

Universidad del Bío-Bío
Facultad de Ingeniería
Depto. Ingeniería Industrial

Profesor Guía:
Sr. Iván Santelices Malfanti.



DISEÑO DE UN MODELO DE PLANEACIÓN AGREGADA
PARA LAS PRESTACIONES MÉDICAS EN EL HOSPITAL
CLÍNICO HERMINDA MARTÍN DE CHILLÁN.
CASO DE ESTUDIO: SERVICIO DE GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA.

TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS
REQUISITOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL,
MENCION GESTIÓN DE OPERACIONES.

02 de Junio de 2009

Rodrigo A. De la Fuente Gallegos.

Dedicatoria

A mis Padres.

¡Actúa en vez de suplicar. Sacrificate sin esperanza de gloria ni recompensa!

Si quieres conocer los milagros, hazlos tú antes.

Sólo así podrá cumplirse tu peculiar destino.

Ludwig van Beethoven (1770-1827) Compositor y músico alemán.

Agradecimientos.

A mi hermano Fabián por su amistad y agradable compañía durante todos estos años y a su apoyo durante este trabajo de titulación.

A la familia Saavedra Molina por su inmensa ayuda durante estos años de estudio en la ciudad de Concepción, en especial a Mariela Saavedra por su cariño, dedicación y apoyo incondicional.

A Luís San Martín por su abierta disposición a aplicar nuevas metodologías al interior del Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán. A Patricio Bertoglia por su disposición al ceder tanto su tiempo como la información relacionada a su unidad de de ginecología y obstetricia. A la Sra. Ana María Sanhueza, por las horas de dedicación entregadas para poder lograr una comprensión acabada de la unidad bajo estudio.

A Iván Santelices por los consejos y enfoques entregados durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

A Claudio Ávila y a Jorge Saavedra por su tremendo aporte en la recopilación de la información bibliográfica que soporta este trabajo, ya que sin ellos, no se habría alcanzado ni un tercio de la profundidad metodológica aquí presentada.

A Miguel Reyes por su importante ayuda en la confección de los planos de la unidad.

Resumen.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la aplicabilidad de un modelo de planificación agregada en el campo de las organizaciones de salud. El modelo fue desarrollado para ser aplicado en el servicio de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán.

Se desarrolló una exhaustiva investigación bibliográfica la que permitió sustentar los procedimientos realizados al momento de aplicar el caso de estudio. Dicha investigación permitió identificar los modelos de pronósticos que se han utilizado para pronosticar la demanda en este tipo de problemas, siendo éstos primordialmente modelos de series de tiempo, ya que no agregan una excesiva dificultad matemática para ser manejados por los tomadores de decisiones y además son fáciles de entender. Por otra parte la investigación permitió tanto comprender el criterio utilizado para agregar los servicios dentro de familias de servicios, como establecer el mejor modelo para desarrollar la planificación agregada de una unidad hospitalaria, que no fue otro que el uso de la programación lineal, más específicamente la programación lineal entera.

Durante el transcurso de la investigación se recolectaron los datos necesarios para poder confeccionar el caso de estudio, lo que no estuvo exento de problemas, debido a un manejo inadecuado de la información en el recinto hospitalario y en otros casos, derechamente por la inexistencia de estándares.

Para poder cumplir el objetivo del estudio se debió confeccionar un modelo algebraico de optimización que contiene 288 variables de decisión, de las cuales 216 son enteras, y 373 restricciones, lo que hizo inmanejable la posibilidad de solucionarlo por un método poco sofisticado. Teniendo en cuenta este nuevo problema se debió proceder a confeccionar un algoritmo en LINGO 8.0. el cual permitió obtener una solución óptima del modelo.

Se procedió a agregar 54 prestaciones realizadas por la unidad, en solo nueve familias, de las cuales ocho eran prestaciones médicas directas y una de ellas era de gestión de cuidado de pacientes de alto riesgo. Una vez que se dispuso de las familias los pronósticos fueron confeccionados por medio de series de tiempo tal como lo señalaba la investigación bibliográfica, siendo el modelo más utilizado el de Holt-Winter, (siete de los nueve pronósticos), lo que se debe a la existencia de una mayor cantidad de parámetros dentro de este modelo.

Con dicha información se alimentó el modelo, en cuanto a lo que a demanda se refiere. La información de los demás parámetros se obtuvo por medio de la comunicación directa con los jefes de la unidad, los que entregaron su conformidad con los parámetros, ya que a su juicio representaban la realidad.

Los resultados obtenidos vinieron a confirmar empíricamente lo que los jefes de la unidad veían todos los días, la existencia de dos cuellos de botella en la unidad, la unidad de pabellón quirúrgico y las salas de recuperación obstétrica, ya que en el análisis de holguras, estas unidades arrojaron déficit de recurso, lo que llevó a ingresar al modelo algunas horas extra para dichas unidades, logrando también con esto hacer el modelo más real, ya que en la práctica se utilizaban indebidamente recursos extra para cubrir dichas carencias de horas.

Se terminó concluyendo que la aplicación de un modelo de planificación agregada en este servicio contribuye a generar una óptima asignación de personal y utilización de recursos, ya que por medio de su visión agregada el modelo permitió a los jefes de la unidad obtener la visión general tanto de la utilización, expresada en horas, de los colaboradores como de los recursos físicos, lo que les ayudó a reafirmar algunas decisiones y a replantearse otras.

Índice de Contenido.

Capítulo 1: Antecedentes generales de la investigación.	2
1.1 Introducción	2
1.2 Origen del tema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos del estudio.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Alcances o ámbitos del estudio.....	4
1.6 Metodología propuesta.	5
Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red.	8
2.1 El clásico problema de los establecimientos de salud.	8
2.2 El sistema de salud Chileno.....	11
2.3 La red asistencial hospitalaria y el sistema de autogestión en red.	13
Capítulo 3: Construcción de un modelo de planeación agregada, una revisión bibliográfica.	22
3.1 Modelación en Ingeniería.....	22
3.1.1 Tipos de modelos.....	22
3.1.2 El uso de modelos en la empresa.....	23
3.1.3 Ciclos en la construcción de modelos.....	24
3.1.4 Cuestiones relacionadas con los datos del modelo.	26
3.1.5 Validación del modelo.....	27
3.2 Modelos aplicados a la planificación de operaciones.....	27
3.2.1 Noción general de la planificación.....	27
3.2.2 Estructura jerárquica de la planificación.....	30
3.2.3 Opciones de toma de decisiones	34
3.2.4 Estrategias para la planificación agregada	36
3.2.5 Costos pertinentes de la planificación agregada.....	38
3.2.6 Modelos de pronósticos.	39
3.2.6.1 Modelos cualitativos de pronóstico.	41

3.2.6.2	Modelos cuantitativos de pronóstico.....	42
3.2.6.2.1	Métodos causales.....	42
3.2.6.2.2	Métodos de series de tiempo.....	43
3.2.6.3	Errores en la proyección y cómo medirlos.....	50
3.2.7	Métodos de planificación agregada propuestos.....	54
3.2.7.1	Modelos de comparación de alternativas.....	54
3.2.7.2	Modelos que utilizan reglas de decisión.....	55
3.2.7.3	Modelos basados en programación lineal.....	57
Capítulo 4: Caso de estudio: Servicio de ginecología y obstetricia		62
4.1	Agrupación de familias.....	62
4.2	Generación de pronósticos	66
4.2.1	Pronósticos procedimientos endoscópicos.....	67
4.2.2	Pronóstico otras exploraciones	68
4.2.3	Pronósticos otros procedimientos.....	70
4.2.4	Pronósticos cirugía a la mama.....	72
4.2.5	Pronósticos cirugía ginecológica.....	74
4.2.6	Pronósticos aborto.....	76
4.2.7	Pronósticos operación cesárea.....	77
4.2.8	Pronósticos parto normal.....	79
4.3	Generación del modelo	80
4.3.1	Definición de variables y parámetros del modelo.....	81
4.3.2	Información pertinente para la confección del modelo.....	83
4.3.3	Confección algebraica del modelo.....	85
4.3.4	Programación del modelo algebraico en software especializado.....	88
4.4	Recolección de datos.....	91
4.5	Interpretación de resultados.....	95
4.5.1	Resultado de variables.....	96
4.5.2	Análisis de déficit y exceso de colaboradores.....	99
4.5.3	Análisis de déficit y exceso de recursos físicos.....	103

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones.	109
5.1 Recomendaciones para próximas investigaciones.	109
5.2 Conclusiones	111
Anexo A: Demanda histórica por familia de prestaciones.	114
Anexo B: Pronósticos por familia de prestaciones.	118
Anexo C: Guía de usuario LINGO 8.0.	119
Anexo D: Guía de usuario Crystal Ball Predictor.....	127
Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.	132
Anexo F: Planos del servicio de ginecología y obstetricia.....	141
Anexo G: información detallada para el modelo.....	143
Bibliografía.	150

Índice de Figuras.

Figura 2. 1: Demanda, necesidades y provisión de servicios.....	9
Figura 2. 2: Modelo de proceso de un sistema de cuidado de salud.....	10
Figura 2. 3: Esquema general del sistema de salud Chileno.	11
Figura 2. 4: Esquema de la red asistencial de salud Chilena.....	13
Figura 3. 1: Papel del juicio en el proceso de construcción del modelo.	24
Figura 3. 2: Ciclos en la construcción de modelos.	25
Figura 3. 3: Planificación con horizonte rodante.....	29
Figura 3. 4: Visión general de las actividades de planificación de operaciones.	30
Figura 3. 5: Proceso de planificación jerárquica.	31
Figura 4. 1: Pronósticos de procedimientos endoscópicos.	67
Figura 4. 2: Señal de rastreo para procedimientos endoscópicos.....	68
Figura 4. 3: Pronósticos otras exploraciones.....	69
Figura 4. 4: Señal del rastreo para otras exploraciones	70
Figura 4. 5: Pronóstico otros procedimientos	71
Figura 4. 6: Señal de rastreo otros procedimientos.....	72
Figura 4. 7: Pronósticos cirugía a la mama	73
Figura 4. 8: Señal de rastreo cirugía a la mama.....	74
Figura 4. 9: Pronósticos cirugía ginecológica.....	74
Figura 4. 10: Señal de rastreo cirugía ginecológica.	75
Figura 4. 11: Pronósticos aborto.	76
Figura 4. 12: Señal de rastreo aborto.....	77
Figura 4. 13: Pronósticos operación cesárea.	77
Figura 4. 14: Señal de rastreo operación cesárea.....	78
Figura 4. 15: Pronósticos parto normal.	79
Figura 4. 16: Señal de rastreo parto normal.....	80

Índice de Tablas.

Tabla 2. 1: Listado de Hospitales Autogestionados en Red.	15
Tabla 2. 2: Resumen de porcentajes de ponderación de acápite.	20
Tabla 3. 1: Usos y métodos de pronósticos en operaciones.	40
Tabla 3. 2: Interpretación estadístico Theil's U	53
Tabla 4. 1: Agrupación de prestaciones en la familia Endoscopias.....	63
Tabla 4. 2: Agrupación de prestaciones en la familia Otras Exploraciones	63
Tabla 4. 3: Agrupación de prestaciones en la familia Otros Procedimientos.....	64
Tabla 4. 4: Agrupación de prestaciones en la familia Cirugía de la Mama.	64
Tabla 4. 5: Agrupación de prestaciones en la familia Cirugía Ginecológica.	64
Tabla 4. 6: Agrupación de prestaciones en la familia Aborto.....	65
Tabla 4. 7: Agrupación de prestaciones en la familia Cesárea.....	66
Tabla 4. 8: Agrupación de prestaciones en la familia Parto Normal	66
Tabla 4. 9: Resumen de estadísticas para procedimientos endoscópicos.	68
Tabla 4. 10: Resumen de estadísticas para otras exploraciones.	69
Tabla 4. 11: Resumen de estadísticas para otros procedimientos.	71
Tabla 4. 12: Resumen de estadísticas para cirugía a la mama.....	73
Tabla 4. 13: Resumen de estadísticas para cirugía ginecológica.....	75
Tabla 4. 14: Resumen de estadísticas para aborto.	76
Tabla 4. 15: Resumen de estadísticas para operación cesárea.....	78
Tabla 4. 16: Resumen de estadísticas para parto normal.	79
Tabla 4. 17: Resumen de elementos de planificación	81
Tabla 4. 18: Conjuntos primitivos y derivados.	82
Tabla 4. 19: Pronósticos por familia de prestaciones para el año 2009.	92
Tabla 4. 20: Requerimientos de personal médico por familia.....	93
Tabla 4. 21: Disponibilidad mensual de colaboradores.	93
Tabla 4. 22: Requerimientos de recursos físicos por familia.	93
Tabla 4. 23: Disponibilidad mensual de recursos físicos.....	94
Tabla 4. 24: Nivel de servicio mínimo por familia de prestaciones.	94
Tabla 4. 25: Disponibilidad extra de recursos físicos.	95
Tabla 4. 26: Asignación óptima.	97
Tabla 4. 27: Demanda diferida.	98
Tabla 4. 28: Requerimientos extra de recursos físicos.....	99
Tabla 4. 29: Consumo en horas mensuales de colaboradores médicos.	100
Tabla 4. 30: Consumo en horas mensuales Colaboradores técnicos C.A.E.	100
Tabla 4. 31: Consumo en horas mensuales colaboradores matronas C.A.E.	101
Tabla 4. 32: Consumo en horas mensuales colaboradores matronas servicio.	102
Tabla 4. 33: Consumo en horas mensuales colaboradores técnicos servicios.	102
Tabla 4. 34: Consumo en horas mensuales del box C.A.E.	103
Tabla 4. 35: Consumo en horas mensuales de la sala de parto normal.....	104
Tabla 4. 36: Consumo en horas mensuales del pabellón quirúrgico.	105

Tabla 4. 37: Consumo en horas mensuales de la sala de recuperación obstétrica..	105
Tabla 4. 38: Consumo en horas mensuales de la sala A.R.O.....	106
Tabla 4. 39: Tasa de uso total de camas de la unidad obstétrica.....	106
Tabla 4. 40: Consumo en horas mensuales de la sala ginecológica.....	107



Capítulo 1:

Antecedentes generales de la investigación.



Capítulo 1: Antecedentes generales de la investigación.

1.1 Introducción.

La salud pública es una de las áreas de desarrollo prioritario para el país, ya que en ella se ha invertido con un incremento consistente, cada año, desde los gobiernos de la Concertación. Se han garantizado un conjunto de patologías dentro del programa AUGE, se han desarrollado política que permitan generar un mayor número de especialistas, se ha creado una superintendencia de salud y se ha establecido el carácter de hospitales autogestionados en red, entre otras cosas. Todo lo anterior con el ánimo de hacer más competitiva la salud pública, en relación a la proliferación de instituciones privadas, que al perseguir sus propietarios un fin de lucro, han logrado establecer modelos administrativos mucho más parecidos a los de empresas que operan en entornos competitivos que lo que ha hecho el sistema público que soporta un modelo más parecido a la administración del estado, y debe dar cabida a la mayor porción de la población de nuestro país.

En base a lo señalado en el párrafo precedente se pretende con este trabajo de titulación contribuir al desarrollo de modelos de planificación, de mediano plazo, al interior de hospitales públicos. Se utiliza como caso base de este estudio la unidad de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán, en la cual se aplicará un modelo de planificación agregada, que permita determinar si es posible establecer un nexo entre el nivel estratégico y el nivel táctico.

La información pertinente para la construcción de este modelo se obtendrá de la experiencia de los profesionales que han operado el sistema durante los últimos años y se articulará por medio de un modelo matemático programado en un software especializado que permitirá entregar una solución óptima.

Se espera que la conclusión sea favorable en relación a la factibilidad de construir modelos de planificación de mediano plazo en hospitales de la red asistencial, ya que ello permitiría mejorar ostensiblemente su gestión.

1.2 Origen del tema

La propuesta de investigación nace para contribuir al mejoramiento de la gestión de las instituciones de salud de nuestro país. El establecimiento objeto de estudio en esta propuesta de tesis es el Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán al cual se le aplicarán las herramientas aprendidas durante el transcurso de la carrera en un problema real de planificación agregada. En este caso, el tema fue expuesto tanto al subdirector administrativo del Hospital Clínico Herminda Martín, Ing. Luís San Martín Hermosilla, como al académico Ing. Iván Santelices Malfanti, recibiendo de parte de ambos aceptación e interés.

1.3 Justificación

La salud pública, hoy en día, es una de las principales prioridades del gobierno y ante la inminente entrada en régimen del sistema de autogestión Hospitalaria, surge la necesidad de aplicar sofisticadas herramientas del ámbito de la Ingeniería Industrial, que permita a los directivos de alto nivel, mejorar su gestión por medio de una eficiente asignación de recursos. El nivel de profesionales administrativos en las instituciones de salud pública de nuestro país es muy reducido, lo que dificulta la aplicación de dichas herramientas de gestión e investigación de operaciones dentro de estos. El Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán es una de las excepciones a la regla, se ha profesionalizado fuertemente en los últimos años, pero dicha profesionalización primordialmente ha alcanzado al área administrativa-contable, no así a la de operaciones, por lo que no ha dado pie al diseño de un modelo de planeación agregada de recursos hospitalarios.

El desarrollo del modelo de planeación agregada daría al Hospital una nueva herramienta para la planificación de operaciones, como también, podría constituirse en un adecuado mecanismo de aprendizaje, gracias a su enfoque agregado de comprensión de la organización. Al desarrollar un modelo de planificación agregada, se pretende mejorar la asignación del personal de salud, lo que inminentemente ayudaría a la administración del Hospital a enfrentar de mejor forma, tanto, el

proceso de autogestión impuesto por el gobierno como el cumplimiento de los niveles de servicio adecuados para satisfacer los requerimientos de salud de la comuna de Chillán y la provincia de Ñuble en general.

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 Objetivo general.

Mejorar la gestión de operaciones del servicio de Ginecología y Obstetricia del Hospital clínico Hermina Martín de Chillán, por medio del desarrollo de un modelo de planificación agregada para la prestación de servicios médicos ofrecidos por dicha unidad, que pueda ser contratado con el modelo actualmente imperante.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Realizar una revisión bibliográfica de los modelos de planeación agregada aplicados en el ámbito del sector salud.
- Establecer un modelo de pronóstico adecuado para proyectar la demanda de servicios médicos.
- Desarrollar un modelo de planeación agregada de servicios médicos con datos empíricos recolectados en el Hospital.
- Diseñar indicadores que permitan determinar la aplicabilidad del modelo.
- Concluir sobre la aplicabilidad de los modelos de planeación agregada en la salud.

1.5 Alcances o ámbitos del estudio.

Este estudio busca ser desarrollado dentro del tiempo límite dispuesto por la dirección de departamento de Ingeniería Civil Industrial, el que asciende a un semestre académico. Su ámbito de desarrollo contiene la investigación bibliográfica de fuentes de alto nivel, que permitan tener una visión amplia del tema en cuestión,

la recolección de información en el Hospital de Chillán y la confección del o los modelos, y su posterior corrida con un software especializado.

En un sentido global se logrará:

- Bases teóricas de la planificación agregada.
- Generación de familias de servicios médicos del servicio de Ginecología y Obstetricia.
- Generación de un modelo matemático de planificación.
- Sensibilización de variables.

1.6 Metodología propuesta.

El proceso de diseño de este trabajo de titulación se puede dividir de la siguiente forma:

- **Recolección de información teórica:** Este proceso se desarrollará por medio de la búsqueda, preferentemente, de trabajos de investigación indexados a las revistas ISI y Scielo, lo que entregará una robusta estructura teórica, como también de los libros de dichas especialidades disponibles en las bibliotecas de las universidades indexadas al sistema Werken de la UBB.
- **Recolección de información empírica:** En el proceso de recolección se utilizará una mezcla de recolección directa por medio de la observación de las actividades desarrolladas por el personal médico y de información histórica, la cual se mantiene en los sistemas de información del Hospital.
- **Confección del modelo:** En esta etapa del trabajo, se utilizará series de tiempo, ya que es el método más citado en la literatura para generar pronósticos de mediano plazo, y también gracias a su sencillez y disponibilidad en paquetes como Excel. Por su parte para la generación del modelo se utilizará alguna de los métodos de programación lineal señalados en la justificación del tema, pudiendo ser programación lineal entera, o programación lineal entera por metas. El diseño del

Capítulo 1: Antecedentes generales de la investigación.

6

modelo se hará con el apoyo de la experiencia del profesor guía y se validará con la retroalimentación del Subdirector Administrativo del Hospital. Una vez confeccionado el modelo se correrá en algún paquete de optimización disponible en la Universidad.

En base a la nueva exigencia que establece la Subsecretaría de Redes Asistenciales, el desafío del Ingeniero Civil Industrial es contribuir por medio de su visión sistémica, al mejoramiento de los procesos hospitalarios, siendo el objetivo de esta tesis contribuir a la planificación de mediano plazo, más conocida como planificación agregada, implementando de esta manera herramientas probadas en el sector productivo privado al sistema de salud chileno.

Capítulo 2:

El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red.



Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red.

2.1 El clásico problema de los establecimientos de salud.

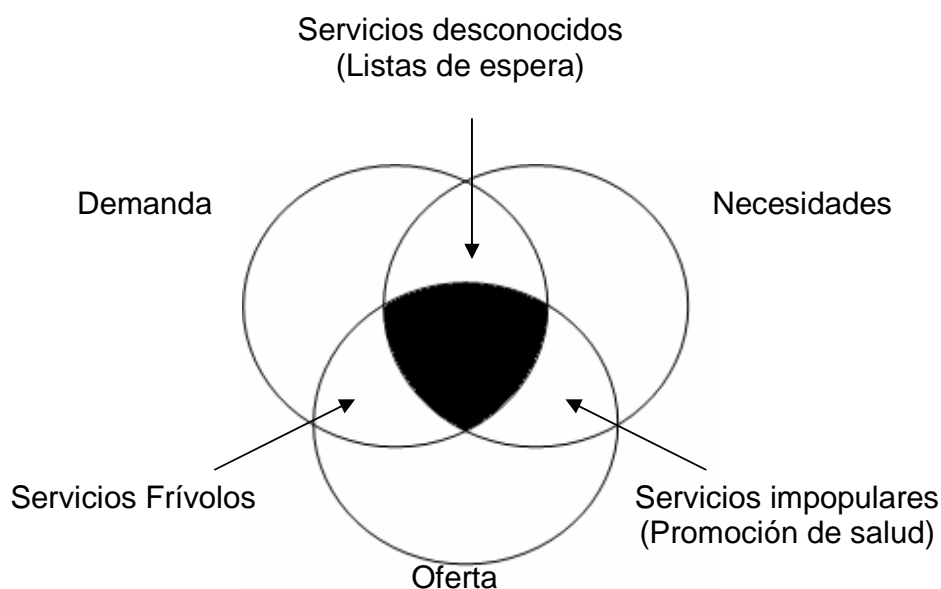
Uno de los problemas más interesantes dentro del ámbito de la salud, es la distinción entre necesidad, demanda y oferta, para lo cual se han generado varios estudios que cubren este efecto (Lave & Lave & Leinhardt 1974; Vissers 1998).

Lave *et al.* (1974) definen que *la necesidad* por servicios médicos es “la cantidad de servicios médicos que en la creencia de los expertos médicos debería ser consumidos en un horizonte de tiempo, en el sentido de que los miembros de la sociedad se mantengan o vuelvan saludables tanto como lo permita el conocimiento médico”. Por lo tanto, la necesidad se transforma en un concepto estándar y normativo, que avanza a medida que se desarrolla la sociedad. Los mismos autores definen que lo que *la población quiere* como servicios médicos es “la cantidad de servicios médicos que sus miembros sienten que deberían consumir (con cero precio, cero desperdicio, cero tiempo de espera, cero restricción de acceso, etc), sobre un horizonte de tiempo, basados en sus propias percepciones de necesidad médica”. Incorporan otra definición, la de *demanda* y la definen como “la función multivariada de la relación entre la cantidad de servicios médicos que los miembros de la sociedad desean consumir dentro de un horizonte determinado de tiempo a un nivel dado de precios de productos y servicios, recursos financieros y necesidades psicológicas de la población por consumir otros productos con recursos escasos que tienen un uso alternativo”. Por lo tanto la demanda será menor que la necesidad porque involucra una salida de dinero, viajes y tiempos de espera, desconformismo con el sistema, pérdida de trabajo y otros costos tanto emocionales como físicos.

Por su parte Vissers (1998), explican la relación entre necesidad, demanda y oferta, señalando que la demanda por servicios de salud esta fuertemente influenciada por la oferta de servicios. Un ejemplo de esto es la introducción de una nueva tecnología, lo que casi inevitablemente genera un aumento de la demanda.

Otro factor importante de demanda son los especialistas, cuya correcta administración (oferta) contrae o expande la demanda.

Figura 2. 1: Demanda, necesidades y provisión de servicios.



Fuente: Health care management modelling: a process perspective, Vissers 1998

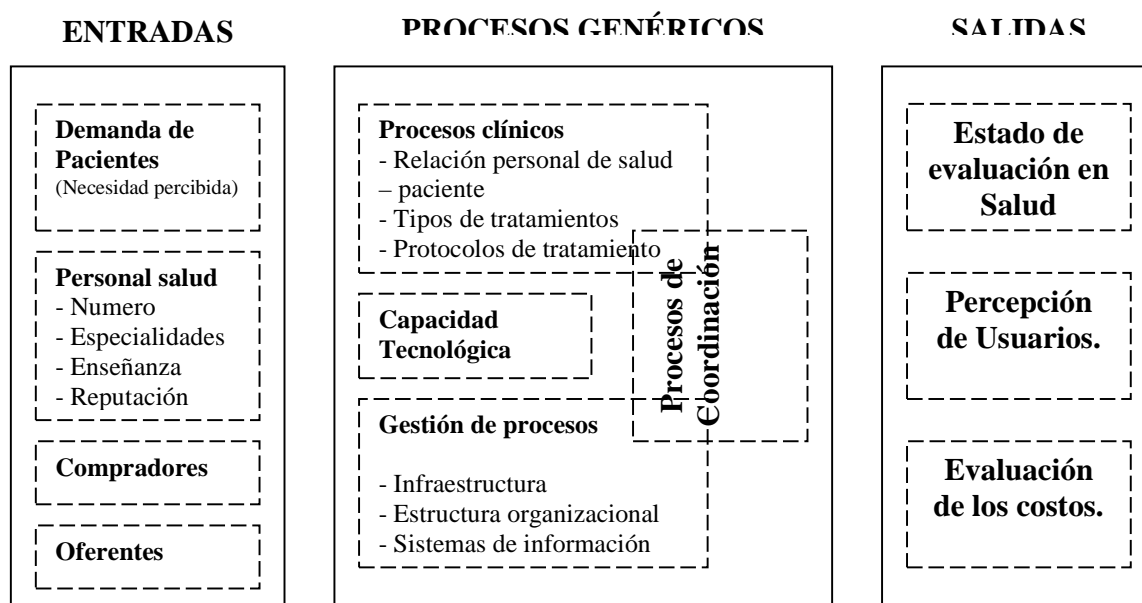
En la Figura 2.1, se observa que cuando se genera un traslape entre los que los usuarios necesitan (demandan) y lo que es reconocido por el cuerpo de profesionales de salud como legítimo (necesidad), pero los recursos son insuficientes para cubrir la demanda (oferta), esto da origen a las lista de espera. Otros efectos de superposición incompleta lo que se denominan servicios frívolos, (que son ofrecidos pero no son percibidos como importantes por los médicos del sistema público, como por ejemplo, la cirugía cosmética) y los servicios poco populares (servicios reconocidos como necesarios por el personal médico pero no buscados por la comunidad, por ejemplo, la prevención).

Por otra parte, la Figura 2.1, pretende reflejar la situación antes mencionada, y en el centro del espacio marcado con negro, es la superposición de entre demanda, necesidad y oferta. Esto es ofrecer a los usuarios lo que ellos quieren y además es

considerado necesario por los profesionales. Los desperdicios que se generen en esta área es principalmente una materia de eficiencia.

El problema acá se acrecienta ya que según lo planteado por Blake & Carter (2003), estructuralmente los hospitales están compuestos internamente por dos fuerzas, una de oferta controlada por los departamentos del hospital, funcionalmente orientados, y otra de demanda de dicha oferta, compuesta por los médicos y su jerarquía asociada. Los médicos en particular no trabajan *para los hospitales* en el sentido tradicional de la relación empleador-empleado, dada en la mayoría de los sectores, más bien, ellos trabajan *en hospitales* utilizando los recursos del hospital para generar sus propios ingresos.

Figura 2. 2: Modelo de proceso de un sistema de cuidado de salud.



Fuente: Health care management modelling: a process perspective, Vissers 1998

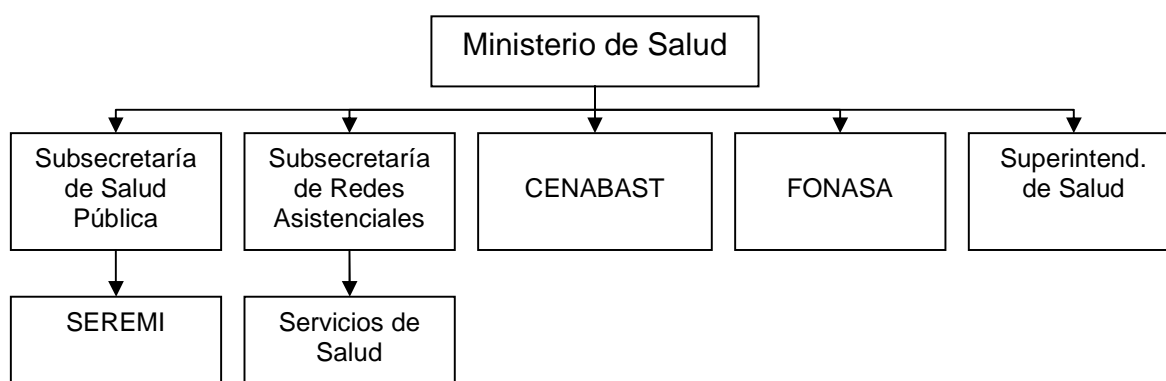
En la Figura 2.2, se puede apreciar una propuesta hecha por Vissers (1998), para reflejar el funcionamiento de las instituciones de salud desde la perspectiva de proceso. Se caracteriza al igual que todos los sistemas por una entrada, pero la particularidad como se cita en el párrafo precedente, es que el personal médico, considerado un insumo de entrada al sistema, en realidad ingresa a utilizar el

sistema, para generar sus propios recursos, lo que de inmediato genera objetivos en conflicto dentro del sistema. Luego las entradas se combinan en una estructura claramente separada por personal médico y administrativo, restringiendo además el flujo de pacientes por la infraestructura y la capacidad tecnológica. Los procesos clínicos y administrativos deben estar correctamente coordinados, ya que solo eso entregará eficiencia al sistema, y en definitiva concederá las salidas con las que le sistema será evaluado.

2.2 El sistema de salud Chileno.

El sistema de salud público Chileno, depende del gobierno y está a cargo del Ministro de Salud. La Figura 2.3, expresa las reparticiones que dicho ministro debe coordinar para cumplir con la visión y misión institucional declaradas por dicho ministerio.

Figura 2. 3: Esquema general del sistema de salud Chileno.



Fuente: Elaboración propia.

- **Subsecretaría de Salud Pública:** La misión de la Subsecretaría de Salud Pública es asegurar a todas las personas el derecho a la protección en salud ejerciendo las funciones reguladoras, normativas y fiscalizadoras que al Estado de Chile le competen, para contribuir a la calidad de los bienes públicos y acceso a políticas sanitario-ambientales de manera participativa, que permitan el mejoramiento sostenido de la salud de la población,

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 12

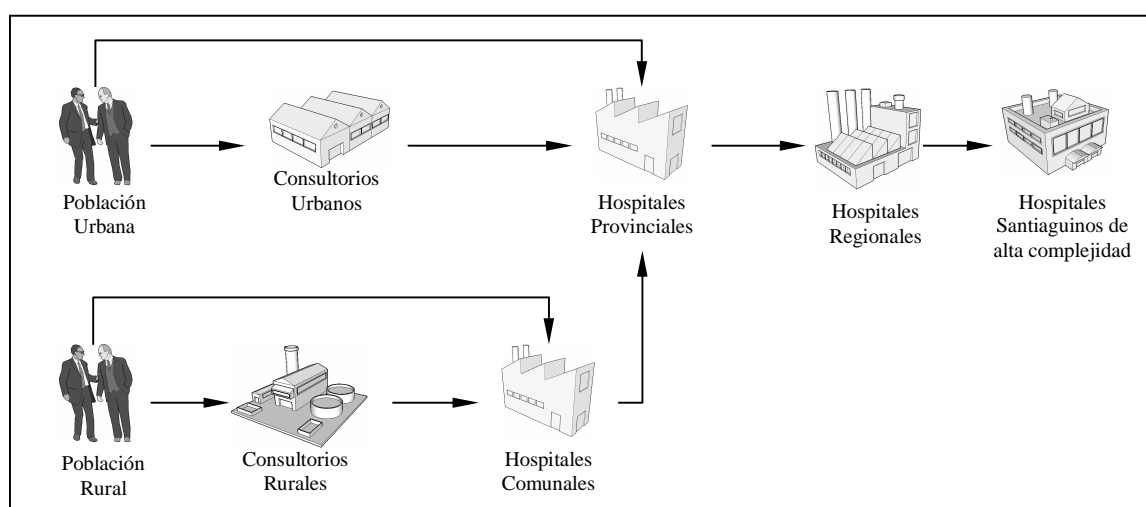
especialmente de los sectores más vulnerables, con el fin de avanzar en el cumplimiento de los objetivos sanitarios de la década.

- **Subsecretaría de Redes Asistenciales:** Su misión es la de regular y velar por el funcionamiento de las redes de salud a través del diseño de políticas para su coordinación y articulación, que permitan satisfacer las necesidades de salud de la población usuaria, en el marco de los objetivos sanitarios, con equidad, respeto de los derechos y dignidad de las personas.
 - **Fondo Nacional de Salud (Fonasa):** El Fondo Nacional de Salud es el organismo público encargado de otorgar cobertura de atención, tanto a las personas que cotizan el 7% de sus ingresos mensuales para la salud en Fonasa, como a aquellos que por carecer de recursos propios, financia el Estado a través de un aporte directo.
 - **Instituto de Salud Pública:** El Instituto de Salud Pública de Chile realiza labores en diversas áreas de la salud, como evaluación de calidad de laboratorios, vigilancia de enfermedades, control y fiscalización de medicamentos, cosméticos y dispositivos de uso médico, salud ambiental, salud ocupacional, producción y control de calidad de vacunas, entre otros.
 - **Central de Abastecimiento:** La Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud tiene por objetivo abastecer de fármacos e insumos clínicos a los establecimientos del Sistema Nacional de Servicios de Salud, a los establecimientos municipales de salud y a otros adscritos al sector público, como los hospitales de las fuerzas armadas o universidades.
 - **Superintendencia de Salud:** La Superintendencia de Salud es una institución pública que colabora en la satisfacción de las necesidades de salud de todos los chilenos, aportando y promoviendo soluciones a los problemas sanitarios de modo ágil, creativo e innovador. Este organismo es el encargado de fiscalizar las acciones del Fondo Nacional de Salud (Fonasa) y de las Instituciones de Salud Previsional (Isapre).
-
-

2.3 La red asistencial hospitalaria y el sistema de autogestión en red.

Por su parte la estructura de la red asistencial de salud en Chile se puede representar por medio de la siguiente Figura 2.4, la cual trata de expresar la ruta que deben seguir los usuarios dentro de la red, dependiendo si provienen del sector urbano o rural.

Figura 2. 4: Esquema de la red asistencial de salud Chilena.



Fuente: Elaboración Propia.

Además de diseñar e implementar garantías explícitas en salud (Auge), tal como lo señala Castro (2007), la reforma al sector creó la categoría de EAR, 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. También expresan que dichos establecimientos aún mantienen una importante inflexibilidad administrativa que solo les permite cumplir con tareas propias del estado y no de una empresa de servicios, como son los hospitales. La existencia de dotaciones establecidas por ley, genera que ciertos establecimientos

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 14

tengan personal contratado que no necesitan o no calificado para cumplir con las demandas actuales y en algunos casos el costo del recurso humano representa el 98% de las transferencias de FONASA por el pago de prestaciones. Otro elemento es la falta de competencia que tienen los hospitales públicos por sus recursos, ya que tiene financiamiento asegurado, lo que no incentiva ni al personal ni a los directivos a aumentar la productividad y mejorar la calidad de la atención.

En base a lo expuesto en el párrafo anterior concurren una serie de características asociadas a la organización tradicional de la provisión pública:

- Centralización de funciones,
- Asignación de recursos a los establecimientos bajo la base del criterio de oferta.
- Ausencia de mecanismos de rendición de cuentas hacia los beneficiarios,
- Uso de tarifas y precios distorsionados,
- Falta de disciplina financiera en un contexto de restricciones presupuestarias,
- Gestión de tipo burocrática, con baja autonomía y significativas restricciones en el uso de insumos.

La falta de literatura en estudios de eficiencia de hospitales en Chile y en gran parte de América Latina indica que en la práctica los administradores de la salud no han puesto mucha atención a la eficiencia. La mayor parte de la preocupación ha estado en las reformas del sector, especialmente en los problemas de garantía de atención (garantías explícitas en salud), financiamiento y mecanismos de pago.

Un estudio realizado por LyD en el año 2007, relaciona las ineficiencias del sector con cuatro puntos, a saber:

- *Alta incidencia de ausentismo del personal médico en los hospitales y clínicas:* En este sentido muchos médicos tratan a pacientes privados en hospitales públicos donde le pagan al médico pero no al hospital. Además los hospitales

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 15

tienen un sesgo a favor en admitir pacientes que tienen un tratamiento intensivo en trabajo.

- *Casi tres cuartos de las transferencias de FONASA y del Ministerio de Salud a los proveedores públicos se hacen de acuerdo al presupuesto histórico, siendo la mayor parte sueldos y salarios:* Estos mecanismos premian a los proveedores ineficientes y penalizan a los eficientes. Además los presupuestos fijos fomentan los gastos excesivos llevando a sobre costos y deudas de los hospitales.
- *El reembolso de FONASA a los proveedores privados ha crecido rápidamente y es difícil de controlar:* Este hecho nace de la preferencia de los consumidores por los servicios privados de salud a los cuales pueden optar los beneficiarios, y a quienes FONASA debe reembolsar en parte sobre la base de un cobro por servicio.
- *No existen mecanismos efectivos para mejorar la calidad operacional:* Los hospitales públicos hacen su propio control de calidad, no hay evaluaciones independientes.

Tabla 2. 1: Listado de Hospitales Autogestionados en Red.

Nº	Comuna	Año	Establecimiento
1	Chillán	2008	Hospital Clínico Herminda Martín
2	Independencia	2006	Instituto Nacional del Cáncer
3	Los Andes	2008	Hospital San Juan de Dios de los Andes
4	Peñalolén	2007	Hospital Doctor Luís Tisné Brousse
5	Providencia	2006	Hospital Luís Clavo Mackena
6	Providencia	2007	Hospital Nacional del Tórax
7	Recoleta	2008	Hospital Psiquiátrico Doctor José Howwitz
8	San Bernardo	2008	Hospital el Pino
9	San Miguel	2008	Hospital Miguel González Cortés
10	Santiago	2007	Instituto Traumatológico Doctor Teodoro Gebauer
11	Temuco	2006	Hospital de Temuco

Fuente: Adaptado de “Datos disponibles demuestran que autogestión de Hospitales es insuficiente”, LyD.

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 16

Para subsanar algunos de los problemas en salud, nace el sistema de establecimientos autogestionados en red, el cual pretende eficientar la distribución de salud a la población y a su vez, hacer más competitivo el trabajo de las instituciones públicas de salud, por tal motivo el Título IV, del Capítulo II, del decreto con fuerza de ley N° 1, de 2005, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del decreto ley N° 2.763, de 1979 y de las leyes N° 18.933 y N° 18.469, crea y regula la calidad de Establecimientos Autogestionados en Red (EAR). Por su parte, el decreto supremo N° 38, de 2005, de los Ministerios de Salud y Hacienda, aprobó el Reglamento Orgánico de este tipo de establecimientos, regulando entre otros, los procesos para la obtención de la calidad en comento, así como también de las evaluaciones anuales a las que los EAR, se encuentran sujetos.

