



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OPTIMIZACIÓN DE LA TABLA QUIRÚRGICA DE LOS PABELLONES  
DE CIRUGÍAS PARA CLÍNICA PRIVADA EN CHILE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL INDUSTRIAL**

**VICENTE YUN SANG DOH DOH**

**PROFESOR GUÍA:  
PATRICIO CONCA KEHL**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
RODOLFO URRUTIA URIBE  
GUSTAVO SALINAS NARANJO**

**SANTIAGO DE CHILE  
2016**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE: INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR: VICENTE YUN SANG DOH DOH  
FECHA: OCTUBRE 2016  
PROF. GUÍA: PATRICIO CONCA KEHL

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Esta memoria fue realizada en el Sector Salud, específicamente en la Clínica Santa María.

Los pabellones son los responsables de generar aproximadamente 60% de los ingresos de las instituciones de salud, por lo que es de suma importancia gestionar de la mejor manera posible este recurso.

La cantidad de pacientes atendidos depende directamente de la disponibilidad de los recursos (personal médico, instrumental especializado, entre otros) y de la manera como se programa la tabla quirúrgica. Esta última, está compuesta por bloques los cuales son intervalos de tiempo en un pabellón específico asignados a un médico, grupo de médicos o especialidad médica. La actual tabla quirúrgica no considera la estacionalidad de la demanda ni la utilización de los bloques de tiempo por especialidad. De esta manera, si se determina la cantidad apropiada de bloques de tiempo óptima que debe ser asignada a cada especialidad, es posible maximizar el uso de la sala de operaciones.

Específicamente en la Clínica Santa María, la administración actual de la tabla quirúrgica tiene un costo de oportunidad mensual en promedio de \$170 millones aproximadamente por el tiempo sin usar, y una utilización de los pabellones que en algunos meses no supera el 60% por la asignación estática de los bloques de pabellón que tiene la clínica.

El objetivo del proyecto es optimizar la programación de los pabellones por medio de una redefinición de la cantidad de bloques quirúrgicos por especialidad clínica, transformando la tabla quirúrgica estática a un modelo dinámico que puede ser programado incorporando diferentes escenarios dentro de la clínica basados en parámetros específicos de la institución. La optimización se realizó mediante un modelo de programación lineal entera que considera las fluctuaciones mensuales de la demanda de más de 1000 tipos de cirugías, obtenidas por medio de un pronóstico de demanda de cirugías, y un conjunto de restricciones que asigna de manera eficiente los bloques de tiempo para cada especialidad.

El modelo propuesto fue testeado y validado usando datos reales de cirugías del 2015 de la Clínica Santa María. Los resultados esperados son una reducción de los costos en 49% de los errores de asignación de bloques de tiempo y un incremento en la utilización de los pabellones de hasta 11% en algunos meses.

*A mis padres Gabriel y Gema, cuyo  
esfuerzo y sudor permitió el fin  
de esta importante etapa  
de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y hermana por estar en todos los momentos importantes de mi vida, apoyándome y escuchando mis frustraciones.

A mis amigos que me ayudaron a relajarme siempre cuando lo necesité.

A mis compañeros de trabajo por soportar mis quejas y escuchar mis presentaciones.

A Gustavo Salinas por la oportunidad y confianza otorgada para realizar este proyecto bajo su tutela.

A Gonzalo Difonso por sus consejos y apoyo durante este proceso.

Al Profesor Patricio Conca por su gran disponibilidad y atención que me otorgó durante el semestre.

Al Profesor Rodolfo Urrutia por sus críticas constructivas y su poder de ver los detalles, las cuales fueron fundamentales para el resultado final de este trabajo.

Finalmente, agradezco a la Clínica Santa María por la oportunidad de realizar mi memoria con ellos.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 SISTEMA DE SALUD EN CHILE .....	1
1.2 COMPETENCIA EN LA INDUSTRIA DE LA SALUD PRIVADA .....	4
1.3 CLÍNICA SANTA MARÍA.....	7
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>9</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>11</b>
3.1 ADMINISTRACIÓN ACTUAL DE PABELLONES .....	11
3.1.1 <i>Tabla Quirúrgica Estática</i> .....	15
3.1.2 <i>Indicadores de Desempeño Mensuales</i> .....	17
3.2 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROBLEMA .....	19
<b>4. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS</b> .....	<b>20</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>5. ALCANCES</b> .....	<b>21</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
6.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y LEVANTAMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	22
6.2. IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS RELEVANTES .....	22
6.3. CLUSTERING Y ESTIMACIÓN DE DEMANDA.....	23
6.3.1 <i>Clustering</i> .....	23
6.3.2 <i>Pronóstico de la Demanda de Cirugías</i> .....	23
6.4. DISEÑO Y DESARROLLO DE MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA .....	23
6.5. OBTENCIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA MEDIANTE UTILIZACIÓN DE LOS MODELOS .....	24
6.6. VALIDACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA .....	24
<b>7. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>
7.1. MODELOS DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA .....	25
7.1.1. <i>Regresión Lineal</i> .....	25
7.1.2. <i>Serías de tiempo</i> .....	25
7.1.2.1 ARMA (Autoregressive Moving Average).....	25
7.1.2.2 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) .....	26
7.1.2.3 SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average).....	27
7.1.3. <i>Métodos Estadísticos e indicadores de ajuste</i> .....	27
7.1.3.1. MAPE .....	28
7.1.3.2. MAD.....	28
7.1.3.3. Coeficiente de Correlación.....	28
7.2. CLUSTERING .....	29
7.2.1. <i>Heat-Map</i> .....	29
7.2.2 <i>K-Means</i> .....	29
7.3 INDICADORES DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO .....	30
7.3.1. <i>Porcentaje de utilización de pabellón</i> .....	30
<b>8. LEVANTAMIENTO SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>31</b>
8.1 FLUJO DEL PACIENTE PROGRAMADO POR LA CLÍNICA SANTA MARÍA.....	31
8.2 TIPO DE CIRUGÍAS .....	33
8.3 PABELLÓN .....	34
8.3.1 <i>Análisis en Detalle por Pabellón</i> .....	36
8.4 ANÁLISIS DE DEMANDA CIRUGÍAS PROGRAMADAS.....	41
<b>9. ESTIMACIÓN DE DEMANDA</b> .....	<b>48</b>

9.1 CIRUGÍAS DE URGENCIA.....	48
9.1.1 Regresión Lineal .....	50
9.1.2 Series de Tiempo.....	54
9.2 CIRUGÍAS PROGRAMADAS O ELECTIVAS .....	57
9.2.1 Análisis por Especialidad .....	57
9.2.1.1 Series de Tiempo .....	63
9.2.1.2 Regresión Lineal .....	64
9.2.1.3 Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual de cada Especialidad .....	66
9.2.1.4 Porcentajes por Especialidad de la Tabla Quirúrgica.....	69
9.2.2 Clustering .....	71
9.2.2.1 Pre-Procesamiento y Transformación de los Datos .....	71
9.2.2.2 Clustering: Heat-Map.....	72
9.2.2.3 Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual de cada Especialidad .....	76
9.2.2.4 Porcentajes por Especialidad de la Tabla Quirúrgica .....	79
<b>10. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>82</b>
10.1 SUPUESTOS DEL MODELO.....	82
10.2 ÍNDICES .....	83
10.3 PARÁMETROS.....	85
10.4 VARIABLES DE DECISIÓN .....	86
10.5 RESTRICCIONES .....	86
10.6 FUNCIÓN OBJETIVO .....	88
10.7 SOFTWARE .....	89
10.8 RESULTADOS DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN.....	89
10.9 VALIDACIÓN DE RESULTADOS .....	91
10.10 MODIFICACIONES AL MODELO BASE .....	93
10.10.1 Modelo con Ajustes de Capacidad .....	94
10.10.1.1 Resultados obtenidos y Discusión.....	96
10.10.2 Modelo Considerando Rentabilidad por Especialidad .....	99
10.10.2.1 Resultados Obtenidos y Discusión .....	100
10.10.3 Modelo con Ajustes de Capacidad Considerando Costos de Oportunidad y el de Mantener el Pabellón Abierto sin ser usado .....	102
10.10.3.1 Resultados Obtenidos y Discusión .....	103
10.11 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO .....	105
10.11.1 Satisfacción de Demanda Total .....	105
10.11.1.1 Resultados Obtenidos y Discusión .....	106
<b>11. BENEFICIOS POTENCIALES .....</b>	<b>107</b>
<b>12. CONCLUSIONES .....</b>	<b>110</b>
12.1 COMENTARIOS GENERALES .....	110
12.2 TRABAJOS FUTUROS.....	111
<b>14. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>113</b>
<b>15. ANEXOS .....</b>	<b>115</b>
ANEXO A: LEVANTAMIENTO PROCESO DE PRE-AGENDAMIENTO .....	115
ANEXO B: LEVANTAMIENTO DEL PROCESO DE AGENDAMIENTO .....	116
ANEXO C: PORCENTAJES POR ESPECIALIDAD EN CADA PABELLÓN.....	117
ANEXO D: CANTIDAD DE CIRUGÍAS POR ESPECIALIDAD 2011-2014 .....	118
ANEXO E: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL 2011-2014.....	122
ANEXO F: NACIMIENTOS EN SANTIAGO 2011-2014.....	123
ANEXO G: TIEMPO REAL EN MINUTOS DE OCUPACIÓN MENSUAL DE CADA ESPECIALIDAD 2015.....	124
ANEXO H: CANTIDAD DE PRESTACIONES POR CLÚSTER .....	125
ANEXO I: COMPORTAMIENTO CLÚSTERES CON MAYORES CANTIDADES DE CIRUGÍAS.....	126
ANEXO J: TIPO DE SERIES DE TIEMPO PARA CADA CLÚSTER.....	130
ANEXO K: PRONÓSTICO Y PROPORCIONES DE CADA PRESTACIÓN EN EL CLÚSTER 1A.....	131
ANEXO L: ERROR PROMEDIO DE CADA CLÚSTER PRONÓSTICO 2015.....	133
ANEXO M: PORCENTAJES ESPECIALIDAD REAL 2015.....	135

