyecto de agregar un pabellón para operaciones programadas). El segundo cuello que el modelo identifica, y se reafirma por medio de la observación directa en las salas de recuperación obstétrica, es la sobre utilización de las camas de dichas salas, lo que hoy en día lleva a replantearse la posibilidad de utilizar la holgura disponible en las salas de A.R.O.

El modelo también muestra que la utilización del recurso salas ginecológicas, está muy cerca del rango de uso óptimos (75%-85%), situación que antes de la confección del mismo no se apreciaba claramente. Este fenómeno llevó a los jefes de la unidad a pensar en reducir el número de camas disponibles en dichas salas, pero la información generada en esta investigación determinó que no es conveniente realizar dicha reducción ya que al agregar más horas de cirugía programada la tasa de utilización de dicho recurso aumenta.

Se recomienda a los jefes de servicio que la programación de corto plazo del pabellón debe tener como prioridad la asignación de los colaboradores que intervienen en los procedimientos quirúrgicos, ya que el costo social por hora de pabellón quirúrgico perdida es muy alto para la unidad. Además, según lo expresa Eppen *et al* (2000), la validación de un modelo está en directa relación en cuan bien refleje la historia y cómo los usuarios al interpretar su información pueden reafirmar o mejorar una decisión. Como ya se señaló en los párrafos precedentes los jefes del servicio validaron el modelo como una representación de la realidad porque reafirma empíricamente lo que ellos observaban día a día.

Un problema que se identifica en ésta investigación, y que frena el desarrollo de modelos como éste, en el sector de la salud, es la carencia del conocimiento técnico necesario para formular, modificar y sostener a través del tiempo un modelo de optimización matemático, que además esta decir, generalmente genera resistencia por su elevado nivel de sofisticación. También, el diseño de un adecuado sistema de costeo ayudaría a mejorar el modelo ya que se puede así incorporar un mayor número de variables y generar una función objetivo que maximizara los beneficios o minimizara los costos totales, respetando un cierto nivel de servicio para cada una de las prestaciones, ya que a fin de cuentas la fortaleza del algoritmo que se presenta en este trabajo es entregar una estructura general que requiere modificar solamente algunas ecuaciones y estará listo para ser utilizado, de acuerdo a la situación del momento.

Para finalizar, la visión sistémica entregada por un modelo de planificación agregada abre un campo de análisis muy interesante para el ingeniero industrial en el ámbito de las instituciones de salud, ya que permite aplicar herramientas probadas y validadas durante muchos años en la industria a un campo nuevo y fértil como lo es la administración en el área de la salud. También, dentro del transcurso de esta investigación, fue posible apreciar que muchas de las restricciones a las que se ven enfrentadas las personas al interior de los servicios, en este caso el de ginecología y obstetricia son más bien políticas o procedimentales que físicas, y que dichas políticas y procedimientos raramente son modificadas cuando el ambiente cambia.

## REFERENCIAS

- Albornoz, V., & Contesse, L. (1999).** Modelos de optimización robusta para un problema de planificación agregada de la producción bajo incertidumbre en las demandas, *Investigación Operativa*, 7(3); 1-15.
- Anthony, R. (1965).** *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*, USA, First Edition, Harvard University Press, 180 p.
- Bitran, G., & Hax, A. (1977).** On the Design of Hierarchical Production Planning Systems, *Decision Sciences*, 8 (1); 28 - 55
- Bitran, G., & Tirupati, D. (1989).** Hierarchical Production Planning, Working paper (Sloan School of Management); 3017-89.
- Blake, J., & Carter M. W. (2003).** Physician and hospital funding options in public system with decreasing resources, *Socio-Economic Planning Sciences*, 37; 45 – 68.
- Blake, J., & Carter, M. (2002).** A Goal Programming Approach to Strategic Resource allocation in acute care hospitals, *European Journal of Operational Research*, 140; 541 – 561.
- Blake, J., & Donald, J. (2002).** Mount Sinai hospital uses integer programming to allocate operating room time, *Interfaces*, 32(2); 63-73
- Bretthauer, K. M., & Murray, J. C. (1998).** A Model for Planning Resource Requirements in Health Care Organizations, *Decision Sciences*, 29(1); 243 – 260.
- Castro, R. (2007a).** Salud: ¿Qué está pasando con la productividad?, *Temas Públicos*, Instituto Libertad y Desarrollo, N° 835.
- Castro, R. (2007b).** Marcando el paso en salud, *Diario Financiero*, Santiago, Chile, 22 Enero, Mirada Pública, 18.
- Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, F. (2000).** *Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios*, México, Octava edición, McGraw-Hill, Cap. 13-14.
- Corominas, A., Lusa, A. & Boiteux, O. (2007).** Estado del arte sobre planificación agregada de la producción, Presentación doctoral Universidad Politécnica de Cataluña.
- De La Fuente, R., & Santelices, I. (2009).** Diseño de un modelo de planeación agregada para las prestaciones médicas en el hospital Herminda Martín de Chillán, caso de estudio: servicio de ginecología y obstetricia. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del BíoBío. Departamento Ingeniería Industrial. Concepción, Chile, Junio 2009.
- Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J., & Weatherford, L. (2000).** Investigación de operaciones en la ciencia administrativa, México, Quinta edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Cap. 1-2.
- Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2004).** Concepts of advanced planning systems.
- Hax, A., & Meal, H. (1973).** Hierarchical Integration of Production Planning and Scheduling, Working paper. *Sloan School of Management*; 656-73.
- Heizer, J., & Render, B. (2004).** *Principios de administración de operaciones*, México, Quinta edición, Pearson Education, 704p.

**Jansson, A. (2000).** Optimización del proceso de cirugía en hospitales públicos. Una aplicación de la modelación de matemática entera en la prestación de atenciones quirúrgicas en el hospital el salvador, Santiago de Chile. *Pharos*, 7(1); 31-62.

**Keown, A. J., & Martin J. D. (1976).** An integer goal programming model for capital budgeting in hospitals, *Financial Management*, JSTOR, 28-35.

**Kwak, N.K., & Lee, CH. (1997).** A linear goal programming model for human resource allocation in health-care organization, *Journal of Medical Systems*, 21(3); 129-140.

**Lave, J., Lave, L., & Leinhardt, S. (1974).** Medical manpower models: need, demand, and supply. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1974. <http://www.rand.org/pubs/reports/R1481>. (online September, 2010)

**Ogulata, S., & Erol, R. (2003).** A hierarchical multiple criteria mathematical programming approach for scheduling general surgery operation in large hospitals, *Journal of Medial Systems*, 27(3);259 – 270.

**Rifai, A. K., & Pecenka, J. O. (1989).** An Application of Goal Programming in Healthcare Planning, *International Journal of Operations and Production Management*, 10(3); 28 – 37.

**Schroeder, R. (2005).** Administración de operaciones: casos y conceptos contemporáneos, México, Primera edición en español, McGraw-Hill, 601p.

**Vissers, J. (1998).** Health care management modelling: a process perspective, *Health Care Management Science*, 1; 77-85.

**Widiarta, H., Viswanathan, S., & Piplani, R. (2008).** An analytical evaluation of top-down versus bottom-up forecasting in a production planning framework, *IMA journal of management mathematics*. vol. 19 (2); 207-218