La ley de Autoridad Sanitaria y Gestión, determinó que los establecimientos dependientes de los Servicios de Salud, que tuvieran mayor complejidad técnica, desarrollo de especialidades, organización administrativa y número de prestaciones, obtendrían la calidad de “Establecimientos de Autogestión en Red” (EAR). En dicha ley, también se señaló que para acceder a ella, los hospitales deberían mostrar el cumplimiento de una serie de requisitos en materia de gestión clínica y administrativa. A su vez, indicó que luego de transcurrido un año de la obtención de EAR, cada establecimiento estaría sujeto a un revisión anual del Subsecretario de Redes Asistenciales, para verificar el cumplimiento y mantenimiento de los estándares determinados.

El artículo 16 del D.S. N° 38, de 2005, establece los requisitos que deben cumplir los establecimientos de salud para la certificación y evaluación anual de EAR, los cuales se listan a continuación:

1. Demostrar la existencia de una articulación adecuada con la Red Asistencial y cumplir las obligaciones que establece el artículo 18 de este reglamento, para lo que se requerirá un informe del Director del Establecimiento al Director de Servicio respectivo;

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 17

2. Estar registrado en la Superintendencia de Salud como prestador institucional de salud acreditado. Para tales efectos el Establecimiento deberá acreditar y mantener la acreditación de todas las prestaciones que otorgue para las cuales se hayan fijado los respectivos estándares de calidad por el Ministerio de Salud, conforme a lo establecido en el Reglamento de Acreditación de Prestadores Institucionales de Salud;
 3. Tener un plan de desarrollo estratégico para el Establecimiento que sea concordante con las políticas, planes y programas de la Red Asistencial del Servicio, que deberá considerar, a lo menos, los siguientes aspectos.
 - a. Política y plan de acción de Recursos Humanos.
 - b. Política y plan de acción de Gestión Financiera-Contable y Presupuestaria, la que deberá apoyarse en sistemas de información, con indicadores que den cuenta de las tendencias del equilibrio presupuestario y financiero.
 - c. Política y plan de acción de mejoramiento de los índices de satisfacción usuaria.
 - d. Plan de gestión clínica y administrativa.
 - e. Procedimientos de recaudación de ingresos de operación y otros ingresos.
 - f. Plan de actividades de auditoría interna.
 - g. Sistemas de planificación y control de gestión;
 4. Contar con un plan anual de actividades y un plan de inversiones que implemente el plan de desarrollo estratégico;
 5. Mantener el equilibrio presupuestario y financiero, definido como el equilibrio que debe existir entre los ingresos y gastos devengados y que el pago de las obligaciones devengadas y no pagadas se efectúe en un plazo no superior a sesenta días y que dichas obligaciones deben contar con el respaldo presupuestario correspondiente;
 6. Tener un sistema de medición de costos, de calidad de las atenciones prestadas y de satisfacción de los usuarios, así como el cumplimiento de las metas sanitarias establecidas en convenios o compromisos de gestión;
-
-

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 18

7. Cumplir con las garantías explícitas en salud que se encuentren vigentes en la atención de pacientes beneficiarios de éstas, salvo que exista justificación fundada para el incumplimiento;
8. Tener implementado, de acuerdo a su plan de desarrollo estratégico y a las políticas del servicio en lo referente a los beneficiarios de la ley N° 18.469, procedimientos de cobro y recaudación de ingresos;
9. Contar con mecanismos formales de participación tales como: Consejo Técnico, Comités, Unidades Asesoras y cualquier otro que sea necesario, de carácter permanente o temporal. Deberá contar con reglamentaciones internas de funcionamiento, mantener actas de sus sesiones y ser constituidos por resolución interna. Asimismo deberán contar con sistemas de cuenta pública a la comunidad;
10. Deberá existir en el establecimiento un sistema especializado que cuente con mecanismos para el manejo de peticiones, críticas, reclamos, sugerencias y felicitaciones, orientado a recibirlos y solucionarlos. Dichos mecanismos deberá estar acorde con las instrucciones impartidas por la Subsecretaría de Redes Asistenciales para estos efectos;

Mediante resolución del Subsecretario de Redes Asistenciales, se regulará la forma en que la población usuaria del establecimiento podrá manifestar sus peticiones críticas y sugerencias.

Por su parte el Artículo 18 D.S. N° 38, de 2005, establece que los Establecimientos Autogestionados, como parte de la Red Asistencial, deberán:

1. Desarrollar el tipo de actividades asistenciales, grado de complejidad técnica y especialidades que determine el Director del Servicio respectivo, de acuerdo al marco que fije el Subsecretario de Redes Asistenciales en conformidad con los requerimientos y prioridades sanitarias nacionales y de la respectiva Red;
 2. Atender beneficiarios de las leyes N° 18.469 y N° 16.774, que hayan sido referidos por algunos de los establecimientos de las redes asistenciales que correspondan, conforme a las normas que imparta el Subsecretario de Redes
-
-

Capítulo 2: El problema de la salud en Chile y el sistema de autogestión en red. 19

- Asistenciales y el Servicio respectivo, y los casos de urgencia y emergencia en el marco de la ley y los convenios correspondientes;
3. Mantener sistemas de información compatibles con los de la Red correspondiente, los que serán determinados por el Subsecretario de Redes Asistenciales;
 4. Entregar la información estadística, de atención de pacientes y cualquiera otra información de salud que le sea solicitada, de acuerdo a sus competencias legales, por el Ministerio de Salud, el Fondo Nacional de Salud, el Servicio, la Superintendencia de Salud, los establecimientos de la red asistencial correspondiente o alguna otra institución con atribuciones para solicitarla;
 5. Contar con un sistema de registro y gestión de líneas de espera y cumplir con las metas de reducción acordadas con el Servicio respectivo;
 6. Dar cumplimiento con los convenios acordados con el Fondo Nacional de Salud, el respectivo Secretario Regional Ministerial de Salud y con el Servicio correspondiente;
 7. Efectuar auditorías de la gestión administrativa y financiera a lo menos una vez al año, las que podrán ser realizadas por auditores externos conforme a las normas que imparta el Subsecretario de Redes Asistenciales. Estas auditorías deberá evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el artículo 16 de este Reglamento y los precedentes.

La Subsecretaría de Redes Asistenciales, con el fin de velar el cumplimiento de los dos artículos precedentes diseñó un instrumento técnico de evaluación, el cual entrega los criterios a evaluar de todas las materias que la ley ha establecido para la obtención de EAR, de acuerdo a los acápites de la Tabla 2.2.

El instrumento técnico de evaluación entrega un nivel de cumplimiento mínimo en cada acápite, lo que se logra al desarrollar satisfactoriamente el conjunto de objetivos específicos que componen un acápite y cumplir con el conjunto de requisitos técnicos que componen cada objetivo específico.

Tabla 2. 2: Resumen de porcentajes de ponderación de acápite.

Acápite	Peso relativo	Porcentaje mínimo de cumplimiento	Requisitos 100 % exigibles
1.- Aspectos Formales	Pre-requisito		SI
2.- Planificación	10 %	80%	SI
3.- Organización Interna	18%	85%	NO
4.- Gestión y Desarrollo de Personas	10%	80%	NO
5.- Gestión Financiera	10%	80%	SI
6.- Gestión Asistencial en Red	15%	80%	SI
7.- Metas de Desempeño	10%	80%	NO
8.- Consejos Asesores	2%	70%	NO
9.- Sistemas de Información	8%	70%	SI
10.- Gestión de la Información y Acogida a los Usuarios	10%	80%	NO
11.- Cuenta Pública de Resultados	2%	80%	NO
12.- Auditoría Interna	5%	70%	SI

Fuente: Instrumento Técnico de Evaluación para EAR.

En la Tabla 2.2, se puede apreciar que el proceso de planificación es el primer punto ponderado a evaluar, y que además cuenta con algunos requisitos técnicos 100% exigibles. Un buen proceso de planificación contribuye a facilitar el logro conjunto de todos los demás acápite, es por tal motivo que los EAR deben prestar especial atención al cómo desarrollar un proceso integrador que entregue una visión holística.

Capítulo 3:

Construcción de un modelo de planificación agregada, una revisión bibliográfica.



Capítulo 3: Construcción de un modelo de planeación agregada, una revisión bibliográfica.

3.1 Modelación en Ingeniería.

3.1.1 Tipos de modelos.

Según lo expresa Eppen et al (2000), hay tres tipos de modelos que se utilizan para distintos propósitos, con el ánimo de expresar ideas. El primero tipo son los **modelos físicos**, como lo son los modelos de aviones, automóviles o de ciudades a escala. El segundo tipo, son los **modelos analógicos**, los cuales representan un conjunto de relaciones a través de un medio diferente, pero análogo; entre estos modelos se pueden encontrar, el velocímetro de un automóvil, el mapa de una carretera, el gráfico de información de costos, etc. El más abstracto y difícil de realizar es el **modelo simbólico**, en el cual todos los conceptos están representados por variables cuantitativamente definidas y todas las relaciones tienen una representación matemática, en lugar de física o analógica, un ejemplo de este tipo de modelo son las representaciones matemáticas de física, química, econometría e investigación de operaciones.

Al momento de diseñar un *modelo simbólico*, se debe tener presente que el modelo tiende a mejorar a medida que se le incorporan más factores, donde algunos de dichos factores, muchas veces tendrán que ser quizás estimaciones o aproximaciones. Ante esta problemática se debe tener siempre presente que:

- Un modelo siempre es una simplificación de la realidad.
- Debe incorporar el modelo suficientes detalles para que:
 - El resultado satisfaga sus necesidades,
 - Sea consistente con los datos que se tienen al alcance,
 - Pueda ser analizado en el tiempo que se dispone para dicho propósito.

3.1.2 El uso de modelos en la empresa.

Los modelos suelen desempeñar diferentes papeles en distintos niveles de la empresa, en los niveles más altos los modelos 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. En niveles inferiores, los modelos se usan con más frecuencia para obtener decisiones recomendables.

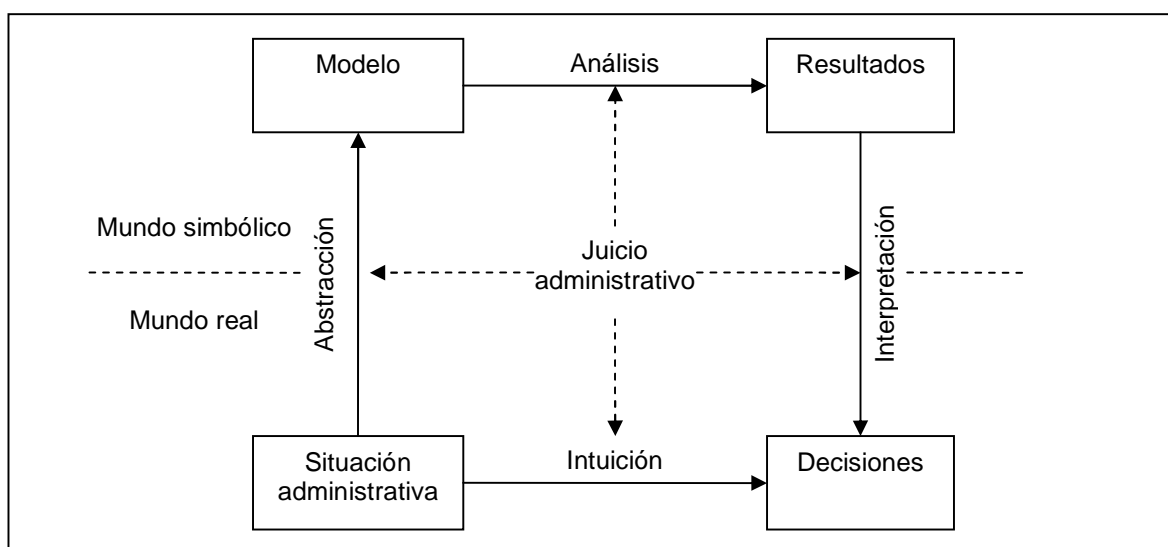
Los modelos ofrecen un marco de referencia para el análisis lógico y congruente, y se utilizan por siete razones cuando menos:

- Los modelos obligan a definir explícitamente los objetivos.
- Los modelos obligan a identificar y registrar los tipos de decisiones que influyen en dichos objetivos.
- Los modelos obligan a identificar y registrar las interacciones entre todas esas decisiones y sus respectivas ventajas y desventajas.
- Los modelos obligan a pensar cuidadosamente en las variables que se incluirán, y a definir las en términos que sean cuantificables.
- Los modelos obligan a determinar que datos son pertinentes para la cuantificación de dichas variables y a determinar las interacciones entre ellas.
- Los modelos obligan a reconocer las restricciones (limitaciones) pertinentes en los valores que esas variables cuantificadas pueden adoptar.
- Los modelos permiten comunicar ideas y conocimientos, facilitando el trabajo en equipo.

La Figura 3.1 explica como un modelo permite al tomador de decisiones complementar su intuición con un proceso analítico formal. Aunque la intuición es de gran valor, sobre todo en el caso de los tomadores de decisiones experimentados, se ha demostrado que su proceso de aprendizaje de prueba y error, es bastante caro e implacable para los beneficios empresariales, esto ya que dicho tomador de

decisiones no aprende, salvo por la retroalimentación que le proporcionan los resultados obtenidos. El proceso de modelación, representado por el mundo simbólico, recomienda un curso de acción para complementar (no sustituir) el uso de la intuición en la toma de decisiones. Esta ruta indirecta implica abstraer los aspectos problemáticos de la situación administrativa en un modelo cuantitativo que represente lo más esencial de la situación.

Figura 3. 1: Papel del juicio en el proceso de construcción del modelo.



Fuente: Adaptado de Eppen *et al* (2000), "Investigación de operaciones en la ciencia administrativa".

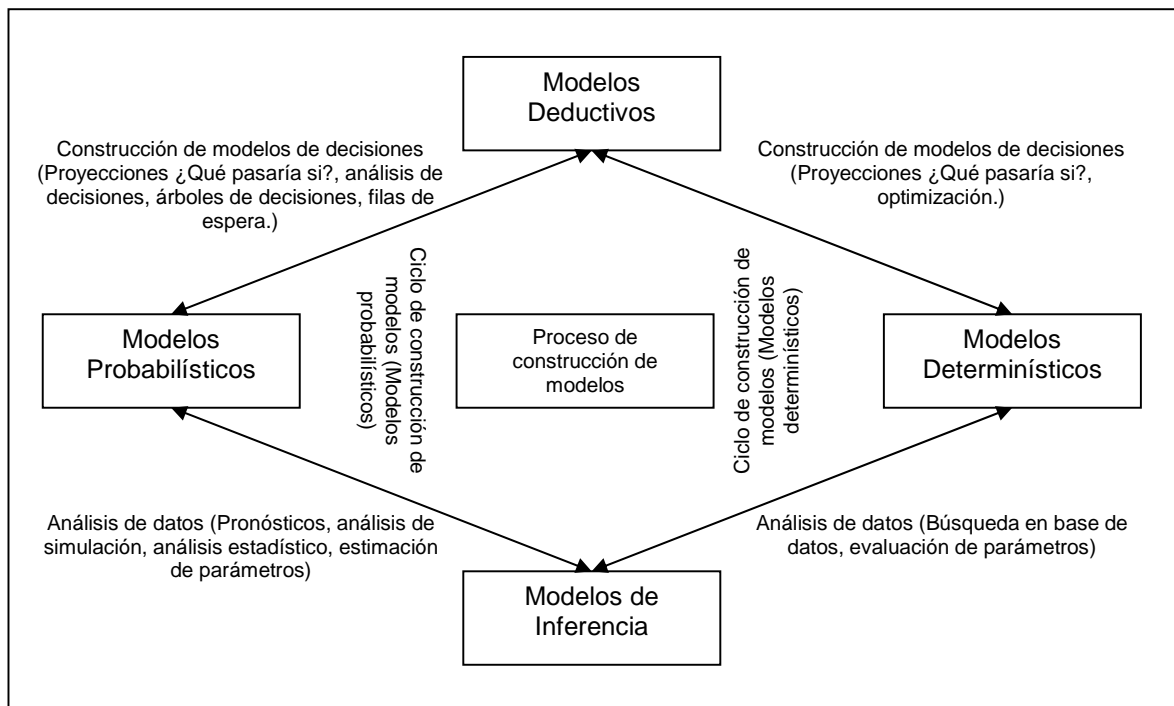
3.1.3 Ciclos en la construcción de modelos.

Los modelos simbólicos pueden ser clasificados a partir de las dimensiones ilustradas del diamante de la Figura 3.2. Los lados, izquierdo y derecho del diamante se refieren a los extremos en la construcción de modelos determinísticos frente a la construcción de modelos probabilísticas. Con todo, ningún modelo es totalmente determinístico, ni completamente probabilístico. En los extremos superior e inferior del diamante, se encuentran los extremos de la construcción de modelos deductivos versus la construcción de modelos de inferencia. Los modelos deductivos tienden a avanzar desde arriba hacia abajo, donde toman especial valor los conocimientos y juicios del autor acerca de las relaciones matemáticas y los valores de los datos, por lo que inicialmente tienden a ser modelos pobres en datos, al estimar los parámetros.

Por su parte los modelos de inferencia tienden a avanzar desde abajo hacia arriba, concediendo un valor especial a la precisión y disponibilidad de los datos, como a los juicios de la futura aplicación de los mismos. Los modelos resultantes tienden a ser inicialmente ricos en datos, que a menudo se refinan después para estimar los parámetros del modelo.

En consecuencia, la construcción de modelos pocas veces se realiza utilizando una sola de las dimensiones, en lugar de ello los elementos van saltando de una faceta del diamante a otra.

Figura 3. 2: Ciclos en la construcción de modelos.



Fuente: Adaptado de Eppen *et al* (2000), "Investigación de operaciones en la ciencia administrativa".

En términos generales, el éxito en la aplicación de modelos para la toma de decisiones en el mundo real puede dividirse en cuatro etapas:

- Formulación del modelo y construcción del mismo, es decir, el proceso de tomar situaciones administrativas del mundo real, abstraerlas en una

formulación y después desarrollar los términos matemáticos de un modelo simbólico.

- Análisis del modelo para generar resultados.
- Interpretación y validación de los resultados del modelo, asegurándose de que la información disponible obtenida del análisis ha sido interpretada en el contexto de la situación original en el mundo real.
- Implementación, es decir, aplicar a la toma de decisiones en el mundo real, el conocimiento validado que se obtuvo con la interpretación de los resultados del modelo.

3.1.4 Cuestiones relacionadas con los datos del modelo.

Los modelos simbólicos requieren para construcción de datos relacionados con la situación a modelar, por lo que se deben analizar principalmente dos variables relacionadas con dichos datos:

- **Formas y fuentes de datos:** Al momento de realizar la búsqueda de los datos necesarios para confeccionar el modelo, es posible que esos datos se encuentren disponibles en la base de datos de una computadora, que estén impresos en el papel, o lo que más comúnmente puede suceder, que no hayan sido registrados sistemáticamente. Además los datos pueden estar en unidades de medida distintas a las necesitadas, y pueden provenir de registros del pasado, ser generados de observaciones directas o estimaciones realizadas del presente y/o provenir de pronósticos de una situación futura.
- **Agregación de datos:** En cuanto a la agregación de datos, esto depende de los requerimientos del modelo mismo, pero se debe tener presente que entre más desagregados sea el requerimiento de los datos, su obtención generalmente es más difícil y costosa. Son valiosos este tipo de datos, ya que contienen mayor información y además es posible agregarlos, lo que no se puede hacer a la inversa, es decir, solo disponer de datos agregados y luego intentar desagregarlos. Como consejo general, la literatura señala (Eppen *et al*

2000) que a menudo las situaciones administrativas se vuelven más complejas y sofisticadas, por lo tanto los detalles adquieren más importancia.

3.1.5 Validación del modelo.

El sentido común, por si solo, no ofrece un camino científico para validar la construcción de un modelo, en general, no es posible realizar una experimentación bajo control, por lo cual surgen métodos imperfectos de validación como 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.

3.2 Modelos aplicados a la planificación de operaciones.

3.2.1 Noción general de la planificación.

El por qué y para qué planear es una pregunta que inquieta, dado que el proceso de planificación es un camino largo y sistemático, pero al detenerse un momento y observar que dentro de un día de funcionamiento de un recinto de salud pública de mediana o alta complejidad se toman cientos o miles de decisiones en cada minuto, las que además deben estar correctamente coordinadas, ya que dichas decisiones tienen diferentes niveles de importancia. Si se agrega a esto que muchas de esas decisiones afectan positiva o negativamente la vida de las personas que acuden a dichos centros hospitalarios, es más fácil entender algo muy importante, una decisión la mayoría de las veces será mejor si ha sido preparada con anticipación. En este sentido y siguiendo a Fleischmann & Meyr & Wangner (2004), la preparación de las decisiones es el trabajo de planificar.

La planificación entrega un soporte al proceso de decisiones ya que identifica las alternativas futuras de acción, entregando algunas buenas alternativas en un proceso no optimizante, y la mejor en uno optimizante. Estos dos criterios han estado en conflicto permanentemente en la literatura, dado que la escuela de administración

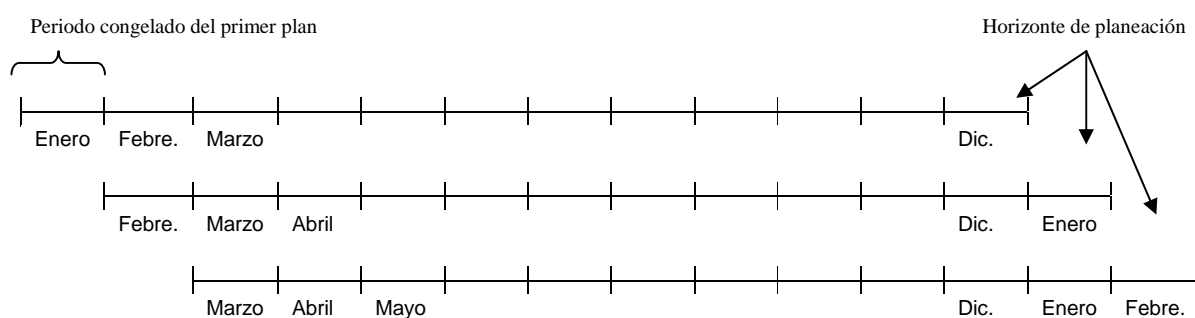
cualitativa ha sostenido a través del tiempo un enfoque no optimizante de enseñanza, ya que sostienen que la incertidumbre es tal que hace prácticamente imposible cualquier esfuerzo de optimización del proceso planificativo. Por su parte, tanto las escuelas de Ciencias de la Gestión como las de Ingeniería Industrial, han centrado sus esfuerzos en desarrollar modelos optimizantes, que tengan una aplicabilidad práctica a la realidad, pero con frecuencia estos modelos se hacen muy complejos matemáticamente y prácticamente incomprensibles para la mayoría de los tomadores de decisiones que tienen que usarlos posteriormente.

Para enfrentar el problema de la incertidumbre el planificador se anticipa a las actividades futuras en base a la historia, la causalidad y/o las tendencias, y desarrolla un proceso de pronóstico basado en alguna técnica cualitativa o cuantitativa. Dicho pronóstico, no garantiza que lo que ocurra realmente en el futuro sea lo mismo que éste vaticinó, de hecho en la mayoría de los casos la realidad se desvía del plan, lo que lleva a controlar y revisar el plan si la diferencia es muy significativa. Como una cantidad importante de planes se desarrollan para varios períodos se han presentado modelos de planificación con “horizonte rodante” (Bitran & Tirupati 1989; Albornoz & Contesse 1999), el cual consiste en dividir el horizonte de planificación total (por ejemplo un año), en sub-intervalos de tiempo (por ejemplo los meses del año) y luego congelar el primer periodo de planificación y contrastarlo con el resultado de la ejecución real de ese periodo. De haber desviaciones significativas, se deben poner en práctica las acciones correctivas, y planificar un periodo más el final del nuevo plan y así sucesivamente.

La Figura 3.3, ejemplifica el proceso a desarrollar en modelos con “horizonte rodante”. Aquí se explica el movimiento del horizonte de planificación, el cual en todo momento mantiene le mismo tamaño, entregando la visión de proceso continuo que tiene la planificación, como también, demostrando que una vez que el resultado real del primer periodo congelado se ha conocido, sirve como insumo tanto para corregir la planificación como para pronosticar un nuevo último periodo del horizonte móvil de planificación.

La planificación identifica alternativas para el desarrollo de las futuras actividades y provee directivas para su implementación. Sin embargo, las decisiones la mayoría de las veces, no son puestas en práctica dentro del sistema de planificación, sino que dentro del sistema de ejecución, lo que inexorablemente genera diferencias, que en el peor de los casos hacen inmanejable el sistema de planificación, concentrando solo los esfuerzos en el de ejecución.

Figura 3. 3: Planificación con horizonte rodante



La planificación es rigurosamente un modelo, el cual no contiene todas las decisiones del sistema real, debido a este motivo, se debe genera una brecha de tiempo con el sistema de ejecución, para poder realizar una revisión detallada que permita determinar si los supuestos que soportan el plan son todavía válidos antes de la implementación y de no ser así agregar un mayor realismo.

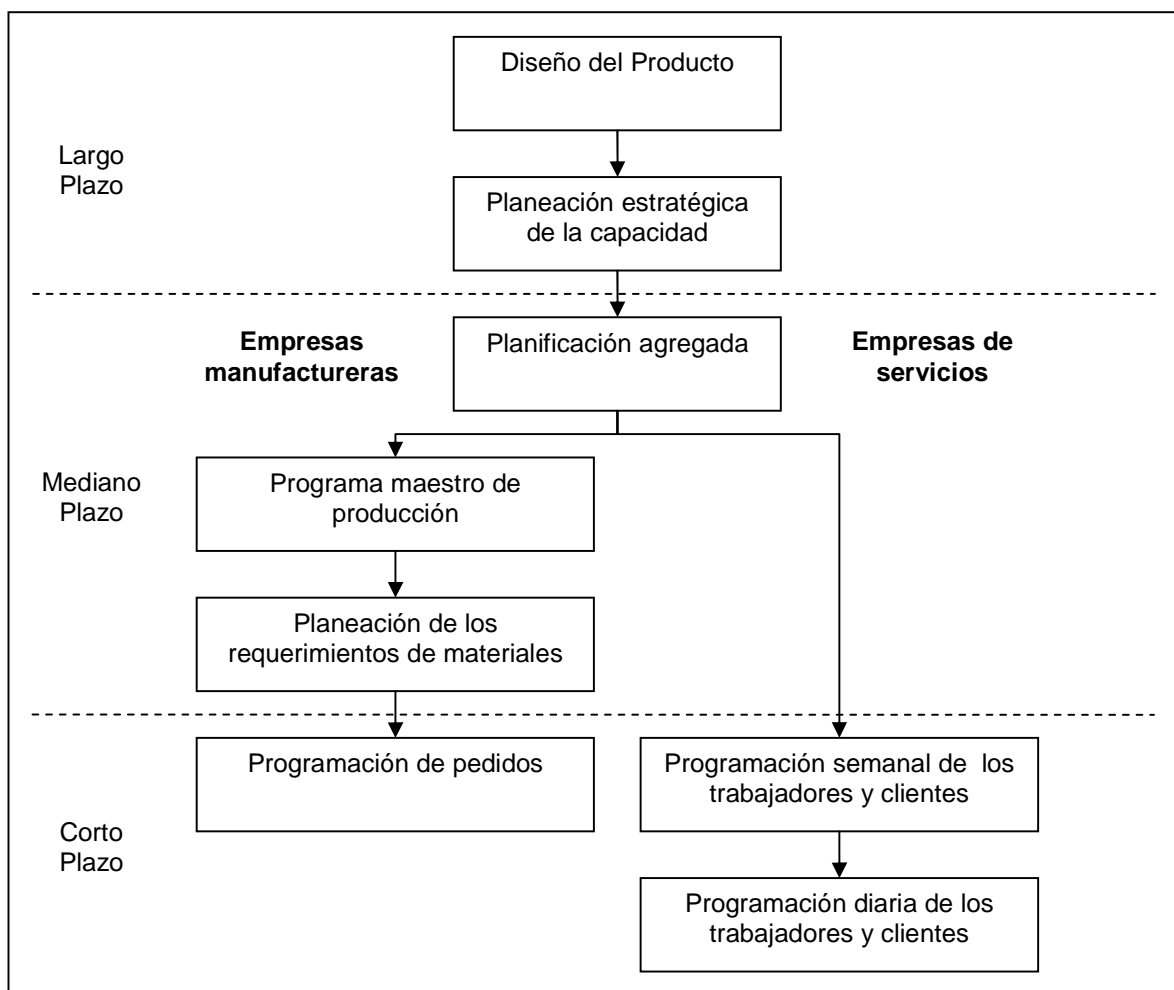
La ejecución según Fleischmann *et al.* (2004), se define como el inicio y subsecuente control de actividades que deben ser llevadas a cabo inmediatamente y que por tal característica, se diferencia de la planificación en el sentido que las decisiones de ejecución no pueden ser revisadas, pero si controladas una vez que se hayan ejecutado. Por ejemplo, ante la falla de un equipo clave dentro de un proceso, que se encontraba planificado para desarrollar alguna actividad, el ejecutor tiene que reconocer el estado y reaccionar inmediatamente. Si el problema es de poca importancia el sistema de ejecución lo debe solucionar inmediatamente, pero si el evento es crítico se debe enviar una alerta al sistema de planificación para que

realice la corrección pertinente, y corrija en base al horizonte rodante la nueva planificación.

3.2.2 Estructura jerárquica de la planificación.

La Figura 3.4, ubica la planificación agregada en relación a las demás actividades de planificación de operaciones.

Figura 3. 4: Visión general de las actividades de planificación de operaciones.

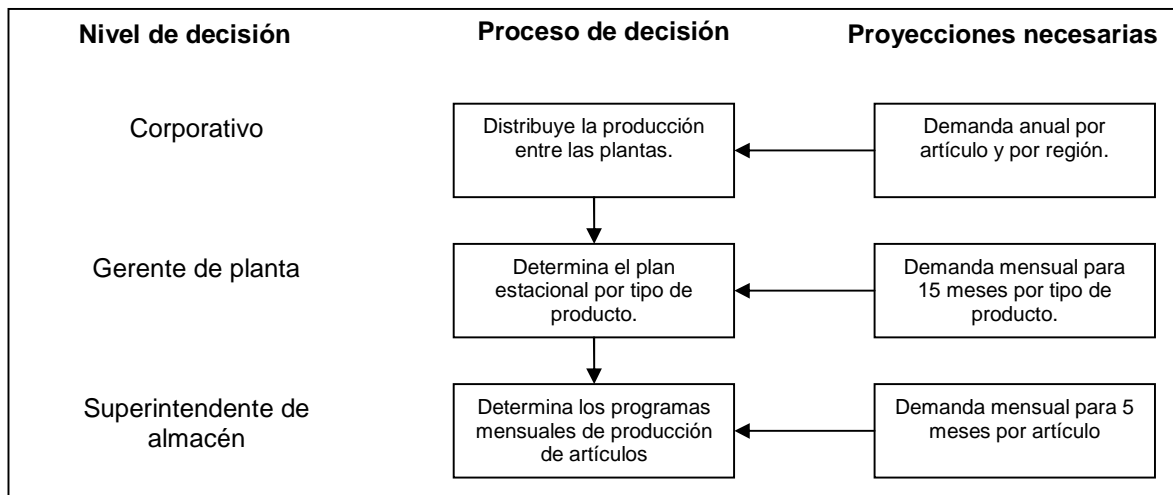


Fuente: R. Chase & N. Aquilano, "Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios", octava edición.

Los periodos de planificación están directamente asociados con la pirámide de Anthony, y en ocasiones los autores estiman la longitud ideal del intervalo de tiempo

que cada nivel jerárquico debería utilizar para planear sus decisiones. Como lo señalan Chase *et al.* (2000) la planeación de **largo plazo (nivel estratégico)** se hace por lo general anualmente, enfocándose en un horizonte superior a un año, la planeación de **mediano plazo (nivel táctico)** cubre usualmente un periodo de 6 a 18 meses, con incrementos de tiempo mensuales o a veces trimestrales. La planeación a **corto plazo (nivel operativo)** cubre un periodo de un día o menos a 6 meses, con un incremento de tiempo usualmente semanal.

Figura 3. 5: Proceso de planificación jerárquica.



Fuente: R. Chase & N. Aquilano, "Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios", octava edición.

La Figura 3.5 indica que los niveles de decisión estratégicas utilizan datos globales para sus decisiones de alto nivel, mientras que las decisiones de operativas se deben tomar utilizando datos detallados. La planificación, como ya se ha señalado, es un proceso complejo y que requiere especificar ciertos niveles de agregación, como lo proponen Hax & Meal (1973), Britran & Tirupati (1989), entre otros, los que proponen una estructura jerárquica de planificación segmentada en los tres niveles propuestos por Anthony (1965), en su conocida pirámide, a saber: 1) Nivel Estratégico, 2) Nivel Táctico y 3) Nivel Operativo.

En el mismo sentido, y siguiendo lo planteado por Vissers (1998), la perspectiva entregada por dicha estructura, debe ayudar a mejorar el proceso del modelo planificativo, dado que cada nivel debe contar con su propio grado de agregación, relacionado con las competencias que el tomador de decisiones tiene y las actividades que éste debe desarrollar. Si no se tiene en consideración este criterio, se puede caer en un nivel inadecuado de detalle por nivel, volviendo el entorno planificativo, tan complejo como la realidad, lo que haría que el modelo fuera incomprensible. Por el otro lado, si se elige un nivel de agregación muy alto, los usuarios del modelo no lo validarán como una representación válida de la realidad

Basándose en lo expuesto por Britran & Tirupati (1989) se desagregan los tres niveles de la planificación jerárquica:

1. *Planeación estratégica*: En este nivel se encuentran las decisiones que dicen relación con políticas estratégicas y el desarrollo de recursos para satisfacer los requerimientos externos, y así cumplir con las metas de la organización. Las principales decisiones en este nivel son las siguientes: (i) ubicación y tamaño de nuevas plantas, (ii) adquisición de nuevos equipos, (iii) selección de nuevas líneas de productos, y (iv) diseño de sistemas logísticos.
2. *Planeación táctica*: Aquí las decisiones se centran en la utilización de recursos dentro del proceso. En esta etapa en particular, luego que han sido tomadas las decisiones de ubicación física, el problema básico a resolver es la ubicación de recursos tales como, la capacidad, la disponibilidad de la fuerza de trabajo, el almacenamiento y la distribución. Estas decisiones involucran un horizonte de planificación de rango medio, y la agregación de los productos dentro de familias. En la literatura, los modelos que tratan estos asuntos son denominados como modelos de planeación agregada.
3. *Control de operaciones*: Las decisiones dentro de esta categoría tratan con el trabajo día a día de operaciones y los problemas de programación, los cuales requieren una completa desagregación de la información generada en los niveles superiores. Las decisiones típicas dentro de este nivel, incluyen las

siguientes; (i) secuencia de producción y tamaño de lote por productos, (ii) Asignación de ordenes de clientes a máquinas individuales, (iii) registro de inventario y control de las actividades del inventario, (iv) despacho, preparación y procesamiento de ordenes, y (v) programación de vehículos.

Los modelos jerárquicos nacen para dar solución al problema generado por los modelos integrados de decisión, que concebían un proceso planificativo muy largo y complejo para todos los niveles, lo que hacía muy difícil encontrar una aplicación óptima, dado que las decisiones eran traslapadas entre y dentro de dichos niveles. Al descomponer las decisiones en subproblemas, de acuerdo a la estructura jerárquica de la organización, la planificación jerárquica permite vincular el más alto nivel de decisiones agregadas con el más bajo nivel de ejecución desagregada de manera efectiva. Además genera de inmediato restricciones que bajan desde la planificación desde el alto al más bajo nivel, y por el contrario la ejecución de las actividades en el bajo nivel entrega la retroalimentación necesaria para evaluar la calidad de la planificación agregada y aplicar el horizonte rodante para los periodos subsecuentes.

El principal propósito de la planificación agregada es especificar la combinación óptima de la tasa de producción, del nivel de la fuerza laboral y el inventario disponible. La tasa de producción se refiere al número de unidades terminadas por unidad de tiempo (como por hora o por día). El nivel de la fuerza laboral es el número de trabajadores necesarios para la producción. El inventario disponible es el saldo de inventario traído desde el periodo anterior.

Según lo expuesto por Oliff & Leong (1985), la planeación agregada trata con el problema de establecer simultáneamente, la producción de un firma, el inventario y el nivel de empleados para un horizonte finito de tiempo. El objetivo es minimizar los costos relevantes totales, mientras que se mantiene un nivel de servicio no constante y la demanda varía en el tiempo. Además, en el corto plazo la demanda no puede ser suavizada por campañas promocionales, ni la capacidad puede ser alterada por medio de la expansión de planta. La ventas por lo tanto y la capacidad de producción

se asumen fijas, lo que implica que la minimización del costo es equivalente a la maximización de ingresos.

Una exposición formal, según lo expresado por Chase *et al* (2000), sería la siguiente: “Dada la proyección de la demanda F_t para cada periodo t del horizonte de planificación que se extiende durante T periodos, determinar el nivel de producción P_t , el nivel de inventario I_t y el nivel de la fuerza laboral W_t para los periodos $t=1,2,\dots,T$ que minimicen los costos correspondientes durante el horizonte de planificación”.

3.2.3 Opciones de toma de decisiones

Schroeder (2005), plantea que el problema de la planeación agregada puede aclararse mediante un análisis de las distintas opciones de toma de decisiones disponibles. Estas opciones se dividen habitualmente en la literatura en dos tipos: 1) las que modifican la demanda y 2) las que modifican la oferta.

Es posible influir en *la demanda* por medio de:

- **Precios:** Con frecuencia se utilizan diferencias de precios para reducir la demanda pico a para acumular una demanda en las temporadas bajas. El propósito de estos esquemas de precios es nivelar la demanda durante el día, la semana, el mes o el año.
- **Publicidad y promociones:** Este es otro método que se utiliza para estimular o, en algunos casos, uniformar la demanda. La publicidad generalmente se coordina en el tiempo de manera tal que se promueva la demanda durante los periodos bajos y se pasa parte de la semana de los periodos pico a los periodos bajos.
- **Trabajo pendiente o reservaciones:** En algunos casos se influye en la demanda al pedir a los clientes que mantengan pendientes sus pedidos o reserven la capacidad por anticipado. El efecto que aquí se genera es pasar la demanda de los periodos pico a los periodos con capacidad libre. El problema

aquí reside en que el tiempo de espera puede dar por resultado la pérdida de una venta.

- **Desarrollo de productos complementarios:** Las empresas que tienen demandas altamente estacionales pueden intentar desarrollar productos que tengan tendencias del ciclo contrario en la estacionalidad.

Con la planificación agregada se puede influir en *la oferta* por medio de variables como:

- **Contratación y despido de empleados:** Algunas compañías hacen cualquier cosa antes de reducir el tamaño de la fuerza de trabajo con despidos, existen otras que incrementan o disminuyen rutinariamente su fuerza de trabajo conforme cambia la demanda.
 - **Uso de tiempo extra y de semanas cortas:** En ocasiones se utiliza el tiempo extra para ajustes laborales a corto y mediano plazo en lugar de contratar y despedir, en especial si el cambio de la demanda se considera temporal. “Semanas cortas” o “tiempo ocioso”, se refiere a la subutilización de la fuerza de trabajo en lugar de despedirlos.
 - **Uso de mano de obra temporal o eventual:** En algunos casos es posible contratar empleados eventuales o de medio tiempo para satisfacer la demanda. Esta opción puede ser particularmente atractiva debido a que con frecuencia a los empleados eventuales se les paga significativamente menos en sueldos y prestaciones. Los empleados de medio tiempo son esenciales en muchas operaciones de servicio como restaurantes, hospitales, supermercados y tiendas departamentales. Estas operaciones dependen mucho de su capacidad para atraer y utilizar trabajadores de medio tiempo y eventuales durante periodos picos de demanda.
 - **Uso de inventarios:** En las compañías de manufactura se puede utilizar el inventario como una especie de colchón entre la oferta y la demanda. El inventario acumulado en los periodos de baja demanda es utilizado para hacer frente a los requerimientos de los periodos picos de alta demanda. El
-
-

inventario puede considerarse como una manera de almacenar mano de obra para consumo en el futuro. Las operaciones de servicio no disponen de esta opción (con excepción de los bienes utilizados para prestar el servicio) y ocasionan que estas tengan un problema de planificación agregada un poco diferente y más difícil.