ANEXO N: TABLA QUIRÚRGICA ENERO 2015 (PABELLÓN 5- 16) .....	136
ANEXO O: UTILIZACIÓN TABLA QUIRÚRGICA MODELADA Y REAL .....	138
ANEXO P: UTILIZACIÓN TABLA QUIRÚRGICA MODELO ORIGINAL Y MODELO MODIFICADO CON AJUSTES DE CAPACIDAD.....	144
ANEXO Q: UTILIZACIÓN TABLA QUIRÚRGICA MODELO ORIGINAL Y MODELO MODIFICADO CON AJUSTES DE CAPACIDAD CONSIDERANDO COSTOS .....	150
ANEXO R: COSTOS DE ASIGNACIÓN TABLA QUIRÚRGICA ACTUAL POR MES 2015 .....	156
ANEXO S: COSTOS DE ASIGNACIÓN TABLA QUIRÚRGICA OBTENIDA POR EL MODELO DE OPTIMIZACIÓN POR MES 2015 .....	159

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Número de instituciones Sistema Salud .....	3
Tabla 2 - Evolución Gasto en Salud (\$MM 2000-2014) .....	4
Tabla 3 – Participación de Prestadores Privados en el Total de Prestaciones de Chile.....	5
Tabla 4 - Cantidad de Cirugías Principales Prestadores Hospitalarios Privados 2014 .....	6
Tabla 5 - Monto de Facturación Principales Prestadores Hospitalarios Privados 2014 .....	6
Tabla 6 - Porcentaje Uso Pabellón Mayo 2014 .....	13
Tabla 7 -Cantidad de Cirugías mensual por Especialidad Enero – Julio 2014.....	14
Tabla 8 - Cantidad de Cirugías Mensual por Especialidad Agosto - Diciembre 2014 .....	14
Tabla 9 - Utilización Bloques de tiempo por doctor o especialidad Mayo 2014 .....	15
Tabla 10 - Indicadores Febrero y Julio 2015 .....	17
Tabla 11 - Diferencias en las cantidades de cirugías entre Febrero y Julio 2015 .....	18
Tabla 12 – Tiempos Promedios de Reserva antes de la Cirugía por Especialidad 2014 .....	34
Tabla 13 - Análisis por Pabellón: Especialidades con Mayor Uso de Pabellón y su respectivo porcentaje 2015.....	37
Tabla 14 – Análisis por Pabellón: Promedio de Cirugías, Tiempo Promedio de Uso, Capacidad y Utilización Promedio Mensual 2015 .....	38
Tabla 15 - Análisis por Pabellón: Ingreso Promedio Mensual 2015.....	38
Tabla 16 - Análisis por Pabellón: Guarismo Promedio, Promedio Duración Cirugía y Sobreutilización Promedio Mensual 2015 .....	39
Tabla 17 - Análisis por Pabellón: Cantidad de Cirugías Programadas y de Urgencia 2015 .....	40
Tabla 18- Cantidad de Cirugías por especialidad 2015.....	46
Tabla 19 - Cantidad de Cirugías de Urgencia 2008-2014.....	49
Tabla 20 - Resultados Regresión Lineal .....	52
Tabla 21 - Pronóstico pacientes de urgencia Regresión Lineal 2015 .....	53
Tabla 22 - Pronóstico SARIMA Cirugías de Urgencia 2015 .....	56
Tabla 31 - Tipo de Serie de Tiempo y MAD para cada Especialidad .....	63
Tabla 32 - Resultados Regresión Lineal, variables utilizadas y MAD .....	65
Tabla 33 - Modelo de Pronóstico para cada Especialidad .....	66
Tabla 34 - Tiempos Promedios de Cirugía por Especialidad 2011-2014.....	67
Tabla 35 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Enero – Junio 2015.....	67
Tabla 36 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Julio - Diciembre 2015.....	68
Tabla 37 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Enero – Junio 2015.....	68
Tabla 38 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Julio - Diciembre 2015.....	69
Tabla 39 - Porcentajes por Especialidad (Regresión Lineal) Enero – Julio 2015 ...	69



Tabla 40 - Porcentajes por Especialidad (Regresión Lineal) Agosto – Diciembre 2015 .....	69
Tabla 41 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Regresión Lineal) Enero - Julio ....	70
Tabla 42 - - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Regresión Lineal) Agosto - Diciembre .....	71
Tabla 23 – Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015 .....	77
Tabla 24 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Clustering) Julio - Diciembre 2015 .....	77
Tabla 25 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015 .....	78
Tabla 26 - - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Clustering) Julio - Diciembre 2015 .....	78
Tabla 27 - Porcentajes por Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015 .....	79
Tabla 28 - Porcentajes por Especialidad (Clustering) Julio – Diciembre 2015.....	79
Tabla 29 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Clustering) Enero - Julio.....	80
Tabla 30 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Clustering) Agosto - Diciembre ....	80
Tabla 43 - Índices del Modelo de Optimización: Especialidad .....	83
Tabla 44 - - Índices del Modelo de Optimización: Horario de la Semana .....	83
Tabla 45 - - Índices del Modelo de Optimización: Tipos de Pabellón.....	84
Tabla 46 - Tipo de Pabellón y Número de Pabellones por horario .....	84
Tabla 47 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Enero – Junio 2015.....	85
Tabla 48 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Julio - Diciembre 2015.....	85
Tabla 49 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Doctores por Especialidad .....	86
Tabla 50 - Resumen Asignación Individual por Especialidad Médica (Enero 2015) .....	89
Tabla 51 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 1 - 4 (Enero 2015).....	90
Tabla 52 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Enero 2015) .....	91
Tabla 53 - MAD Tabla Quirúrgica Real y Modelada.....	93
Tabla 54 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Enero – Junio 2015.....	95
Tabla 55 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Julio – Diciembre 2015.....	95
Tabla 56 - Resumen Asignación Individual Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad por Especialidad Médica (Enero 2015) .....	96
Tabla 57 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Enero 2015) .....	97
Tabla 58 - MAD Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad .....	98
Tabla 59 – Cantidad de Pabellones Disponibles en Horario Sábado AM en el Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad.....	98
Tabla 60 - Resultado Operacional Promedio por Hora para cada Especialidad 2011-2014 .....	99

Tabla 61 - Resumen Asignación Individual Modelo con Rendimiento por Especialidad Médica (Enero 2015) .....	100
Tabla 62 - Costos de Oportunidad Modelo Original y Modificado 2015 .....	101
Tabla 63 - Costo Promedio por Especialidad de Mantener Pabellón sin Usar por Hora.....	102
Tabla 64 - Resumen Cantidad de Bloques de Tiempo Disponibles Sábados, Valores de la Función Objetivo y Horas asignadas Totales por Mes 2015 .....	103
Tabla 65 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Enero 2015) .....	104
Tabla 66 - MAD Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajuste de Capacidad y Costos.....	104
Tabla 67 - Resumen Cantidad de Bloques de Tiempo Disponible Sábados, Valores de la Función Objetivo y Horas asignadas Totales por Mes 2015 .....	106
Tabla 68 - Resultado Operacional Promedio y Costo Promedio de Pabellón sin Usar por Hora 2011-2014.....	108
Tabla 69 - Costo Total Real y del Modelo por los Errores en la Asignación de Bloques de Tiempo 2015 .....	109
Tabla 70- Porcentajes por Especialidad en cada Pabellón Pabellones 1-8 (2015)..	117
Tabla 71 - Porcentajes por Especialidad en cada Pabellón Pabellones 1-8 (2015)..	117
Tabla 76 - Tiempo Real en Minutos de Ocupación Mensual de cada Especialidad Enero - Junio 2015 .....	124
Tabla 77 - Tiempo Real en Minutos de Ocupación Mensual de cada Especialidad Julio - Diciembre 2015 .....	124
Tabla 72 - Cantidad de Prestaciones por Clúster.....	125
Tabla 73 – Tipo de Series de Tiempo para cada Clúster .....	130
Tabla 74 - Pronóstico Marzo 2015 y Proporciones de cada prestación en el Clúster 1A .....	131
Tabla 75 – Error Promedio de cada Clúster Pronóstico 2015 .....	133
Tabla 78 - Porcentajes Reales por Especialidad 2015 Enero - Junio .....	135
Tabla 79 - Porcentajes Reales por Especialidad 2015 Julio - Diciembre .....	135
Tabla 80 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 5 - 7 (Enero 2015) .....	136
Tabla 81 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 8 - 10 (Enero 2015).....	136
Tabla 82 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 11 - 14 (Enero 2015).....	137
Tabla 83 - Tabla Actualizada Pabellón 15 - 16 (Enero 2015).....	137
Tabla 84 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Febrero 2015) .....	138
Tabla 85 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Marzo 2015) .....	138
Tabla 86 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Abril 2015).....	139
Tabla 87 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Mayo 2015) .....	139
Tabla 88 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Junio 2015) .....	140
Tabla 89 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Julio 2015).....	140
Tabla 90 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Agosto 2015).....	141
Tabla 91 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Septiembre 2015).....	141
Tabla 92 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Octubre 2015).....	142
Tabla 93 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Noviembre 2015).....	142
Tabla 94 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Diciembre 2015).....	143
Tabla 95 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Febrero 2015) .....	144

Tabla 96 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Marzo 2015).....	144
Tabla 97 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Abril 2015).....	145
Tabla 98 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Mayo 2015).....	145
Tabla 99 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Junio 2015).....	146
Tabla 100 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Julio 2015).....	146
Tabla 101 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Agosto 2015).....	147
Tabla 102 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Septiembre 2015) .....	147
Tabla 103 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Octubre 2015).....	148
Tabla 104 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Noviembre 2015).....	148
Tabla 105 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Diciembre 2015).....	149
Tabla 106 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Febrero 2015) .....	150
Tabla 107 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Marzo 2015).....	150
Tabla 108 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Abril 2015).....	151
Tabla 109 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Mayo 2015) .....	151
Tabla 110 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Junio 2015).....	152
Tabla 111 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Julio 2015).....	152
Tabla 112 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Agosto 2015).....	153
Tabla 113 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Septiembre 2015) .....	153
Tabla 114 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Octubre 2015).....	154
Tabla 115 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Noviembre 2015).....	154
Tabla 116 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Diciembre 2015).....	155
Tabla 117 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Enero – Abril) 2015.	156
Tabla 118 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Mayo – Agosto) 2015	157
Tabla 119 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Septiembre – Diciembre) 2015.....	158

Tabla 120 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Enero - Abril) 2015 .....	159
Tabla 121 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Mayo - Agosto) .....	160
Tabla 122 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Septiembre - Diciembre).....	161

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Estructura simplificada de la industria de la salud.....	1
Ilustración 2 - Gasto de Salud Total en Chile .....	2
Ilustración 3 - Participación relativa del gasto público y gasto privado de Salud en Chile.....	2
Ilustración 4 - Número instituciones no pertenecientes al sistema público.....	3
Ilustración 5 - Participación Prestadores Privados en Otorgamiento de Prestaciones de Salud (2008-2014) .....	5
Ilustración 6- Tabla Quirúrgica Actual Día Lunes para Pabellones 1 - 8.....	9
Ilustración 7 - Flujo del paciente por la Clínica.....	31
Ilustración 8 –Cantidad de Cirugías Programadas Mensuales 2011-2015 .....	41
Ilustración 9 - Ingresos Mensuales 2011-2015 .....	42
Ilustración 10 - Ingresos Mensuales Normalizados 2014-2015 .....	42
Ilustración 11 – Promedio Cantidad de Cirugías realizadas semanalmente 2014 ...	43
Ilustración 12 - Comportamiento Semanal por Especialidad Enero 2014 .....	43
Ilustración 13 - Comportamiento Semanal por Especialidad Junio 2014 .....	44
Ilustración 14 - Cantidad Total de Cirugías por día del año 2015 .....	45
Ilustración 15 - Distribución Anual de Cirugías por Especialidad 2015 .....	46
Ilustración 16 - Demanda Mensual de Cirugías de Urgencia 2008-2014.....	50
Ilustración 17 - Pronóstico Pacientes de Urgencia 2015.....	53
Ilustración 18 - Descomposición de las componentes de la Serie Temporal de las Cirugías de Urgencia .....	54
Ilustración 19 - Correlograma sin diferenciar Serie Temporal de las Cirugías de Urgencia .....	55
Ilustración 20 - Test Dickey-Fuller para pacientes de urgencia .....	56
Ilustración 26 – Cantidad de Cirugías Plásticas 2011-2014 .....	58
Ilustración 27 – Cantidad de Cirugías Traumatológicas y Ortopédicas 2011-2014.	59
Ilustración 28 – Cantidad de Cirugías Otorrinolaringológicas 2011-2014 .....	60
Ilustración 29 – Cantidad de Cirugías Urológicas 2011-2014.....	61
Ilustración 30 - Total de nacimientos por estación entre 2000 y 2013 .....	62
Ilustración 21 - Método del codo en la elección del número de clústeres.....	73
Ilustración 22 – Heat-Map Cirugías Programadas: Clúster 3.....	74
Ilustración 23 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 3 .....	74
Ilustración 24 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 1A .....	75
Ilustración 25 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 1D .....	75
Ilustración 31 - Demanda Real y Pronosticada del Tiempo de Operación por Mes 2015 .....	107
Ilustración 32 - Levantamiento Proceso de Pre-Agendamiento .....	115
Ilustración 33 - Levantamiento Proceso de Agendamiento .....	116
Ilustración 42 – Cantidad de Cirugías de Tórax 2011-2014 .....	118
Ilustración 43 – Cantidad de Cirugías Neurológicas 2011-2014.....	118
Ilustración 44 – Cantidad de Cirugías Odontológicas 2011-2014.....	119
Ilustración 45 – Cantidad de Cirugías Oftalmológicas 2011-2014 .....	119
Ilustración 46 – Cantidad de Cirugías Cardiovasculares 2011-2014 .....	120
Ilustración 47 – Cantidad de Cirugías Ginecológicas y Obstetricias 2011-2014....	120
Ilustración 48 – Cantidad de Cirugías Generales 2011-2014.....	121

Ilustración 49 – Cantidad de Cirugías de Otras Especialidades 2011-2014 .....	121
Ilustración 50 - Temperatura Media Mensual 2011-2014 .....	122
Ilustración 51 - Nacimientos en Santiago 2011-2014 .....	123
Ilustración 34 – Comportamiento Mensual Clúster 1I.....	126
Ilustración 35– Comportamiento Mensual Clúster 1J .....	126
Ilustración 36 – Comportamiento Mensual Clúster 2.....	127
Ilustración 37 – Comportamiento Mensual Clúster 3.....	127
Ilustración 38 – Comportamiento Mensual Clúster 4 .....	128
Ilustración 39 – Comportamiento Mensual Clúster 5.....	128
Ilustración 40 – Comportamiento Mensual Clúster 6 .....	129
Ilustración 41 – Comportamiento Mensual Clúster 7 .....	129

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Sistema de Salud en Chile

Actualmente, el sistema de salud en Chile es operado por medio de un sistema mixto a nivel de financiamiento, aseguramiento y atenciones de salud. Existe una interacción de diversos actores: Cotizantes, Aseguradores, Prestadores y Fiscalizadores, tal como se expone la Ilustración 1.