- **Subcontratistas:** Esta opción, que involucra el uso de otras empresas, es una manera efectiva de incrementar o disminuir la oferta. El subcontratista puede suministrar el producto por completo o sólo algunas partes de los componentes. Las operaciones de servicio pueden subcontratar la ayuda de secretarías, servicios de comida o instalaciones durante periodos pico.
- **Arreglos de cooperación:** Estos arreglos son muy similares a los subcontratistas puesto que se utilizan fuentes externas de oferta.

El problema de la planificación agregada es bastante generalizado y afecta a todas las partes de la empresa. Si se considera con un enfoque limitado, se puede presentar una suboptimización, lo que conlleva a que la toma de decisiones sea inapropiada. El planificador debe tomar en consideración variables como el nivel de servicio al cliente (a través de pedidos programados o pérdida de la demanda), niveles de inventarios, estabilidad de la fuerza de trabajo y costos. Todos estos objetivos en conflicto y compensaciones se combinan a veces en una sola función de costos.

3.2.4 Estrategias para la planificación agregada

Según lo expuesto por Chase et al (2000), existen tres estrategias de planificación de la producción. Estas estrategias implican transacciones entre el tamaño de la fuerza laboral, las horas de trabajo, el inventario y el volumen de trabajo atrasado.

- **Estrategias de Chase:** Igualar la tasa de producción con la tasa de pedidos mediante la contratación y el despido de empleados según varíe dicha tasa. El éxito de esta estrategia depende del hecho de tener un grupo de aspirantes

capacitados para contratar en la medida en que el volumen de pedidos se incrementen.

- **Fuerza laboral estable-horas de trabajo variable:** Variar la producción variando el número de horas trabajadas a través de programas de trabajo flexibles o de tiempo extra. Mediante la variación del número de horas de trabajo, es posible igualar las cantidades de producción con los pedidos.
- **Estrategia nivelada:** Mantiene una fuerza laboral estable trabajando a tasa de producción constante. Los faltantes y excedentes son absorbidos por niveles de inventario fluctuantes, retrasos en los pedidos y ventas perdidas.

Cuando se utiliza una sola de estas variables para absorber las fluctuaciones de la demanda, se habla de estrategias puras; cuando se combinan dos o más se habla de estrategias mixtas. Las estrategias mixtas se aplican más ampliamente en la industria

Además de estas estrategias los gerentes también pueden subcontratar alguna porción de la producción. Esta estrategia es similar a la de Chase, pero el hecho de contratar y despedir se traduce a subcontratar y no subcontratar. Algún nivel de subcontratación puede ser aconsejable para acomodarse a las fluctuaciones de la demanda. Sin embargo, a menos que la relación con el proveedor sea particularmente fuerte, un fabricante puede perder el control sobre el programa y la calidad. Por esta razón una subcontratación extensa puede considerarse como una estrategia de alto riesgo.

Por su parte Schroeder (2005), pueden utilizarse dos estrategias de operaciones puras junto con muchas combinaciones entre ellas para satisfacer las fluctuaciones de la demanda con el tiempo. Una estrategia pura es *nivelar la fuerza de trabajo* y otras es *relacionar la demanda con la fuerza de trabajo*. Con una estrategia perfectamente nivelada, habrá constancia en la producción en tiempo normal. Cualquier variación en la demanda debe absorberse mediante el uso de inventarios, tiempo extra, trabajadores eventuales, subcontratación, arreglos de cooperación o cualquiera de las opciones que influyen en la demanda. Con la

estrategia de cambio simple se nivela la fuerza de trabajo y se cambia para satisfacer la demanda. En este caso no es necesario mantener inventarios ni utilizar ninguna de las otras variables disponibles para la planeación agregada. La fuerza de trabajo absorbe todos los cambios de la demanda.

3.2.5 Costos pertinentes de la planificación agregada

Basándose en la clasificación entregada por Chase *et al* (2000), existen cuatro costos pertinentes en la planificación agregada. Estos se refieren al costo mismo de producción al igual que el costo de mantener un inventario y el tener pedidos insatisfechos.

- **Costos básicos de producción:** Son los costos fijos y variables causados al producir un tipo de producto determinado en un periodo de tiempo determinado. Están incluidos los costos de mano de obra directa e indirecta, y el pago por tiempo extra.
- **Costos asociados con los cambios en la tasa de producción:** Los costos típicos de esta categoría son aquellos que están implicados en la contratación, la capacitación y el despido del personal. El hecho de contratar ayuda temporal es una forma de evitar estos costos.
- **Costos de mantenimiento del inventario:** El principal componente es el costo del capital vinculado al inventario. Otros componentes son el almacenaje, el seguro, los impuestos, los desperdicios y la obsolescencia.
- **Costos de los pedidos pendientes de cumplimiento:** Normalmente son muy difíciles de medir e incluyen los costos de expedición, la pérdida de *good will* del cliente y la pérdida de ingresos por ventas resultante de los pedidos pendientes de cumplimiento.

Cuando se ha establecido la importancia del proceso planificativo dentro del instrumento técnico de evaluación, se ha explicado de manera general el proceso planificativo, basándose en el modelo jerárquico propuesto por Hax & Meal (1973), y se a definido que es la planificación agregada, ahora es tiempo de identificar dos

grandes actividades de este trabajo, a saber; *el modelo de pronóstico y método a utilizar para desarrollar el plan agregado.*

3.2.6 Modelos de pronósticos.

En base a lo señalado por Schroeder (2005), se debe hacer una clara distinción entre la demanda y las ventas, ya que no siempre son lo mismo. Por ejemplo, en el caso en que la demanda no se vea restringida por la capacidad, el pronóstico de la demanda será el mismo que el pronóstico de las ventas, en caso contrario, las ventas pueden ser ligeramente inferiores que la demanda de los clientes. Otro punto es la distinción entre pronóstico y planeación, ya que el pronóstico se refiere a lo que sucederá en el futuro, mientras que la planeación se relaciona con lo que se considera debería suceder en el futuro. Así a través de la planeación se hace un esfuerzo conciente por alterar los eventos del futuro, en cambio se usan los pronósticos solo para predecirlos.

El argumento usado constantemente entre los tomadores de decisiones es que la planificación es de primera importancia, mientras que los pronósticos son de menor importancia.

Existen métodos de pronósticos tanto cualitativos como cuantitativos. Los cualitativos utilizan el juicio gerencial, por lo tanto distintos individuos pueden utilizar el mismo método y llegar a conclusiones muy diferentes. Estos métodos son útiles cuando se carece de datos del pasado, o teniéndolos, estos no son confiables y el tomador de decisiones puede enfocar la poca información en un modelo cualitativo para generar el pronóstico. Por su parte los métodos cuantitativos utilizan un modelo subyacente para llegar a un pronóstico. Se basan en que el pasado es un buen patrón para explicar el futuro.

En el ámbito de las operaciones los pronósticos son de gran utilidad, y dependiendo el nivel y la amplitud de los periodos de tiempo dentro del horizonte de

planeación, coexisten modelos cualitativos y cuantitativos. La Tabla 3.1, entrega una visión global de los pronósticos en operaciones.

Tabla 3. 1: Usos y métodos de pronósticos en operaciones.

Uso de los pronósticos para las decisiones en operaciones	Horizonte de tiempo	Exactitud necesaria	Numero de productos	Nivel gerencial	Métodos de pronósticos
Diseño del proceso	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos y causales
Planeación capacidad de las instalaciones	Largo	Media	Unos o pocos	Alto	Cualitativos y causales
Planeación agregada	Mediano	Alta	Pocos	Mediano	Causales y series de tiempo
Programación	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo
Administración de inventarios	Corto	La más alta	Muchos	Más bajo	Series de tiempo

Fuente: Administración de operaciones: casos y conceptos contemporáneos, Schroeder (2005)

Como se aprecia en la Tabla 3.1, las organizaciones necesitan realizar proyecciones de corto, mediano y largo plazo, los que además pasan a ser relativos dependiendo el contexto en que se utilicen. El corto plazo se refiere usualmente a menos de tres meses, el mediano plazo de tres meses a dos años, y el largo plazo a más de dos años. Por lo general, los modelos de corto plazo se ven compensados por la variación aleatoria de la variable. Los modelos de mediano plazo son útiles para determinar los efectos estacionales, y los de largo plazo detectan las tendencias generales y son también muy útiles en la identificación de puntos críticos para el desarrollo de la estrategia empresarial.

A continuación se presenta una enumeración de métodos de pronósticos en base a su clasificación general:

3.2.6.1 Modelos cualitativos de pronóstico.

Según lo expresado por Armstrong (1985), los pronósticos están relacionados con determinar que deparará el futuro, en lugar de qué debería mostrar el futuro, ya que esto último es trabajo del proceso planificativo.

Heizer & Render (2004), califican a estos métodos como subjetivos, dado que incorporan factores tales como: la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien toma la decisión. Siguiendo la clasificación propuesta para estos métodos, se presentan a continuación cuatro técnicas de pronóstico.

- **Jurado de opinión de ejecutivos:** Consiste en que la opinión de un grupo de expertos o administradores de alto nivel, a menudo combinados con modelos estadísticos, convergen para llegar a una estimación grupal de la demanda.
- **Método Delphi:** Este es un método que tiene tres tipos de participantes distintos; los que toman decisiones, el personal y los entrevistados. Consiste en que un grupo de expertos que elaboraran un pronóstico real, son apoyados por personal para preparar, distribuir, recolectar y resumir una serie de cuestionarios y resultados de encuestas, respondidas por un grupo de entrevistados, que no se conocen entre ellos, y cuyo juicio se valora. Las encuestas son aplicadas al grupo de interés, iterativamente hasta llegar a consenso, y después de ello los tomadores de decisiones realizan el pronóstico.
- **Composición de la fuerza de ventas:** Enfoque centrado en la opinión que tiene cada vendedor sobre cuáles serán las ventas en su zona, luego estas opiniones se van agregando a medida que se sube dentro de la estructura, para obtener pronósticos medianos y globales.
- **Encuestas de mercado:** Este método solicita información a clientes y posibles clientes sobre sus planes de compra futuros.

3.2.6.2 Modelos cuantitativos de pronóstico.

3.2.6.2.1 Métodos causales.

Son métodos que consideran varias variables que están relacionadas con la cifra a predecir, una vez que se encuentran estas variables relacionadas, se construye un modelo estadístico que se usa para pronosticar la variable de interés. Estos modelos reciben comúnmente el nombre de modelos de causa y efecto, y dentro de los más utilizados se encuentran.

- **Regresión lineal simple:** Es el modelo de pronóstico asociativo que mas comúnmente se usa, para su construcción se emplea la técnica de mínimos cuadrados, con el fin de encontrar la recta que minimiza el cuadrado de los errores entre los datos de respuesta reales utilizados para construir el modelo y los de la recta que entrega el mejor ajuste. En este modelo se tiene solamente una variable dependiente y otra independiente que explica el comportamiento de la primera. Su formula se expresa por la Ecuación 3.1:

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_i \quad (3.1)$$

Donde:

\hat{y}_i = Variable dependiente calculada por la ecuación.

b_0 = ordenada al origen de \hat{y}

b_1 = Pendiente de la recta.

x_i = Variable explicativa independiente.

- **Regresión múltiple:** Es una extensión práctica del modelo simple de regresión, ya que permite construir un modelo con varias variables independientes que explican el comportamiento de la variable dependiente a pronosticar. La Ecuación 3.2 se expresa la estructura general del modelo.

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (3.2)$$

3.2.6.2.2 Métodos de series de tiempo.

Son métodos que se utilizan para hacer un análisis detallado de los patrones de demanda del pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar dichos patrones hacia el futuro. Se basan en que la demanda puede ser dividida en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error. Dentro de estos métodos encontramos:

- **Enfoque intuitivo o del último dato:** Este es el enfoque más sencillo en temas de series de tiempo, ya que solo supone que la demanda del siguiente periodo será igual a la del periodo inmediatamente anterior, lo cual se refleja en la Ecuación 3.3:

$$F_t = A_{t-1} \quad (3.3)$$

Donde:

F_t = Proyección para el periodo que viene.

A_{t-1} = Ocurrencia real del periodo anterior.

Generalmente es utilizado como un punto de partida para pronosticar modelos más sofisticados.

- **Promedio móvil simple:** Este método supone que la serie de tiempo solo tiene un componente de nivel y un componente aleatorio, no supone la presencia de patrones de estacionalidad, tendencia, ni componente de los ciclos en los datos de la demanda. Los promedios móviles usan un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico, por lo que solo son útiles si se puede suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo. La Ecuación 3.4 refleja el cálculo del promedio móvil simple para n periodos:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad (3.4)$$

Donde:

F_t = Proyección para el periodo que viene.

n = Número de periodos que va a ser promediado.

A_{t-1} = Ocurrencia real del periodo anterior.

A_{t-2}, A_{t-3} y A_{t-n} = Ocurrencias reales dos periodos atrás, tres periodos atrás, hasta n periodos atrás.

- **Promedio móvil ponderado:** Mientras que promedio móvil simple da igual ponderación a cada componente de la base de datos del promedio de movimiento, el promedio móvil ponderado permite que cada elemento tenga su propia ponderación, siempre y cuando la suma de todas ellas sea igual a uno. La Ecuación 3.5, refleja el procedimiento a realizar para obtener un pronósticos por medio de este modelo:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad (3.5)$$

Donde:

w_1 = Ponderación que se le dará a la ocurrencia real para el periodo $t - 1$.

w_2 = Ponderación que se le dará a la ocurrencia real para el periodo $t - 2$.

w_n = Ponderación que se le dará a la ocurrencia real para el periodo $t - n$.

n = Número total de periodos en la proyección.

Además, se debe cumplir con siguiente Ecuación 3.6, ya que la suma de las ponderaciones siempre debe ser igual a uno.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.6)$$

En la selección de las ponderaciones el pasado más reciente suele ser el indicador más importante de lo que se espera en el futuro, y en consecuencia suele tener una ponderación mayor.

- **Suavizamiento exponencial:** El suavizamiento exponencial se basa en la idea de que es posible calcular un promedio nuevo a partir de un promedio anterior y también de la demanda recientemente observada. Dentro de estos modelos se encuentran el suavizamiento exponencial simple, con solo una constante de suavizamiento, el suavizamiento exponencial doble, con dos constantes de suavizamiento y el algoritmo de Winters que contiene tres constantes de suavizamiento.

Los métodos de suavizamiento exponencial se utilizan ampliamente en la industria, ya que en muchas aplicaciones las ocurrencias más recientes son más indicativas del futuro que las que se encuentran en un pasado más distante, lo que indica que la importancia de los datos disminuye a medida que el pasado se vuelve más lejano. En esta premisa se sustentan los factores de suavizamiento de dichos métodos.

Suavizamiento exponencial simple: En el método de suavizamiento exponencial solo se necesitan tres datos para proyectar el futuro; 1) la proyección más reciente, 2) la demanda real registrada durante ese periodo de proyección y 3) una constante de ajuste alfa (α). La constante de ajuste determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción a las diferencias entre las proyecciones y ocurrencias reales. La lógica de este modelo es que entre más rápido sea el crecimiento de un periodo a otro, más alta deberá ser la tasa de reacción y viceversa. La Ecuación 3.7 soporta los cálculos de este modelo:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3.7)$$

Donde:

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

F_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el periodo anterior.

A_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior.

α = La tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

Cuando los datos recopilados para ajustar el modelo presentan una tendencia o estacionalidad, generan que la proyección del modelo propiamente tal se quede siempre retrasada, por lo cual se deben agregar más factores de corrección.

Suavizamiento exponencial doble: Cuando el modelo de series de tiempo tiene un componente de tendencia, se puede desarrollar un modelo de suavizamiento exponencial que se basa en la actualización de dos variables en cada periodo, el nivel promedio y una tendencia. El nivel promedio representa una versión ampliada de la ecuación de primer orden para incluir la tendencia, y su formula está dada por la Ecuación 3.8:

$$FIT_t = F_t + T_t \quad (3.8)$$

Donde:

FIT_t = (Forecast Including Trend) Pronóstico para el periodo t incluyendo la tendencia.

F_t = Pronóstico exponencial suavizado para el periodo t .

T_t = Tendencia exponencial suavizada para el periodo t .

Con el suavizamiento exponencial ajustado por tendencia, las estimaciones del promedio y la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere dos constantes de suavizado, α para el promedio y β para la tendencia. El promedio y la tendencia para cada periodo se calculan por medio de las siguientes Ecuaciones 3.9 y 3.10 respectivamente:

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.9)$$

Donde:

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

F_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el periodo anterior.

A_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior.

α = La tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

T_{t-1} = Tendencia estimada para el periodo anterior.

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3.10)$$

Donde:

T_t = La proyección de tendencia exponencial para el periodo t .

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

F_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el periodo anterior.

β = La tasa de respuesta deseada o constante de ajuste de tendencia.

T_{t-1} = Tendencia estimada en el periodo anterior.

Suavizamiento exponencial triple (Método de Winters): Es un método desarrollado en 1960 por Winters, y permite pronosticar series de tiempo que tienen componentes tanto de tendencia como de estacionalidad, por lo tanto el método exige que se actualicen tres variables; el promedio, la tendencia y un índice de estacionalidad para cada periodo.

El promedio se calcula para el periodo t por medio de la Ecuación 3.11:

$$F_t = \alpha \left(\frac{A_{t-1}}{R_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3.11)$$

Donde:

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

F_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el periodo anterior.

A_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior.

α = La tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

T_{t-1} = Tendencia estimada para el periodo anterior.

R_{t-L} = Índice de estacionalidad del periodo menos L periodos atrás, de acuerdo al largo del ciclo de estacionalidad.

En este caso se ajusta la demanda mediante el índice de estacionalidad y se iguala con el promedio y la tendencia anterior. La tendencia del periodo t , se determina igual que la Ecuación 3.10.

El índice de estacionalidad para el periodo t será el expresado en la Ecuación 3.12:

$$R_t = \gamma \left(\frac{A_{t-1}}{F_t} \right) + (1 - \gamma) R_{t-L} \quad (3.12)$$

Donde:

R_t = Índice de estacionalidad para el periodo t .

γ = La tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

A_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior.

R_{t-L} = Índice de estacionalidad del periodo anterior, menos L periodos atrás, de acuerdo al largo del ciclo de estacionalidad.

Una vez que se han obtenido los índices de promedio, estacionalidad y tendencia, se procede a realizar el pronóstico de cualquier periodo k hacia el futuro. Para ello se utiliza la Ecuación 3.13:

$$FW_{t+k} = (F_t + kT_t)(R_{t-L+k}) \quad (3.13)$$

Donde:

FW_{t+k} = La proyección de ajuste exponencial triple para el periodo $t+k$.

F_t = La proyección de ajuste exponencial para el periodo t .

k = Numero de periodos a proyectar hacia el futuro.

T_t = La proyección de tendencia exponencial para el periodo t .

R_{t-L+k} = Índice de estacionalidad del periodo menos L periodos atrás, de acuerdo al largo del ciclo de estacionalidad, más k periodos a proyectar.

Widiarta & Viswanathan & Piplani (2008) señalan 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 preferido el suavizamiento exponencial simple.

Según lo expuesto por Chase *et al* (2000), las técnicas de ajuste exponencial son muy aceptadas por seis razones principales: 1) Los métodos exponenciales son sorprendentemente exactos, 2) La formulación de un modelo exponencial es relativamente fácil, 3) El usuario puede entender cómo funciona el modelo, 4) Se requiere de pocos cálculos para realizar el modelo, 5) Los requerimientos de almacenamiento en el computador son pocos debido al uso limitado de datos históricos, 6) Las pruebas de exactitud en cuanto al desempeño del modelo son fáciles de calcular.

3.2.6.3 Errores en la proyección y cómo medirlos.

La palabra *error*, se refiere a la diferencia entre el valor de la proyección y lo que realmente ha ocurrido. Mientras que el valor de la proyección se encuentre dentro de los límites de seguridad, no se trata realmente de un error, pero el uso común es llamar error a esta diferencia. Este error nace ya que la demanda de un producto o servicio se genera a través de la interacción de una serie de factores demasiado complejos de describir con exactitud en un modelo. Como todas las proyecciones contienen errores, es conveniente distinguir entre *las fuentes del error* y *la medición del error*.

- **Fuentes de error:** El hecho de proyectar tendencias pasadas hacia el futuro es una fuente de error en si misma, y genera errores que pueden clasificarse como sistemáticos o aleatorios. *Los errores sistemáticos* se presentan cuando se comete una equivocación consistente. Las fuentes de estos errores son, por ejemplo, una falla en la inclusión de las variables correctas, la utilización de relaciones equivocadas entre las variables, el cambio erróneo de la demanda estacional de donde ocurre normalmente y la existencia de alguna tendencia subyacente no detectada. *Los errores aleatorios* se pueden definir como aquellos que no se pueden explicar con el modelo de proyección utilizado.
- **Medición del error:** Varios términos comunes empleados para describir el grado de error son: *error estándar*, *error cuadrático medio o varianza* y *la desviación media absoluta*. También se utiliza *la señal de rastreo* para indicar cualquier riesgo positivo o negativo en la proyección. De todos los anteriores *la desviación media absoluta* (Mean Absolute Deviation, MAD), es la más utilizada gracias a su sencillez y utilidad para obtener *señales de rastreo*. La MAD es el error promedio en las proyecciones, mediante el uso de valores absolutos. Su gran utilidad radica en que al igual que la desviación estándar, mide la dispersión de algún valor observado con base en algún valor previsto.

La MAD se calcula utilizando las diferencias entre la demanda real y la demanda proyectada, independientemente del signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida por el número de puntos de los datos, lo que se expresa en la Ecuación 3.14.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (3.14)$$

Donde:

- t = Número de periodos.
- A = Demanda real durante el periodo.
- F = Demanda proyectada para el periodo.
- n = Número de periodos.

La *señal de rastreo* es una medida que indica si el promedio de la proyección esta manteniendo el ritmo de los cambios reales de la demanda, ya sean hacia arriba o hacia abajo. Cuando se utiliza en las proyecciones la señal de rastreo es el número de desviaciones medias absolutas en que el valor de la proyección se encuentra por debajo o por encima de la ocurrencia real. Una señal de rastreo puede calcularse mediante la suma aritmética de las desviaciones de la proyección divididas por la desviación media absoluta, como se expresa en la Ecuación 3.15.

$$TS = \frac{RSFE}{MAD} \quad (3.15)$$

Donde:

$RSFE$ = (Running Sum of Forecast Errors) Es la suma continua de los errores de proyección, considerando la naturaleza de los mismos, es decir, los errores negativos cancelan los positivos y viceversa.

MAD = Es el promedio de las desviaciones absolutas.

Los límites aceptables de la señal de rastreo dependen del tamaño de la demanda que se esté proyectando y de la cantidad de tiempo de disponibilidad del personal. En un modelo de proyección perfecto, la suma de los errores de proyección reales sería cero, donde los errores que resulten en las sobreestimaciones se contrarrestan con aquellos de las subestimaciones. La señal de rastreo sería entonces de cero, lo cual indica un modelo no sesgado que no domina ni retarda la demanda real.

Según lo expresado por Render & Heizer (2004), no existe una respuesta única para determinar cuales son los límites de control óptimo de la señal de rastreo, pero se debe procurar encontrar valores razonables, es decir, que no sean tan bajos para que envíen la señal de alarma ante el mínimo error de pronóstico, ni tan altos que dejen pasar errores malos de manera regular. Algunos expertos han sugerido utilizar un máximo de ± 4 MAD para artículos ampliamente demandados, y ± 8 MAD para artículos de baja demanda. Otros expertos en pronósticos sugieren intervalos un poco menores.

Puesto que un MAD equivale a 0.8 desviaciones estándar, ± 2 MAD = ± 1.6 desviaciones estándar, ± 3 MAD = ± 2.4 desviaciones estándar y ± 4 MAD = ± 3.2 desviaciones estándar, lo cual sugiere que para que un pronóstico esté "bajo control", se espera que el 89% de los errores caigan dentro de ± 2 MAD, que el 99% dentro de ± 3 MAD, y así sucesivamente en relación a la distribución normal.

La prueba Theil's U: Esta estadística permite medir el error relativo del pronóstico al comparar los resultados pronosticados por el modelo versus un pronóstico ingenuo. Eleva las desviaciones al cuadrado para entregar mayor peso a los grandes errores y así exagerar su efecto, lo cual permite eliminar todos aquellos métodos que contengan grandes desviaciones. Su interpretación se recoge de la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Interpretación estadístico Theil's U

Estadístico Theil's U	Interpretación
Menor que 1	La técnica de pronóstico es mejor que la adivinación
Igual a 1	La técnica de pronóstico es tan buena como la adivinación
Mayor que 1	La técnica de pronóstico es peor que la adivinación

Entre todos los modelos de pronósticos señalados en los acápites anteriores se recomienda observar siete pasos para desarrollar un sistema de pronósticos, los que a continuación se señalan:

- Determinar el uso del pronóstico: responde a la pregunta ¿Para qué pronosticar?
- Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar: responde a la pregunta ¿Qué pronosticar?
- Determinar el horizonte del pronóstico: responde a la pregunta ¿Para cuánto tiempo pronosticar?
- Seleccionar los modelos de pronóstico: responde a la pregunta ¿Qué modelo es el más adecuado para la situación a pronosticar?
- Reunir los datos necesarios para elaborar el pronóstico: responde a la pregunta ¿Qué disponibilidad de datos se tiene para pronosticar?
- Obtener el pronóstico.
- Validar e implementar los resultados: responde a la pregunta ¿Es válido el pronóstico con respecto al indicador de control?

Una vez que se han seguido estos pasos, se puede decir que el modelo de pronóstico es útil para guiar las decisiones de la organización.

3.2.7 Métodos de planificación agregada propuestos

Son diversos los métodos de planificación agregada presentados en la literatura, pero siguiendo lo propuesto por Corominas & Boiteux & Lusa (2007) se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1. Modelos de comparación de alternativas,
2. Modelos que utilizan reglas de decisión,
3. Modelos basados en programación lineal.

3.2.7.1 Modelos de comparación de alternativas.

Son métodos muy aceptados por la alta dirección de las empresas gracias a su sencillez y facilidad de comprensión. Se trata de enfoques de prueba y error que no garantizan un plan óptimo. Su principal ventaja es que sirven para evaluar rápidamente estrategias y jugar con el movimiento de algunas variables, bajo la lógica del qué pasa si? y ver como afectan el plan. Su principal desventaja es que no sirven para crear estrategias, ya que para ello se necesita un método optimizante, como los de programación matemática.

- **Método de la hoja de cálculo:** Es un modelo de asistencia a la toma de decisiones, en lugar de uno optimizante. Entre otros, sus virtudes han sido expuestas por Harrison (1976), Techawiboonwong & Yenradee (2002). El primero señala que es un modelo capaz de estructurar planificaciones en sistemas complejos y no requiere una función matemática objetivo, además que puede ser entendido y utilizado por no especialistas. Los segundos señalan que el modelo hoy en día es fácil de diseñar en Excel y las particularidades de las hojas de cálculo permiten realizar muchos ensayos de prueba y error, incluso van más allá y señalan que al aplicar el Solver de Excel se puede obtener una solución óptima de programación lineal. En la hoja de cálculo se muestran los valores de entrada, que reflejan los requisitos de

demandas y las alternativas propuestas para cada periodo. En otra parte de la hoja, por medio de las fórmulas se muestran los valores de respuesta derivados de los valores de entrada.

- **Método gráfico y de diagramas:** Según lo planteado por Henzer & Render (2004), Corominas *et al.* (2007), este modelo fue propuesto inicialmente en 1945 por Alford, el cual propuso una gráfica en la cual se relaciona la cantidad de producción con el tiempo. En ésta se presenta una curva representando a la producción total y el stock acumulado a lo largo del tiempo, en contraste con una curva que representa las ventas acumuladas y una recta representando el índice de producción.

3.2.7.2 Modelos que utilizan reglas de decisión.

Son modelos que proporcionan un plan agregado mediante al modelamiento de un conjunto de expresiones matemáticas que pueden ser lineales o no. Dentro de estos modelos caen los Heurísticos y los de simulación.

- **Método de la regla de decisión lineal (LDR):** Fue planteado por primera vez en el año 1955 por Holt, Modigliani, Ruth & Simon, y constituye un gran aporte al área de la programación de modelos matemáticos. Se basa en un modelo cuadrático de costos, restringido por ecuaciones lineales de balance entre producción, inventario y ventas. Al derivar e igualar a cero para minimizar el costo total, se obtienen dos reglas de decisión lineal para calcular la tasa de producción y el nivel de la fuerza laboral del siguiente periodo, usando pronósticos agregados de ventas. Si bien el método produce resultados óptimos, éstos dependen de que la función de costos sea cuadrática, lo cual con frecuencia no es cierto. Otra deficiencia del método es que las variables de decisión no están restringidas, y esto es poco representativo de la realidad. Singhal. & Singhal (1986), proponen un procedimiento computacional de búsqueda unidimensional más eficiente para solucionar el modelo de Hot *et al.* y señalan que dicho procedimiento es análogo al desarrollado para los algoritmos discretos de control óptimo.

- **Método de la regla de decisión de búsqueda (SDR):** Fue planteado por Taubert (1968), y nace como una inquietud planteada por el autor ante la proliferación de modelos para solucionar el problema de la planificación agregada. Indica que los modelos se basan en simplificaciones extremas de la realidad y que al hacer pequeños incrementos en el realismo del modelo surge la necesidad de realizar un incremento exponencial en la complejidad matemática del mismo. Para solucionar ese problema y poder agregar mayor realismo Taubert propone un método basado en el uso de procedimientos de optimización computacional, expresándolo en forma de un algoritmo computacional. Si bien el modelo no encuentra una solución óptima, dichas soluciones en su tiempo eran difíciles de superar.
 - **Método de planeación paramétrica de la producción (PPP):** Modelo expuesto por Jones (1967), y nace al igual que la SDR por la inquietud de entregar mayor realismo a la planificación agregada. El método postula la existencia de dos reglas de retroalimentación lineal. La primera regla provee el número de trabajadores y la segunda la tasa de producción. Cada regla a su vez esta compuesta por dos parámetros y formulada para cumplir el amplio rango de decisiones posibles que se desee representar. La búsqueda se realiza en un universo de cuatro dimensiones que contiene a los parámetros para seleccionar el conjunto de ellos que entregue el más bajo costo a través del tiempo para una firma en particular. La ventaja de este modelo es que no esta restringido a funciones lineales, cuadráticas, o de cualquier otro tipo, y solo busca la mejor representación cuantitativa posible de la empresa en cuestión. Cuando ha sido aplicada a modelos puramente lineales o cuadráticos, ha entregado respuestas cercanas a las óptimas a las entregadas por la programación lineal y la LDR.
 - **Método de producción de cambio heurístico. (PSH):** Mellichamp & Love (1978), ante la baja aceptación que habían manifestado los tomadores de decisiones, por el uso de la amplia variedad de métodos de planeación agregada, traduciéndose en un bajo impacto de está en el área de operaciones, deciden formular su modelo PSH. El modelo se basa
-
-

principalmente en reglas de decisión que utilizan alimentación de las variables generadas por medio de un paseo aleatorio y sometidas a un procedimiento heurístico de decisión.

3.2.7.3 Modelos basados en programación lineal.

La programación lineal constituye una de las fuentes más importantes para resolver el problema de la programación agregada y entre sus desarrollos a la materia se pueden encontrar:

- **Método de transporte de programación lineal:** Cuando un problema de planeación agregada se ve como un problema de asignación de la capacidad de operaciones para satisfacer la demanda pronosticada, puede plantearse en el formato de programación lineal. El primero en formular el problema de planeación agregada bajo el método de transporte fue Browman (1956), autores contemporáneos como Render & Heizer (2004), han utilizado el método de transporte como herramienta de enseñanza en sus libros de texto. Corominas *et al.* (2007), dan una buena explicación de cómo funciona el modelo señalando “Se propone como origen los binomios formados por la alternativa de producción (producción en horas regulares, en horas extras y subcontratación) y el periodo en que se produce; y como destino los periodos a que asignará la entrega de dichas producciones”. Este método optimizante funciona bien cuando se analizan los efectos de mantener en inventario, el uso del tiempo extra y los subcontratos, pero pierde validez, cuando se introducen factores no lineales o negativos. También, cuando se introducen otros factores, como contrataciones y despidos, debe usarse el método general de programación lineal.
- **Método de optimización robusta:** Albornoz & Contesse (1999), presentan una aplicación de la optimización robusta al problema de la planificación agregada. Parten desarrollando el modelo determinístico clásico de programación lineal, luego introducen enfoques alternativos al modelo para enfrentar la incertidumbre, principalmente de la demanda, agregándole

aleatoriedad a la misma, pero solo utilizando un coeficiente promedio, lo que no hace a ambos modelos muy diferentes. Terminan planteando y resolviendo un modelo de optimización robusta el cual incluye explícitamente los parámetros aleatorios en su formulación, entregando soluciones óptimas de compromiso, en el sentido de que más que exigir la factibilidad de las decisiones para cada escenario por separado, se minimiza conjuntamente el valor esperado de la utilidad más una cierta función de penalización para las posibles infactibilidades. El modelo resultante entrega una solución lo suficientemente óptima para cada escenario por separado y al mismo tiempo obtiene soluciones aceptablemente factibles para cada escenario.

- **Método de programación lineal:** Han sido los modelos más desarrollados en materia de planificación agregada, agrupando entre ellos la programación lineal (LP), la programación lineal entera (ILP), la programación lineal entera mixta (MILP), la programación lineal de metas (LGP), la programación lineal entera de metas (ILGP) 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 se encuentran Blake & Carter (2002), desarrollando un modelo de programación lineal de metas que toma en cuenta los objetivos tanto del hospital como de los médicos, la complejidad aquí es que la jerarquía de las metas no es a menudo tan aparente entre los tomadores de decisiones. Por su parte Jansson & Delgado (2000) desarrollan un modelo de programación lineal entera para la programación agregada de atenciones quirúrgicas. Bretthauer & Coté (1998), presentan un modelo basado en programación lineal entera que tiene por objetivo optimizar la planeación de la capacidad en los sistemas de salud. Perry & Preston (1986), presenta un modelo de programación lineal para solucionar el problema de planeación agregada de una empresa Australiana. Ellos plantean que la ventaja de este método es que la información de costos son relativamente simple de estimar o coleccionar, su

función objetivo es fácil de entender, encuentra el plan de más bajo costo y es barato de correr en un computador. 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.

Yenradee & Pinnoi & Charoenthavornying (2001), presentan un modelo basado en programación lineal aplicado a una empresa de fabricación de contenedores a presión, entregando además un esquema de seis pasos para administrar adecuadamente el plan. Blake & Carter (2002), desarrollan un modelo de programación lineal de metas, en el cual concilian por medio de dos metas tanto objetivos médicos como hospitalarios. Kewton & 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.

Luego de esta revisión bibliográfica se aprecia que la mayor cantidad de aplicaciones al área de la salud esta centrada en los modelos de programación lineal, tomando especial relevancia la programación lineal entera y la programación lineal entera de metas.

Para concluir este acápite y siguiendo lo presentado por Corominas *et al.* (2007), las características diferenciadoras de los problemas de planificación modelados por medio de programación lineal son: (i) el horizonte temporal puede estar compuesto tanto por uno como por múltiples periodos, (ii) se puede producir uno o múltiples productos que compiten por los mismos recursos, (iii) los recursos

Capítulo 3: Construcción de un modelo de planeación agregada. 60

críticos pueden ser uno o múltiples, (iv) las fases de fabricación pueden ser una o varias, (v) entregan la posibilidad de diferir demanda o retrasar pedidos, (vi) permiten incorporar tanto demanda determinística como estocástica, (vii) la fuerza laboral puede ser mantenida tanto fija como variable sobre todo el horizonte de producción, (viii) las instalaciones pueden ser fijas o variables dependiendo de la flexibilidad que requiera el plan, (ix) el nivel de producción, dependiendo de la estrategia de producción implementada, puede ser constante o fijo. (x) se puede mantener stock o no, dependiendo de los requerimientos de la compañía, y por último (xi) la función objetivo puede contemplar un solo criterio u múltiples criterios de planificación agregada.

Capítulo 4:

Caso de estudio: Servicio de ginecología y obstetricia.



Capítulo 4: Caso de estudio: Servicio de ginecología y obstetricia.

En el presente capítulo se aplicará lo investigado a un caso de estudio representado por la unidad de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín de Chillán. La base teórica principal de todas las decisiones tomadas para poder desarrollar el caso de estudio se encuentra contenida en los capítulos dos y tres de este trabajo de titulación.

4.1 Agrupación de familias.

El primer problema que se debe solucionar para poder aplicar un modelo de planificación agregada a la unidad de ginecología y obstetricia es agrupar las 54 prestaciones médicas directas que esta unidad entrega, dentro de una cantidad reducida de familias de servicios, ya que como se señala en el capítulo tres de este trabajo, el problema de la planificación agregada trata con la planificación de mediano plazo por familia de productos, que pasan a ser familias de servicios en este caso.

Para proceder a agregar las prestaciones en familias solo se dispone lo que la teoría plantea, la cual no es del todo clara, pero entrega algunos lineamientos, como lo señalado por Váncza *et al* (2004) “las familias representan un grupo de productos que comparten las mismas unidades de manufactura, ensamble y operaciones, en las cuales se procesan algunas simultáneamente y otras independientes unas de otras. Ellas requieren recursos, que son típicamente los mismos, tanto en máquinas como en recursos humanos”. Por otra parte Bitran & Tirupatu (1989), expresan que la agregación juega un papel crucial a la hora de evaluar lo satisfactorio de un modelo de planificación agregada, y es muy difícil ya que el número de factores envueltos no es fácil de cuantificar, y solo se debe caracterizar las familias por el uso de los recursos productivos. En el mismo sentido Hax & Meal (1973), señalan que los ítems que componen una familia comparten la mayor parte de los costos de setup de la

maquina, por lo tanto deben ser programados en conjunto, ya que esto permite reducir sustancialmente los costos de fabricación.

En sentido general y en base a lo aprendido durante esta investigación, una familia es un conjunto de productos que comparten una ruta similar dentro de su proceso productivo y que tienen mínimos costos de setup entre un producto y otro, por lo tanto este es el criterio que se utiliza junto al Jefe de Servicio Dr. Patricio Bertoglia para proceder a agrupar las prestaciones dentro de familias.

Las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3 recogen la agrupación de las primeras tres familias, la cuales se llevan a cabo en el Consultorio de Atención de Especialidades (CAE). Disponen para ello de un grupo de seis matronas, seis técnicos y horas asignadas de médicos especialistas de Ginecología y Obstetricia. La separación en Endoscopías, Otras Exploraciones y Otros Procedimientos, está en directa relación a los equipos que se utilizan para llevarlas a cabo. Esta tabla recoge también tanto el tiempo promedio ponderado de ejecución (T.P.E.), como la demanda promedio por prestación y el tiempo promedio de ejecución de la prestación.

Tabla 4. 1: Agrupación de prestaciones en la familia Endoscopias

FAMILIA 1	T.P.E.	30
ENDOSCOPIA c/s BIOPSIAS c/s TOMA DE MUESTRAS	D. Promedio	T. Promedio
Amnioscopia c/s escalpe fetal	14	20
Colposcopia	254	30
Histeroscopia diagnostica o terapéutica (proc. aut.)	2	75

Tabla 4. 2: Agrupación de prestaciones en la familia Otras Exploraciones

FAMILIA 2	T.P.E.	40
OTRAS EXPLORACIONES	D. Promedio	T. Promedio
Amniocentesis	1	35
Culdocentesis (punción del Douglas)	0	40
Hidrotubación y/o insuflación de trompas	0	40
Monitoreo basal con informe	195	40
Monitoreo fetal estresante, con control permanente del especialista y tratamiento de las posibles complicaciones	161	40
Cordocentesis	0	40

Galactografía (a.c. 04-02-004 o 04-02-005, según corresponda)	0	40
---	---	----

Tabla 4. 3: Agrupación de prestaciones en la familia Otros Procedimientos.