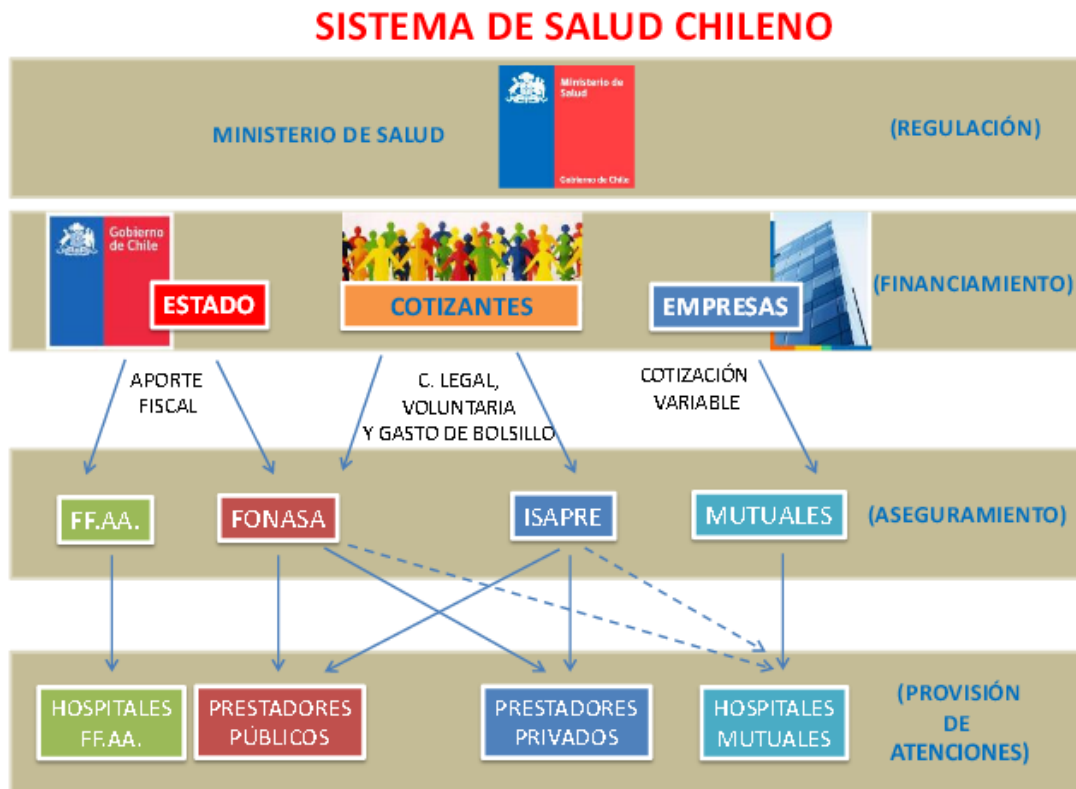


Ilustración 1 - Estructura simplificada de la industria de la salud  
(Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014)

Al año 2014, el gasto de salud en Chile correspondía a un monto equivalente al 8,8% del PIB, donde el 56% de ese gasto corresponde a gasto público y un 44% a gasto privado en salud. En términos monetarios equivale a \$MM12.882.336 (equivalente aproximadamente a MMUS\$22.586)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: Clínicas de Chile A.G, 2014

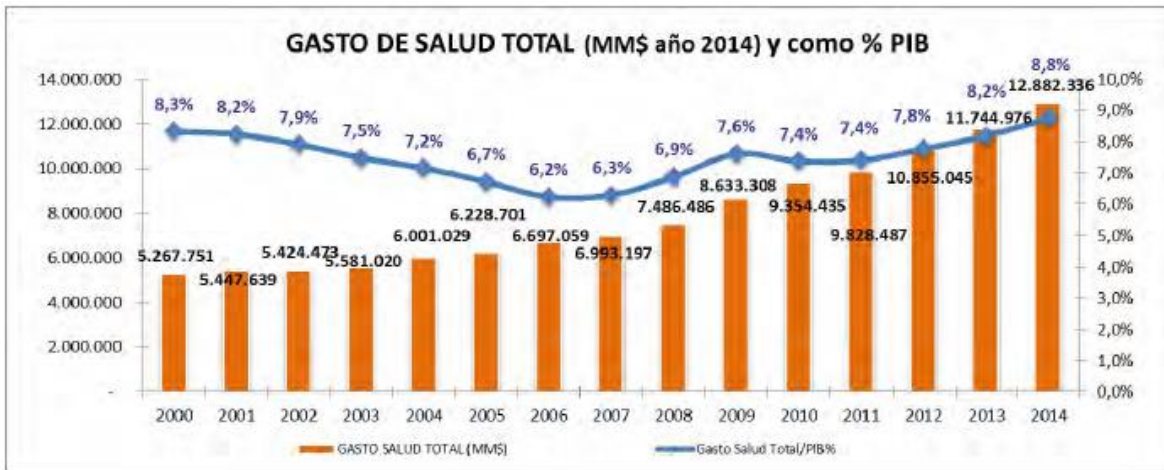


Ilustración 2 - Gasto de Salud Total en Chile  
(Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014)

La Ilustración 2 muestra la evolución de la participación relativa del gasto público y gasto privado de salud dentro del gasto de salud total en Chile, donde es posible observar un leve aumento relativo del gasto privado en salud.

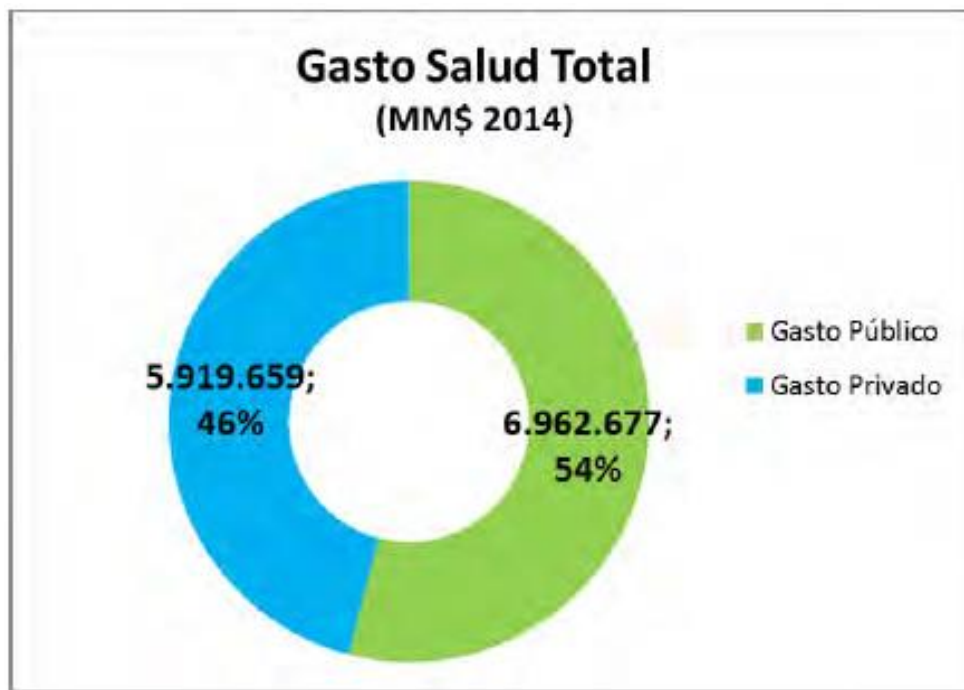


Ilustración 3 - Participación relativa del gasto público y gasto privado de Salud en Chile  
(Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014)

Se puede ver en la Ilustración 3, que en Chile el sector privado juega un importante rol al momento de entregar atenciones, siendo conformado por una amplia cantidad de profesionales, clínicas y otros establecimientos de salud. A nivel de infraestructura, es una industria que muestra un dinamismo importante, con



constantes flujos de inversiones que generan un aumento sostenido de la oferta en todo tipo de establecimientos

En la Tabla 1 e Ilustración 4, se instruirá sobre la oferta disponible de prestadores de salud privada, o sea que no pertenecen al sistema público.

Tabla 1 - Número de instituciones Sistema Salud

	Nº INSTITUCIONES	PORCENTAJE
HOSPITALES PÚBLICOS	187	53,7%
<b>CLÍNICAS PRIVADAS</b>	<b>79</b>	<b>22,7%</b>
MUTUALES	12	3,4%
CLIN. PSIQUIAT, CENTROS GERIATRIA, RECUPERAC.	40	11,5%
INSTITUCIONALES (FF:AA., UNIV., COBRE, ETC)	16	4,6%
OTROS (CONIN, TELETON, DIALISIS, ETC)	14	4,0%
<b>TOTAL INSTITUCIONES</b>	<b>348</b>	<b>100%</b>

Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014

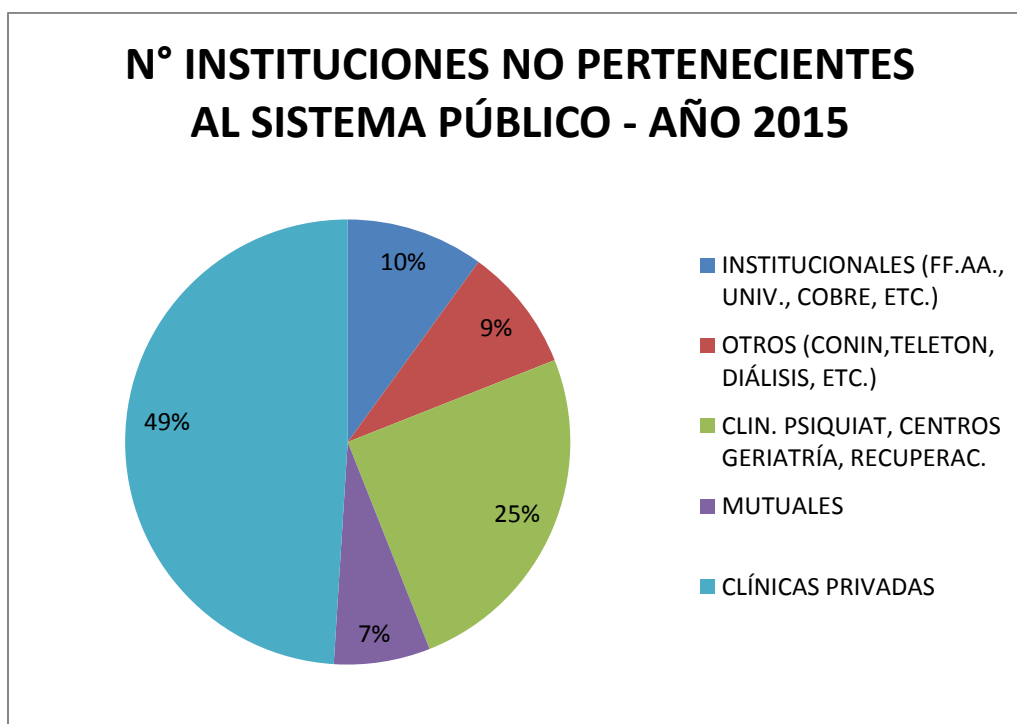


Ilustración 4 - Número instituciones no pertenecientes al sistema público  
(Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014)

## 1.2 Competencia en la Industria de la Salud Privada

La industria de la salud en Chile ha tenido en los últimos años un importante crecimiento, lo cual se espera que se mantenga en las décadas venideras. Una combinación de factores puede ser la explicación de este fenómeno, tales como el aumento de la expectativa de vida, incremento en el ingreso per cápita y por el creciente interés por parte de las personas de su cuidado personal, entre otros. Este crecimiento ha provocado que todas las instituciones de esta industria deban esforzarse más aún para captar pacientes por la fuerte competencia que se ha generado.

Tabla 2 - Evolución Gasto en Salud (\$MM 2000-2014)

AÑO	PIB (1). MM\$ año 2014	Gto. Público (2). MM\$ año 2014	Gasto Público / PIB %	Gto. Privado (3). MM\$ año 2014	Gasto Privado / PIB %	GASTO Salud Total MM\$ año 2014	Gasto Salud TOTAL / PIB %
2000	63.278.114	2.413.200	3,8%	2.854.552	4,5%	5.267.751	8,3%
2001	66.188.527	2.599.803	3,9%	2.847.836	4,3%	5.447.639	8,2%
2002	68.586.424	2.602.492	3,8%	2.821.981	4,1%	5.424.473	7,9%
2003	74.637.209	2.744.676	3,7%	2.836.345	3,8%	5.581.020	7,5%
2004	83.929.371	2.991.365	3,6%	3.009.664	3,6%	6.001.029	7,2%
2005	92.813.126	3.176.327	3,4%	3.052.373	3,3%	6.228.701	6,7%
2006	107.516.453	3.520.541	3,3%	3.176.518	3,0%	6.697.059	6,2%
2007	111.131.403	3.706.201	3,3%	3.286.996	3,0%	6.993.197	6,3%
2008	108.863.601	3.979.462	3,7%	3.507.024	3,2%	7.486.486	6,9%
2009	113.514.307	4.757.812	4,2%	3.875.496	3,4%	8.633.308	7,6%
2010	126.882.014	5.262.936	4,1%	4.091.498	3,2%	9.354.435	7,4%
2011	132.814.687	5.422.520	4,1%	4.405.967	3,3%	9.828.487	7,4%
2012	139.709.653	6.002.984	4,3%	4.852.061	3,5%	10.855.045	7,8%
2013	143.523.819	6.513.959	4,5%	5.231.017	3,6%	11.744.976	8,2%
2014	147.184.925	6.962.677	4,7%	5.919.659	4,0%	12.882.336	8,8%

Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014

La participación de los prestadores privados en el país ha aumentado su presencia, dada una serie de cambios estructurados orientados a aumentar la posibilidad de elegir de las personas permitiendo el desarrollo de este mercado. Esta mayor libertad de elección en un mercado competitivo se traduce en el surgimiento de una oferta diversificada y en constante crecimiento, que adquirió dinamismo gracias a la presencia de los convenios de Isapres y de la Modalidad Libre Elección (MLE) de Fonasa. Otro elemento importante es la aparición de un sector público debilitado y que no da respuestas a las necesidades de los cotizantes en FONASA.

Si comparamos la participación de los prestadores privados en el otorgamiento de atenciones de salud en el país a través del tiempo que se encuentra en la base de datos históricos comparables, puede observarse una tendencia al alza.



Ilustración 5 - Participación Prestadores Privados en Otorgamiento de Prestaciones de Salud (2008-2014)  
(Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014)

Al entrar en detalle en la participación relativa de los prestadores privados se puede apreciar fuertes diferencias de comportamiento, incrementando su participación en la mayoría de los grupos de prestaciones analizadas.

Tabla 3 – Participación de Prestadores Privados en el Total de Prestaciones de Chile

PRESTACIONES	AÑO 2012	AÑO 2014
Atención Médica	52%	52%
Días Cama (*)	16%	16%
Exámenes Diagnóstico	37%	38%
Intervenciones Quirúrgicas (incl PAD)	41%	44%
Proc. Apoyo Clínico y Terapéutico	83%	85%
<b>TOTAL (Incluye GES ISAPRES sin farmacia)</b>	<b>47%</b>	<b>48%</b>

Fuente: Dimensionamiento del sector de salud privada en Chile. Clínicas de Chile A.G, 2014

Dentro del segmento de clínicas privadas se encuentra la Clínica Santa María y sus principales competidores, las cuales son: Clínica Alemana de Santiago, Clínica Las Condes, Clínica Indisa, Clínica Bicentenario y Clínica Dávila. Según la fuente del Holding Banmédica, dueños de la Clínica Santa María, la participación de mercado en la industria es de un 21%.

Para dimensionar la cantidad de prestadores privados, se utilizó la información entregada por cada Clínica sobre prestaciones médicas. Cuando se considera las atenciones hospitalarias atendidas, la Clínica Santa María es la segunda que realiza mayor cantidad de cirugías, con un 19% de participación, mientras que en atenciones ambulatorias la Clínica Alemana es la que lidera ésta área.

Tabla 4 - Cantidad de Cirugías Principales Prestadores Hospitalarios Privados 2014

Prestador de Salud	# Cirugías 2014	Participación
Clínica Las Condes	15.384	11%
Clínica Santa María	27.449	19%
Clínica UC San Carlos	3.328	2%
Clínica Dávila	29.335	21%
Clínica Tabancura	12.142	9%
Clínica Indisa	21.808	15%
Clínica Vespucio	6.868	5%
Clínica Alemana	26.010	18%
<b>Total</b>	<b>142.324</b>	<b>100%</b>

Tabla 5 - Monto de Facturación Principales Prestadores Hospitalarios Privados 2014

Prestador de Salud	Monto de Facturación	Participación
Clínica Santa María	\$ 161.157.798	17%
Clínica Alemana	\$ 283.518.000	29%
Clínica Las Condes	\$ 156.386.447	16%
Clínica Indisa	\$ 103.628.239	11%
Clínica Dávila	\$ 106.577.000	11%
Clínica Vespucio	\$ 23.978.695	2%
Clínica Bicentenario	\$ 42.881.071	4%
Clínica Tabancura	\$ 34.310.053	4%
Clínica Hospital del Profesor	\$ 21.806.297	2%
Clínica Avasalud	\$ 35.216.280	4%
<b>Total</b>	<b>\$ 969.459.880</b>	<b>100%</b>

El 62% de la facturación en prestaciones hospitalarias es abarcada por los 10 principales centros de atención que representan el 58,7% de las ventas de Clínicas privadas en Chile, entre las cuales la Clínica Santa María obtiene el segundo lugar con un monto de facturación de M\$ 161.157.798 y una participación de un 17% entre las principales clínicas.

### **1.3 Clínica Santa María**

La Clínica Santa María corresponde a la primera institución hospitalaria privada de Chile, dado que a comienzos del siglo XX la salud era únicamente otorgada por recintos públicos.

Esta institución cuenta con 3 torres, las Torres A y B están ubicadas en Avenida Santa María #0410 y la Torre C en Avenida Bellavista #0415 (Torre C).