FAMILIA 3	T.P.E.	39
OTROS PROCEDIMIENTOS	D. Promedio	T. Promedio
Biopsia endometrio, vulva, vagina, cuello, c/u (proc. aut.)	108	40
Colocación o extracción de dispositivo intrauterino (no incluye el valor del dispositivo)	9	20
Electrodiatermo o criocoagulación de lesiones del cuello	82	40
Test postcoital	0	
Punción evacuadora de quistes mamarios, c/s toma de muestras, c/s inyección de medicamentos	9	40
Biopsia estereotáxica digital de mama	0	40

Las Tablas 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 utilizan la unidad de pabellón quirúrgico para llevar a cabo las prestaciones de cada familia. Lo que difiere de una familia a otra en esta agrupación, es la utilización de implementos técnicos y la distinta dócima de colaboradores necesarios para ejecutarlas.

Tabla 4. 4: Agrupación de prestaciones en la familia Cirugía de la Mama.

FAMILIA 4	T.P.E.	98
CIRUGIA DE LA MAMA (UN LADO)	D. Promedio	T. Promedio
Absceso y/o hematoma, trat. quir.	2	30
Mastectomía parcial (cuadrantectomía o similar) o total s/vaciamiento ganglionar	5	90
Mastectomía radical o tumorectomía c/vaciamiento ganglionar o mastectomía total c/vaciamiento ganglionar	5	180
Tumor benigno y/o quiste y/o mama supernumeraria y/o aberrante o politelia, o biopsia quirúrgica extemporánea, trat. quir. (proc. aut)	4	45

Tabla 4. 5: Agrupación de prestaciones en la familia Cirugía Ginecológica.

FAMILIA 5	T.P.E.	80
CIRUGIA GINECOLOGICA	D. Promedio	T. Promedio
Ovario y trompa de falopio		
Ooforectomía parcial o total, uni o bilateral (proc. aut.)	3	80
Anexectomía y/o vac. de absceso tubo-ovárico, uni o bilateral.	4	100
Embarazo tubario, trat. quir.	1	100

Capítulo 4: Caso de estudio: servicio de ginecología y obstetricia.

Ligadura o sección uni o bilateral de las trompas (Madlener, Pomeroy, o similares) (proc. aut.)	13	50
Salpingectomía uni o bilateral	2	70
Esterilidad tubaria, op. plástica, uni o bilateral- Con microcirugía	0	150
Esterilidad tubaria, op. plástica, uni o bilateral- Sin microcirugía	0	140
Utero y sus elementos de sosten		
Miomectomía	3	85
Extracción de DIU incrustado, por vía abdominal	0	75
Histerect. vía abdom., c/s anexect.uni o bilat.- Sub-total	7	100
Histerect. vía abdom., c/s anexect.uni o bilat.- Total o ampliada	12	120
Ligamento ancho: abscesos y/o hematomas y/o flegmones y/o quistomas y/o várices u otros, trat. quir. (proc. aut.)	2	100
Conización y/o amputación del cuello, diagnostica y/o terapéutica c/s biopsia	14	60
Histerectomía por vía vaginal	1	140
Histerectomía radical con disección pelviana completa de territorios ganglionares, incluye ganglios lumboaórticos (operación de Wertheim o similares)	1	190
Histerectomía total c/intervención incontinencia urinaria, cualquier técnica	1	120
Histeropexia	0	70
Plastía uterina (operación de Strassmar o similares)	0	80
Polipectomía (uno o más) (proc. aut.)	6	45
Sinequia y/o estenosis cervical, trat. quir.	0	60
Desgarro cervical trat. quir.	0	60
Incompetencia cervical trat. quir.	0	70
Vagina		
Colpoceliotomía	0	45
Incontinencia urinaria de esfuerzo, trat. quir. por vía vaginal (proc. aut.)	0	60
Prolapso anterior y/o posterior con repar., incontinencia urinaria por vía extravaginal o combinada	3	90
Prolapso anterior y/o posterior c/s trat. de incontinencia urinaria por vía vaginal, trat. quir.	2	100
Quiste y/o desgarro y/o tabique vaginal, trat. quir.	1	70
Vulva y perine		
Bartolinitis, vaciamiento y drenaje (proc. aut.)	2	45
Bartolinocistoneostomía o extirp. de la glándula	1	60
Vulvectomía- Simple	0	120

Tabla 4. 6: Agrupación de prestaciones en la familia Aborto.

FAMILIA 6	T.P.E.	51
ABORTO	D. Promedio	T. Promedio
Aborto retenido, vaciamiento de (incluye la inducción en los casos que corresponda)	2	70

Raspado uterino diagnóstico o terapéutico por metrorragia o por restos de aborto	35	50
--	----	----

Tabla 4. 7: Agrupación de prestaciones en la familia Cesárea.

FAMILIA 7	T.P.E.	80
CESÁREA	D. Promedio	T. Promedio
Cesárea	192	80

Por último la tabla 4.8, recoge a la última familia de prestaciones directas (parto normal), la que dispone de sus propias salas de parto y que requiere de colaboradores totalmente distintos que todas las demás, ya que las primeras siete utilizan conjuntamente a los colaboradores médicos, mientras que esta última solo utiliza colaboradores matronas y técnicos, para lo que existen 27 matronas y 42 técnicos del servicio respectivamente.

Tabla 4. 8: Agrupación de prestaciones en la familia Parto Normal

FAMILIA 8	T.P.E.	60
PARTO NORMAL	D. Promedio	T. Promedio
Parto Normal	93	60

4.2 Generación de pronósticos

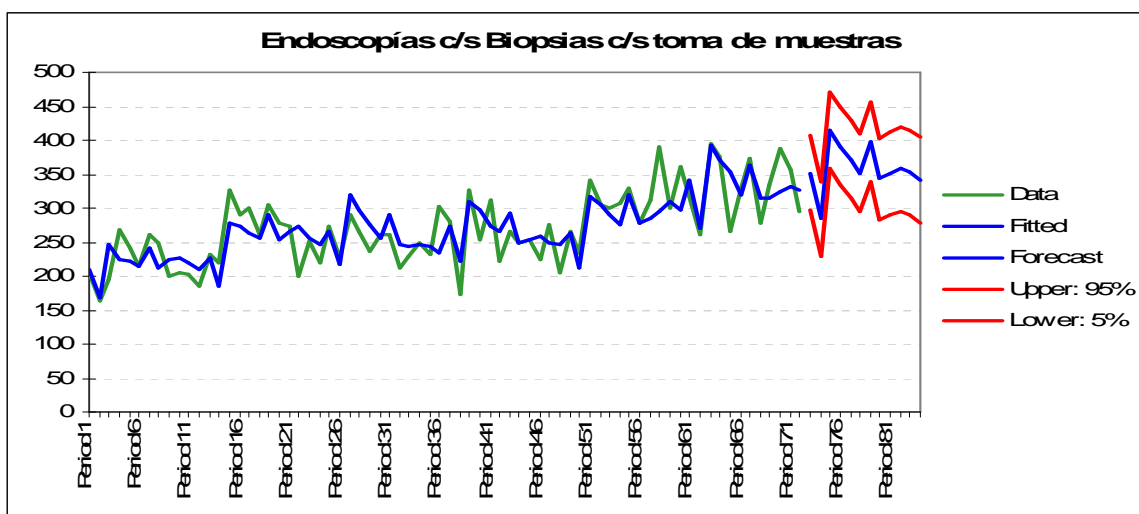
Una vez que se han agrupado las 54 prestaciones que se realizan dentro del servicio de Ginecología y Obstetricia, se proceden a sumar las prestaciones por familia, lo que entrega la demanda mensual histórica por familia de prestaciones, desde el año 2003 hasta el 2008 (72 periodos), tal como se puede ver en el Anexo A.

Para generar los pronósticos por prestación se ha utilizado el programa Crystal Ball Predictor 5.2, el cual permite probar el ajuste de los ocho métodos de series temporales aprendidos en la asignatura de métodos de predicción. Un manual detallado de los pasos necesarios a realizar para poder obtener un pronóstico con el uso de CB Predictor se puede encontrar en el Anexo D.

4.2.1 Pronósticos procedimientos endoscópicos.

La primera familia de prestaciones es aquella referida a los procedimientos endoscópicos, para la cual se presenta la Figura 4.1, la cual permite observar los datos históricos en verde, lo pronosticados en azul y dos bandas rojas, que representan el límite superior e inferior del pronóstico al 90% de confianza. Los resultados numéricos se pueden encontrar en el Anexo B.

Figura 4. 1: Pronósticos de procedimientos endoscópicos.



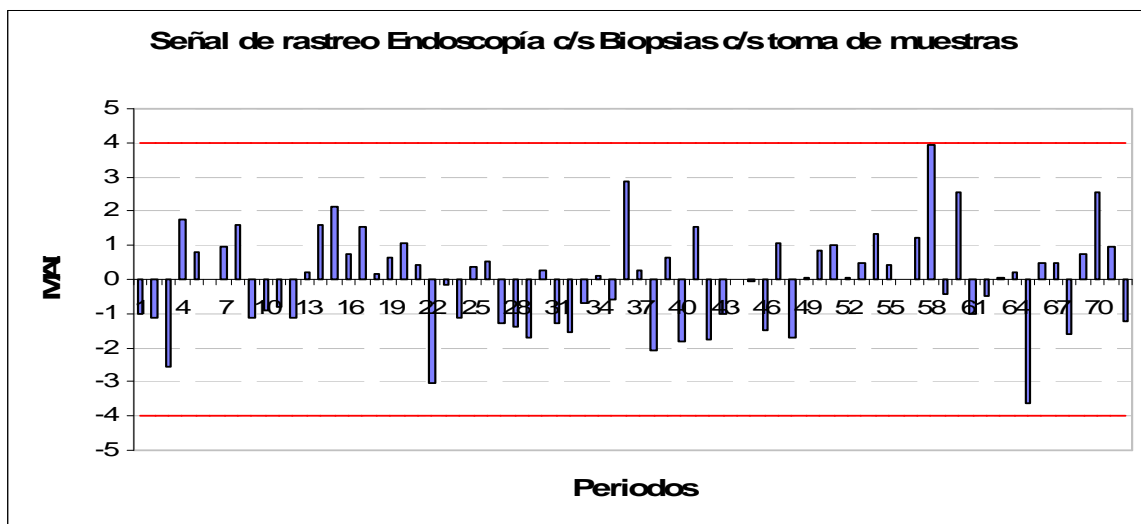
Por otra parte la Tabla 4.9, muestra el resumen entregado por CB Predictor. El criterio utilizado para medir el error, fue el establecido en el Capítulo 3, es decir el menor MAD y la prueba de Theil's U, los que muestran que el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo es mejor que cualquier proceso de adivinación informal para pronosticar el comportamiento de esta familia. En cuanto a la estacionalidad se utilizó la información entregada por los colaboradores, que expresaron que cada cierto intervalo de tiempo se repetía un patrón de comportamiento en la demanda, por lo cual se probó con estaciones múltiplos de seis, con un máximo de dos años, ya que todas las demás alternativas incrementaban fuertemente los índices de error. En este caso 12 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD.

Tabla 4. 9: Resumen de estadísticas para procedimientos endoscópicos.

ENDOSCOPIA			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,533	Estacionalidad	12 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,193	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	32,406	24,942	9,52%

Continuando con el análisis se diseñó la Figura 4.2, la cual permite apreciar el comportamiento histórico de la señal de rastreo para los procedimientos endoscópicos. Se desprende claramente que el comportamiento del pronóstico con respecto al dato real se ha mantenido consistente a través del tiempo, no favoreciendo ni perjudicando al pronóstico, que es lo que al fin de cuentas busca un método de pronóstico.

Figura 4. 2: Señal de rastreo para procedimientos endoscópicos.

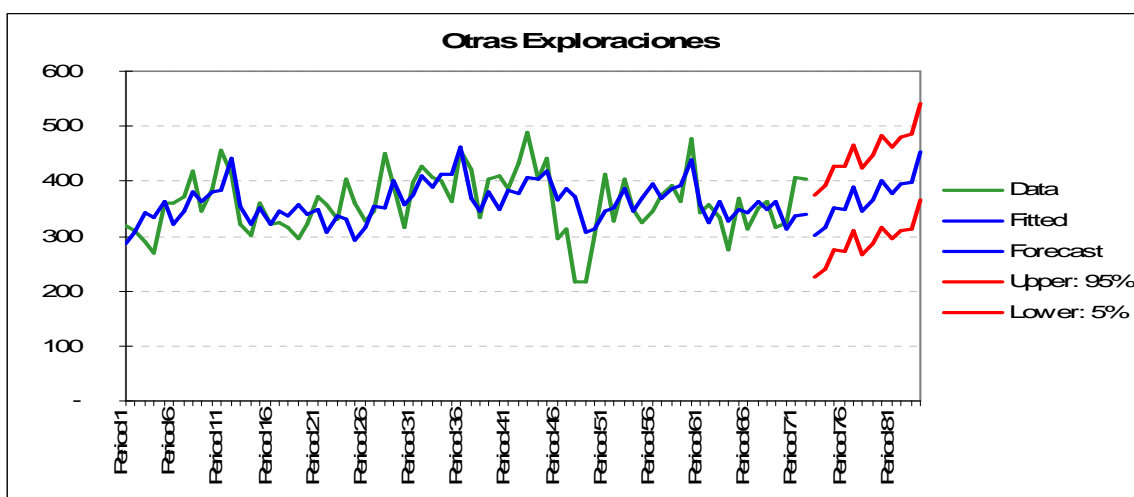


4.2.2 Pronóstico otras exploraciones

La segunda familia de prestaciones es aquella referida a otras exploraciones, para la cual se presenta la Figura 4.3, en la cual se pueden observar los datos históricos en verde, lo pronosticados en azul y dos bandas rojas, que representan el

límite superior e inferior del pronóstico al 90% de confianza. Los resultados numéricos se pueden encontrar en el Anexo B.

Figura 4. 3: Pronósticos otras exploraciones



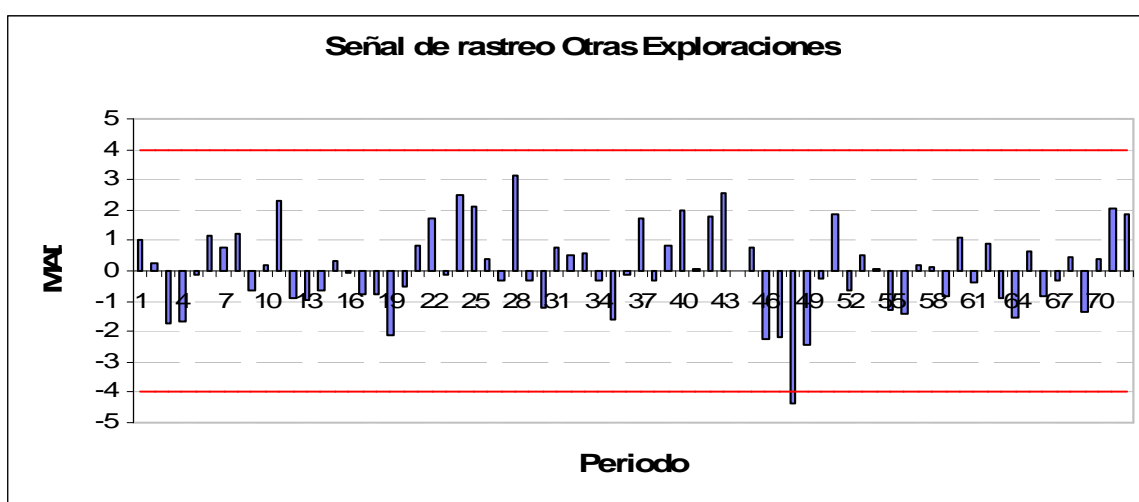
La Tabla 4.10, muestra el resumen entregado por CB Predictor. Nuevamente se puede apreciar que la prueba de Theil's U indica que el aplicar el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo es mejor que cualquier proceso de adivinación informal para pronosticar el comportamiento de esta familia. En cuanto a la estacionalidad se utiliza la información entregada por los colaboradores, que expresaron que cada ciertos intervalos de tiempo se repite un patrón de comportamiento en la demanda, por lo cual se probó con estaciones múltiplos de seis, con un máximo de dos años. En este caso 24 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD.

Tabla 4. 10: Resumen de estadísticas para otras exploraciones.

OTRAS EXPLORACIONES			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,803	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,114	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	44,491	34,24	10,08%

La Figura 4.4 permite apreciar el comportamiento histórico de la señal de rastreo para las otras exploraciones. El comportamiento del pronóstico con respecto al dato real se ha mantenido consistente a través del tiempo, salvo el periodo 48, el cual tuvo una desviación superior a -4 MAD, pero inmediatamente volvió a estar bajo control. La señal nuevamente muestra que no se favorecen los pronósticos alto ni los bajos, manteniéndose consistentes en torno al dato real.

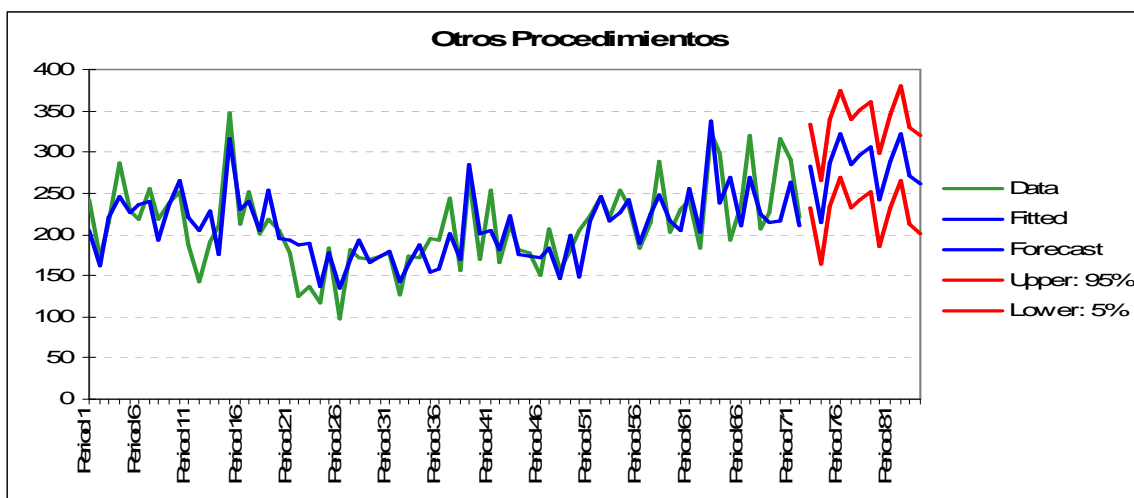
Figura 4. 4: Señal del rastreo para otras exploraciones



4.2.3 Pronósticos otros procedimientos.

Es la tercera familia de prestaciones a analizar. Se presenta la Figura 4.5 para apreciar el comportamiento histórico de la demanda para esta familia de prestaciones. En dicho gráfico se pueden observar los datos históricos en verde, los pronosticados en azul y dos bandas rojas, que representan el límite superior e inferior del pronóstico al 90% de confianza. Los resultados numéricos se pueden encontrar en el Anexo B.

Figura 4. 5: Pronóstico otros procedimientos



La Tabla 4.11, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica que el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo es mejor que cualquier proceso de adivinación informal para pronosticar el comportamiento de esta familia. En cuanto a la estacionalidad se determinó que en este caso 24 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD.

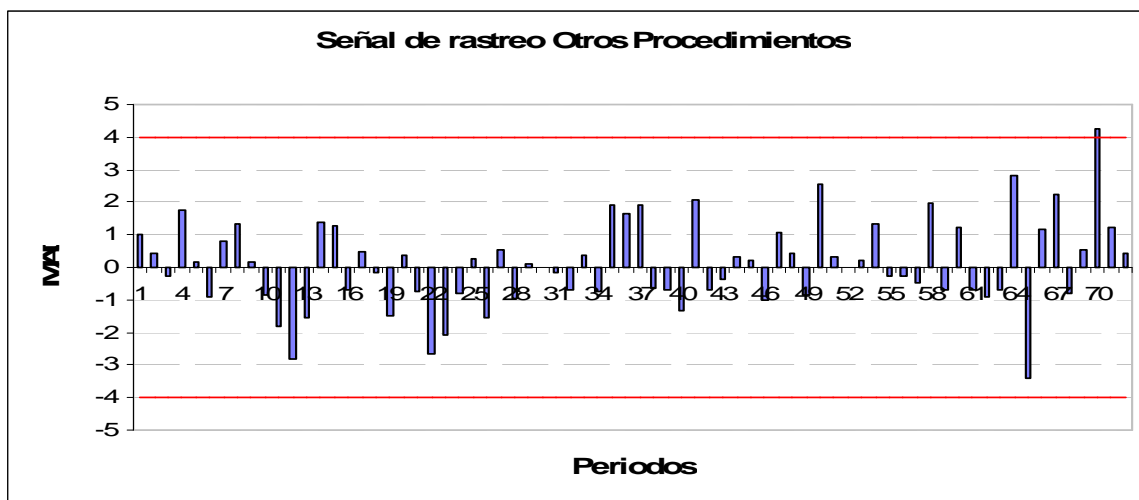
Tabla 4. 11: Resumen de estadísticas para otros procedimientos.

OTROS PROCEDIMIENTOS			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,516	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,241	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	30,274	23,264	11,63%

La señal de rastreo de los otros procedimientos, muestra un comportamiento consistente entre ± 2 MAD, lo cual es muy bueno ya que indica que no se favorecen los pronósticos alto ni bajos, lo que se observa en la Figura 4.6. El periodo 70 es una excepción en el comportamiento de la señal, pero vuelve a ingresar dentro de los

límites en el periodo inmediatamente posterior, por lo que no debería preocupar al tomador de decisiones.

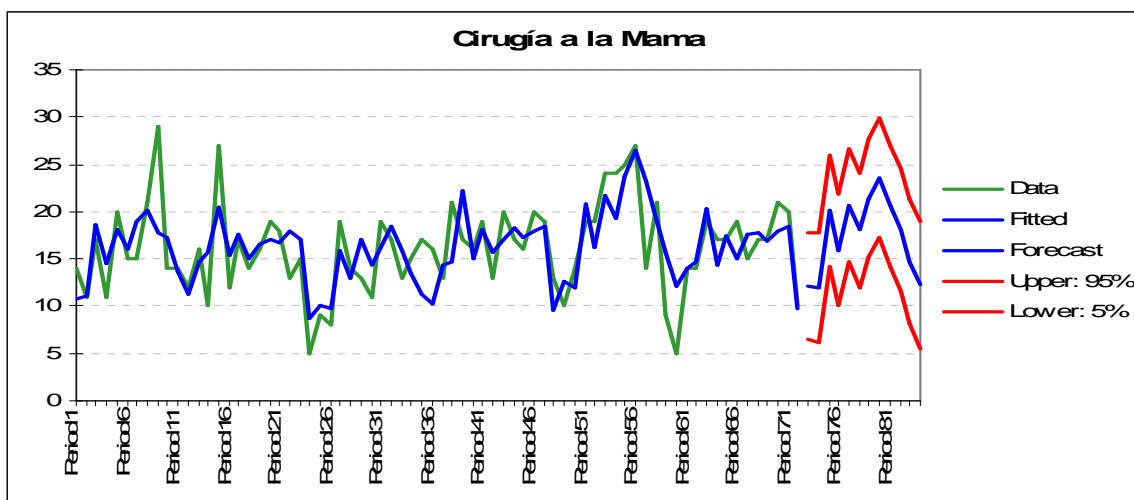
Figura 4. 6: Señal de rastreo otros procedimientos.



4.2.4 Pronósticos cirugía a la mama.

Es la cuarta familia de prestaciones a analizar. La Figura 4.7, al igual que todos los anteriores, presenta la información seccionada de 72 periodos mensuales (2003-2008), y los pronósticos para los doce meses del presente año. En dicho gráfico se pueden observar los datos históricos en verde, lo pronosticados en azul y dos bandas rojas, que representan el límite superior e inferior del pronóstico al 90% de confianza. Los resultados numéricos de los pronósticos para esta familia se pueden encontrar en el Anexo B.

Figura 4. 7: Pronósticos cirugía a la mama.



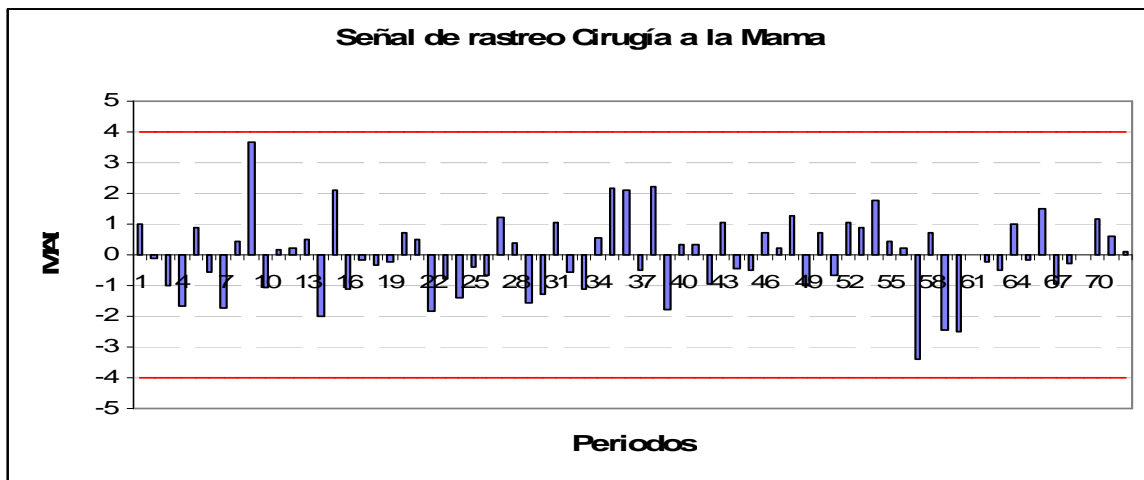
La Tabla 4.12, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica nuevamente que el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo es mejor que cualquier proceso de adivinación informal para pronosticar el comportamiento de esta familia. En cuanto a la estacionalidad se determinó que en este caso 24 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD.

Tabla 4. 12: Resumen de estadísticas para cirugía a la mama.

CIRUGÍA A LA MAMA			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,481	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,17	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	3,4104	2,6199	18,96%

La señal de rastreo de la cirugía a la mama, al igual que la señal de rastreo anterior, muestra un comportamiento consistente entre ± 2 MAD, lo cual es muy bueno ya que indica que no se favorecen los pronósticos alto ni los bajos consistentemente a través del tiempo, lo que se puede observar en el comportamiento de la señal recogido en la Figura 4.8.

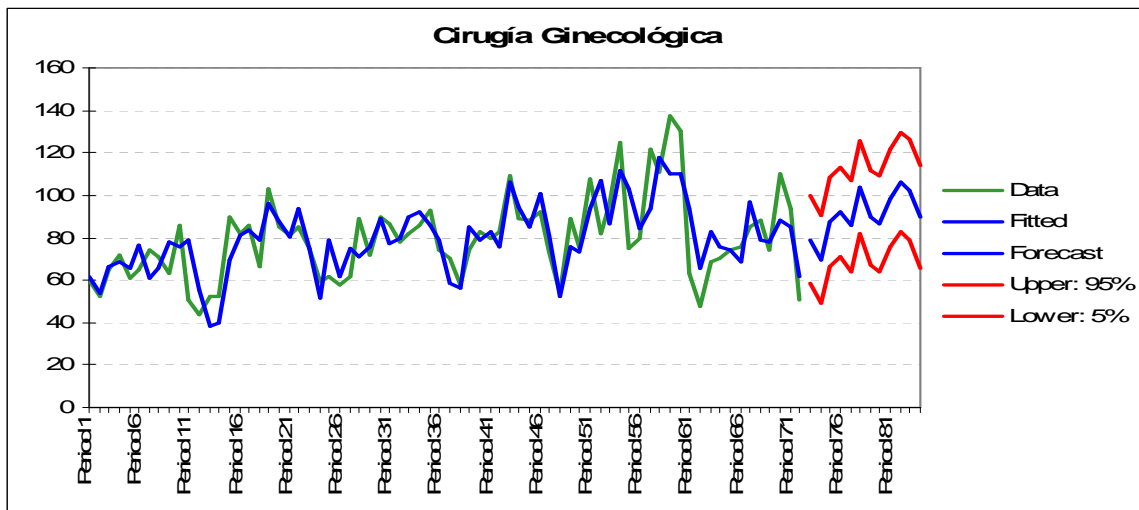
Figura 4. 8: Señal de rastreo cirugía a la mama.



4.2.5 Pronósticos cirugía ginecológica.

La Figura 4.9, muestra la información seccionada de 72 periodos mensuales (2003-2008), y los pronósticos para los doce meses del presente año (ver Anexo B).

Figura 4. 9: Pronósticos cirugía ginecológica.



La Tabla 4.13, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica que el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo es mejor la adivinación informal para pronosticar el

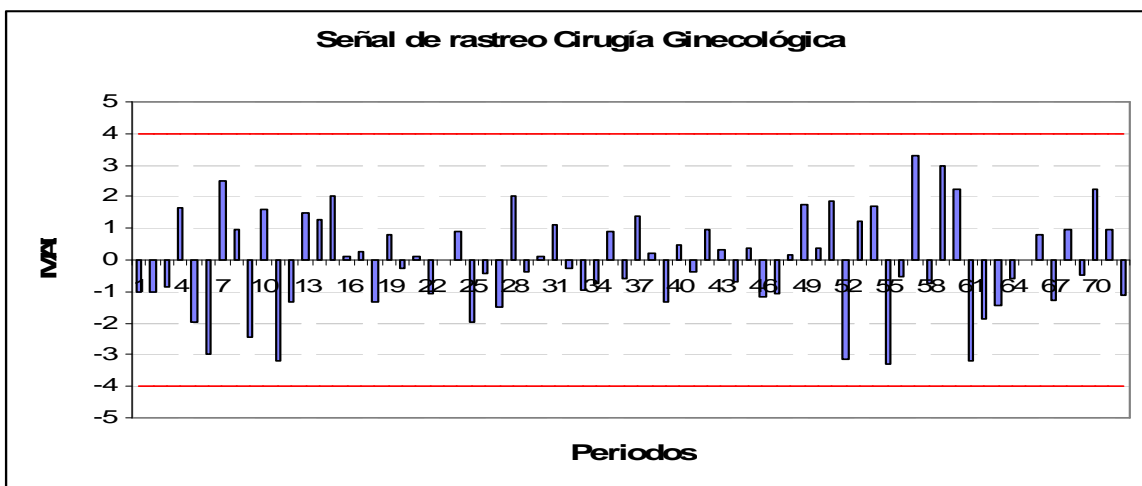
comportamiento de la cirugía ginecológica. En cuanto a la estacionalidad, en este caso 24 meses es el índice de estacionalidad que arroja el menor MAD.

Tabla 4. 13: Resumen de estadísticas para cirugía ginecológica.

CIRUGÍA GINECOLÓGICA			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,641	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,556	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	12,286	9,6303	12,72%

La señal de rastreo de la cirugía ginecológica, al igual que la señal de rastreo anterior, muestra un comportamiento consistente entre ± 3 MAD, lo cual es bueno ya que indica que no se favorecen los pronósticos altos ni bajos consistentemente a través del tiempo, lo que se puede observar en la Figura 4.10.

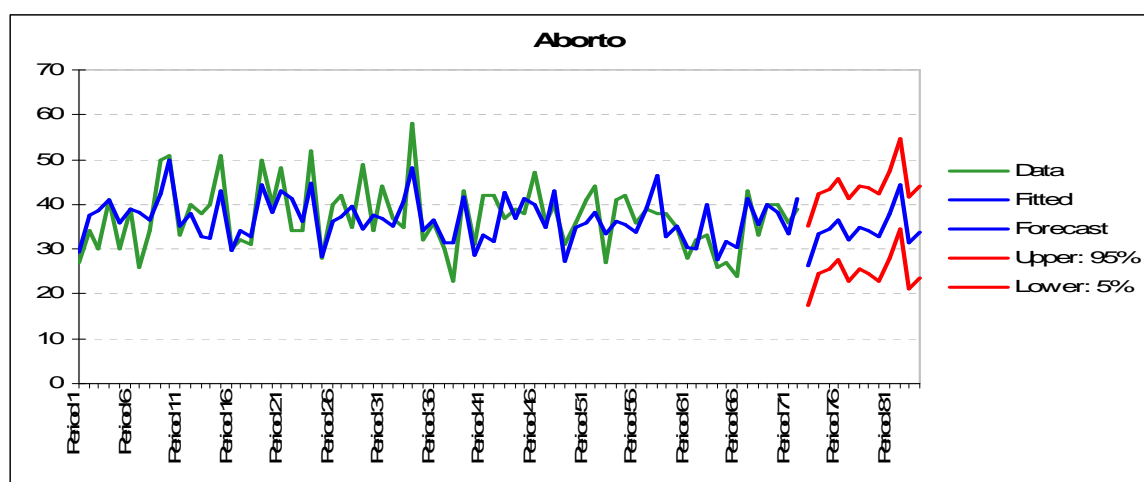
Figura 4. 10: Señal de rastreo cirugía ginecológica.



4.2.6 Pronósticos aborto.

La Figura 4.11, muestra la información seccionada de 72 periodos mensuales de demanda por atención de abortos (2003-2008), y los pronósticos para los doce meses del presente año (ver Anexo B).

Figura 4. 11: Pronósticos aborto.



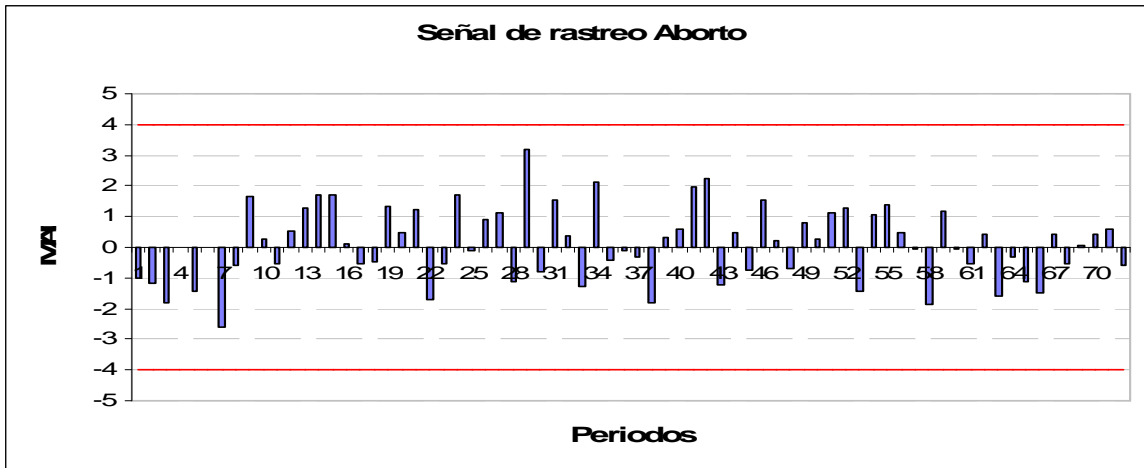
La Tabla 4.14, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica nuevamente que al aplicar el modelo de Holt-Winter's Multiplicativo se obtiene un mejor pronostico que la simple adivinación. En cuanto a la estacionalidad se determinó que en este caso 24 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD. El criterio de rango de estacionalidad es el mismo que se ha aplicado a los demás pronósticos.

Tabla 4. 14: Resumen de estadísticas para aborto.

ABORTO			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,502	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,001	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	5,2221	4,1959	11,46%

La señal de rastreo de aborto muestra un comportamiento consistente a través del tiempo, lo que se puede observar claramente en la Figura 4.12.

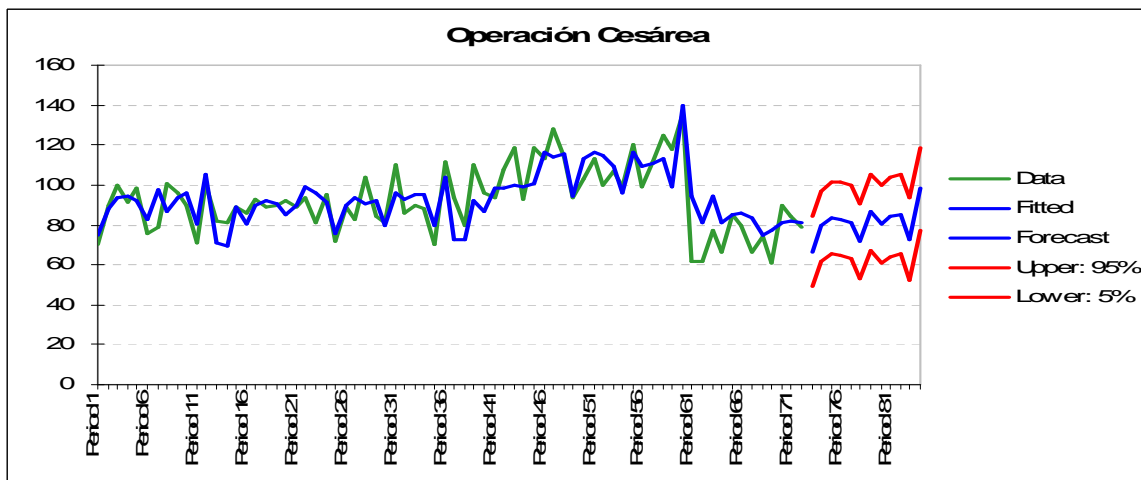
Figura 4. 12: Señal de rastreo aborto.



4.2.7 Pronósticos operación cesárea.

La Figura 4.13, muestra la información seccionada de 72 periodos mensuales de demanda de operaciones cesáreas (2003-2008), y los pronósticos para los doce meses del presente año (ver Anexo B).

Figura 4. 13: Pronósticos operación cesárea.



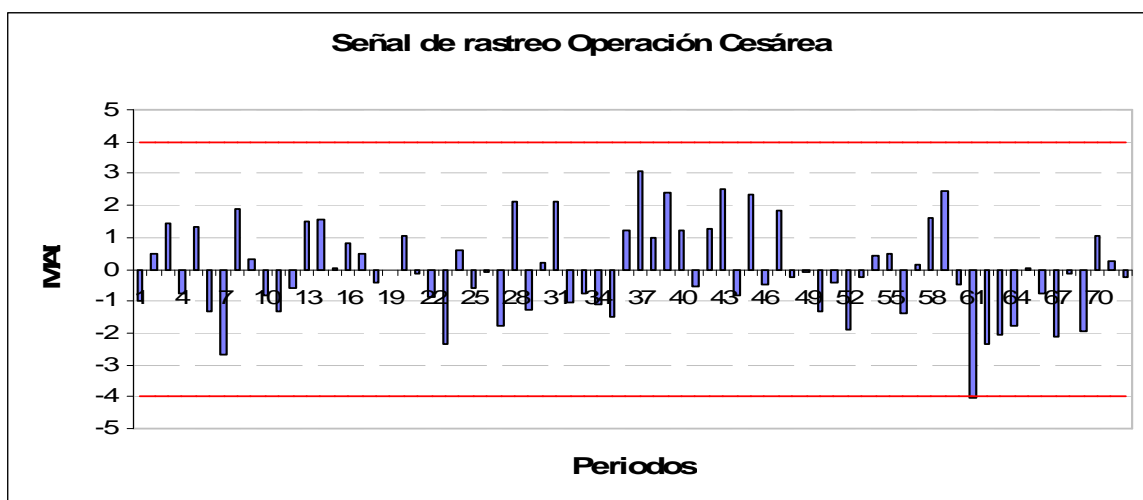
La Tabla 4.15, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica que en este caso el modelo Estacional Multiplicativo es mejor que cualquier proceso pronóstico ingenuo, entregado al azar sobre el comportamiento futuro de la demanda de esta familia, y en este caso 24 meses es la estacionalidad que arroja el menor MAD.