Concebida como un hospital general de nivel terciario, Clínica Santa María cuenta con todas las especialidades, servicios de hospitalización y de apoyo, cumpliendo con los más elevados estándares de calidad y seguridad requeridos para otorgar una atención de excelencia a pacientes adultos y niños. La oferta de servicios de hospitalización está constituida por:

1. Medicina y Cirugía
2. Pediatría
3. Unidad de Paciente Crítico Adultos
4. Oncología
5. Unidad de Paciente Crítico Pediátrico
6. Unidad de Paciente Crítico Cardiovascular Pediátrico
7. Unidad Coronaria
8. Hospitalización Transitoria
9. Cirugía Plástica
10. Traumatología
11. Obstetricia, Ginecología y Neonatología

Adicionalmente cuenta con los siguientes servicios de apoyo:

1. Urgencia
2. Pabellones
3. Endoscopia Quirúrgica
4. Imagenología
5. Laboratorio
6. Odontología
7. Anatomía Patológica
8. Centros Médicos
9. Centro de Procedimientos
10. Banco de Sangre
11. Centro de Terapia Endovascular
12. Kinesiología
13. Radioterapia
14. Urgencia escolar
15. Diálisis
16. Vacunatorio
17. Quimioterapia

Los pacientes que ingresan a pabellón tienen distintas características y pueden ser clasificados según ellas. Se tienen los pacientes electivos, los cuales no se encuentran en una condición grave y deben agendar una hora con el médico para operarse. Estos pueden separarse en dos grupos: ambulatorio (externos) y hospitalizados (internos). Los primeros se refieren a la clase de paciente que se les ofrece un tipo de servicio que no implica una noche de estancia en el centro médico. La segunda clase son pacientes que deben pasar por lo menos una noche en recinto, dada su condición. Por otra parte, se tienen los pacientes no electivos quienes llegan aleatoriamente y deben ser intervenidos a inmediatez.

Los pabellones quirúrgicos son donde se realizan las cirugías que demandan los pacientes. Las intervenciones quirúrgicas generan el mayor porcentaje de los ingresos de instituciones de la industria de la salud. Al ser tan dependiente la Clínica Santa María de las ganancias obtenidas por este medio es necesario gestionar de la mejor manera posible los pabellones. Esta memoria está enfocada en la optimización de la tabla quirúrgica para aumentar la utilización de los pabellones con los recursos disponibles y por ende, incrementar los pacientes atendidos y los ingresos de la Clínica Santa María.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Clínica Santa María busca operar de tal manera que les permita proveer servicios médicos de manera efectiva a sus pacientes mientras se utiliza el espacio disponible de la manera más eficiente al menor costo posible. Todos estos objetivos deben ser contemplados cuando la administración de la clínica realiza su tabla quirúrgica, la cual contempla 15 pabellones que dispone la institución para realizar sus cirugías.

LUNES	PABELLON 1	PABELLON 2	PABELLON 3	PABELLON 4	PABELLON 5	PABELLON 6	PABELLON 7	PABELLON 8
07:00 - 07:30								
07:30 - 08:00								
08:00 - 08:30								
08:30 - 09:00								
09:00 - 09:30								
09:30 - 10:00								
10:00 - 10:30	TRAUMATOLOGÍA		H. AZOCAR	H. GONZALEZ	AGUILA	NAVARETTE	OTORRINOS	OFTALMOLOGIA
10:30 - 11:00								
11:00 - 11:30								
11:30 - 12:00								
12:00 - 12:30							TORAX	
12:30 - 13:00								
13:00 - 13:30								
13:30 - 14:00								
14:00 - 14:30								
14:30 - 15:00								
15:00 - 15:30								
15:30 - 16:00								
16:00 - 16:30	UROLOGÍA		E. DIAZ	MARAMBIO	VIACAVA	CABEZA Y CUELLO	WAUGH	OTORRINOLARINGOLOGIA
16:30 - 17:00								
17:00 - 17:30								
17:30 - 18:00								
18:00 - 18:30								
18:30 - 19:00								
19:00 - 19:30								
19:30 - 20:00								

Ilustración 6- Tabla Quirúrgica Actual Día Lunes para Pabellones 1 - 8

La planificación de los pabellones es un proceso de toma de decisiones que repercute tanto a nivel de clínica como a nivel de unidad. A nivel de clínica se hace

referencia al cómo se distribuye el tiempo de pabellones entre las distintas unidades quirúrgicas (broncopulmonar, cardiovascular, cirugía de tórax, cirugía general, cirugía plástica, gastroenterología, ginecología y obstetricia, medicina interna, neurología, odontología, oftalmología, oncología, otorrinolaringología, terapia del dolor y anestesiología, traumatología y ortopedia y urología), es decir, la cantidad de horas y que días dispondrán las especialidades para llevar a cabo las operaciones demandadas. En lo que respecta al nivel de unidad, se refiere a la asignación a cada paciente un bloque en la que se realizará la intervención quirúrgica.

Se llaman bloques a los intervalos de tiempo en un pabellón específico, los cuales son asignados a un médico, grupo de médicos o especialidad médica cada semana, sumando 55 bloques horarios entre todos los pabellones. En la Ilustración 6 se puede ver un ejemplo de la distribución actual de los bloques de tiempo de la Clínica Santa María los días lunes.

Actualmente, para realizar la asignación de los bloques de tiempo no se considera la utilización del pabellón ni la estacionalidad mensual que tiene la demanda según las distintas especialidades, provocando que la utilización de algunos bloques sea menor al 50%. Esta asignación se ha mantenido constante desde el año 2011, y se realizó sólo por medio de negociación de los médicos con el director médico, sin ningún tipo de análisis que apoyara esta asignación de bloques de tiempo. El 65% de las 906 horas semanales de pabellón están asignadas a médicos específicos, los cuales tienen este beneficio por su reputación y antigüedad en la institución.

Las cirugías para cierto doctor o especialidad sólo pueden ser agendadas dentro de los bloques asignados a dicho médico o especialidad, por lo que es una gran restricción para médicos que tienen una alta demanda de sus cirugías. En caso que haya bloques que no tengan ninguna cirugía agendada 48 horas antes del día de operación, estos son liberados y pueden ser ocupados por otros médicos que necesitan pabellones para sus intervenciones. Este tiempo muchas veces no es suficiente para agendar cirugías, perdiéndose aproximadamente 35% de los bloques liberados.

Determinando la cantidad apropiada de bloques de tiempo que debe ser asignado a cada especialidad, considerando la estacionalidad de la demanda y la utilización actual de cada bloque de tiempo, se puede maximizar el uso de la sala de operaciones.

Según trabajos anteriores (WOLFF, Patricio. 2011. [1] y DEXTER, F., MACARIO, A., TRAUB, R. 1998, [2]) es posible mejorar la utilización de los pabellones entre un 10% y un 15% del tiempo total comparado con los métodos manuales ocupados actualmente. Además, es posible mejorar la eficiencia del establecimiento por medio de la reducción de los costos, como el de mantener un pabellón abierto sin utilizar, y disminuyendo los tiempos de espera del paciente.



### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Los pabellones quirúrgicos son recintos diseñados y equipados para realizar intervenciones médicas, siendo la realización de intervenciones quirúrgicas una actividad crucial tanto desde un punto de vista económico como social. Por un lado, mejora la calidad de vida de los pacientes, mientras que por otro lado estas generan aproximadamente 60% de los ingresos y representa en torno al 40% de los costos de la Clínica Santa María. En términos de rentabilidad la clínica necesita que se realicen la mayor cantidad de cirugías posibles, utilizando los recursos materiales y humanos de la manera más eficiente posible.

#### **3.1 Administración Actual de Pabellones**

Actualmente, la clínica tiene problemas con la administración de los bloques de tiempo asignados a cada especialidad, ya que la utilización de algunos pabellones por algunas especialidades supera el 100%<sup>2</sup>, provocando descontento en el personal médico por la sobrecarga de horas de trabajo, y en otros casos el porcentaje de uso no supera el 50%, provocando costos de oportunidad por mantener el pabellón abierto sin utilizar.

La administración de los bloques de tiempo tiene nula flexibilidad ante las variaciones mensuales que tiene la demanda de los distintos tipos de cirugías que realiza la Clínica Santa María. Esto se debe a que los médicos tienen los mismos bloques de tiempo a lo largo del año y no consideran los cambios que tiene la demanda.

Las complicaciones surgidas en esta asignación provienen de una gran cantidad de consideraciones, que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la programación. Estos factores se pueden resumir en cinco puntos:

- Número de pabellones disponibles.
- Restricciones de cada pabellón. Hay algunos pabellones que contienen máquinas especializadas para ciertas cirugías, que no pueden ser trasladadas a otras salas de operación, provocando que solo puedan realizarse estas cirugías en los pabellones donde se encuentra el equipo, por ejemplo en el Pabellón 2 se encuentra el Sistema quirúrgico Da Vinci, el cual es un equipo de cirugía robótica de gran tamaño y extremadamente delicado, por lo que todas las cirugías que se realizan con este equipo deben realizarse en este pabellón por la dificultad de trasladarlo.