Tabla 4. 15: Resumen de estadísticas para operación cesárea.

OPERACIÓN CESÁREA			
Mejor Método	Seasonal Multiplicative		
Theil's U	0,6	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,251	XXXX	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	10,519	8,2643	9,49%

La señal de rastreo de operación cesárea, se mantiene dentro del rango de ± 4 MAD, pero en el periodo 61, el pronóstico fue inferior en una cantidad mayor a cuatro desviaciones absolutas medias con respecto a la demanda real. Lo anterior no es de preocupación, ya que el periodo inmediatamente posterior el pronóstico vuelve a estar bajo control. En general no se favorecen los pronósticos altos ni bajos como se observa en la Figura 4.14.

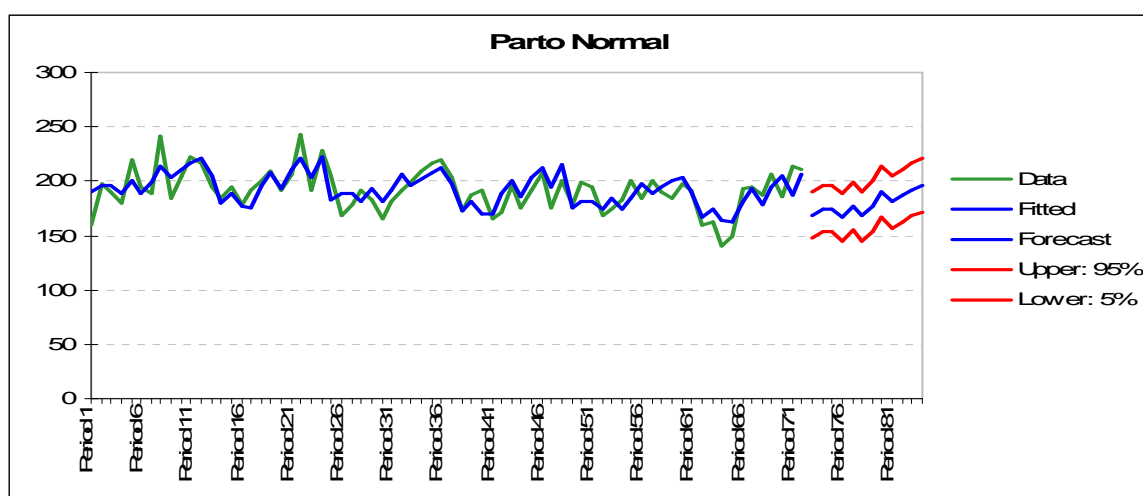
Figura 4. 14: Señal de rastreo operación cesárea.



4.2.8 Pronósticos parto normal.

La Figura 4.15, muestra la información seccionada de 72 periodos mensuales para la demanda de parto normal (2003-2008), y los pronósticos para los doce meses del presente año (ver Anexo B).

Figura 4. 15: Pronósticos parto normal.



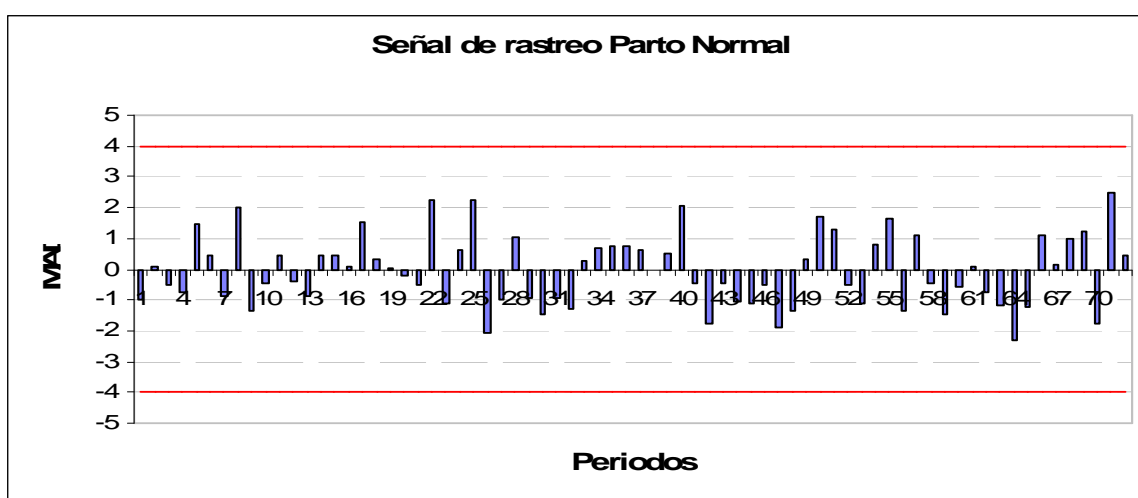
La Tabla 4.16, permite apreciar que la prueba de Theil's U indica nuevamente que el modelo de Holt-Winters' Multiplicativo es mejor que cualquier proceso de adivinación informal para pronosticar el comportamiento de esta familia. En cuanto a la estacionalidad se determinó que en este caso 24 meses fue el índice de estacionalidad que arrojó el menor MAD.

Tabla 4. 16: Resumen de estadísticas para parto normal.

PARTO NORMAL			
Mejor Método	Holt-Winters' Multiplicative		
Theil's U	0,568	Estacionalidad	24 meses
Parámetros	Alfa	Beta	Gamma
	0,001	0,001	0,001
Error	RSME	MAD	MAPE
	12,521	10,455	5,55%

En la señal de rastreo de parto normal se puede apreciar un comportamiento consistente entre ± 2 MAD, lo cual es muy bueno ya que indica que no se favorecen los pronósticos alto ni los bajos consistentemente a través del tiempo. Las desviaciones absolutas medias entre lo pronosticado y lo real se recogen en la Figura 4.16.

Figura 4. 16: Señal de rastreo parto normal.



Cabe mencionar que se agrega una familia adicional, a las ocho establecidas bajo el criterio de procedimiento médico directo. Esta familia se denomina A.R.O. (Alto Riesgo Obstétrico) y consiste en un ponderación del 25% de todas las mujeres que presentan embarazo.

4.3 Generación del modelo

Una vez que se han generado los pronósticos para cada una de las familias de prestaciones médicas, se debe proceder a confeccionar el modelo que optimice la planificación de dichas familias, identificando tanto las variables y los parámetros que lo componen como también las restricciones del sistema.

Este caso de planificación agregada, presenta limitaciones con respecto a la información de ingresos y costos de las prestaciones, siendo la primera posible de

extraer de los registros de FONASA, pero para la segunda existe una brecha insalvable, ya que los sistemas de costeo hospitalarios en general no han recibido la atención necesaria, y el caso de este servicio en estudio no es la excepción, por lo tanto no es posible ni maximizar un beneficio (ingresos menos costos), ni minimizar un costo. Ante esta problemática y siguiendo lo planteado por Jansson (2000), Rifai & Pecenka (1989), entre otros, se establece que el objetivo es maximizar las prestaciones médicas para el periodo de tiempo en particular, en este caso el año 2009, optimizando la asignación de colaboradores y recursos para lograr este fin.

4.3.1 Definición de variables y parámetros del modelo.

El servicio de ginecología y obstetricia presta en sentido general ocho familias de prestaciones directas de intervención al paciente, pero en este caso de planificación se ha agregado una más, la que dice relación con la gestión del cuidado a embarazos riesgosos, rotulada bajo la sigla A.R.O. (alto riesgo obstétrico), la cual utiliza recursos directamente y colaboración de personal indirectamente, sin constituir un procedimiento médico directo. Por otra parte se dispone de cinco grupos de colaboradores, seis grupos de recursos y un total de doce periodos de planificación. Lo anterior queda expresado en la clasificación de la Tabla 4.17.

Tabla 4. 17: 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 Tabla 4.17, recoge el subíndice que caracterizará a cada uno de estos elementos que conforman el plan agregado, siendo estos necesarios para poder definir los conjuntos primitivos y derivados que se utilizan al momento de programar el modelo algebraico en LINGO 8.0, tal como se puede apreciar en el Anexo C. La Tabla 4.18, por su parte recoge la información pertinente tanto a las variables a utilizar en el modelo como a los parámetros que se deben recolectar e ingresar como información determinística conocida de antemano para poder solucionar el modelo de planificación.

Tabla 4. 18: Conjuntos primitivos y derivados.

Clasificación	Elementos	Prestación (<i>i</i>)	Colaborador (<i>k</i>)	Recurso (<i>r</i>)	Mes (<i>t</i>)
Índice (P)	<i>i</i>	X			
Índice (P)	<i>k</i>		X		
Índice (P)	<i>r</i>			X	
Índice (P)	<i>t</i>				X
Variable (D)	$x_{(i,t)}$	X			X
Variable (D)	$dp_{(i,t)}$	X			X
Variable (D)	$ex_{(r,t)}$			X	X
Parámetro (D)	$c_{(i,k)}$	X	X		
Parámetro (D)	$d_{tc}_{(k,t)}$		X		X
Parámetro (D)	$re_{(i,t)}$	X		X	
Parámetro (D)	$d_{tr}_{(r,t)}$			X	X
Parámetro (D)	$sm_{(i,t)}$	X			X
Parámetro (D)	$ttex_{(r,t)}$			X	X

Utilizando la información expresada en la Tabla 4.18, se procede a definir el significado de los índices, de las variables y de los parámetros que componen el modelo algebraico de planificación.

Sean los índices:

- i* = Índice de prestaciones.
- k* = Índice de colaboradores.
- r* = Índice de recursos.
- t* = Índice de meses.

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 no se pueden afectar 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 .

$ttex_{r,t}$ = La cantidad extra total, expresada en horas, del recurso r disponible durante el periodo t .

4.3.2 Información pertinente para la confección del modelo.

Una vez que se han definido los índices, las variables y los parámetros, se debe proceder a identificar las relaciones dentro del sistema, las que en definitiva permiten construir el modelo algebraico de optimización. Las relaciones generales identificadas en este trabajo son las siguientes:

- Las endoscopías, las otras exploraciones y los otros procedimientos comparten el mismo espacio físico en el CAE.
- El parto normal utiliza dos salas de parto.

- La cirugía a la mama, la cirugía ginecológica, el aborto y la cesárea comparte en recurso pabellón quirúrgico.
- Las endoscopías, las otras exploraciones, los otros procedimientos, la cirugía a la mama, la cirugía ginecológica, el aborto y la cesárea comparten los mismos colaboradores médicos.
- Las endoscopías, las otras exploraciones y los otros procedimientos comparten los mismos técnicos CAE y matronas CAE.
- Las cesáreas, los abortos y el parto normal comparten al colaborador técnicos del servicio.
- La cesárea y el parto normal comparten al colaborador matrona del servicio.
- El aborto, la cesárea y el parto normal comparten la sala obstétrica de recuperación.
- Las atenciones A.R.O. utilizan las salas A.R.O.
- La cirugía a la mama y la cirugía ginecológica utilizan la sala de recuperación ginecológica.
- Se disponen de cinco camas extra para instalar en la sala de recuperación obstétrica.
- Se pueden utilizar horas extra del pabellón quirúrgico de urgencia.
- Las cesáreas, los abortos y los partos normales, deben ser iguales a la demanda. Todas las demás prestaciones pueden tener espera.
- Los periodos son los doce meses del año.

Luego de establecer las relaciones que existen entre las variables y los parámetros, en relación a las prestaciones médicas del servicio de ginecología y obstetricia se debe establecer el modelo algebraico general que expresa la función maximizante, en este caso, la maximización de las prestaciones médicas durante el periodo de un año, específicamente el año 2009, y las restricciones que permiten generar una asignación realista de los colaboradores y los recursos físicos con los que cuenta el servicio.

Se introduce una situación ficticia en relación a la implementación de un pabellón quirúrgico en el servicio, lo que permite incrementar la utilidad del modelo y entregar conclusiones útiles que permitan a los responsables del servicio obtener mejores argumentos para justificar tal pabellón. Para lograr un posicionamiento espacial del lector dentro de la unidad en estudio, se confeccionó un plano del servicio de ginecología y obstetricia el cual se presenta en el Anexo F.

El Anexo F, permite apreciar 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 A.R.O., las salas siete y ocho por su parte conforman las 16 camas disponibles para recuperación ginecológica. La esquina inferior derecha de la situación futura presentada 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 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, no el pabellón de cirugías programadas del servicio de cirugía, desde donde se extraen las horas disponibles de pabellón.

4.3.3 Confección algebraica del modelo.

$$Max Z = \sum_{i=1}^9 \sum_{t=1}^{12} x_{i,t} \quad \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.1)$$

Sujeto a:

$$x_{i,t} = d_{i,t} + dp_{i,t-1} - dp_{i,t} \quad \forall i = 1..5; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.2)$$

$$x_{i,t} = d_{i,t} \quad \forall i = 6..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.3)$$

$$x_{i,t} \geq sm_{i,t} \quad \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^7 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 1; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=1}^3 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 2,3; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=7}^8 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.7)$$

$$\sum_{i=6}^8 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 5; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.8)$$

$$\sum_{i=1}^3 re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 1; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.9)$$

$$re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad i = 8; \quad r = 2; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.10)$$

$$\sum_{i=4}^7 re_{i,r} x_{i,t} - ex_{r,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 3; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.11)$$

$$ex_{r,t} \leq ttex_{r,t} \quad r = 3; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.12)$$

$$\sum_{i=6}^8 re_{i,r} x_{i,t} - ex_{r,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.13)$$

$$ex_{r,t} \leq ttex_{r,t} \quad r = 4; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.14)$$

$$re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad i = 9; \quad r = 5; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.15)$$

$$\sum_{i=4}^5 re_{i,r} x_{i,t} \leq dtr_{r,t} \quad r = 6; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.16)$$

$$x_{i,t} \geq 0; \quad dp_{i,t} \geq 0 \text{ y enteros, } \forall i = 1..9; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.17)$$

$$ex_{r,t} \geq 0; \quad r = 2,3; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.18)$$

La Ecuación 4.1, expresa la función que maximiza la sumatoria de las prestaciones entregadas dentro de un periodo de doce meses, la Ecuación 4.2 muestra que las primeras cinco familias, es decir, desde endoscopías hasta cirugía a la mama, pueden dejar demanda pendiente. La Ecuación 4.3 da a conocer que las familias desde los abortos hasta las atenciones A.R.O., no pueden quedar pendientes de un periodo a otro ya que ponen en riesgo la vida. La Ecuación 4.4 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 4.5 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 4.6 expresa que los colaboradores matronas CAE y técnicos CAE, 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 4.7 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 4.8 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 4.9 expresa que el recurso box CAE, 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 4.10 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 4.11 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. La Ecuación 4.12 expresa que no se pueden utilizar mensualmente más horas extra en el pabellón que el total de horas extras asignadas para ello. La Ecuación 4.13 expresa 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 4.14, 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 4.15 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 4.16 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.

Por último la Ecuación 4.17 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 4.18 indica la condición de no negatividad para la variables de recursos extra. Un modelo extendido de la formulación se encuentra en el Anexo E.

4.3.4 .Programación del modelo algebraico en software especializado.

El problema algebraico planteado consta de 288 variables, de las cuales 216 son enteras y se analizan 373 restricciones para poder obtener la solución optima de asignación. Dicho modelo es imposible de solucionar manualmente, por lo cual se recurre a un software especializado para la investigación de operaciones como lo es LINGO 8.0 (ver Anexo C).

A continuación se presenta el programa tal y como se debe escribir en la ventana de comandos de LINGO 8.0, además se escribe junto a los comandos de información el número de la ecuación algebraica equivalente al modelo algorítmico, lo que facilita la comprensión y relación de ambos, que en sentido general representan lo mismo pero están expresados en distintos lenguajes de comunicación, solo entendidos por especialistas en la materia.

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 4.1.

[OBJETIVO] MAX=@SUM(PRESTACIONES_PERIODOS:(ASIGNACION));

! RESTRICCIONES DE DEMANADA DE DESIGUALDAD; Representadas por la Ecuación 4.2.

@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 4.3.

@FOR(PRESTACIONES(I))| #GT# 5:
 @FOR(PERIODOS(T):[DEMANDA_ROW]
 ASIGNACION(I,T)<=DEMANDA(I,T));

! RESTRICCIONES DE CUMPLIMIENTO MINIMO; Representada por la Ecuación 4.4 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 4.5.

@FOR(COLABORADORES(K))|K #EQ# 1:
 @FOR(PERIODOS(T):[DCOL_MEDICOS_ROW]
 @SUM(PRESTACIONES(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 4.6.

@FOR(COLABORADORES(K))|K #GE# 2 #AND# K #LE# 3:
 @FOR(PERIODOS(T):[DCOL_MATYTEC_CAE_ROW]
 @SUM(PRESTACIONES(I))| #LE# 3:
 CON_COL(I,K)*ASIGNACION(I,T)<=DCOL_MEN(K,T));

! RESTRICCIONES DE COLABORADORES MATRONAS SERVICIO; Representada por la Ecuación 4.7.

@FOR(COLABORADORES(K))|K #EQ# 4:
 @FOR(PERIODOS(T):[DCOL_MATSERV_ROW]
 @SUM(PRESTACIONES(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 4.8.

```
@FOR(COLABORADORES(K)|K #EQ# 5:
  @FOR(PERIODOS(T):[DCOL_TECSEV_ROW]
    @SUM(PRESTACIONES(I)|| #GE# 6 #AND# 1 #LE# 8:
      CON_COL(I,K)*ASIGNACION(I,T))<=DCOL_MEN(K,T));
```

! RESTRICCIONES DE RECURSOS BOX CAE; Representada por la Ecuación 4.9.

```
@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 1:
  @FOR(PERIODOS(T):[DREC_BOXCAE_ROW]
    @SUM(PRESTACIONES(I)|| #LE# 3:
      CON_REC(I,R)*ASIGNACION(I,T))<=DREC_MEN(R,T));
```

! RESTRICCIONES DE RECURSOS SALA DE PARTO; Representada por la Ecuación 4.10.

```
@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 2:
  @FOR(PERIODOS(T):
    @FOR(PRESTACIONES(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 4.11.

```
@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 3:
  @FOR(PERIODOS(T):[DREC_PABQUIR_ROW]
    @SUM(PRESTACIONES(I)|| #GE# 4 #AND# 1 #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 4.12.

```
@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 4.13.

```
@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 4:
  @FOR(PERIODOS(T):[DREC_SALAOBST_ROW]
    @SUM(PRESTACIONES(I)|| #GE# 6 #AND# 1 #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 4.14.

```
@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 4.15.

```
@FOR(RECURSOS(R)|R #EQ# 5:
  @FOR(PERIODOS(T):
    @FOR(PRESTACIONES(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 4.16.

```
@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 4.17.

```
@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

4.4 Recolección de datos

El modelo de planificación agregada propuesto en este trabajo de titulación debe ser alimentado con los datos establecidos en el SET del programa de LINGO 8.0, para lo cual se deben extraer desde Excel los encabezados de columnas y filas (rótulos) que componen los conjuntos primitivos y que al ser combinados entregan las dimensiones de las matrices que componen los conjuntos derivados.

Para poder realizar dicha actividad se han recolectado, con la ayuda del personal, los datos en la unidad de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Herminda Martín, los que han permitido generar tanto los pronósticos como las pócimas necesarias para poder realizar un procedimiento médico directo.

La Tabla 4.19 recoge los pronósticos desarrollados para estimar la demanda futura de las familias de procedimientos directos desarrollados por la unidad, y como se explicó con anterioridad en este trabajo se ha agregado un procedimiento indirecto de gestión del cuidado, la atención A.R.O., la cual se ha determinado en un 25% de la demanda de mujeres embarazadas, es decir, las que se agrupan en procedimientos de aborto, cesárea y parto normal. Dicha tabla esta confeccionada con la información del Anexo B.

Tabla 4. 19: Pronósticos por familia de prestaciones para el año 2009.

FAMILIA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDO	352	284	414	391	371	352	397	344	351	358	353	341
OEXP	300	316	352	350	388	345	367	400	378	396	399	452
OPRO	283	214	287	323	285	296	307	242	288	323	271	261
CMAM	12	12	20	16	21	18	21	24	21	18	15	12
CGIN	79	70	88	92	86	104	90	87	99	106	103	90
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

Los encabezados de columna (los meses) están contenido en el SET “periodos”, y los de filas (las familias de prestaciones) en el de “prestaciones”. Los datos de la Tabla 4.19, constituyen el conjunto derivado “prestaciones_periodos” en el atributo “demanda” y dicha matriz conforma el parámetro $d_{i,t}$.

El Anexo G, contiene la información desagregada que da origen a la Tabla 4.20 (como también a las Tablas que van desde la 4.21 hasta la 4.25), la cual recoge la información, agregada en horas, de personal médico requerida por cada familia. En este caso los encabezados de columnas están contenidos en el SET “colaboradores” y junto a las “prestaciones” conforman el conjunto derivado “prestaciones_colaboradores”, bajo el atributo “con_col” (consumo de colaboradores), conformando tal matriz el parámetro $c_{i,k}$.

Tabla 4. 20: Requerimientos de personal médico por familia.

	MEDICOS	TEC_CAE	MAT_CAE	MAT_SERV.	TEC_SERV.
ENDO	0,58	0,58	0,19	0	0
OEXP	0,75	0,75	0,25	0	0
OPRO	0,73	0,73	0,24	0	0
CMAM	3,27	0	0	0	0
CGIN	2,68	0	0	0	0
ABOR	0,86	0	0	0	2,43
CESA	1,33	0	0	1,33	6,25
PNOR	0	0	0	2	2,50
A.R.O.	0	0	0	0	0

La Tabla 4.21 contiene la matriz expresada por el parámetro $d_{k,t}$, y está expresada por el conjunto derivado “colaboradores_periodos”, bajo el atributo “dcol_men” (disponibilidad de colaboradores mensual).

Tabla 4. 21: Disponibilidad mensual de colaboradores.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MEDICO	1819	1732	1905	1819	1689	1907	1993	1907	1907	1907	1907	1907
TEC_CAE	1109	1056	1162	1109	1003	1109	1162	1109	1109	1109	1109	1109
MAT_CAE	1109	1056	1162	1109	1003	1109	1162	1109	1109	1109	1109	1109
MAT_SERVICIO	5060	4636	5124	4940	4932	4940	5124	5060	4940	5060	4940	5060
TEC_SERVICIO	7823	7085	7841	7583	7786	7583	7841	7823	7583	7823	7583	7823

La Tabla 4.22 contiene la información relacionada al consumo de recursos físicos por cada familia de prestaciones, la cual se encuentra expresada en horas. Los rótulos de columna se encuentran dentro del SET “recursos” y junto con “prestaciones”, componen el conjunto derivado “prestaciones_recursos” bajo el atributo “con_rec” (consumo de recursos), definido por el parámetro $re_{i,r}$.

Tabla 4. 22: Requerimientos de recursos físicos por familia.

	BOX_CAE	S_P_NORMAL	P QUIRURGICO	SALAS OBST.	SALAS A.R.O.	SALAS GINE.
ENDO	0,58	0	0	0	0	0
OEXP	0,75	0	0	0	0	0
OPRO	0,73	0	0	0	0	0
CMAM	0	0	2,13	0	0	72
CGIN	0	0	1,83	0	0	72

ABOR	0	0	1,35	40	0	0
CESA	0	0	1,83	56	0	0
PNOR	0	1,25	0	90	0	0
A.R.O.	0	0	0	0	72	0

La Tabla 4.23, contiene la cantidad de horas mensuales disponibles por tipo de recurso físico al interior de la unidad. Dicha tabla es la unión de los conjuntos primitivos “recursos” y “periodos”, lo que al unirse conforman el conjunto derivado “recursos_periodos”, y bajo el atributo “drec_men”, se programa el parámetro $dtr_{r,t}$.

Tabla 4. 23: Disponibilidad mensual de recursos físicos.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BOX_CAE	1008	960	1056	1008	912	1008	1056	1008	1008	1008	1008	1008
S_P_NORMAL	1488	1344	1488	1440	1488	1440	1488	1488	1440	1488	1440	1488
P_QUIRURGICO	135	128	141	135	122	135	141	135	135	135	135	135
SALAS_OBST.	23808	21504	23808	23040	23808	23040	23808	23808	23040	23808	23040	23808
SALAS_A.R.O.	11904	10752	11904	11520	11904	11520	11904	11904	11520	11904	11520	11904
SALAS_GINE.	11904	10752	11904	11520	11904	11520	11904	11904	11520	11904	11520	11904

Surge un requerimiento básico al momento de establecer el modelo de programación, este es, establecer un nivel mínimo de servicio. Dicho nivel de servicio es de un 100% para todas las prestaciones a excepción de la cirugía a la mama y la cirugía ginecológica, las cuales en este momento representan el mayor problema para la unidad, exigiéndose para estas familias un nivel mínimo del 80%. La Tabla 4.23 recoge los niveles de servicio, y contienen los valores del conjunto derivado “prestaciones_periodos”, bajo el atributo “mínimo” y representa el parámetro $sm_{i,t}$.

Tabla 4. 24: Nivel de servicio mínimo por familia de prestaciones.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDO	352	284	414	391	371	352	397	344	351	358	353	341
OEXP	300	316	352	350	388	345	367	400	378	396	399	452
OPRO	283	214	287	323	285	296	307	242	288	323	271	261
CMAM	9	9	16	12	16	14	16	19	16	14	12	9
CGIN	63	56	70	73	68	83	72	69	79	84	82	72
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
--------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Como se estableció anteriormente en este capítulo se utilizarán las horas de un quirófano ficticio y de las camas anexo que se disponen en la unidad, ya que de otra forma no se puede resolver el modelo sin relajar excesivamente las restricciones. La horas del quirófano ficticio, en la práctica, se extraen del pabellón de urgencias de la unidad, lo que es muy riesgoso, ya que si se llega a presentar una urgencia real se pone en riesgo la vida de la madre y/o de él o los hijos. La Tabla 4.25 recoge la cantidad de horas extra por tipo de recurso que se utilizarán en la resolución del problema. Los datos responden al atributo “total_extra”, del conjunto derivado “recursos_periodos” y conforman la matriz definida por el parámetro $tex_{r,t}$.

Tabla 4. 25: Disponibilidad extra de recursos físicos.

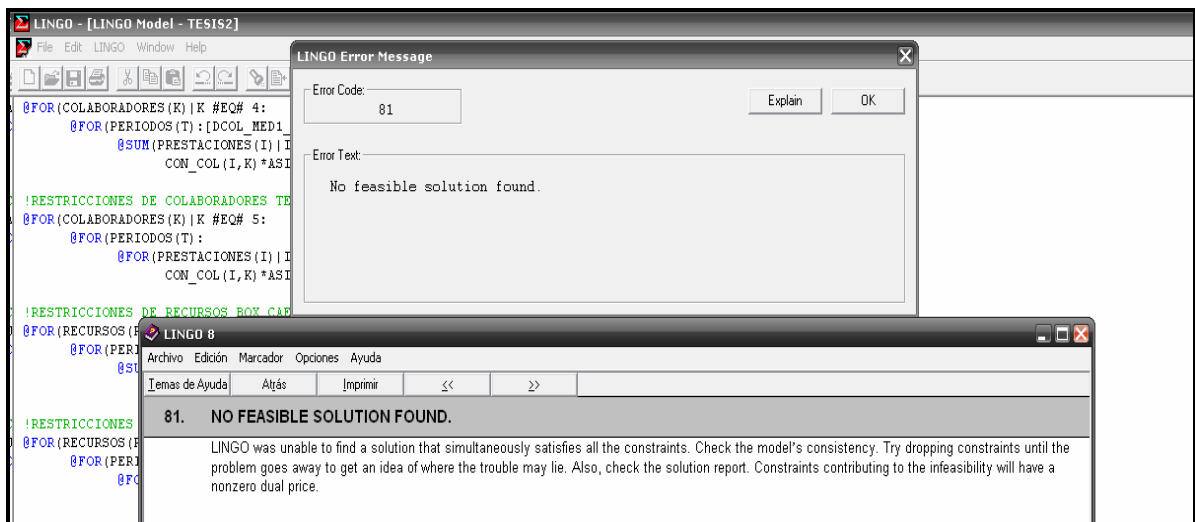
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BOX_CAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_P_NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_QUIRURGICO	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
SALAS_OBST.	3720	3360	3720	3600	3720	3600	3720	3720	3600	3720	3600	3720
SALAS_A.R.O.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SALAS_GINE.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.5 Interpretación de resultados

La situación de la unidad de ginecología y obstetricia no puede ser resuelta al aplicar un modelo de planificación agregada si no se utilizan ciertos supuestos en base a la disponibilidad de horas extra de los dos recursos físicos que los colaboradores declaran como cuellos de botella, es decir, el pabellón quirúrgico y las camas de la unidad de recuperación obstétrica, recursos que en la práctica son extendidos artificialmente por medio del uso del pabellón quirúrgico de urgencia, lo que ha traído más de un problema a los responsables de la unidad, y la adición de hasta cinco camas desmontables dentro de los pasillos de las salas, lo que agrega un riesgo extra para las mujeres en tan delicada condición.

La Figura 4.17 muestra la salida del programa LINGO 8.0 cuando se asume que no se disponen más horas de pabellón quirúrgico que las cedidas por la unidad de cirugía del hospital, es decir, sin usar el truco de programar intervenciones bajo el rótulo de “urgencia” en el pabellón de urgencias, y sin utilizar los anexos, que además esta decir, existen solo gracias a la gran previsión hecha por la matrona jefe del servicio, que decidió guardar cargo dado de baja para ser utilizado ante posibles eventualidades.

Figura 4. 17: Solución no factible.



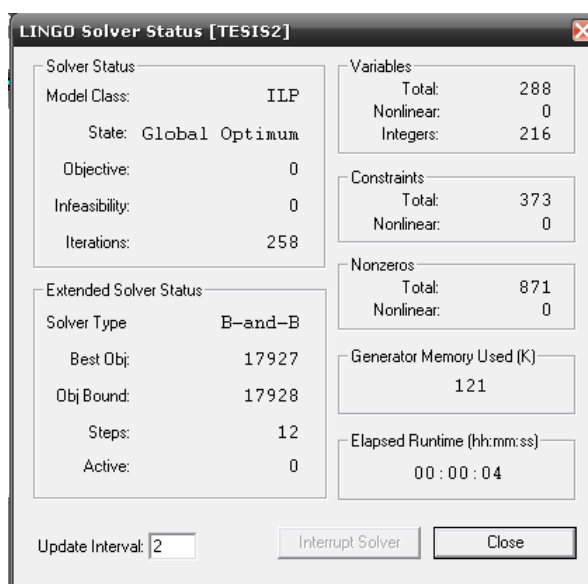
La Figura 4.17 indica el mensaje “no feasible solution found”, es decir, “solución factible no encontrada”, y en su explicación propone verificar la consistencia del modelo y luego relajar las restricciones hasta que se pueda apreciar donde está el problema.

4.5.1 Resultado de variables.

Una vez que se ha demostrado la necesidad de incluir las variables de tiempo extra en el uso de recursos incluida en el modelo algebraico ($ex_{r,t}$) se procede a resolver el modelo que entrega la solución presentada en la Figura 4.18, que indica que para resolver el problema de planificación se utilizó un modelo de programación

lineal entera (Integer Linear Programming), logrando con ello una solución global óptima en la iteración 258 de un modelo con un total de 288 variables (216 enteras) y 373 restricciones. También muestra que la búsqueda se realizó por medio del método de ramificación y acotamiento (Branch and Bound) y que el óptimo es de 17.927 prestaciones durante el año 2009. El tiempo que demora LINGO 8.0 en resolver este problema varía en función de la cercanía de las restricciones a la infactibilidad.

Figura 4. 18: Solución del modelo de planificación agregada.



La desagregación, mensual y por familia, de las 17.927 prestaciones se aprecian en la Tabla 4.26, la que está expresada en el SET bajo el conjunto derivado “prestaciones_periodos”, y el atributo “asignación” compone la matriz definida por la variable algebraica $x_{i,t}$.

Tabla 4. 26: 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

Por otro lado la Tabla 4.27 entrega el resultado de la demanda diferida por mes y por tipo de familia, dicha tabla está definida en el SET bajo el conjunto derivado “prestaciones_periodos”, y el atributo “pendiente” que define la matriz que recoge a la variable algebraica $dp_{i,t}$ ¹. Se destaca que las últimas cuatro familias no pueden tener demanda pendiente por lo riesgoso para la integridad física de las madres y sus hijos, en cambio dentro de las primeras cinco sólo la cirugía a la mama dejan un saldo de diez intervenciones para el año 2010.

Tabla 4. 27: Demanda diferida.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDO	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
OEXP	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
OPRO	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
CMAM	0	3	7	2	0	4	7	0	4	8	10	10
CGIN	3	17	1	0	0	0	0	0	3	15	1	0
ABOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CESA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PNOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A.R.O.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La última variable a analizar es la variable algebraica $ex_{r,t}$, la cual esta contenida en el conjunto derivado “recursos_periodos”, bajo el atributo “extra”. La Tabla 4.28 permite apreciar que si se dispone de un nuevo pabellón quirúrgico dentro de la unidad y es utilizado interrumpidamente dentro del turno de día (176 hrs. extra al mes) y además se pudiera utilizar una cantidad de horas extra equivalentes a un 15% de la disponibilidad de horas del pabellón de urgencias (24 hrs. por 30 días al

¹ Para el periodo $dp_{i,0}$ se utiliza una demanda pendiente de 10 prestaciones para las primeras tres familias y de 20 y 30 para cirugía a la mama y cirugía ginecológica respectivamente, las que están contenidas en el SET “inicial”, y conforman el conjunto derivado “prestaciones_inicial”, bajo el atributo “espera”.

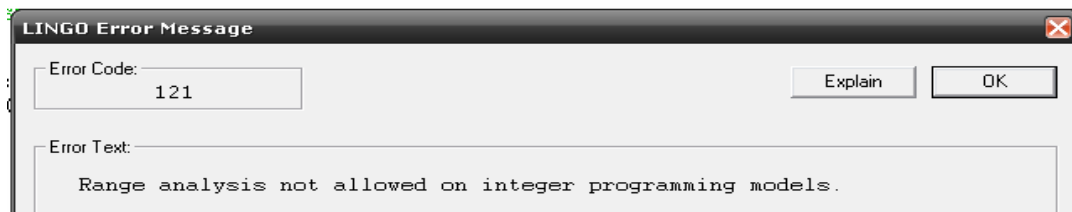
mes y por 15%, es decir, 108 hrs. aprox.) se requiere mensualmente utilizar la totalidad de horas extra. En cambio, por el lado de las horas cama extra, sólo en Febrero y Diciembre sería necesaria la utilización de anexos.

Tabla 4. 28: Requerimientos extra de recursos físicos.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BOX_CAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_P_NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_QUIRURGICO	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
SALAS_OBST.	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	680
SALAS_A.R.O.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SALAS_GINE.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La mayoría de las variables utilizadas en el modelo desarrollado en este trabajo de titulación son de carácter entero, por lo cual no permiten realizar un análisis de rango tal como lo muestra la Figura 4.19, extraída de LINGO 8.0.

Figura 4. 19: Análisis de rangos no permitido.



4.5.2 Análisis de déficit y exceso de colaboradores.

El programa LINGO 8.0 entrega el análisis de exceso y déficit de recursos para cada uno de los recursos programados en él. La Tabla 4.29 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, en promedio, a 723 hrs. mensuales. 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. La especialización de los médicos no hace recomendable destinarlos a otras unidades.

Tabla 4. 29: Consumo en horas mensuales de colaboradores médicos.

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

Por otra parte, la Tabla 4.30 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 y control de cada uno de los pacientes, recopilar la información histórica de cada paciente, limpiar los boxes, lavar al finalizar la jornada los materiales utilizados, realizar diariamente el canje de material estéril en la unidad de esterilización, capacitación de pacientes, capacitación personal, permisos y vacaciones.

Tabla 4. 30: Consumo en horas mensuales Colaboradores técnicos C.A.E.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDO	205	166	242	228	216	205	232	207	205	209	206	199
OEXP	225	237	264	263	291	259	275	308	284	297	299	339
OPRO	208	157	210	237	209	217	225	185	211	237	199	191
TOTAL (1)	638	560	716	727	716	681	732	699	699	743	704	729
DISPONIBLE (2)	1109	1056	1162	1109	1003	1109	1162	1109	1109	1109	1109	1109
HOLGURA (2)-(1)	471	496	446	381	287	428	430	410	409	366	405	379
% DE USO	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 4.31. La holgura promedio de 873 hrs. mensuales se debe a la baja intervención que tienen estas 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. Se podría realizar un estudio de clima organizacional para poder establecer la conformidad de estas personas en su puesto de trabajo.

Tabla 4. 31: Consumo en horas mensuales colaboradores matronas C.A.E.

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

Las matronas del servicio intervienen en solo 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 4.32. 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 (perdida 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 4. 32: Consumo en horas mensuales colaboradores matronas servicio.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CESA	88	105	111	111	108	96	116	108	112	113	97	131
PNOR	338	350	350	334	356	336	354	380	362	374	384	392
TOTAL (1)	426	455	461	445	464	432	470	488	474	487	481	523
DISPONIBLE (2)	5060	4636	5124	4940	4932	4940	5124	5060	4940	5060	4940	5060
HOLGURA (2)-(1)	4634	4181	4663	4495	4468	4508	4654	4572	4466	4573	4459	4537
% DE USO	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 4.33 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 hrs. 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 4. 33: Consumo en horas mensuales colaboradores técnicos servicios.

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

4.5.3 Análisis de déficit y exceso de recursos físicos.

En cuanto a los recursos físicos definidos en este trabajo de titulación, la Tabla 4.34 refleja el consumo de horas mensuales de boxes en el C.A.E. y permite observar 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 4. 34: Consumo en horas mensuales del box C.A.E.

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

Como se señala en el Anexo 7, se dispone de dos salas de parto normal, las cuales son utilizadas 24 horas diarias, todos los días del año. La Tabla 4.35 recoge el consumo en horas mensuales de sala de parto, y permite apreciar que la tasa de uso promedio de dichas salas es de un 15%, y un exceso promedio de 85%, es decir 1236 horas mensuales. Lo importante es destacar que la tasa de uso es óptima ya que solo 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, pero esto último ya es un tema de programación de corto plazo. 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 excesivamente en riesgo el nivel de servicio interno de la unidad.

Tabla 4. 35: Consumo en horas mensuales de la sala de parto normal.

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

El pabellón quirúrgico es generalmente una unidad conflictiva en la mayoría de los hospitales, ya que durante la búsqueda bibliográfica se encontró un número importante de artículos que por medio de la programación matemática intentaban resolver la asignación óptima de cirujías en dicha unidad. En 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.

La Tabla 4.36 muestra que la actual disponibilidad (solo 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 ha incurrir en una riesgosa práctica. El nuevo pabellón de la unidad entrega en horario normal 180 horas de trabajo mensuales y las otras 100 pueden ser extraídas por dos medios: 1) compras de servicio (sin considerar que el médico externo tenga una tasa de resolución mayor, lo que implicaría contratar menos horas), 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 4. 36: Consumo en horas mensuales del pabellón quirúrgico.

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

En la Tabla 4.37 se observa el consumo 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 llega a superar el 100%. Para evitar que dos madres usen la misma cama se arman camas anexas, lo que entrega holgura al recurso.

Tabla 4. 37: Consumo en horas mensuales de la sala de recuperación obstétrica.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ABOR	1040	1360	1400	1480	1280	1400	1360	1320	1520	1800	1240	1360
CESA	3696	4424	4648	4648	4536	4032	4872	4536	4704	4760	4088	5488
PNOR	15210	15750	15750	15030	16020	15120	15930	17100	16290	16830	17280	17640
TOTAL (1)	19946	21534	21798	21158	21836	20552	22162	22956	22514	23390	22608	24488
DISPONIBLE (2)	23808	21504	23808	23040	23808	23040	23808	23808	23040	23808	23040	23808
HOLGURA (2)-(1)	3862	-30	2010	1882	1972	2488	1646	852	526	418	432	-680
HRS. EXTRA AN.	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	680
NUEVA HOLGURA	3862	0	2010	1882	1972	2488	1646	852	526	418	432	0
% DE USO	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 si es inferior a 75% se habla de subutilización del recurso y si es superior la sobre utilización toma el nombre de “cama caliente”, ya que impide la ventilación normal de la cama entre paciente y paciente. En la Tabla 4.37 se observa un notorio exceso en la utilización, lo que debería ser objeto de análisis para los responsables de la unidad.