---

<sup>2</sup> La fórmula de utilización ocupada para estos cálculos es la cantidad de horas ocupadas divididas por las horas disponibles, por lo tanto si las horas ocupadas por un médico o especialidad es mayor a las horas que tiene disponible en la tabla quirúrgica, el valor de la utilización superará el 100%.

- Número de médicos y anestesiólogos disponibles en cada jornada.
- Bloques de tiempo asignadas para cada especialidad médico.
- Disponibilidad de instrumental y equipamiento médico.

La práctica actual no es óptima con respecto a la máxima utilización de la capacidad existente, ya que la oferta debería adaptarse a la demanda para hacer mejor uso de los recursos limitados que presenta la Clínica. Además, esto provoca que exista gran cantidad de bloques de tiempo de pabellón no utilizados puesto que los bloques de tiempo sólo se liberan 48 horas antes de la fecha de operación en caso que este no haya sido reservado, siendo muy difícil reservar intervenciones en este corto periodo de tiempo.

Los médicos sólo pueden operar dentro de sus bloques de tiempo. Para llevar a cabo la operación necesitan la instalación especializada para el tipo de operación, personal médico e instrumental médico. Si cualquiera de las tres no se encuentra disponible en el momento de la operación es imposible realizar la cirugía. Dado esto, la tabla quirúrgica de la sala de pabellones presenta dos principales desafíos para la clínica:

1. El acceso a la sala de operaciones es limitado para médicos sin bloques asignados. Esto se refleja en pérdidas potenciales de operaciones por la fuga de pacientes a otras instituciones médicas debido a las restricciones que tiene agendamiento.
2. El corto plazo que da para agendar nuevas cirugías luego de la liberación de los bloques de la tabla quirúrgica limita oportunidades para asignar de manera dinámica y adaptativa la planeación del personal médico, ya que para cada intervención quirúrgica es necesario personal especializado y recursos específicos. La dificultad en contar con los recursos en esta corta ventana entre la liberación del bloque y el día de la cirugía impide la utilización de todo el conjunto, lo que da como resultado significativas cantidades de tiempo sin utilizar de los pabellones.

Tabla 6 - Porcentaje Uso Pabellón Mayo 2014

Pabellón	# Cirugías	Duración (Hrs)	% Uso Pabellón
PAB01	147	191,72	68,47
PAB02	39	131,55	57,20
PAB03	116	208,90	83,56
PAB04	145	167,40	66,96
PAB05	126	183,03	117,33
PAB06	135	173,77	107,26
PAB07	190	215,63	115,93
PAB08	169	205,78	68,59
PAB09	151	210,50	67,90
PAB10	87	89,47	71,01
PAB11	111	129,63	64,82
PAB12	108	152,63	72,68
PAB14	99	124,38	62,19
PAB15	61	150,35	75,18
PAB16	61	140,83	70,42
<b>Suma Total</b>	<b>2331</b>	<b>3405,43</b>	<b>64,55</b>

En la Tabla 6 se puede apreciar el porcentaje de utilización de cada pabellón en el mes de mayo del 2014, que corresponde a un mes de alta demanda.

Las diferencias de utilización entre los pabellones se deben a que algunos de ellos tienen restricciones, por lo que ciertas cirugías sólo pueden realizarse en algunas salas de cirugía. También depende de la asignación de los bloques de tiempo, ya que por ejemplo, el pabellón 2 está reservado únicamente para cirugías cardiovasculares, las cuales no tienen una demanda muy alta y esto causa que la utilización de este pabellón sea baja. En cambio en el pabellón 5, 6 y 7 se operan la mayor parte de las cirugías pertenecientes a la especialidad “Cirugía General”, la cual es la que tiene mayor demanda en la clínica, obteniéndose una utilización alta en esos pabellones. Estos superan el 100%, ya que se utiliza la siguiente fórmula para calcular este valor:

$$Utilización (\%) = \frac{Tiempo Utilizado}{Tiempo Disponible del Pabellón}$$

El tiempo disponible de pabellón es el horario que se tiene para operar, por lo que si se supera ya sea por un minuto este valor, la utilización calculada será mayor que 100%.

A continuación, se presentan en la Tabla 7 y la Tabla 8 la cantidad de cirugías mensuales realizadas por cada especialidad en el año 2014. Se puede notar claramente una variación de la cantidad de cirugías realizadas por cada especialidad durante el año, en especial en el mes de febrero que se tiene una baja

considerable en la cantidad de pacientes operados y julio un incremento de operaciones realizadas.

Tabla 7 -Cantidad de Cirugías mensual por Especialidad Enero – Julio 2014

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
CARDIOVASCULAR	37	26	46	42	46	45	44
CIRUGÍA DE TÓRAX	34	19	31	28	38	18	32
CIRUGÍA GENERAL	395	334	439	392	342	389	422
CIRUGÍA PLÁSTICA	123	51	98	90	90	122	129
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	36	24	44	39	40	49	37
NEUROLOGÍA	18	8	24	11	17	30	16
ODONTOLOGÍA	14	6	5	10	12	11	6
OFTALMOLOGÍA	46	16	41	40	42	35	45
OTORRINOLARINGOLOGÍA	172	181	144	151	124	157	184
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	460	222	494	443	408	389	534
UROLOGÍA	169	112	186	175	156	160	180
<b>TOTAL</b>	<b>1.504</b>	<b>999</b>	<b>1.552</b>	<b>1.421</b>	<b>1.315</b>	<b>1.405</b>	<b>1.629</b>

Tabla 8 - Cantidad de Cirugías Mensual por Especialidad Agosto - Diciembre 2014

ESPECIALIDAD	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general
CARDIOVASCULAR	44	49	39	56	45	519
CIRUGÍA DE TÓRAX	29	15	22	28	44	338
CIRUGÍA GENERAL	397	360	398	378	320	4.566
CIRUGÍA PLÁSTICA	104	105	116	109	93	1.230
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	46	38	44	38	34	469
NEUROLOGÍA	17	14	19	29	15	218
ODONTOLOGÍA	8	6	8	14	7	107
OFTALMOLOGÍA	40	35	54	47	37	478
OTORRINOLARINGOLOGÍA	183	129	170	152	129	1.876
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	468	430	455	456	429	5.188
UROLOGÍA	178	181	174	195	162	2.028
<b>TOTAL</b>	<b>1.514</b>	<b>1.362</b>	<b>1.499</b>	<b>1.502</b>	<b>1.315</b>	<b>17.017</b>

### 3.1.1 Tabla Quirúrgica Estática

Como se tiene una tabla quirúrgica estática, no varía con el comportamiento de la demanda, se generan en algunos casos sobreutilización y subutilización de algunos bloques de tiempos, ya que la demanda varía y la oferta no se adapta a estos cambios.

La sobreutilización de los bloques de un médico específico es provocada por usar más bloques de tiempo de los que tiene disponible, por medio de traspaso de bloques entre médicos o dado que usa los bloques que fueron liberados. En cambio, la subutilización es causada principalmente por la no asignación de cirugías y el re-agendamiento de los pacientes por incumpliendo de los requisitos en el día de la operación que debe cumplir para entrar a pabellón.

En la Tabla 9 se presenta la utilización total de los bloques de tiempo asignados a cada especialidad o doctor dependiendo el caso, para el mes de Mayo 2015 el cual es considerado un mes de alta demanda para la Clínica Santa María. Estos valores fueron calculados con respecto al tiempo asignado mensual y la cantidad de cirugías realizadas al mes por el tiempo respectivo de cada operación, utilizando la fórmula de utilización mostrada anteriormente.