La Tabla 4.38 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 como se señaló, 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 55%, es decir de 6.394 horas promedio mensual. Para ser conservadores se debería mantener un estándar de 75% para esta prestación, lo que implicaría que con la actual demanda se debería disponer de 7.870 horas cama, lo que disminuiría la holgura promedio a 25% y liberaría en promedio alrededor de 4.050 horas mensuales que podrían ser destinadas a camas de recuperación obstétrica, eso sí, los médicos deberían establecer la conveniencia de esta idea.

Tabla 4. 38: Consumo en horas mensuales de la sala A.R.O.

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

La Tabla 4.39 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 de uso y con las estadísticas del hospital, pero como ya 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 4. 39: Tasa de uso total de camas de la unidad obstétrica.

% DE USO	69%	83%	76%	76%	76%	74%	77%	80%	81%	81%	81%	85%
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Para finalizar con los recursos se presenta en la Tabla 4.40, 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 es justo recordar que 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 las camas.

Tabla 4. 40: Consumo en horas mensuales de la sala ginecológica.

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

Capítulo 5:

Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones.



Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones.

5.1 Recomendaciones para próximas investigaciones.

Durante la ejecución y confección de este trabajo de titulación se han podido apreciar un conjunto de oportunidades de investigación, que excedían en requerimientos de tiempo a la confección de esta memoria. En este apartado se pretende entregar recomendaciones para próximos temas de titulación o investigación.

Se descubrió que no existe un sistema de registro acucioso de la información pertinente a la demanda, lo que provoca dificultades al querer establecer mecanismos adecuados de pronósticos. Por tal motivo sería adecuado proceder a investigar sobre el desarrollo de sistemas de pronósticos aplicados al sector salud y por medio de esto diseñar un sistema que soporte el proceso de pronosticar la demanda al interior de las unidades del hospital.

Por otra parte se identifica una falencia en el registro de costo de cada una de las prestaciones de la unidad en estudio, por lo cual se propone desarrollar una investigación sobre mecanismos de costeo adecuados a la actividad hospitalaria. Se propone implementar un sistema de costeo A.B.C. que permita agregar los C.I.F. a los costos directos en torno a una base de asignación lo más real posible identificando las actividades que generan los costos y no basarse en lo establecido por el sistema tradicional de costeo que agrega los C.I.F. en base a una tasa de prorrateo directa.

La disponibilidad de una unidad quirúrgica es crucial en todo recinto hospitalario, por lo tanto, la aplicación de cualquier tipo de herramienta que permita aumentar dicha disponibilidad debería ser bienvenida. En base a la información entregada en el Hospital, el tiempo de limpieza de pabellón entre intervenciones es de 30 minutos, lo que se podría intentar reducir por medio de técnicas aplicadas actualmente en la industria, siendo una de ellas la técnica de cambio de herramienta

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones. 110

en pocos minutos o más bien conocida como S.M.E.D. (Single Minute Exchange of Die).

Tal como lo plantea Vissers *et al* (2001) un hospital debería ser considerado como una organización virtual, compuesta por un número de negocios relativamente independientes dentro de una estructura común, esto facilitaría el proceso de planificación y aceleraría la toma de decisiones. Se podría investigar sobre los modelos estructurales y establecer como ellos podrían agregar mayor eficiencia tanto a la coordinación interna de las unidades como a la coordinación entre dichas unidades al interior del hospital.

En busca de eliminar el desperdicio de los sistemas hospitalarios se pueden continuar profundizando en la aplicación de técnicas basadas en T.Q.M, tales como six sigma, lean manufacturing y la fusión de ambas, lean six sigma.

Desde el punto de vista de la manufactura se suele entender que las restricciones son elementos físicos; no hay suficiente capacidad de máquina, limitado espacio físico, retardo de materiales, etc. La experiencia ha demostrado que la mayoría de las restricciones en una organización son políticas o procedimentales en lugar que físicas, por lo que se podría profundizar en la aplicación de técnicas como la T.O.C. (Theory of constraints) al interior de sistemas de salud tal como se puede apreciar en Motwani *et al* (1996), quienes explican la aplicación de la técnica D.B.R. (Drum-Buffer-Rope) al interior de organizaciones de salud.

En la actualidad, el sector de los servicios hospitalarios es un tema aún sin profundizar por parte de los Ingenieros Industriales tanto en investigación empírica como teórica, a nivel nacional e internacional, por lo tanto presentan un interesante campo de desarrollo.

5.2 Conclusiones

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 detalle en la agregación necesaria para poder comprender adecuadamente el flujo de pacientes, en este sentido el Hospital Clínico Herminda Martín en general presenta una falencia en cuanto a la capacidad de disponer de un sistema de registro que permita determinar la demanda real, ya que solo disponen de la información histórica de la oferta entregada. Este punto no resta validez al modelo aquí desarrollado, pero si se dispusiera de dicha demanda real probablemente la holgura en algunos recursos se reduciría e incluso podría llegar a déficit en los cuellos de botella.

Se demuestra que es posible generar una satisfactoria agregación de familias de prestaciones médicas directas, lo que permite establecer el primer paso para desarrollar el modelo de planificación agregada en el servicio de ginecología y obstetricia, lo que puede ser extrapolado de una manera relativamente sencilla a la gran mayoría de servicios dentro del Hospital.

El trabajo también logra establecer los mejores modelos de pronósticos para las familias, en relación a minimizar el M.A.D., siendo el más utilizado el suavizamiento exponencial triple. También los modelos de pronósticos establecen consistentemente estacionalidades de 12 y 24 meses, situación que permite anticiparse a la reacción de la naturaleza. Por medio de la prueba Theil's U se demuestra que con la información empírica de demanda recolectada siempre será mejor los modelos de pronósticos aquí señalados que la simple adivinación.

Se demuestra que es posible desarrollar un modelo matemático y analítico de planificación agregada para la unidad de ginecología y obstetricia, logrando con ello establecer una asignación óptima de recursos para satisfacer la demanda de prestaciones médicas, sin considerar además el importante aporte teórico y metodológico de dicho modelo.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones. 112

El modelo permite identificar, 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 refirmar su proyecto de agregar un pabellón para operaciones programadas. El segundo cuello de botella que el modelo identifica, y reafirmar 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.

La información generada por el modelo, puede ser utilizada para realizar análisis ex ante, siempre que no sucedan grandes cambios en los parámetros. Ante tal situación la fortaleza del algoritmo que se presenta en este trabajo es entregar una estructura general que requiere modificar sola algunas ecuaciones y estará listo para ser utilizado nuevamente, de acuerdo a la situación del momento.

El modelo también permite apreciar que la utilización del recurso salas ginecológicas, está muy cerca del rango de uso óptimos (75%-85%), situación que antes de la confección del modelo de planificación agregada 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. La información entregada ahora les permite determinar que no es conveniente realizar dicha reducción ya que al agregar más horas de cirugía programada la tasa de utilización de dicho recurso aumenta.

Al entregar el modelo una holgura promedio mensual de 12 horas para el pabellón quirúrgico, permite recomendar 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 perdido es muy alto para la unidad.

El modelo también permite reafirmar lo expresado por Eppen et al (2000), quien señala que la validación del modelo está en directa relación en cuan bien refleje la

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones para próximas investigaciones. 113

historia y que si al interpretar su información los usuarios pueden reafirmar o mejorar una decisión, eso habla por si solo de su validez. 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.

Una mejora ostensible del modelo aquí presentado se logrará cuando el Hospital determine los costos pertinentes para cada una de las prestaciones aquí presentadas, lo que permitiría que la función objetivos maximizara los beneficios o minimizara los costos totales, respetando un cierto nivel de servicio para cada una de las prestaciones.

Un problema encontrado durante el transcurso de esta investigación, y que frena el desarrollo de modelos como este, 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.

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 de 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.

Anexo A: Demanda histórica por familia de prestaciones.**Tabla 1:** Demanda histórica de familia endoscopías.

<i>ENDOSCOPIAS C/S BIOPSIAS C/S TOMA DE MUESTRAS</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	205	231	274	280	265	316
FEBRERO	164	219	228	173	233	260
MARZO	196	328	291	326	341	394
ABRIL	268	290	265	253	306	376
MAYO	241	300	237	311	301	265
JUNIO	214	260	261	223	308	330
JULIO	261	305	261	267	329	374
AGOSTO	249	278	211	249	278	277
SEPTIEMBRE	201	274	229	253	312	333
OCTUBRE	206	199	250	224	390	388
NOVIEMBRE	203	251	232	276	300	356
DICIEMBRE	186	220	303	205	360	295

Tabla 2: Demanda histórica de familia otras exploraciones.

<i>OTRAS EXPLORACIONES</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	320	321	360	422	218	342
FEBRERO	311	301	328	335	302	357
MARZO	290	361	344	404	413	333
ABRIL	269	321	452	410	329	275
MAYO	359	326	392	385	405	368
JUNIO	359	316	317	432	349	314
JULIO	371	296	399	489	324	350
AGOSTO	419	323	426	403	346	364
SEPTIEMBRE	345	372	408	442	376	317
OCTUBRE	385	358	402	296	393	325
NOVIEMBRE	458	332	364	313	363	406
DICIEMBRE	414	404	457	218	476	403

Tabla 3: Demanda histórica familia otros procedimientos.

<i>OTROS PROCEDIMIENTOS</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	241	192	183	244	181	241
FEBRERO	172	210	98	156	204	183
MARZO	215	347	182	269	223	324

ABRIL	287	213	171	170	245	298
MAYO	229	252	169	253	221	194
JUNIO	219	201	174	166	254	237
JULIO	255	219	177	213	235	320
AGOSTO	218	204	127	182	184	207
SEPTIEMBRE	239	177	173	178	214	227
OCTUBRE	251	125	171	151	289	316
NOVIEMBRE	187	137	195	206	203	291
DICIEMBRE	142	118	194	157	231	220

Tabla 4: Demanda histórica familia cirugía a la mama.

CIRUGIA DE LA MAMA						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	14	16	9	13	10	14
FEBRERO	11	10	8	21	14	14
MARZO	17	27	19	17	19	19
ABRIL	11	12	14	16	19	17
MAYO	20	17	13	19	24	17
JUNIO	15	14	11	13	24	19
JULIO	15	16	19	20	25	15
AGOSTO	21	19	17	17	27	17
SEPTIEMBRE	29	18	13	16	14	17
OCTUBRE	14	13	15	20	21	21
NOVIEMBRE	14	15	17	19	9	20
DICIEMBRE	12	5	16	13	5	10

Tabla 5: Demanda histórica familia cirugía ginecológica.

CIRUGIA GINECOLOGICA						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	60	52	62	70	89	63
FEBRERO	52	52	58	58	76	48
MARZO	65	90	62	74	108	69
ABRIL	72	82	89	83	82	70
MAYO	61	86	72	80	96	74
JUNIO	65	66	90	83	125	76
JULIO	74	103	87	109	75	85
AGOSTO	71	85	78	89	80	88
SEPTIEMBRE	63	81	82	88	122	74
OCTUBRE	86	85	86	92	111	110
NOVIEMBRE	51	75	93	73	137	94
DICIEMBRE	44	59	74	54	130	51

Tabla 6: Demanda histórica familia aborto.

<i>ABORTO</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	27	38	28	30	31	28
FEBRERO	34	40	40	23	36	32
MARZO	30	51	42	43	41	33
ABRIL	41	30	35	31	44	26
MAYO	30	32	49	42	27	27
JUNIO	39	31	34	42	41	24
JULIO	26	50	44	37	42	43
AGOSTO	34	40	37	39	36	33
SEPTIEMBRE	50	48	35	38	39	40
OCTUBRE	51	34	58	47	38	40
NOVIEMBRE	33	34	32	36	38	36
DICIEMBRE	40	52	36	40	35	39

Tabla 7: Demanda histórica familia operación cesárea.

<i>OPERACIÓN CESÁREA</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	70	82	72	94	94	62
FEBRERO	90	81	89	80	103	62
MARZO	100	89	83	110	113	77
ABRIL	91	86	104	96	100	66
MAYO	98	93	84	94	107	85
JUNIO	76	89	81	108	99	80
JULIO	79	90	110	119	120	66
AGOSTO	101	92	86	93	99	74
SEPTIEMBRE	96	89	90	119	112	61
OCTUBRE	90	94	88	113	125	90
NOVIEMBRE	71	81	70	128	118	84
DICIEMBRE	101	95	112	114	136	79

Tabla 8: Demanda histórica familia parto normal.

<i>PARTO NORMAL</i>						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ENERO	160	195	205	204	179	191
FEBRERO	198	185	168	173	199	159
MARZO	190	194	179	187	195	163
ABRIL	180	178	192	191	169	140
MAYO	219	192	183	165	174	150

Anexo A: Demanda histórica por familia de prestaciones.

117

JUNIO	194	200	166	171	183	193
JULIO	189	209	182	196	201	194
AGOSTO	241	191	192	175	184	188
SEPTIEMBRE	185	206	199	192	200	207
OCTUBRE	205	243	210	208	190	186
NOVIEMBRE	222	192	216	176	185	213
DICIEMBRE	216	229	220	201	198	211

Anexo B: Pronósticos por familia de prestaciones.

Tabla 1: Pronósticos por familia y sus límites de confianza

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ENDOSCOPIA												
Pronóstico	352	284	414	391	371	352	397	344	351	358	353	341
Límite Superior	406	339	470	448	429	410	456	404	412	419	416	405
Límite Inferior	298	230	359	335	314	294	338	284	290	296	290	277
OTRAS EXPLORACIONES												
Pronóstico	300	316	352	350	388	345	367	400	378	396	399	452
Límite Superior	374	391	428	427	467	425	448	482	462	481	486	540
Límite Inferior	226	241	275	272	310	265	286	317	295	311	313	364
OTROS PROCEDIMIENTOS												
Pronóstico	283	214	287	323	285	296	307	242	288	323	271	261
Límite Superior	333	266	339	375	339	351	362	298	345	380	330	321
Límite Inferior	232	163	235	270	232	242	251	186	231	265	212	201
CIRUGÍA A LA MAMA												
Pronóstico	12	12	20	16	21	18	21	24	21	18	15	12
Límite Superior	18	18	26	22	27	24	28	30	27	25	21	19
Límite Inferior	6	6	14	10	15	12	15	17	14	12	8	6
CIRUGÍA GINECOLÓGICA												
Pronóstico	79	70	88	92	86	104	90	87	99	106	103	90
Límite Superior	100	91	109	113	107	126	112	109	122	130	126	114
Límite Inferior	59	49	66	71	64	82	67	64	75	83	79	66
ABORTO												
Pronóstico	26	34	35	37	32	35	34	33	38	45	31	34
Límite Superior	35	42	44	46	41	44	44	42	48	55	42	44
Límite Inferior	18	25	26	28	23	25	25	23	28	35	21	23
OPERACIÓN CESÁREA												
Pronóstico	66	79	83	83	81	72	87	81	84	85	73	98
Límite Superior	84	97	102	101	100	91	106	100	104	105	93	119
Límite Inferior	49	62	65	64	63	53	67	61	64	65	52	77
PARTO NORMAL												
Pronóstico	169	175	175	167	178	168	177	190	181	187	192	196
Límite Superior	190	196	196	189	200	190	200	213	204	211	216	220
Límite Inferior	148	154	153	145	155	145	154	167	157	163	168	171

Anexo C: Guía de usuario LINGO 8.0.

Manual de uso de LINGO 8.0

LINGO, son las siglas en inglés de Linear, Interactive and General Optimizer y es un lenguaje de modelación matemática, que provee un entorno en el cual se puede desarrollar, correr y modificar modelos matemáticos rápidamente.

LINGO opera por medio de conjuntos (SET) de información, pudiéndose encontrar conjuntos primitivos, es decir, que no dependen de ningún otro y conjuntos compuestos, derivados de los primitivos. A continuación se ejemplifica cómo generar ambos tipos de conjuntos en la consola de LINGO (estos conjuntos han sido programados utilizando listas en EXCEL y luego se han extraído de la hoja).

SETS:

!CONJUNTOS EXTRAIDOS DEL ARCHIVO DE EXCEL, DATOS.XLS, EN EL CUAL, SE ENCUENTRAN BAJO LA FORMA DE UNA LISTA:

!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;
PRESTACIONES_INICIAL(PRESTACIONES,INICIAL):ESPERA;***

ENDSETS

Los conjuntos padre, tienen la siguiente sintaxis:

Nombre_conjunto/lista_miembros/[:lista_atributos];

Se puede generar un ejemplo para el conjunto *PERIODOS*, el cual sería definido como sigue:

```
PERIODOS/EN,FE,MAR,...,NOV,DIC/;
```

Los conjuntos derivados por su parte tienen la siguiente sintaxis:

```
Nombre_conjunto(lista_conjuntos_padres)/[especificaciones_lista_miembros]/[lista_
atributos];
```

Un conjunto derivado utilizado en el caso de estudio, es aquel que une el vector de prestaciones con el de periodos, su ejemplo queda como sigue:

```
PRESTACIONES_PERIODOS (PRESTACIONES,PERIODOS) / ENDO_EN,
ENDO_FEB,...,PNOR_NOV, PNOR_NOV, PNOR_DIC/: ASIGNACION,
PENDIENTE, DEMANDA, MINIMO;
```

Es mucho más cómodo definir la lista de miembros por medio de una lista generada en Excel, por medio de *INSERTAR – NOMBRE – DEFINIR*, y establecer un nombre que identifique a la matriz *PRESTACIONES_PERIODOS*.

DATA:

```
!!IMPORTAR LA INFORMACION DESDE EXCEL;
```

```
PRESTACIONES,COLABORADORES,RECURSOS,PERIODOS,INICIAL,DEMANDA,
MINIMO,DCOL_MEN,CON_COL,CON_REC,DREC_MEN,ESPERA=
@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');
```

```
!EXPORTAR INFORMACION A EXCEL;
```

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

Para importar y exportar información desde y hacia Excel, se utiliza el comando *@OLE*, tal como se ejemplifica arriba. Lo más importante aquí es haber definido

previamente las listas que contienen esos datos, ya sean de conjuntos primitivos, o de conjuntos derivados.

Por otra parte, el set de funciones iterativas de que dispone LINGO 8.0, junto a su estructura de programación, son las siguientes:

@FOR (setname [(set_index_list) [| cond_qualifier]]: exp_list);

Esta genera la expresión contenida en la exp_list para todos los miembros del conjunto setname.

@MAX (setname [(set_index_list) [| cond_qualifier]]: expression) ;

Esta retorna el valor máximo de la expresión tomada sobre el conjunto setname.

@MIN (setname [(set_index_list) [| cond_qualifier]]: expression) ;

Esta retorna el valor mínimo de la expresión tomada sobre el conjunto setname.

@SUM (setname [(set_index_list) [| cond_qualifier]]: expression);

Esta retorna la suma del o los conjunto (os), contenidos en el setname.

Otra aplicación importante de LINGO 8.0 son sus operadores lógicos, lo que entregan gran flexibilidad a la programación y la hacen fácil de modificar y entender. Los operadores permitidos y la lógica que alberga cada uno de ellos, se describe a continuación, en la Tabla 1:

Tabla 1: Operadores en LINGO 8.0

Operador Lógico	Valor que retorna
#NOT#	VERDADERO si el operador inmediatamente a la derecha es FALSO, si no es así FALSO.

#EQ#	VERDADERO si ambos operadores son iguales, si no es así FALSO.
#NE#	VERDADERO si ambos operadores no son iguales, si no es así FALSO.
#GT#	VERDADERO si el operador izquierdo es estrictamente mayor que el operador derecho, si no es así FALSO.
#GE#	VERDADERO si el operador izquierdo es mayor o igual que el operador derecho, si no es así FALSO.
#LT#	VERDADERO si el operador izquierdo es estrictamente menor que el operador derecho, si no es así FALSO.
#LE#	VERDADERO si el operador izquierdo es menor o igual que el operador derecho, si no es así FALSO.
#AND#	VERDADERO solo si ambos argumentos son VERDADEROS, si no es así FALSO.
#OR#	FALSO solo si ambos argumentos son FALSOS, si no es así VERDADERO.

El ranking de prioridad de los operadores lógicos es el siguiente:

Nivel de Prioridad Operador(es):

El más alto #NOT#, #EQ#, #NE# , #GT#, #GE#, #LT# , #LE#.

El más bajo #AND#, #OR#.

Con esta pequeña descripción de las propiedades más importantes de LINGO 8.0, que se utilizan para resolver un problema como el planteado en este trabajo de titulación, ya se esta en buen pie para contrastar el modelo algebraico versus el algorítmico.

La Ecuación 4.6 del modelo se presenta a continuación en su forma algebraica simbólica y en lenguaje de programación.

$$\sum_{i=1}^3 c_{i,k} x_{i,t} \leq dtc_{k,t} \quad k = 2,3; \quad \forall t = 1..12 \quad (4.6)$$

```
@FOR (COLABORADORES(K)|K #GE# 2 #AND# K #LE# 3:  

  @FOR (PERIODOS(T):[DCOL_MEDI_ROW]  

    @SUM (PRESTACIONES(I)|I #LE# 3:  

      CON_COL(I,K)*ASIGNACION(I,T))<=DCOL_MEN(K,T));
```

Para resolverla en LINGO, se debe partir en un enfoque desde lo general a lo particular, es decir, si la ecuación está restringida solo para $k=2,3$ y $t=1..12$, se debe escribir:

```
@FOR (COLABORADORES(K)|K #GE# 2 #AND# K #LE# 3:
```

Lo que indica que del conjunto primitivo COLABORADORES, denotado por (k), solo se considerará ésta cuando sea “mayor o igual a dos y menor o igual a tres”.

```
@FOR (PERIODOS(T):[DCOL_MEDI_ROW]
```

La sentencia superior indica que del conjunto primitivo PERIODOS, denotado por (t), se consideraran todos los periodos contenidos en la lista, es decir, de uno a doce. La frase en corchetes después de los dos puntos es utilizada para denominar la restricción de recursos del lado derecho, y facilitar la interpretación de los resultados, ya que si no se utiliza, LINGO 8.0, se asignará un número correlativo, comenzando en uno, lo que dificulta interpretación de resultados en grandes modelos.

Las sentencias @FOR, como ya se señaló operan sobre todo el conjunto, por lo tanto sus paréntesis deben cerrarse solo antes del punto y coma final de la sentencia.

Por último se realiza la sumatoria, para la cual se utiliza la siguiente sentencia, la que indica que se debe sumar desde el conjunto primitivo PRESTACIONES, denotado por (i), todas las (i) que sean menores o igual que tres, y que se encuentren dentro de la expresión que sigue a los dos puntos.

```
@SUM (PRESTACIONES(I)|I #LE# 3:  

  CON_COL(I,K)*ASIGNACION(I,T))<=DCOL_MEN(K,T));
```

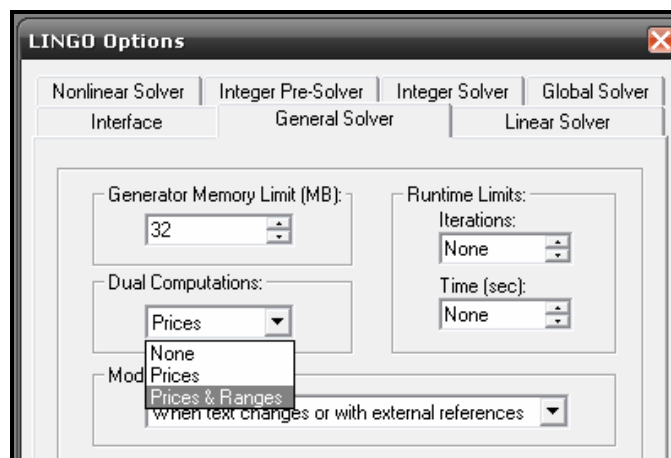
Por medio de ese procedimiento reflexivo se puede programar un problema de grandes dimensiones, y muy repetitivo, como lo es un problema de planificación agregada.

En este problema solo se utilizan variables enteras, por lo cual, también es necesario incluir esta restricción en LINGO 8.0, lo que se logra por medio de la instrucción @GIN, la cual debe ir después de los comandos @FOR, que definen el rango de los conjuntos primitivos que conforman los conjuntos derivados que contienen los atributos a definir como enteros. El ejemplo de este trabajo se entrega a continuación:

! SOLO VALORES ENTEROS;

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

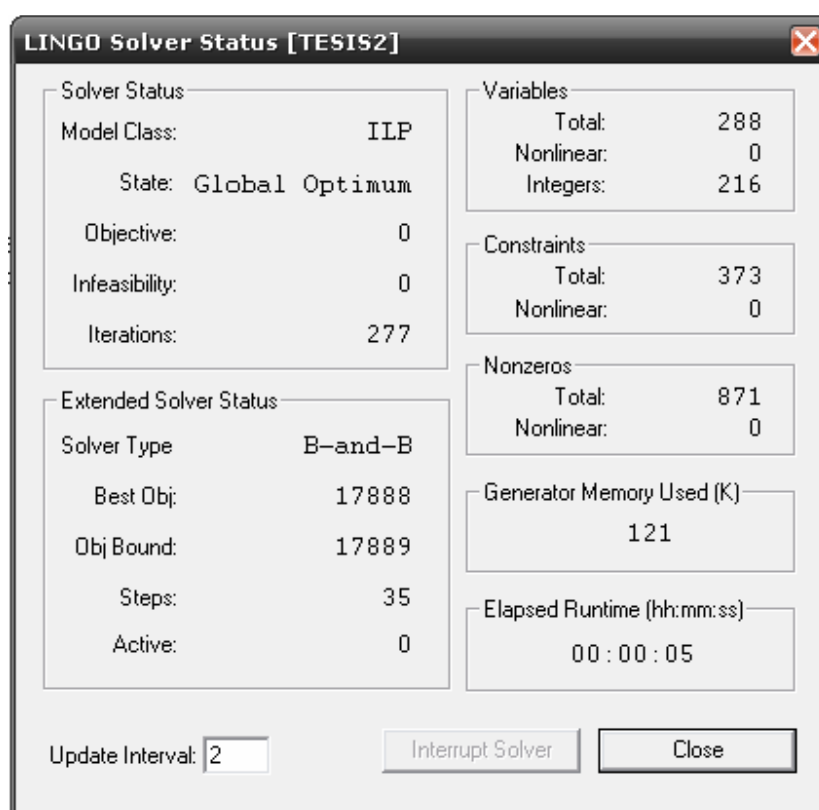
Figura 1: Opciones de cómputo.



Una vez que se ha realizado todo el trabajo de programación, se debe buscar dentro de las opciones de LINGO 8.0, aquella que permita computar los precios y los rangos en que estos se pueden mover, para así facilitar la interpretación del modelo. La ventana y la opción a seleccionar se encuentran desplegadas en la Figura 1.

La siguiente actividad es resolver el modelo, lo cual se logra pulsando el blanco que se encuentra entre los iconos que muestra la consola, y se puede apreciar en la siguiente figura, o bien, se debe ir a LINGO – Solve, o simplemente presionando Ctrl+S.

Figura 2: Pantalla de informe de estado

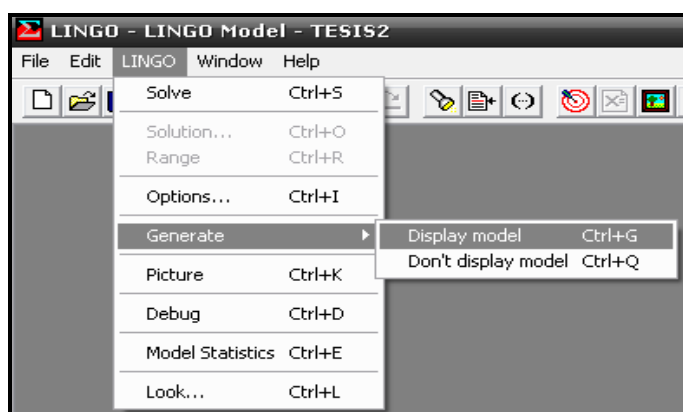


Si el algoritmo de solución esta bien diseñado, luego de unos pocos segundos, LINGO 8.0, debería enviar un aviso indicando que el modelo se ha podido resolver y se ha encontrado el óptimo, también señala la clase de modelo que se esta resolviendo, el tipo de búsqueda realizada para solucionar el modelo, el número de iteraciones para encontrar el óptimo y el numero de variables y de restricciones. Todo lo anterior se puede apreciar en la Figura 2. Por otra parte por medio de la instrucción “Generate – Display model”, de la Figura 3, LINGO 8.0, entrega la posibilidad de generar le modelo completo, en extensión, incluyendo cada una de la

variables y restricciones, que de otra manera, sería prácticamente imposible de obtener, dada la complejidad entregada por un modelo de gran tamaño. Esto permite que tanto quien confecciona el modelo algebraico, como aquel que lo utilizará puedan comprender en extenso lo que el algoritmo hace y que valores utiliza para realizar sus cálculos y entregar soluciones, ayudando incluso a subsanar problemas en la programación del mismo.

El autor de este pequeño instructivo, solo disponía de la ayuda que entrega el programa, la cual es de muy buena calidad, por lo que la recomienda a todo aquel se sienta interesado en ir más allá en el uso de LINGO 8.0.

Figura 3: Solución, opciones y display

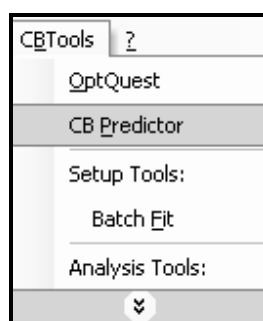


Anexo D: Guía de usuario Crystal Ball Predictor.

Manual de uso de Crystal Ball Predictor.

Crystall Ball Predictor, es una herramienta, que viene junto al software de simulación Crystall Ball, y se despliega desde dicho software. La Figura 1, ejemplifica el proceso a desarrollar para poder apoyar el trabajo en CB Predictor.

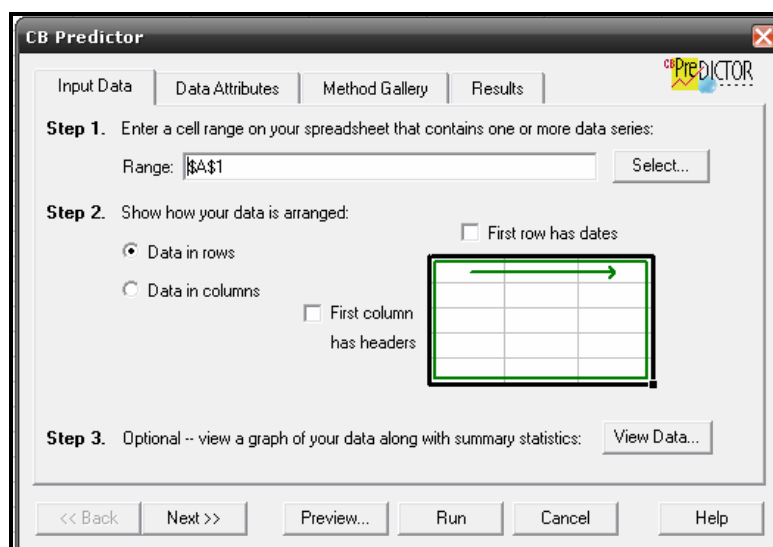
Figura 1: Selección de CB Predictor.



El uso de CB Predictor, es sencillo e intuitivo, ya que está completamente indexado a Excel, por lo que no es necesario reescribir ni exportar los datos. Se basa en diez pasos claramente identificados dentro de cuatro niveles, siendo el primero de ellos, el de “Ingreso de datos”.

Ingreso de datos:

Este nivel contiene tres pasos. El primero dice relación con el ingreso del rango de la hoja que contiene los datos. El segundo indica al usuario que debe indicarle al programa como están estructurados los datos dentro de la hoja de Excel, es decir, si se encuentra en columnas o en filas, como se aprecia en la Figura 2.

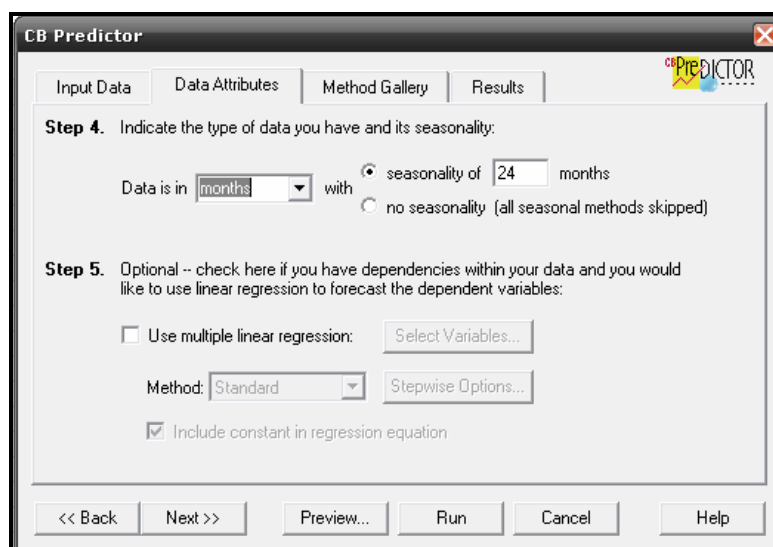
Figura 2: Ingreso de datos.

El tercer punto y final, es opcional, pero es muy útil, ya que permite observar el gráfico de la información a través del tiempo, para que uno pueda hacerse una idea del tipo de modelo a utilizar. Una vez concluidos estos tres pasos, se debe ejecutar el siguiente nivel, el que recaba información acerca de los atributos de los datos.

Atributos de los datos:

Se compone de los siguientes dos pasos. El cuarto le pide al usuario que señale el tipo de datos, es decir, si estos son diarios, semanales, mensuales, etc., y su estacionalidad, la cual depende del tipo de producto o servicio, de los conocimientos de los tomadores de decisiones y de los datos en si mismo. El quinto paso, es opcional y permite que el usuario analice la dependencia entre grupos de datos y una variable respuesta, lo que indica que CB Predictor, permite desarrollar no solo modelos de series temporales, sino que también de causa y efecto. La ventana de trabajo se puede apreciar en la Figura 3.

Es bueno destacar en este apartado, que si no se define la estacionalidad, es decir, se selecciona “no” para ésta, en el siguiente nivel solo aparecerán disponibles los modelos sin estacionalidad para realizar los pronósticos.

Figura 3: Atributos de los datos

Una vez que se han llevado a cabo los cinco primeros pasos, se debe pasar al tercer nivel, que no es otro que el que contiene la galería de métodos.

Galería de Métodos:

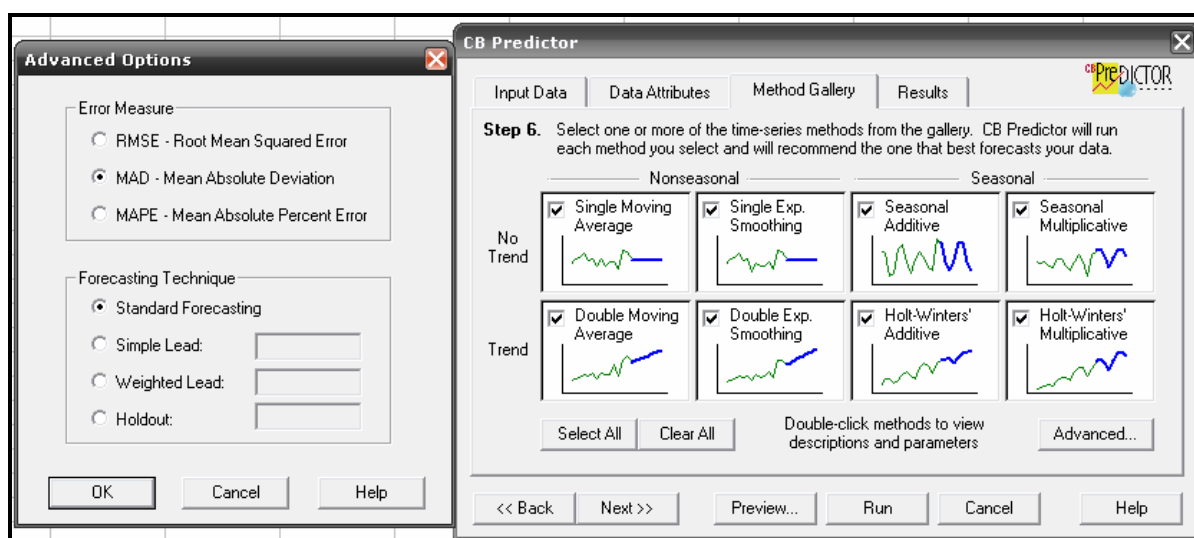
Este nivel está compuesto solo por un paso, pero es muy importante para los buenos resultados del pronóstico. El mentado paso consiste en seleccionar de una galería de métodos de series temporales, aquellas que estima el usuario sean las mejores para pronosticar sus datos. Por defecto CB Predictor entrega la selección de todos los métodos disponibles, se el usuario señaló que existía algún tipo de estacionalidad, o solo de aquellos no estacionales, cuando se estimó que no existía.

El trabajo del software, es limpio y cómodo, ya que entrega ordenadamente y por medio de tablas dinámicas insertas en el mismo libro de Excel, o en otro nuevo, los resultados de todos los métodos probados, así como sus respectivos parámetros y gráficos.

Por otra parte, como se puede apreciar en la Figura 4, existen opciones de análisis avanzado que facilitan el trabajo del usuario, ya que le permiten seleccionar

el parámetro de medición de error a utilizar para establecer el ranking de los modelos, siendo el MAD, el más importante a juicio del autor de este breve manual, ya que permite establecer el primer parámetro para la construcción de la señal de rastreo. Con esto solo falta el último nivel de resultados.

Figura 4: Galería de métodos.

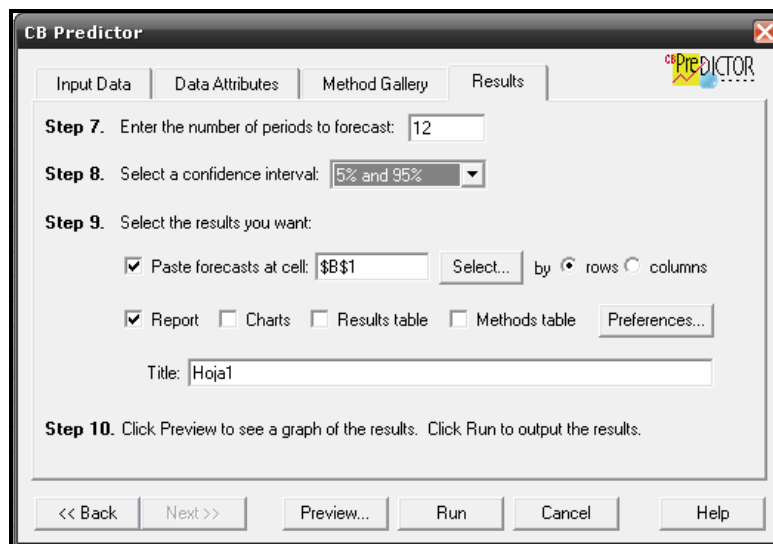


Resultados:

Este nivel contempla los últimos cuatro pasos a desarrollar, lo que se puede apreciar en la Figura 5. El séptimo paso es sencillo y solo requiere que el usuario le indique al programa el número de periodos que pretende pronosticar. El octavo paso permite que el usuario seleccione el nivel de confianza con el que desea trabajar, ya que CB Predictor, entrega en base a dicho intervalo, los pronósticos para el límite superior y el inferior, límites que señalan el rango en el cual se debería mover el pronóstico. El paso nueve entrega la opción de seleccionar los resultados que se desea entregue el software, aquí se encuentra la selección de la celda donde se pegarán los pronósticos, señalando explícitamente si estos se encontrarán en filas o columnas, permite también seleccionar la opción de reporte, la cual es muy útil para el usuario, ya que entrega un resumen de la información más importante del modelo. Por último el paso diez, entrega la información sobre la previsualización de los

resultados y/o el resultado final, dependiendo si se presiona “Preview” o “Run”, respectivamente.

Figura 5: Resultado



Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.

MAX

ASIGNACION(ENDO, E) + ASIGNACION(ENDO, F) + ASIGNACION(ENDO, M) + ASIGNACION(ENDO, A) + ASIGNACION(ENDO, M) + ASIGNACION(ENDO, J) + ASIGNACION(ENDO, J) + ASIGNACION(ENDO, A) + ASIGNACION(ENDO, S) + ASIGNACION(ENDO, O) + ASIGNACION(ENDO, N) + ASIGNACION(ENDO, D) + ASIGNACION(OEXP, E) + ASIGNACION(OEXP, F) + ASIGNACION(OEXP, M) + ASIGNACION(OEXP, A) + ASIGNACION(OEXP, M) + ASIGNACION(OEXP, J) + ASIGNACION(OEXP, J) + ASIGNACION(OEXP, A) + ASIGNACION(OEXP, S) + ASIGNACION(OEXP, O) + ASIGNACION(OEXP, N) + ASIGNACION(OEXP, D) + ASIGNACION(OPRO, E) + ASIGNACION(OPRO, F) + ASIGNACION(OPRO, M) + ASIGNACION(OPRO, A) + ASIGNACION(OPRO, M) + ASIGNACION(OPRO, J) + ASIGNACION(OPRO, J) + ASIGNACION(OPRO, A) + ASIGNACION(OPRO, S) + ASIGNACION(OPRO, O) + ASIGNACION(OPRO, N) + ASIGNACION(OPRO, D) + ASIGNACION(CMAM, E) + ASIGNACION(CMAM, F) + ASIGNACION(CMAM, M) + ASIGNACION(CMAM, A) + ASIGNACION(CMAM, M) + ASIGNACION(CMAM, J) + ASIGNACION(CMAM, J) + ASIGNACION(CMAM, A) + ASIGNACION(CMAM, S) + ASIGNACION(CMAM, O) + ASIGNACION(CMAM, N) + ASIGNACION(CMAM, D) + ASIGNACION(CGIN, E) + ASIGNACION(CGIN, F) + ASIGNACION(CGIN, M) + ASIGNACION(CGIN, A) + ASIGNACION(CGIN, M) + ASIGNACION(CGIN, J) + ASIGNACION(CGIN, J) + ASIGNACION(CGIN, A) + ASIGNACION(CGIN, S) + ASIGNACION(CGIN, O) + ASIGNACION(CGIN, N) + ASIGNACION(CGIN, D) + ASIGNACION(ABOR, E) + ASIGNACION(ABOR, F) + ASIGNACION(ABOR, M) + ASIGNACION(ABOR, A) + ASIGNACION(ABOR, M) + ASIGNACION(ABOR, J) + ASIGNACION(ABOR, J) + ASIGNACION(ABOR, A) + ASIGNACION(ABOR, S) + ASIGNACION(ABOR, O) + ASIGNACION(ABOR, N) + ASIGNACION(ABOR, D) + ASIGNACION(CESA, E) + ASIGNACION(CESA, F) + ASIGNACION(CESA, M) + ASIGNACION(CESA, A) + ASIGNACION(CESA, N) + ASIGNACION(CESA, J) + ASIGNACION(CESA, J) + ASIGNACION(CESA, A) + ASIGNACION(CESA, S) + ASIGNACION(CESA, O) + ASIGNACION(CESA, N) + ASIGNACION(CESA, D) + ASIGNACION(PNOR, E) + ASIGNACION(PNOR, F) + ASIGNACION(PNOR, M) + ASIGNACION(PNOR, A) + ASIGNACION(PNOR, M) + ASIGNACION(PNOR, J) + ASIGNACION(PNOR, J) + ASIGNACION(PNOR, A) + ASIGNACION(PNOR, S) + ASIGNACION(PNOR, O) + ASIGNACION(PNOR, N) + ASIGNACION(PNOR, D) + ASIGNACION(A_R_O_, E) + ASIGNACION(A_R_O_, F) + ASIGNACION(A_R_O_, M) + ASIGNACION(A_R_O_, A) + ASIGNACION(A_R_O_, M) + ASIGNACION(A_R_O_, J) + ASIGNACION(A_R_O_, J) + ASIGNACION(A_R_O_, A) + ASIGNACION(A_R_O_, S) + ASIGNACION(A_R_O_, O) + ASIGNACION(A_R_O_, N) + ASIGNACION(A_R_O_, D)

SUBJECT TO

DEMANDA1_ROW(ENDO, E, IN)] ASIGNACION(ENDO, E) + PENDIENTE(ENDO, E) = 362
 DEMANDA1_ROW(OEXP, E, IN)] ASIGNACION(OEXP, E) + PENDIENTE(OEXP, E) = 310
 DEMANDA1_ROW(OPRO, E, IN)] ASIGNACION(OPRO, E) + PENDIENTE(OPRO, E) = 293
 DEMANDA1_ROW(CMAM, E, IN)] ASIGNACION(CMAM, E) + PENDIENTE(CMAM, E) = 16
 DEMANDA1_ROW(CGIN, E, IN)] ASIGNACION(CGIN, E) + PENDIENTE(CGIN, E) = 95
 DEMANDA2_ROW(ENDO, F)]- PENDIENTE(ENDO, F) + ASIGNACION(ENDO, F) + PENDIENTE(ENDO, F) = 284
 DEMANDA2_ROW(ENDO, M)]- PENDIENTE(ENDO, F) + ASIGNACION(ENDO, M) + PENDIENTE(ENDO, M) = 414
 DEMANDA2_ROW(ENDO, A)]- PENDIENTE(ENDO, M) + ASIGNACION(ENDO, A) + PENDIENTE(ENDO, A) = 391
 DEMANDA2_ROW(ENDO, M)]- PENDIENTE(ENDO, A) + ASIGNACION(ENDO, M) + PENDIENTE(ENDO, M) = 371
 DEMANDA2_ROW(ENDO, J)]- PENDIENTE(ENDO, M) + ASIGNACION(ENDO, J) + PENDIENTE(ENDO, J) = 352
 DEMANDA2_ROW(ENDO, J)]- PENDIENTE(ENDO, J) + ASIGNACION(ENDO, J) + PENDIENTE(ENDO, J) = 397
 DEMANDA2_ROW(ENDO, A)]- PENDIENTE(ENDO, J) + ASIGNACION(ENDO, A) + PENDIENTE(ENDO, A) = 344
 DEMANDA2_ROW(ENDO, S)]- PENDIENTE(ENDO, A) + ASIGNACION(ENDO, S) + PENDIENTE(ENDO, S) = 351
 DEMANDA2_ROW(ENDO, O)]- PENDIENTE(ENDO, O) + ASIGNACION(ENDO, O) + PENDIENTE(ENDO, O) = 358
 DEMANDA2_ROW(ENDO, N)]- PENDIENTE(ENDO, O) + ASIGNACION(ENDO, N) + PENDIENTE(ENDO, N) = 353
 DEMANDA2_ROW(ENDO, D)]- PENDIENTE(ENDO, N) + ASIGNACION(ENDO, D) + PENDIENTE(ENDO, D) = 341
 DEMANDA2_ROW(OEXP, F)]- PENDIENTE(OEXP, E) + ASIGNACION(OEXP, F) + PENDIENTE(OEXP, F) = 316
 DEMANDA2_ROW(OEXP, M)]- PENDIENTE(OEXP, F) + ASIGNACION(OEXP, M) + PENDIENTE(OEXP, M) = 352
 DEMANDA2_ROW(OEXP, A)]- PENDIENTE(OEXP, M) + ASIGNACION(OEXP, A) + PENDIENTE(OEXP, A) = 350
 DEMANDA2_ROW(OEXP, M)]- PENDIENTE(OEXP, A) + ASIGNACION(OEXP, M) + PENDIENTE(OEXP, M) = 388
 DEMANDA2_ROW(OEXP, J)]- PENDIENTE(OEXP, M) + ASIGNACION(OEXP, J) + PENDIENTE(OEXP, J) = 345
 DEMANDA2_ROW(OEXP, J)]- PENDIENTE(OEXP, J) + ASIGNACION(OEXP, J) + PENDIENTE(OEXP, J) = 367
 DEMANDA2_ROW(OEXP, A)]- PENDIENTE(OEXP, J) + ASIGNACION(OEXP, A) + PENDIENTE(OEXP, A) = 400
 DEMANDA2_ROW(OEXP, S)]- PENDIENTE(OEXP, A) + ASIGNACION(OEXP, S) + PENDIENTE(OEXP, S) = 378
 DEMANDA2_ROW(OEXP, O)]- PENDIENTE(OEXP, O) + ASIGNACION(OEXP, O) + PENDIENTE(OEXP, O) = 396
 DEMANDA2_ROW(OEXP, N)]- PENDIENTE(OEXP, O) + ASIGNACION(OEXP, N) + PENDIENTE(OEXP, N) = 399
 DEMANDA2_ROW(OEXP, D)]- PENDIENTE(OEXP, N) + ASIGNACION(OEXP, D) + PENDIENTE(OEXP, D) = 452
 DEMANDA2_ROW(OPRO, F)]- PENDIENTE(OPRO, E) + ASIGNACION(OPRO, F) + PENDIENTE(OPRO, F) = 214
 DEMANDA2_ROW(OPRO, M)]- PENDIENTE(OPRO, F) + ASIGNACION(OPRO, M) + PENDIENTE(OPRO, M) = 287
 DEMANDA2_ROW(OPRO, A)]- PENDIENTE(OPRO, M) + ASIGNACION(OPRO, A) + PENDIENTE(OPRO, A) = 323
 DEMANDA2_ROW(OPRO, M)]- PENDIENTE(OPRO, A) + ASIGNACION(OPRO, M) + PENDIENTE(OPRO, M) = 285

DEMANDA2_ROW(OPRO, J)]- PENDIENTE(OPRO, M) + ASIGNACION(OPRO, J) + PENDIENTE(OPRO, J) = 296
 DEMANDA2_ROW(OPRO, J)]- PENDIENTE(OPRO, J) + ASIGNACION(OPRO, J) + PENDIENTE(OPRO, J) = 307
 DEMANDA2_ROW(OPRO, A)]- PENDIENTE(OPRO, J) + ASIGNACION(OPRO, A) + PENDIENTE(OPRO, A) = 242
 DEMANDA2_ROW(OPRO, S)]- PENDIENTE(OPRO, A) + ASIGNACION(OPRO, S) + PENDIENTE(OPRO, S) = 288
 DEMANDA2_ROW(OPRO, O)]- PENDIENTE(OPRO, S) + ASIGNACION(OPRO, O) + PENDIENTE(OPRO, O) = 323
 DEMANDA2_ROW(OPRO, N)]- PENDIENTE(OPRO, O) + ASIGNACION(OPRO, N) + PENDIENTE(OPRO, N) = 271
 DEMANDA2_ROW(OPRO, D)]- PENDIENTE(OPRO, N) + ASIGNACION(OPRO, D) + PENDIENTE(OPRO, D) = 261
 DEMANDA2_ROW(CMAM, F)]- PENDIENTE(CMAM, E) + ASIGNACION(CMAM, F) + PENDIENTE(CMAM, F) = 12
 DEMANDA2_ROW(CMAM, M)]- PENDIENTE(CMAM, F) + ASIGNACION(CMAM, M) + PENDIENTE(CMAM, M) = 20
 DEMANDA2_ROW(CMAM, A)]- PENDIENTE(CMAM, M) + ASIGNACION(CMAM, A) + PENDIENTE(CMAM, A) = 16
 DEMANDA2_ROW(CMAM, M)]- PENDIENTE(CMAM, A) + ASIGNACION(CMAM, M) + PENDIENTE(CMAM, M) = 21
 DEMANDA2_ROW(CMAM, J)]- PENDIENTE(CMAM, M) + ASIGNACION(CMAM, J) + PENDIENTE(CMAM, J) = 18
 DEMANDA2_ROW(CMAM, J)]- PENDIENTE(CMAM, J) + ASIGNACION(CMAM, J) + PENDIENTE(CMAM, J) = 21
 DEMANDA2_ROW(CMAM, A)]- PENDIENTE(CMAM, A) + ASIGNACION(CMAM, A) + PENDIENTE(CMAM, A) = 24
 DEMANDA2_ROW(CMAM, S)]- PENDIENTE(CMAM, A) + ASIGNACION(CMAM, S) + PENDIENTE(CMAM, S) = 21
 DEMANDA2_ROW(CMAM, O)]- PENDIENTE(CMAM, S) + ASIGNACION(CMAM, O) + PENDIENTE(CMAM, O) = 18
 DEMANDA2_ROW(CMAM, N)]- PENDIENTE(CMAM, O) + ASIGNACION(CMAM, N) + PENDIENTE(CMAM, N) = 15
 DEMANDA2_ROW(CMAM, D)]- PENDIENTE(CMAM, D) + ASIGNACION(CMAM, D) + PENDIENTE(CMAM, D) = 12
 DEMANDA2_ROW(CGIN, F)]- PENDIENTE(CGIN, E) + ASIGNACION(CGIN, F) + PENDIENTE(CGIN, F) = 70
 DEMANDA2_ROW(CGIN, M)]- PENDIENTE(CGIN, F) + ASIGNACION(CGIN, M) + PENDIENTE(CGIN, M) = 88
 DEMANDA2_ROW(CGIN, A)]- PENDIENTE(CGIN, M) + ASIGNACION(CGIN, A) + PENDIENTE(CGIN, A) = 92
 DEMANDA2_ROW(CGIN, M)]- PENDIENTE(CGIN, A) + ASIGNACION(CGIN, M) + PENDIENTE(CGIN, M) = 86
 DEMANDA2_ROW(CGIN, J)]- PENDIENTE(CGIN, M) + ASIGNACION(CGIN, J) + PENDIENTE(CGIN, J) = 104
 DEMANDA2_ROW(CGIN, J)]- PENDIENTE(CGIN, J) + ASIGNACION(CGIN, J) + PENDIENTE(CGIN, J) = 90
 DEMANDA2_ROW(CGIN, A)]- PENDIENTE(CGIN, J) + ASIGNACION(CGIN, A) + PENDIENTE(CGIN, A) = 87
 DEMANDA2_ROW(CGIN, S)]- PENDIENTE(CGIN, A) + ASIGNACION(CGIN, S) + PENDIENTE(CGIN, S) = 99
 DEMANDA2_ROW(CGIN, O)]- PENDIENTE(CGIN, S) + ASIGNACION(CGIN, O) + PENDIENTE(CGIN, O) = 106
 DEMANDA2_ROW(CGIN, N)]- PENDIENTE(CGIN, O) + ASIGNACION(CGIN, N) + PENDIENTE(CGIN, N) = 103
 DEMANDA2_ROW(CGIN, D)]- PENDIENTE(CGIN, N) + ASIGNACION(CGIN, D) + PENDIENTE(CGIN, D) = 90
 DEMANDA_ROW(ABOR, E)] ASIGNACION(ABOR, E) <= 26
 DEMANDA_ROW(ABOR, F)] ASIGNACION(ABOR, F) <= 34
 DEMANDA_ROW(ABOR, M)] ASIGNACION(ABOR, M) <= 35
 DEMANDA_ROW(ABOR, A)] ASIGNACION(ABOR, A) <= 37
 DEMANDA_ROW(ABOR, M)] ASIGNACION(ABOR, M) <= 32
 DEMANDA_ROW(ABOR, J)] ASIGNACION(ABOR, J) <= 35
 DEMANDA_ROW(ABOR, J)] ASIGNACION(ABOR, J) <= 34
 DEMANDA_ROW(ABOR, A)] ASIGNACION(ABOR, A) <= 33
 DEMANDA_ROW(ABOR, S)] ASIGNACION(ABOR, S) <= 38
 DEMANDA_ROW(ABOR, O)] ASIGNACION(ABOR, O) <= 45
 DEMANDA_ROW(ABOR, N)] ASIGNACION(ABOR, N) <= 31
 DEMANDA_ROW(ABOR, D)] ASIGNACION(ABOR, D) <= 34
 DEMANDA_ROW(CESA, E)] ASIGNACION(CESA, E) <= 66
 DEMANDA_ROW(CESA, F)] ASIGNACION(CESA, F) <= 79
 DEMANDA_ROW(CESA, M)] ASIGNACION(CESA, M) <= 83
 DEMANDA_ROW(CESA, A)] ASIGNACION(CESA, A) <= 83
 DEMANDA_ROW(CESA, M)] ASIGNACION(CESA, M) <= 81
 DEMANDA_ROW(CESA, J)] ASIGNACION(CESA, J) <= 72
 DEMANDA_ROW(CESA, J)] ASIGNACION(CESA, J) <= 87
 DEMANDA_ROW(CESA, A)] ASIGNACION(CESA, A) <= 81
 DEMANDA_ROW(CESA, S)] ASIGNACION(CESA, S) <= 84
 DEMANDA_ROW(CESA, O)] ASIGNACION(CESA, O) <= 85
 DEMANDA_ROW(CESA, N)] ASIGNACION(CESA, N) <= 73
 DEMANDA_ROW(CESA, D)] ASIGNACION(CESA, D) <= 98
 DEMANDA_ROW(PNOR, E)] ASIGNACION(PNOR, E) <= 169
 DEMANDA_ROW(PNOR, F)] ASIGNACION(PNOR, F) <= 175
 DEMANDA_ROW(PNOR, M)] ASIGNACION(PNOR, M) <= 175
 DEMANDA_ROW(PNOR, A)] ASIGNACION(PNOR, A) <= 167
 DEMANDA_ROW(PNOR, M)] ASIGNACION(PNOR, M) <= 178
 DEMANDA_ROW(PNOR, J)] ASIGNACION(PNOR, J) <= 168
 DEMANDA_ROW(PNOR, J)] ASIGNACION(PNOR, J) <= 177
 DEMANDA_ROW(PNOR, A)] ASIGNACION(PNOR, A) <= 190
 DEMANDA_ROW(PNOR, S)] ASIGNACION(PNOR, S) <= 181
 DEMANDA_ROW(PNOR, O)] ASIGNACION(PNOR, O) <= 187
 DEMANDA_ROW(PNOR, N)] ASIGNACION(PNOR, N) <= 192
 DEMANDA_ROW(PNOR, D)] ASIGNACION(PNOR, D) <= 196
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, E)] ASIGNACION(A_R_O_, E) <= 65
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, F)] ASIGNACION(A_R_O_, F) <= 72
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, M)] ASIGNACION(A_R_O_, M) <= 73
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, A)] ASIGNACION(A_R_O_, A) <= 71

DEMANDA_ROW(A_R_O_, M)] ASIGNACION(A_R_O_, M) <= 72
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, J)] ASIGNACION(A_R_O_, J) <= 68
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, J)] ASIGNACION(A_R_O_, J) <= 74
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, A)] ASIGNACION(A_R_O_, A) <= 76
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, S)] ASIGNACION(A_R_O_, S) <= 75
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, O)] ASIGNACION(A_R_O_, O) <= 79
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, N)] ASIGNACION(A_R_O_, N) <= 74
 DEMANDA_ROW(A_R_O_, D)] ASIGNACION(A_R_O_, D) <= 82
 MINIMO_ROW(ENDO, E)] ASIGNACION(ENDO, E) >= 352
 MINIMO_ROW(ENDO, F)] ASIGNACION(ENDO, F) >= 284
 MINIMO_ROW(ENDO, M)] ASIGNACION(ENDO, M) >= 414
 MINIMO_ROW(ENDO, A)] ASIGNACION(ENDO, A) >= 391
 MINIMO_ROW(ENDO, M)] ASIGNACION(ENDO, M) >= 371
 MINIMO_ROW(ENDO, J)] ASIGNACION(ENDO, J) >= 352
 MINIMO_ROW(ENDO, J)] ASIGNACION(ENDO, J) >= 397
 MINIMO_ROW(ENDO, A)] ASIGNACION(ENDO, A) >= 344
 MINIMO_ROW(ENDO, S)] ASIGNACION(ENDO, S) >= 351
 MINIMO_ROW(ENDO, O)] ASIGNACION(ENDO, O) >= 358
 MINIMO_ROW(ENDO, N)] ASIGNACION(ENDO, N) >= 353
 MINIMO_ROW(ENDO, D)] ASIGNACION(ENDO, D) >= 341
 MINIMO_ROW(OEXP, E)] ASIGNACION(OEXP, E) >= 300
 MINIMO_ROW(OEXP, F)] ASIGNACION(OEXP, F) >= 316
 MINIMO_ROW(OEXP, M)] ASIGNACION(OEXP, M) >= 352
 MINIMO_ROW(OEXP, A)] ASIGNACION(OEXP, A) >= 350
 MINIMO_ROW(OEXP, M)] ASIGNACION(OEXP, M) >= 388
 MINIMO_ROW(OEXP, J)] ASIGNACION(OEXP, J) >= 345
 MINIMO_ROW(OEXP, J)] ASIGNACION(OEXP, J) >= 367
 MINIMO_ROW(OEXP, A)] ASIGNACION(OEXP, A) >= 400
 MINIMO_ROW(OEXP, S)] ASIGNACION(OEXP, S) >= 378
 MINIMO_ROW(OEXP, O)] ASIGNACION(OEXP, O) >= 396
 MINIMO_ROW(OEXP, N)] ASIGNACION(OEXP, N) >= 399
 MINIMO_ROW(OEXP, D)] ASIGNACION(OEXP, D) >= 452
 MINIMO_ROW(OPRO, E)] ASIGNACION(OPRO, E) >= 283
 MINIMO_ROW(OPRO, F)] ASIGNACION(OPRO, F) >= 214
 MINIMO_ROW(OPRO, M)] ASIGNACION(OPRO, M) >= 287
 MINIMO_ROW(OPRO, A)] ASIGNACION(OPRO, A) >= 323
 MINIMO_ROW(OPRO, M)] ASIGNACION(OPRO, M) >= 285
 MINIMO_ROW(OPRO, J)] ASIGNACION(OPRO, J) >= 296
 MINIMO_ROW(OPRO, J)] ASIGNACION(OPRO, J) >= 307
 MINIMO_ROW(OPRO, A)] ASIGNACION(OPRO, A) >= 242
 MINIMO_ROW(OPRO, S)] ASIGNACION(OPRO, S) >= 288
 MINIMO_ROW(OPRO, O)] ASIGNACION(OPRO, O) >= 323
 MINIMO_ROW(OPRO, N)] ASIGNACION(OPRO, N) >= 271
 MINIMO_ROW(OPRO, D)] ASIGNACION(OPRO, D) >= 261
 MINIMO_ROW(CMAM, E)] ASIGNACION(CMAM, E) >= 9
 MINIMO_ROW(CMAM, F)] ASIGNACION(CMAM, F) >= 9
 MINIMO_ROW(CMAM, M)] ASIGNACION(CMAM, M) >= 16
 MINIMO_ROW(CMAM, A)] ASIGNACION(CMAM, A) >= 12
 MINIMO_ROW(CMAM, M)] ASIGNACION(CMAM, M) >= 16
 MINIMO_ROW(CMAM, J)] ASIGNACION(CMAM, J) >= 14
 MINIMO_ROW(CMAM, J)] ASIGNACION(CMAM, J) >= 16
 MINIMO_ROW(CMAM, A)] ASIGNACION(CMAM, A) >= 19
 MINIMO_ROW(CMAM, S)] ASIGNACION(CMAM, S) >= 16
 MINIMO_ROW(CMAM, O)] ASIGNACION(CMAM, O) >= 14
 MINIMO_ROW(CMAM, N)] ASIGNACION(CMAM, N) >= 12
 MINIMO_ROW(CMAM, D)] ASIGNACION(CMAM, D) >= 9
 MINIMO_ROW(CGIN, E)] ASIGNACION(CGIN, E) >= 63
 MINIMO_ROW(CGIN, F)] ASIGNACION(CGIN, F) >= 56
 MINIMO_ROW(CGIN, M)] ASIGNACION(CGIN, M) >= 70
 MINIMO_ROW(CGIN, A)] ASIGNACION(CGIN, A) >= 73
 MINIMO_ROW(CGIN, M)] ASIGNACION(CGIN, M) >= 68
 MINIMO_ROW(CGIN, J)] ASIGNACION(CGIN, J) >= 83
 MINIMO_ROW(CGIN, J)] ASIGNACION(CGIN, J) >= 72
 MINIMO_ROW(CGIN, A)] ASIGNACION(CGIN, A) >= 69
 MINIMO_ROW(CGIN, S)] ASIGNACION(CGIN, S) >= 79
 MINIMO_ROW(CGIN, O)] ASIGNACION(CGIN, O) >= 84
 MINIMO_ROW(CGIN, N)] ASIGNACION(CGIN, N) >= 82
 MINIMO_ROW(CGIN, D)] ASIGNACION(CGIN, D) >= 72
 MINIMO_ROW(ABOR, E)] ASIGNACION(ABOR, E) >= 26

Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.

135

MINIMO_ROW(ABOR, F)] ASIGNACION(ABOR, F) >= 34
 MINIMO_ROW(ABOR, M)] ASIGNACION(ABOR, M) >= 35
 MINIMO_ROW(ABOR, A)] ASIGNACION(ABOR, A) >= 37
 MINIMO_ROW(ABOR, M)] ASIGNACION(ABOR, M) >= 32
 MINIMO_ROW(ABOR, J)] ASIGNACION(ABOR, J) >= 35
 MINIMO_ROW(ABOR, J)] ASIGNACION(ABOR, J) >= 34
 MINIMO_ROW(ABOR, A)] ASIGNACION(ABOR, A) >= 33
 MINIMO_ROW(ABOR, S)] ASIGNACION(ABOR, S) >= 38
 MINIMO_ROW(ABOR, O)] ASIGNACION(ABOR, O) >= 45
 MINIMO_ROW(ABOR, N)] ASIGNACION(ABOR, N) >= 31
 MINIMO_ROW(ABOR, D)] ASIGNACION(ABOR, D) >= 34
 MINIMO_ROW(CESA, E)] ASIGNACION(CESA, E) >= 66
 MINIMO_ROW(CESA, F)] ASIGNACION(CESA, F) >= 79
 MINIMO_ROW(CESA, M)] ASIGNACION(CESA, M) >= 83
 MINIMO_ROW(CESA, A)] ASIGNACION(CESA, A) >= 83
 MINIMO_ROW(CESA, M)] ASIGNACION(CESA, M) >= 81
 MINIMO_ROW(CESA, J)] ASIGNACION(CESA, J) >= 72
 MINIMO_ROW(CESA, J)] ASIGNACION(CESA, J) >= 87
 MINIMO_ROW(CESA, A)] ASIGNACION(CESA, A) >= 81
 MINIMO_ROW(CESA, S)] ASIGNACION(CESA, S) >= 84
 MINIMO_ROW(CESA, O)] ASIGNACION(CESA, O) >= 85
 MINIMO_ROW(CESA, N)] ASIGNACION(CESA, N) >= 73
 MINIMO_ROW(CESA, D)] ASIGNACION(CESA, D) >= 98
 MINIMO_ROW(PNOR, E)] ASIGNACION(PNOR, E) >= 169
 MINIMO_ROW(PNOR, F)] ASIGNACION(PNOR, F) >= 175
 MINIMO_ROW(PNOR, M)] ASIGNACION(PNOR, M) >= 175
 MINIMO_ROW(PNOR, A)] ASIGNACION(PNOR, A) >= 167
 MINIMO_ROW(PNOR, M)] ASIGNACION(PNOR, M) >= 178
 MINIMO_ROW(PNOR, J)] ASIGNACION(PNOR, J) >= 168
 MINIMO_ROW(PNOR, J)] ASIGNACION(PNOR, J) >= 177
 MINIMO_ROW(PNOR, A)] ASIGNACION(PNOR, A) >= 190
 MINIMO_ROW(PNOR, S)] ASIGNACION(PNOR, S) >= 181
 MINIMO_ROW(PNOR, O)] ASIGNACION(PNOR, O) >= 187
 MINIMO_ROW(PNOR, N)] ASIGNACION(PNOR, N) >= 192
 MINIMO_ROW(PNOR, D)] ASIGNACION(PNOR, D) >= 196
 MINIMO_ROW(A_R_O_, E)] ASIGNACION(A_R_O_, E) >= 65
 MINIMO_ROW(A_R_O_, F)] ASIGNACION(A_R_O_, F) >= 72
 MINIMO_ROW(A_R_O_, M)] ASIGNACION(A_R_O_, M) >= 73
 MINIMO_ROW(A_R_O_, A)] ASIGNACION(A_R_O_, A) >= 71
 MINIMO_ROW(A_R_O_, M)] ASIGNACION(A_R_O_, M) >= 72
 MINIMO_ROW(A_R_O_, J)] ASIGNACION(A_R_O_, J) >= 68
 MINIMO_ROW(A_R_O_, J)] ASIGNACION(A_R_O_, J) >= 74
 MINIMO_ROW(A_R_O_, A)] ASIGNACION(A_R_O_, A) >= 76
 MINIMO_ROW(A_R_O_, S)] ASIGNACION(A_R_O_, S) >= 75
 MINIMO_ROW(A_R_O_, O)] ASIGNACION(A_R_O_, O) >= 79
 MINIMO_ROW(A_R_O_, N)] ASIGNACION(A_R_O_, N) >= 74
 MINIMO_ROW(A_R_O_, D)] ASIGNACION(A_R_O_, D) >= 82
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, E)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, E) + .75 ASIGNACION(OEXP, E) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, E) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, E) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, E) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, E) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, E) <= 1818.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, F)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, F) + .75 ASIGNACION(OEXP, F) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, F) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, F) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, F) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, F) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, F) <= 1731.952
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, M) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, M) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, M) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, M) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, M) <= 1905.147
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, A) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, A) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, A) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, A) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, A) <= 1818.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, M) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, M) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, M) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, M) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, M) <= 1689.355
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, J) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, J) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, J) + .8552039
 ASIGNACION(ABOR, J) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, J) <= 1906.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333
 ASIGNACION(OPRO, J) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, J) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, J) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, J) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, J) <= 1993.147

Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.

DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, A) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, A) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, A) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, A) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, A) <= 1906.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, S)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, S) + .75 ASIGNACION(OEXP, S) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, S) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, S) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, S) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, S) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, S) <= 1906.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, O)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, O) + .75 ASIGNACION(OEXP, O) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, O) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, O) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, O) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, O) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, O) <= 1906.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, N)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, N) + .75 ASIGNACION(OEXP, N) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, N) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, N) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, N) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, N) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, N) <= 1906.55
 DCOL_MEDICOS_ROW(MEDICO, D)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, D) + .75 ASIGNACION(OEXP, D) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, D) + 3.266309 ASIGNACION(CMAM, D) + 2.67877 ASIGNACION(CGIN, D) + .8552039 ASIGNACION(ABOR, D) + 1.333333 ASIGNACION(CESA, D) <= 1906.55
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, E)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, E) + .75 ASIGNACION(OEXP, E) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, E) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, F)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, F) + .75 ASIGNACION(OEXP, F) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, F) <= 1056
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1161.6
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1003.2
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1161.6
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, S)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, S) + .75 ASIGNACION(OEXP, S) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, S) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, O)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, O) + .75 ASIGNACION(OEXP, O) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, O) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, N)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, N) + .75 ASIGNACION(OEXP, N) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, N) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(TEC_CAE, D)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, D) + .75 ASIGNACION(OEXP, D) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, D) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, E)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, E) + .25 ASIGNACION(OEXP, E) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, E) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, F)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, F) + .25 ASIGNACION(OEXP, F) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, F) <= 1056
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, M)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, M) + .25 ASIGNACION(OEXP, M) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1161.6
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, A)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, A) + .25 ASIGNACION(OEXP, A) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, M)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, M) + .25 ASIGNACION(OEXP, M) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1003.2
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, J)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, J) + .25 ASIGNACION(OEXP, J) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, J)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, J) + .25 ASIGNACION(OEXP, J) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1161.6
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, A)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, A) + .25 ASIGNACION(OEXP, A) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, S)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, S) + .25 ASIGNACION(OEXP, S) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, S) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, O)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, O) + .25 ASIGNACION(OEXP, O) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, O) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, N)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, N) + .25 ASIGNACION(OEXP, N) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, N) <= 1108.8
 DCOL_MATYTEC_CAE_ROW(MAT_CAE, D)] .1944444 ASIGNACION(ENDO, D) + .25 ASIGNACION(OEXP, D) + .2444444 ASIGNACION(OPRO, D) <= 1108.8
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, E)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, E) + 2 ASIGNACION(PNOR, E) <= 5059.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, F)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, F) + 2 ASIGNACION(PNOR, F) <= 4636.175
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, M)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, M) + 2 ASIGNACION(PNOR, M) <= 5123.793
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, A)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, A) + 2 ASIGNACION(PNOR, A) <= 4939.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, M)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, M) + 2 ASIGNACION(PNOR, M) <= 4932.367
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, J)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, J) + 2 ASIGNACION(PNOR, J) <= 4939.984

Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.

137

DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, J)] 1.333333 ASIGNACION(CESA, J) + 2 ASIGNACION(PNOR, J) <= 5123.793
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, A)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, A) + 2 ASIGNACION(PNOR, A) <= 5059.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, S)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, S) + 2 ASIGNACION(PNOR, S) <= 4939.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, O)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, O) + 2 ASIGNACION(PNOR, O) <= 5059.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, N)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, N) + 2 ASIGNACION(PNOR, N) <= 4939.984
 DCOL_MATSERV_ROW(MAT_SERVICIO, D)] 1.3333 ASIGNACION(CESA, D) + 2 ASIGNACION(PNOR, D) <= 5059.984
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, E)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, E) + 6.25 ASIGNACION(CESA, E) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, E) <= 7822.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, F)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, F) + 6.25 ASIGNACION(CESA, F) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, F) <= 7084.622
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, M)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, M) + 6.25 ASIGNACION(CESA, M) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, M) <= 7841.084
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, A)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, A) + 6.25 ASIGNACION(CESA, A) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, A) <= 7582.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, M)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, M) + 6.25 ASIGNACION(CESA, M) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, M) <= 7786.39
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, J)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, J) + 6.25 ASIGNACION(CESA, J) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, J) <= 7582.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, J)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, J) + 6.25 ASIGNACION(CESA, J) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, J) <= 7841.084
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, A)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, A) + 6.25 ASIGNACION(CESA, A) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, A) <= 7822.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, S)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, S) + 6.25 ASIGNACION(CESA, S) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, S) <= 7582.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, O)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, O) + 6.25 ASIGNACION(CESA, O) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, O) <= 7822.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, N)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, N) + 6.25 ASIGNACION(CESA, N) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, N) <= 7582.853
 DCOL_TECSESV_ROW(TEC_SERVICIO, D)] 2.433333 ASIGNACION(ABOR, D) + 6.25 ASIGNACION(CESA, D) + 2.5 ASIGNACION(PNOR, D) <= 7822.853
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, E)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, E) + .75 ASIGNACION(OEXP, E) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, E) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, F)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, F) + .75 ASIGNACION(OEXP, F) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, F) <= 1280
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1408
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, M)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, M) + .75 ASIGNACION(OEXP, M) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, M) <= 1216
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, J)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, J) + .75 ASIGNACION(OEXP, J) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, J) <= 1408
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, A)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, A) + .75 ASIGNACION(OEXP, A) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, A) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, S)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, S) + .75 ASIGNACION(OEXP, S) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, S) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, O)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, O) + .75 ASIGNACION(OEXP, O) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, O) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, N)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, N) + .75 ASIGNACION(OEXP, N) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, N) <= 1344
 DREC_BOXCAE_ROW(BOX_CAE, D)] .5833333 ASIGNACION(ENDO, D) + .75 ASIGNACION(OEXP, D) + .7333333 ASIGNACION(OPRO, D) <= 1344
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, E, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, E) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, F, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, F) <= 1344
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, M, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, M) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, A, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, A) <= 1440
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, M, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, M) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, J, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, J) <= 1440
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, J, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, J) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, A, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, A) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, S, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, S) <= 1440
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, O, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, O) <= 1488
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, N, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, N) <= 1440
 DREC_SALAPARTO_ROW(S_P_NORMAL, D, PNOR)] 1.25 ASIGNACION(PNOR, D) <= 1488
 DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, E)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, E) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, E) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, E) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, E) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, E) <= 134.8685

Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada.

DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, F)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, F) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, F) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, F) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, F) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, F) <= 128.4462
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, M)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, M) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, M) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, M) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, M) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, M) <= 141.2908
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, A)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, A) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, A) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, A) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, A) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, A) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, M)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, M) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, M) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, M) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, M) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, M) <= 122.0239
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, J)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, J) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, J) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, J) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, J) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, J) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, J)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, J) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, J) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, J) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, J) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, J) <= 141.2908
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, A)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, A) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, A) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, A) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, A) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, A) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, S)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, S) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, S) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, S) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, S) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, S) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, O)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, O) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, O) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, O) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, O) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, O) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, N)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, N) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, N) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, N) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, N) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, N) <= 134.8685
DREC_PABQUIR_ROW(P_QUIRURGICO, D)]- EXTRA(P_QUIRURGICO, D) + 2.133333 ASIGNACION(CMAM, D) + 1.833333 ASIGNACION(CGIN, D) + 1.35 ASIGNACION(ABOR, D) + 1.833333 ASIGNACION(CESA, D) <= 134.8685
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, E)] EXTRA(P_QUIRURGICO, E) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, F)] EXTRA(P_QUIRURGICO, F) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, M)] EXTRA(P_QUIRURGICO, M) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, A)] EXTRA(P_QUIRURGICO, A) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, M)] EXTRA(P_QUIRURGICO, M) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, J)] EXTRA(P_QUIRURGICO, J) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, J)] EXTRA(P_QUIRURGICO, J) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, A)] EXTRA(P_QUIRURGICO, A) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, S)] EXTRA(P_QUIRURGICO, S) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, O)] EXTRA(P_QUIRURGICO, O) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, N)] EXTRA(P_QUIRURGICO, N) <= 280
DREC_HEXTPAB_ROW(P_QUIRURGICO, D)] EXTRA(P_QUIRURGICO, D) <= 280
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, E)]- EXTRA(SALAS_OBST_, E) + 40 ASIGNACION(ABOR, E) + 56 ASIGNACION(CESA, E) + 90 ASIGNACION(PNOR, E) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, F)]- EXTRA(SALAS_OBST_, F) + 40 ASIGNACION(ABOR, F) + 56 ASIGNACION(CESA, F) + 90 ASIGNACION(PNOR, F) <= 21504
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, M)]- EXTRA(SALAS_OBST_, M) + 40 ASIGNACION(ABOR, M) + 56 ASIGNACION(CESA, M) + 90 ASIGNACION(PNOR, M) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, A)]- EXTRA(SALAS_OBST_, A) + 40 ASIGNACION(ABOR, A) + 56 ASIGNACION(CESA, A) + 90 ASIGNACION(PNOR, A) <= 23040
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, M)]- EXTRA(SALAS_OBST_, M) + 40 ASIGNACION(ABOR, M) + 56 ASIGNACION(CESA, M) + 90 ASIGNACION(PNOR, M) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, J)]- EXTRA(SALAS_OBST_, J) + 40 ASIGNACION(ABOR, J) + 56 ASIGNACION(CESA, J) + 90 ASIGNACION(PNOR, J) <= 23040
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, J)]- EXTRA(SALAS_OBST_, J) + 40 ASIGNACION(ABOR, J) + 56 ASIGNACION(CESA, J) + 90 ASIGNACION(PNOR, J) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, A)]- EXTRA(SALAS_OBST_, A) + 40 ASIGNACION(ABOR, A) + 56 ASIGNACION(CESA, A) + 90 ASIGNACION(PNOR, A) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, S)]- EXTRA(SALAS_OBST_, S) + 40 ASIGNACION(ABOR, S) + 56 ASIGNACION(CESA, S) + 90 ASIGNACION(PNOR, S) <= 23040
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, O)]- EXTRA(SALAS_OBST_, O) + 40 ASIGNACION(ABOR, O) + 56 ASIGNACION(CESA, O) + 90 ASIGNACION(PNOR, O) <= 23808
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, N)]- EXTRA(SALAS_OBST_, N) + 40 ASIGNACION(ABOR, N) + 56 ASIGNACION(CESA, N) + 90 ASIGNACION(PNOR, N) <= 23040
DREC_SALAOBST_ROW(SALAS_OBST_, D)]- EXTRA(SALAS_OBST_, D) + 40 ASIGNACION(ABOR, D) + 56 ASIGNACION(CESA, D) + 90 ASIGNACION(PNOR, D) <= 23808
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, E)] EXTRA(SALAS_OBST_, E) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, F)] EXTRA(SALAS_OBST_, F) <= 3360
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, M)] EXTRA(SALAS_OBST_, M) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, A)] EXTRA(SALAS_OBST_, A) <= 3600
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, M)] EXTRA(SALAS_OBST_, M) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, J)] EXTRA(SALAS_OBST_, J) <= 3600
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, J)] EXTRA(SALAS_OBST_, J) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, A)] EXTRA(SALAS_OBST_, A) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, S)] EXTRA(SALAS_OBST_, S) <= 3600
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, O)] EXTRA(SALAS_OBST_, O) <= 3720
DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, N)] EXTRA(SALAS_OBST_, N) <= 3600

DREC_HEXTSALA_ROW(SALAS_OBST_, D)] EXTRA(SALAS_OBST_, D) <= 3720
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, E, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, E) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, F, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, F) <= 10752
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, M, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, M) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, A, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, A) <= 11520
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, M, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, M) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, J, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, J) <= 11520
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, J, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, J) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, A, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, A) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, S, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, S) <= 11520
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, O, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, O) <= 11904
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, N, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, N) <= 11520
 DREC_SALAARO_ROW(SALAS_A_R_O_, D, A_R_O_)] 72 ASIGNACION(A_R_O_, D) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, E)] 72 ASIGNACION(CMAM, E) + 72 ASIGNACION(CGIN, E) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, F)] 72 ASIGNACION(CMAM, F) + 72 ASIGNACION(CGIN, F) <= 10752
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, M)] 72 ASIGNACION(CMAM, M) + 72 ASIGNACION(CGIN, M) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, A)] 72 ASIGNACION(CMAM, A) + 72 ASIGNACION(CGIN, A) <= 11520
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, M)] 72 ASIGNACION(CMAM, M) + 72 ASIGNACION(CGIN, M) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, J)] 72 ASIGNACION(CMAM, J) + 72 ASIGNACION(CGIN, J) <= 11520
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, J)] 72 ASIGNACION(CMAM, J) + 72 ASIGNACION(CGIN, J) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, A)] 72 ASIGNACION(CMAM, A) + 72 ASIGNACION(CGIN, A) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, S)] 72 ASIGNACION(CMAM, S) + 72 ASIGNACION(CGIN, S) <= 11520
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, O)] 72 ASIGNACION(CMAM, O) + 72 ASIGNACION(CGIN, O) <= 11904
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, N)] 72 ASIGNACION(CMAM, N) + 72 ASIGNACION(CGIN, N) <= 11520
 DREC_SALAGINE_ROW(SALAS_GINE_, D)] 72 ASIGNACION(CMAM, D) + 72 ASIGNACION(CGIN, D) <= 11904

END

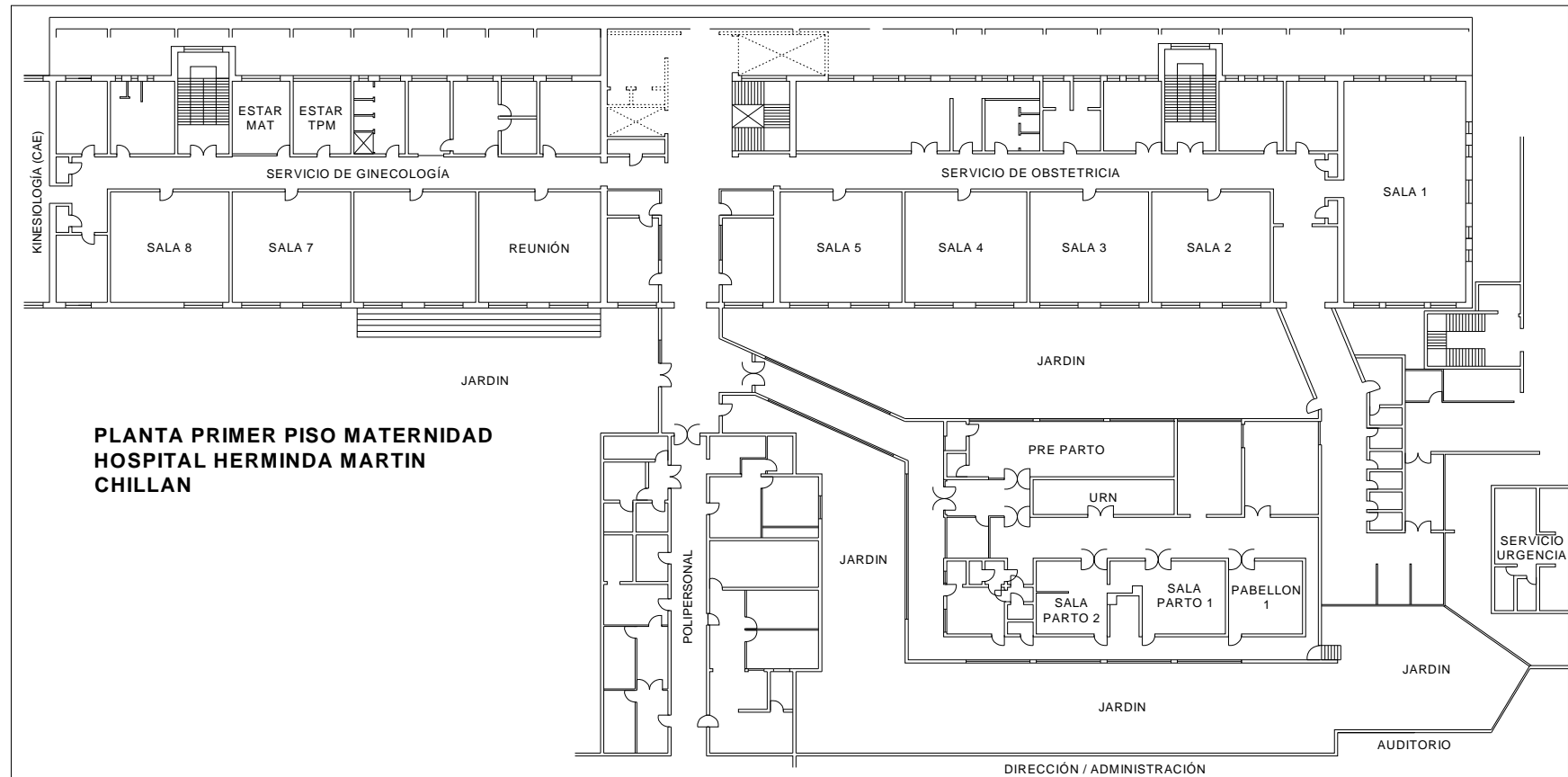
GIN ASIGNACION(ENDO, E), GIN PENDIENTE(ENDO, E), GIN ASIGNACION(ENDO, F), GIN PENDIENTE(ENDO, F),
 GIN ASIGNACION(ENDO, M), GIN PENDIENTE(ENDO, M), GIN ASIGNACION(ENDO, A), GIN PENDIENTE(ENDO, A)
 GIN ASIGNACION(ENDO, M), GIN PENDIENTE(ENDO, M), GIN ASIGNACION(ENDO, J), GIN PENDIENTE(ENDO, J)
 GIN ASIGNACION(ENDO, J), GIN PENDIENTE(ENDO, J), GIN ASIGNACION(ENDO, A), GIN PENDIENTE(ENDO, A),
 GIN ASIGNACION(ENDO, S), GIN PENDIENTE(ENDO, S), GIN ASIGNACION(ENDO, O), GIN PENDIENTE(ENDO, O),
 GIN ASIGNACION(ENDO, N), GIN PENDIENTE(ENDO, N), GIN ASIGNACION(ENDO, D), GIN PENDIENTE(ENDO, D),
 GIN ASIGNACION(OEXP, E), GIN PENDIENTE(OEXP, E), GIN ASIGNACION(OEXP, F), GIN PENDIENTE(OEXP, F),
 GIN ASIGNACION(OEXP, M), GIN PENDIENTE(OEXP, M), GIN ASIGNACION(OEXP, A), GIN PENDIENTE(OEXP, A),
 GIN ASIGNACION(OEXP, M), GIN PENDIENTE(OEXP, M), GIN ASIGNACION(OEXP, J), GIN PENDIENTE(OEXP, J),
 GIN ASIGNACION(OEXP, J), GIN PENDIENTE(OEXP, J), GIN ASIGNACION(OEXP, A), GIN PENDIENTE(OEXP, A),
 GIN ASIGNACION(OEXP, S), GIN PENDIENTE(OEXP, S), GIN ASIGNACION(OEXP, O), GIN PENDIENTE(OEXP, O),
 GIN ASIGNACION(OEXP, N), GIN PENDIENTE(OEXP, N), GIN ASIGNACION(OEXP, D), GIN PENDIENTE(OEXP, D),
 GIN ASIGNACION(OPRO, E), GIN PENDIENTE(OPRO, E), GIN ASIGNACION(OPRO, F), GIN PENDIENTE(OPRO, F),
 GIN ASIGNACION(OPRO, M), GIN PENDIENTE(OPRO, M), GIN ASIGNACION(OPRO, A), GIN PENDIENTE(OPRO, A),
 GIN ASIGNACION(OPRO, M), GIN PENDIENTE(OPRO, M), GIN ASIGNACION(OPRO, J), GIN PENDIENTE(OPRO, J),
 GIN ASIGNACION(OPRO, J), GIN PENDIENTE(OPRO, J), GIN ASIGNACION(OPRO, A), GIN PENDIENTE(OPRO, A),
 GIN ASIGNACION(OPRO, S), GIN PENDIENTE(OPRO, S), GIN ASIGNACION(OPRO, O), GIN PENDIENTE(OPRO, O),
 GIN ASIGNACION(OPRO, N), GIN PENDIENTE(OPRO, N), GIN ASIGNACION(OPRO, D), GIN PENDIENTE(OPRO, D),
 GIN ASIGNACION(CMAM, E), GIN PENDIENTE(CMAM, E), GIN ASIGNACION(CMAM, F), GIN PENDIENTE(CMAM, F),
 GIN ASIGNACION(CMAM, M), GIN PENDIENTE(CMAM, M), GIN ASIGNACION(CMAM, A), GIN PENDIENTE(CMAM, A),
 GIN ASIGNACION(CMAM, M), GIN PENDIENTE(CMAM, M), GIN ASIGNACION(CMAM, J), GIN PENDIENTE(CMAM, J),
 GIN ASIGNACION(CMAM, J), GIN PENDIENTE(CMAM, J), GIN ASIGNACION(CMAM, A), GIN PENDIENTE(CMAM, A),
 GIN ASIGNACION(CMAM, S), GIN PENDIENTE(CMAM, S), GIN ASIGNACION(CMAM, O), GIN PENDIENTE(CMAM, O),
 GIN ASIGNACION(CMAM, N), GIN PENDIENTE(CMAM, N), GIN ASIGNACION(CMAM, D), GIN PENDIENTE(CMAM, D),
 GIN ASIGNACION(CGIN, E), GIN PENDIENTE(CGIN, E), GIN ASIGNACION(CGIN, F), GIN PENDIENTE(CGIN, F),
 GIN ASIGNACION(CGIN, M), GIN PENDIENTE(CGIN, M), GIN ASIGNACION(CGIN, A), GIN PENDIENTE(CGIN, A),
 GIN ASIGNACION(CGIN, M), GIN PENDIENTE(CGIN, M), GIN ASIGNACION(CGIN, J), GIN PENDIENTE(CGIN, J),
 GIN ASIGNACION(CGIN, J), GIN PENDIENTE(CGIN, J), GIN ASIGNACION(CGIN, A), GIN PENDIENTE(CGIN, A),
 GIN ASIGNACION(CGIN, S), GIN PENDIENTE(CGIN, S), GIN ASIGNACION(CGIN, O), GIN PENDIENTE(CGIN, O),
 GIN ASIGNACION(CGIN, N), GIN PENDIENTE(CGIN, N), GIN ASIGNACION(CGIN, D), GIN PENDIENTE(CGIN, D),
 GIN ASIGNACION(ABOR, E), GIN PENDIENTE(ABOR, E), GIN ASIGNACION(ABOR, F), GIN PENDIENTE(ABOR, F),
 GIN ASIGNACION(ABOR, M), GIN PENDIENTE(ABOR, M), GIN ASIGNACION(ABOR, A), GIN PENDIENTE(ABOR, A),
 GIN ASIGNACION(ABOR, M), GIN PENDIENTE(ABOR, M), GIN ASIGNACION(ABOR, J), GIN PENDIENTE(ABOR, J),
 GIN ASIGNACION(ABOR, J), GIN PENDIENTE(ABOR, J), GIN ASIGNACION(ABOR, A), GIN PENDIENTE(ABOR, A),
 GIN ASIGNACION(ABOR, S), GIN PENDIENTE(ABOR, S), GIN ASIGNACION(ABOR, O), GIN PENDIENTE(ABOR, O),
 GIN ASIGNACION(ABOR, N), GIN PENDIENTE(ABOR, N), GIN ASIGNACION(ABOR, D), GIN PENDIENTE(ABOR, D),
 GIN ASIGNACION(CESA, E), GIN PENDIENTE(CESA, E), GIN ASIGNACION(CESA, F), GIN PENDIENTE(CESA, F),
 GIN ASIGNACION(CESA, M), GIN PENDIENTE(CESA, M), GIN ASIGNACION(CESA, A), GIN PENDIENTE(CESA, A),
 GIN ASIGNACION(CESA, M), GIN PENDIENTE(CESA, M), GIN ASIGNACION(CESA, J), GIN PENDIENTE(CESA, J),
 GIN ASIGNACION(CESA, J), GIN PENDIENTE(CESA, J), GIN ASIGNACION(CESA, A), GIN PENDIENTE(CESA, A),
 GIN ASIGNACION(CESA, S), GIN PENDIENTE(CESA, S), GIN ASIGNACION(CESA, O), GIN PENDIENTE(CESA, O),

Anexo E: Formulación extendida del modelo de planificación agregada. 140

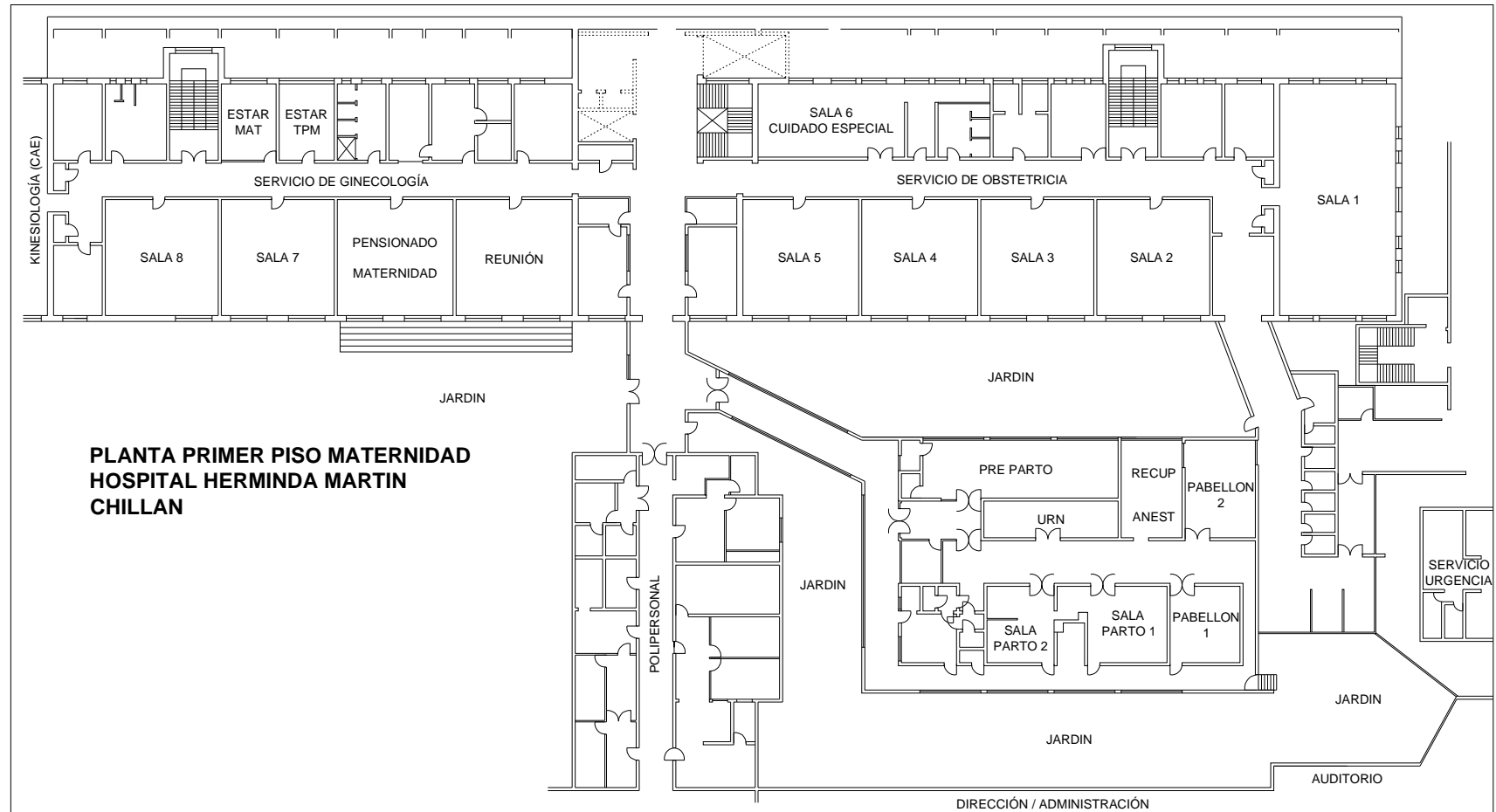
GIN ASIGNACION(CESA, N), GIN PENDIENTE(CESA, N), GIN ASIGNACION(CESA, D), GIN PENDIENTE(CESA, D),
 GIN ASIGNACION(PNOR, E), GIN PENDIENTE(PNOR, E), GIN ASIGNACION(PNOR, F), GIN PENDIENTE(PNOR, F),
 GIN ASIGNACION(PNOR, M), GIN PENDIENTE(PNOR, M), GIN ASIGNACION(PNOR, A), GIN PENDIENTE(PNOR, A),
 GIN ASIGNACION(PNOR, M), GIN PENDIENTE(PNOR, M), GIN ASIGNACION(PNOR, J), GIN PENDIENTE(PNOR, J),
 GIN ASIGNACION(PNOR, J), GIN PENDIENTE(PNOR, J), GIN ASIGNACION(PNOR, A), GIN PENDIENTE(PNOR, A),
 GIN ASIGNACION(PNOR, S), GIN PENDIENTE(PNOR, S), GIN ASIGNACION(PNOR, O), GIN PENDIENTE(PNOR, O),
 GIN ASIGNACION(PNOR, N), GIN PENDIENTE(PNOR, N), GIN ASIGNACION(PNOR, D), GIN PENDIENTE(PNOR, D),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, E), GIN PENDIENTE(A_R_O_, E), GIN ASIGNACION(A_R_O_, F), GIN PENDIENTE(A_R_O_, F),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, M), GIN PENDIENTE(A_R_O_, M), GIN ASIGNACION(A_R_O_, A), GIN PENDIENTE(A_R_O_, A),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, M), GIN PENDIENTE(A_R_O_, M), GIN ASIGNACION(A_R_O_, J), GIN PENDIENTE(A_R_O_, J),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, J), GIN PENDIENTE(A_R_O_, J), GIN ASIGNACION(A_R_O_, A), GIN PENDIENTE(A_R_O_, A),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, S), GIN PENDIENTE(A_R_O_, S), GIN ASIGNACION(A_R_O_, O), GIN PENDIENTE(A_R_O_, O),
 GIN ASIGNACION(A_R_O_, N), GIN PENDIENTE(A_R_O_, N), GIN ASIGNACION(A_R_O_, D), GIN PENDIENTE(A_R_O_, D)

Anexo F: Planos del servicio de ginecología y obstetricia; situación actual y futura.

Situación actual.



Situación futura.



Anexo G: información detallada para el modelo.

El presente anexo contiene los datos detallados de los valores, expresados en horas, utilizados en el capítulo 4 de éste trabajo de titulación. La tabla 1, recoge la información pertinente a los requerimientos de colaboradores por familia, los que se encuentran expresados en números de colaboradores.

Tabla 1: Dócima de colaboradores por familia.

	MEDICOS	TEC_CAE	MAT_CAE	MAT_SERV.	TEC_SERV.
ENDO	1	1	1	0	0
OEXP	1	1	1	0	0
OPRO	1	1	1	0	0
CMAM	2	0	0	0	0
CGIN	2	0	0	0	0
ABOR	1	0	0	0	2
CESA	1	0	0	1	3
PNOR	0	0	0	2	2

Por otra parte la Tabla 2 muestra el consumo, en minutos, de dichos colaboradores, pero para entenderla se debe tener en cuenta que para la cirugía a la mama y la ginecológica se necesita de 98 y 80,5 minutos por médico respectivamente. Para parto normal se debe disponer de 60 minutos por matrona y 75 por técnico del servicio. Por otra parte para aborto y cesárea se requieren de 73 y 125 minutos de técnicos servicio respectivamente. Como última información la matrona C.A.E. interviene en un tercio del tiempo en las actividades C.A.E.

Tabla 2: Consumo de colaboradores en minutos.

	MEDICOS	TEC_CAE	MAT_CAE	MAT_SERV.	TEC_SERV.
ENDO	35	35	12	0	0
OEXP	45	45	15	0	0
OPRO	44	44	15	0	0
CMAM	196	0	0	0	0
CGIN	161	0	0	0	0
ABOR	51	0	0	0	146
CESA	80	0	0	80	375
PNOR	0	0	0	120	150

La Tabla 3 contiene la información pertinente de las horas médico. Se disponen de 418 horas semanales para cada una de las 52 semanas al año y solo se trabaja de lunes a viernes en horario de 8:00 a 17:00, excepto el médico de turno que trabaja 24 horas seguidas, pero en este trabajo no se ha considerado, ya que se supone que solamente resuelve urgencias. El factor de ponderación nace de la división de días hábiles laborales por mes divididos por el total de días hábiles del año, los que se pueden encontrar en la Tabla 4.

Tabla 3: Disponibilidad de horas médico.

Mes	Ponderación	Horas Médico
Enero	8,4%	1819
Febrero	8,0%	1732
Marzo	8,8%	1905
Abril	8,4%	1819
Mayo	7,6%	1689
Junio	8,4%	1907
Julio	8,8%	1993
Agosto	8,4%	1907
Septiembre	8,4%	1907
Octubre	8,4%	1907
Noviembre	8,4%	1907
Diciembre	8,4%	1907

La Tabla 4 contiene la información referente a los seis técnicos que se disponen en el C.A.E. para desarrollar actividades directas y de apoyo a los médicos.

Tabla 4: Disponibilidad de horas técnicos C.A.E.

MES	Días Laborales	Número Técnicos	Horas Día	Horas Totales
Enero	21	6	8,8	1109
Febrero	20	6	8,8	1056
Marzo	22	6	8,8	1162
Abril	21	6	8,8	1109
Mayo	19	6	8,8	1003
Junio	21	6	8,8	1109
Julio	22	6	8,8	1162

Agosto	21	6	8,8	1109
Septiembre	21	6	8,8	1109
Octubre	21	6	8,8	1109
Noviembre	21	6	8,8	1109
Diciembre	21	6	8,8	1109

Por otra parte la Tabla 5 muestra el total de horas laborales disponibles al mes de colaboradores matronas C.A.E., las que trabajan sólo días hábiles en horario de lunes a viernes.

Tabla 5: Disponibilidad de horas matronas C.A.E.

MES	Días Laborales	Número Matronas	Horas Día	Horas Totales
Enero	21	6	8,8	1109
Febrero	20	6	8,8	1056
Marzo	22	6	8,8	1162
Abril	21	6	8,8	1109
Mayo	19	6	8,8	1003
Junio	21	6	8,8	1109
Julio	22	6	8,8	1162
Agosto	21	6	8,8	1109
Septiembre	21	6	8,8	1109
Octubre	21	6	8,8	1109
Noviembre	21	6	8,8	1109
Diciembre	21	6	8,8	1109

En cuanto a la disponibilidad de horas matrona con que cuenta el servicio de ginecología y obstetricia se deben distinguir dos regímenes de contratación, el primero lo componen 20 matronas que trabajan en sistema de cuatro turnos, el cual es planificado por la matrona jefe del servicio, la cual programa cinco matronas por turno, es decir, se preocupa de mantener cinco puestos de matrona por 24 horas. Por otra parte, se dispone de siete matronas que trabajan en régimen diurno con 44 horas contratadas a la semana para cada una de las 52 semanas del año, es decir se disponen de 16.016 horas anuales, a las cuales se les aplica el factor de ponderación ya establecido en la Tabla 1 de éste anexo.

Tabla 6: Disponibilidad de horas matronas servicios.

Mes	Días	Número Matronas	Horas al día	Total Turneras	Factor Ponderación	Total no Turneras	Total Mensual
Enero	31	5	24	3720	8,4%	1340	5060
Febrero	28	5	24	3360	8,0%	1276	4636
Marzo	31	5	24	3720	8,8%	1404	5124
Abril	30	5	24	3600	8,4%	1340	4940
Mayo	31	5	24	3720	7,6%	1212	4932
Junio	30	5	24	3600	8,4%	1340	4940
Julio	31	5	24	3720	8,8%	1404	5124
Agosto	31	5	24	3720	8,4%	1340	5060
Septiembre	30	5	24	3600	8,4%	1340	4940
Octubre	31	5	24	3720	8,4%	1340	5060
Noviembre	30	5	24	3600	8,4%	1340	4940
Diciembre	31	5	24	3720	8,4%	1340	5060

La Tabla 7 comunica la misma expresada en la Tabla 6, el único cambio es que ahora se disponen de 40 técnicos que trabajan en sistema de turnos, y dos que trabajan en régimen diurno con 44 horas contratadas a la semana, por 52 semanas al año lo que en total entrega 4.576 horas anuales que se distribuyen al aplicar el factor de ponderación.

Tabla 7: Disponibilidad de horas técnicos servicio.

Mes	Días	Número Técnicos	Horas al día	Total Turneras	Factor Ponderación	Total no Turneras	Total Mensual
Enero	31	10	24	7440	8,4%	383	7823
Febrero	28	10	24	6720	8,0%	365	7085
Marzo	31	10	24	7440	8,8%	401	7841
Abril	30	10	24	7200	8,4%	383	7583
Mayo	31	10	24	7440	7,6%	346	7786
Junio	30	10	24	7200	8,4%	383	7583
Julio	31	10	24	7440	8,8%	401	7841
Agosto	31	10	24	7440	8,4%	383	7823
Septiembre	30	10	24	7200	8,4%	383	7583
Octubre	31	10	24	7440	8,4%	383	7823
Noviembre	30	10	24	7200	8,4%	383	7583
Diciembre	31	10	24	7440	8,4%	383	7823

Una vez que se ha determinado la cantidad de horas disponibles por cada uno de los tipos de colaborador que participan dentro del proceso productivo de la unidad se deben determinar las horas disponibles de recursos físicos para poder llevarlas a cabo. La Tabla 8 muestra la cantidad mensual de horas disponibles de recurso Box C.A.E.

Tabla 8: Disponibilidad de horas Box C.A.E.

MES	Días Laborales	Número Boxes	Disponibilidad	Total Mensual
Enero	21	6	8	1008
Febrero	20	6	8	960
Marzo	22	6	8	1056
Abril	21	6	8	1008
Mayo	19	6	8	912
Junio	21	6	8	1008
Julio	22	6	8	1056
Agosto	21	6	8	1008
Septiembre	21	6	8	1008
Octubre	21	6	8	1008
Noviembre	21	6	8	1008
Diciembre	21	6	8	1008

Por otra parte la Tabla 9 permite apreciar la forma de cálculo utilizada para determinar la cantidad total de horas mensuales por concepto de salas de parto.

Tabla 9: Disponibilidad de horas sala de parto.

Mes	Días	Número de Salas	Horas Disponibles	Horas Totales
Enero	31	2	24	1488
Febrero	28	2	24	1344
Marzo	31	2	24	1488
Abril	30	2	24	1440
Mayo	31	2	24	1488
Junio	30	2	24	1440
Julio	31	2	24	1488
Agosto	31	2	24	1488
Septiembre	30	2	24	1440
Octubre	31	2	24	1488
Noviembre	30	2	24	1440
Diciembre	31	2	24	1488

Se disponen de 31 horas a la semana de utilización de pabellón quirúrgico, el cual se encuentra ubicado en las dependencias de la unidad de cirugía y es compartido por todas las unidades del hospital, lo que al multiplicarse por 52 semanas entrega 1.612 horas anuales de disponibilidad de pabellón quirúrgico para la unidad, que luego son repartidas mensualmente en la Tabla 10.

Tabla 10: Disponibilidad de horas pabellón quirúrgico.

MES	Factor Ponderación	Total Mensual
Enero	8,4%	134,9
Febrero	8,0%	128,4
Marzo	8,8%	141,3
Abril	8,4%	134,9
Mayo	7,6%	122,0
Junio	8,4%	134,9
Julio	8,8%	141,3
Agosto	8,4%	134,9
Septiembre	8,4%	134,9
Octubre	8,4%	134,9
Noviembre	8,4%	134,9
Diciembre	8,4%	134,9

La Tabla 11 recoge la cantidad mensual de horas sala obstétrica.

Tabla 11: Disponibilidad de horas sala obstétrica.

MES	Días	Número Camas	Disponibilidad	Total Mes
Enero	31	32	24	23808
Febrero	28	32	24	21504
Marzo	31	32	24	23808
Abril	30	32	24	23040
Mayo	31	32	24	23808
Junio	30	32	24	23040
Julio	31	32	24	23808
Agosto	31	32	24	23808
Septiembre	30	32	24	23040
Octubre	31	32	24	23808
Noviembre	30	32	24	23040
Diciembre	31	32	24	23808

La Tabla 12 permite apreciar la información referente a la cantidad de horas disponibles del recurso sala A.R.O.

Tabla 12: Disponibilidad de horas sala A.R.O.

MES	Días	Número Camas	Disponibilidad en Horas	Total Mes
Enero	31	5	24	3720
Febrero	28	5	24	3360
Marzo	31	5	24	3720
Abril	30	5	24	3600
Mayo	31	5	24	3720
Junio	30	5	24	3600
Julio	31	5	24	3720
Agosto	31	5	24	3720
Septiembre	30	5	24	3600
Octubre	31	5	24	3720
Noviembre	30	5	24	3600
Diciembre	31	5	24	3720

Para finalizar se determinan por medio de la Tabla 13 las horas mensuales disponibles del recurso sala ginecología.

Tabla 13: Disponibilidad de horas sala ginecología.

MES	Días	Número Camas	Disponibilidad en Horas	Total Mes
Enero	31	16	24	11904
Febrero	28	16	24	10752
Marzo	31	16	24	11904
Abril	30	16	24	11520
Mayo	31	16	24	11904
Junio	30	16	24	11520
Julio	31	16	24	11904
Agosto	31	16	24	11904
Septiembre	30	16	24	11520
Octubre	31	16	24	11904
Noviembre	30	16	24	11520
Diciembre	31	16	24	11904

Bibliografía.

ABERNATHY, W. J., BALOFF, N., HERSHEY, J. C. & WANDEL, S. 1973. A Three-Stage Manpower Planning and Scheduling Model-A Service-Sector Example, *Operations Research*, 21(3); 693-711.

ARMSTRONG, J.S., 1985. Long-range forecasting from crystal ball to computer, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc. 1985. Cap. I.

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.

BAARS, I. & VAN MERODE, G. 2008. A planning tool for multidisciplinary youth care evaluated: A case study, *International Journal of Medical Informatics*, 77; 315 – 323.

BAKIR, M. A. & BYRNE, M. D. 1994. An application of the multi-stage Monte Carlo optimization algorithm to aggregate production planning, *International Journal of Production Economics* 35: 207-213.

BITRAN, G. & TIRUPATI, D. 1989. Hierarchical Production Planning, MIT Sloan School Working Paper #3017-89-MS.

BLAKE J. T. & CARTER M. W. 2002. A goal programming approach to strategic resource allocation in acute care hospitals, *European Journal of Operational Research* 140; 541–561.

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. & DONALD, J. 2002. Mount Sinai hospital uses integer programming to allocate operating room time, *Interfaces*, 32(2); 63-73

BOSE, R. 2003. Knowledge management-enabled health care management systems: capabilities, infrastructure, and decision-support, *Expert Systems with Applications*, 24: 59–71.

BRETTTHAUER, K. M. & MURRAY, J. C. 1998. A Model for Planning Resource Requirements in Health Care Organizations, *Decision Sciences*, 29(1): 243 – 260.

BROWMAN, H. 1956. Production planning by the transportation method of linear programming, *Operation Research*, 4(1); 100-103.

BUXEY, G. 2003. Strategy not tactics drives aggregate planning, *International Journal of Production Economics*, 85: 331–346.

BUXEY, G. 1993. Production planning and scheduling for seasonal demand, *International Journal of Operation and Production Management*, 13(7): 4 – 21.

CASTRO, R. 2007. Salud: ¿Qué está pasando con la productividad?, *Temas Públicos*, Instituto Libertad y Desarrollo, N° 835.

CASTRO, R. 2008. Reforma de salud: lecciones y desafíos, *Temas Públicos*, Instituto Libertad y Desarrollo, N° 856.

CASTRO, R. 2007. Marcando el paso en salud, *Diario Financiero*, Santiago, Chile, 22 Enero, *Mirada Pública*, 18.

CASTRO, R. 2007. Salud: ¿recursos o gestión?, *Diario Financiero*, Santiago, Chile, 25 Febrero, *Mirada Pública*, 21.

COROMINAS, A., LUSA, A. & BOITEUX, O. 2007. Estado del arte sobre planificación agregada de la producción, *Presentación doctoral Universidad Politécnica de Cataluña*.

CHASE, R., AQUILANO, N., & JACOBS, F. 2000. Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios, México, Octava edición, McGraw-Hill, Cap. 13-14.

DE VERIS, G., BERTRAND, J. & VISSERS, J. 1999. Design requirements for health care production control systems, *Production Planning and Control*, 10(6): 559 – 569.

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.

EPSTEIN, D., CHALABI, Z., CLAXTON, K. & SCULPHER, M. 2007. Efficiency, equity, and budgetary policies: Informing decisions using mathematical programming, *Medical Decision Making* 27: 128 – 137.

ERSCHLER, J., FONTAN, G. & MERCE C. 1986. Consistency of the Disaggregation Process in Hierarchical Planning, *Operations Research*, 34(3); 464-469

FELDSTEIN, M. S. Nov.-Dec. 1967. An Aggregate Planning Model of the Health Care Sector, *Medical Care*, 5(6): 369 – 381.

FLEISCHMANN, B., MEYR, H. & WAGNER, M. 2004. Concepts of advanced planning systems.

FISHER, M.L. & HAMMOND, J.H. 1994. Making supply meet demand in an uncertain world, *Harvard Business Review* 72(3): 83 – 93.

FISHER, M. & HAMMOND, J.H. Nov. – Dic. 1976. Match supply and demand in services industries, *Harvard Business Review* 54(6): 133 – 140.

HARRISON, F. L. 1976. Production planning in practice, *Omega*, 4(4): 447-454.

HEIZER, J. & RENDER, B. 2004. Principios de administración de operaciones, México, Quinta edición, Pearson Education, 704p.

HAX, A. & MEAL, H. May 1973. Hierarchical Integration of Production Planning and Scheduling, pag. 1 – 28.

Instrumento técnico de evaluación y certificación de establecimientos autogestionados en red 2009, Subsecretaría de redes asistenciales división de gestión de la red asistencial, departamento de hospitales.

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.

JOHNSTON R. 1999. Service operations management: return to roots, *International Journal of Operations and Production Management*, 19(2); 104 – 124.

JOHNSTON R. 1994. Operations: From Factory to Service Management, *International Journal of Service Industry Management*, 5(1); 49 – 63.

JONES C. H. 1967. Parametric Production Planning, *Management Science*, 13(11); 843-866.

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.

MABERT, V., SONI, A. & VENKATARAMANAN, M. 2003. Enterprise resource planning: Managing the implementation process, *European Journal of Operational Research*, 146: 302–314.

MELLICHAMP, J. M. & LOVE, R. M. 1978. Production Switching Heuristics for the Aggregate Planning Problem, *Management Science*, 24(12);1242-1251.

MERRIFIELD, R., CALHOUN, J. & STEVENS, D. 2008. La próxima revolución de la productividad, *Harvard Business Review*, Junio 2008.

MOTWANI, J., KLEIN, D. & HAROWITZ, R. 1996. The theory of constraints in services: part 1 – the basics, *Managing Service Quality*, 6(1); 53-56.

MOTWANI, J., KLEIN, D. & HAROWITZ, R. 1996. The theory of constraints in services: part 2 – examples from health care, *Managing Service Quality*, 6(1); 30-34.

NEUMANN, P. 2004. Why do not Americans use cost-effectiveness analysis?, *The American Journal of Managed Care*, 10; 308 – 312.

OLIFF, M. & KEONG, G. A discrete production switching rule for aggregate planning, *Decision Science*, 18(4): 582 – 596.

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.

PERRY, C. & PRESTON, W. J. 1986. Production planning with linear programming: From textbook to factory, *International Journal of Management Science*, 14(3): 233-238.

PORTER, M. & OLMSTED, E. 2004. Redefining competition in health care, *Harvard Business Review*, 65 – 76.

RAJAGOPALAN, S. & SWAMINATHAN, J. 2001. A coordinated production planning model with capacity expansion and inventory management, *Management Science*, 47(11); 1562 – 1580.

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.

ROTH, A. & VAN DIERDONCK, R. 1995. Hospital resource planning: concepts, feasibility, and framework, *Production and Operations Management*, 4(1): 1 – 28.

SCHRAGE, M. 2001. *Juego serio: Cómo las mejores compañías usan la simulación para innovar*, México, Primera edición en español, Oxford University Press, 240p.

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

SINGHAL, K. & SINGHAL, J. 1986. A solution to the holt et al. model for aggregate production planning, *Omega* 14(6): 502-505.

STINNETT, A. & PALTIEL, A. 1996. Mathematical programming for the efficient allocation of health care resources, *Journal of Health Economics* 15: 641-653.

TAUBERT, W.H. 1968. A Search Decision Rule for the Aggregate Scheduling Problem, *Management Science*, 14(6); 343-359

TECHAWIBOONWONG, A. & YENRADEE, P. 2002. Aggregate production planning using spreadsheet solver: model and case study, *ScienceAsia* 28: 291 – 300.

VAN AKEN, J. 1980. Aggregate planning in decentralized organizations, *Omega*, 8(3): 323-332.

VAN MERODE, G., GROOTHUIS, S. & HASMAN, A. 2004. Enterprise resource planning for hospitals, *International Journal of Medical Informatics*, 73: 493—501.

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

VISSERS, J., BERTRAND, J. & DE VRIES, G. 2001. A framework for production control in health care organizations, *Production Planning and Control*, 12(6): 591 – 604.

WIDIARTA, H. & VISWANATHAN, S. & PIPLANI, R. 2008. An analytical evaluation of top-down versus bottom-up forecasting in a production planning framework, *International Journal of Production Economics*.

WU, D. & IERAPETRITOU, M. 2007. Hierarchical approach for production planning and scheduling under uncertainty, *Chemical Engineering and Processing*, 46; 1129-1140.

YENRADEE, P., PINNOI, A. & CHAROENTHAVORNYING, A. 2001. Demand Forecasting and Production Planning for Highly Seasonal Demand Situations: Case Study of a Pressure Container Factory, *ScienceAsia* 27: 271-278.