Tabla 9 - Utilización Bloques de tiempo por doctor o especialidad Mayo 2014

Doctor o Especialidad	Tiempo Asignado (Min)	Tiempo Usado (Min)	Utilización Total
SOTO DEBEUF GONZALO	4920	2135	43,39%
UROLOGÍA	6000	5530	92,17%
CARDIOLOGÍA	14520	9555	65,81%
AZOCAR ZAGAL HUGO LEONCIO	3630	2235	61,57%
DIAZ PINO EDUARDO	1440	1240	86,11%
GONZALEZ VENEGAS HUGO EUGENIO	3240	960	29,63%
MARAMBIO/ ANDAI	4620	3505	75,87%
AGUILA MIRANDA RAUL ALEJANDRO	2880	2370	82,29%
VIACAVA SANCHEZ ALEJANDRO JAVIER	2880	1650	57,29%
NAVARRETE GARCIA CLAUDIO SERGIO	720	420	58,33%
TÓRAX	3960	3360	84,85%
CARA/CUELLO	3660	5750	157,10%
WAUGH CORREA ENRIQUE EDUARDO	3210	2970	92,52%
OJOS	3240	3465	106,94%
BRANTE BAEZ PERCY	2940	1615	54,93%
GOMEZ DIEZ FERNANDO LUIS	1200	2370	197,50%
HAMILTON SANCHEZ JAMES GEORGE	6480	4410	68,06%

Doctor o Especialidad	Tiempo Asignado (Min)	Tiempo Usado (Min)	Utilización Total
AZOCAR/WOHLER	1440	1150	79,86%
BASTIAS SOTO CHRISTIAN IVAN	1200	540	45,00%
MANGELSDORFF GALEB GUNTHER	1440	2115	146,88%
CASTILLO DELGADO PAULO FERNANDO	3840	3120	81,25%
PRADO/ FUENTES	5940	4950	83,33%
FERNANDEZ COMBER SERGIO ANDRES	3660	1800	49,18%
WITT/EUGENIN	3780	3845	101,72%
SANTOS/ MANTELLI	2700	750	27,78%
ALEMPARTE BENAVENTE JOSE ANTONIO	3240	3545	109,41%
PEDIÁTRICO	3600	6760	187,78%
DIAZ-VALDES GREZ CARLOS EUGENIO	2880	1320	45,83%
VASCULAR	5940	1520	25,59%
VELASCO PALMA ALFREDO ALEJANDRO	6420	6055	94,31%
CONTRERAS/COURT	5820	4865	83,59%
GINECOLOGÍA	4080	4435	108,70%
CALDERON ORTEGA WILFREDO LUIS	2160	1200	55,56%
CABELLO PEREZ DE ARCE RODRIGO	2640	600	22,73%
PESQUERIRA BANDERAS MARIA TERESA	5940	2550	42,93%
A. PÉREZ	1800	760	42,22%
M. PÉREZ	1500	1745	116,33%
YAÑEZ DIAZ ROBERTO JUAN	3600	3315	92,08%
MONTERO SILVA LUIS ANTONIO MAXIMILIANO	1500	750	50,00%
BUCHHEISTER / ÁLVAREZ	3300	3215	97,42%
CHAPOCHNICK / DE LA FUENTE	5100	2730	53,53%
VILLAMAN GONZALEZ JUAN JOSE	3300	2825	85,61%
MANO	1800	4445	246,94%
NEUROLOGÍA	2400	785	32,71%
PINTO GIMPEL IVAN FEDERICO	5940	3300	55,56%
WEVAR CRUZ ORLANDO GABRIEL	1200	905	75,42%
H. HENRÍQUEZ	1080	1170	108,33%
FERES WOLF MARCELO ALEJANDRO	1200	1025	85,42%
<b>TOTAL</b>	<b>169980</b>	<b>131630</b>	<b>77,44%</b>

Es posible notar de la Tabla 9 que hay médicos o grupos médicos que utilizaron más horas de la que tenían disponibles, como por ejemplo el doctor Gómez que para mayo 2014 tenía disponible 1200 horas y utilizó 2370. Esto fue posible porque utilizó bloques de tiempo liberados por médicos que no utilizaron sus bloques disponibles. Un claro ejemplo de subutilización de sus bloques es el doctor Cabello, el cual tenía disponible 2640 horas de pabellón y sólo utilizó 600 de

ellos. Esta subutilización de algunos bloques de tiempo es compensada de cierta manera por otros médicos que utilizan estas horas de pabellón, pero si se realiza un recuento del mes completo de mayo 2014, de 169.980 únicamente fueron utilizados 131.630, con un 77,44% de utilización total y 38.350 de horas de pabellón sin utilizar y un costo de oportunidad considerable, el cual se verá en capítulo: Análisis Financiero del Problema.

### 3.1.2 Indicadores de Desempeño Mensuales

Es necesario ver las diferencias que existen de un mes a otro producto de la asignación estática que actualmente tiene la Clínica Santa María, usando distintos parámetros para ver si realmente el problema que tiene es considerable. Se usarán los siguientes indicadores para contrastar estas diferencias:

- ❖ Venta mensual del Pabellón
- ❖ Cantidad de Cirugías Mensual Realizadas
- ❖ Tiempo Total usado para realizar intervenciones durante el mes
- ❖ Utilización de los pabellones, considerando las horas ocupadas y las horas disponibles (980,5 horas a la semana disponibles)
- ❖ Porcentaje de cirugías programadas vs cirugías de urgencia
- ❖ Sobreutilización en horas, este indicador se refiere a la cantidad de horas que fueron usadas fuera del horario normal de trabajo

Tabla 10 - Indicadores Febrero y Julio 2015

Indicador	Febrero	Julio
<b>Venta</b>	\$ 107.417.424	\$ 160.333.146
<b>Cantidad de Cirugías</b>	1239	1932
<b>Tiempo Total de Cirugías (Hr)</b>	2334,1	3677,4
<b>Utilización</b>	52,8%	89,7%
<b>Sobreutilización (Hr)</b>	260,4	159,3
<b>%Programadas - %Urgencia</b>	80 - 20%	84% -16%
<b>Tiempo no Usado (Hr)</b>	1848,3	403,9

Para realizar la Tabla 10 se utilizaron los meses de febrero y julio, los cuales son los periodos menor y mayor demanda para la Clínica Santa María. La venta es 49,2% mayor en julio que en febrero, debido a la alta demanda de cirugías, lo que conlleva a mayor tiempo de uso de pabellón y lo que justificaría esta gran diferencia de ingresos.

El porcentaje de utilización es mayor en julio que en febrero, ya que en este último mes hay muchos médicos que no se encuentran disponibles por periodo de vacaciones, lo que provoca una baja en la oferta y menor cantidad de operaciones realizadas. Aquí nuevamente destaca el problema que tiene la tabla quirúrgica, ya que no considera estos cambios de ofertas y demanda que existen en los meses.

La cantidad de cirugías de urgencia no sufren cambios considerables mes a mes, pero el porcentaje de este tipo de intervenciones disminuye en julio, por el aumento considerable de cirugías programadas.

La sobreutilización usada en la Tabla 10 considera la extensión del horario normal de pabellón, a diferencia de la Tabla 9 que usaba este parámetro de manera distinta. En febrero hay mayor cantidad de horas que sobrepasan el horario laboral de trabajo, esto se debe principalmente a la asignación de los bloques en la tabla quirúrgica, ya que sólo ciertas especialidades tienen alta demanda en febrero por lo que tienen que adecuarse con el tiempo disponible y provoca que sobrepasen el tiempo normal de los bloques que tienen. Para el caso de las especialidades con baja demanda estos tienen baja utilización, pero al no existir traspasos de los pabellones a las especialidades que realmente lo necesitan se pierden estos recursos y es otra de las razones de la baja utilización en el mes de febrero.

Además, la distribución de las especialidades no es constante de un mes a otro, en otras palabras tiene fluctuaciones mensuales. En la Tabla 11 están las diferencias de la cantidad de cirugías y del porcentaje de distribución de la demanda de cirugías por especialidad para los meses de febrero y julio.

Tabla 11 - Diferencias en las cantidades de cirugías entre Febrero y Julio 2015

ESPECIALIDAD	# Cirugías Febrero	# Cirugías Julio	Porcentaje Febrero	Porcentaje Julio
CARDIOVASCULAR	26	↑ 44	2,59%	↑ 2,70%
CIRUGÍA DE TÓRAX	19	↑ 32	1,90%	↑ 1,96%
CIRUGÍA GENERAL	334	↑ 422	33,33%	↓ 25,89%
CIRUGÍA PLÁSTICA	51	↑ 129	5,09%	↑ 7,91%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	24	↑ 37	2,40%	↓ 2,27%
MEDICINA INTERNA	1	↓ 0	0,10%	↓ 0,00%
NEUROLOGÍA	8	↑ 16	0,80%	↑ 0,98%
ODONTOLOGÍA	6	6	0,60%	↓ 0,37%
OFTALMOLOGÍA	16	↑ 45	1,60%	↑ 2,76%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	181	↑ 184	18,06%	↓ 11,29%
TERAPIA DEL DOLOR Y ANESTESIOLOGIA	2	↓ 1	0,20%	↓ 0,06%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	222	↑ 534	22,16%	↑ 32,76%
UROLOGÍA	112	↑ 180	11,18%	↓ 11,04%
Total general	1002	↑ 1630	100,00%	100,00%



Es posible mejorar la tabla quirúrgica por medio de la predicción de las cirugías por especialidad y posterior cálculo del porcentaje que deben tener cada una de ellas en la capacidad total de las salas de pabellones, ya que existe una variación de estos valores mensualmente y no son considerados en la tabla actual, la cual es inflexible a la estacionalidad que tiene la demanda. Obtenido el porcentaje mencionado, es posible asignar los bloques de tiempo de tal manera que se maximice la utilización de los pabellones y se reduzca los bloques perdidos por no existir nada agendado en ellos.

### **3.2 Análisis Financiero del Problema**

Para justificar el problema monetariamente se utilizará el tiempo no utilizado por mes y el costo de oportunidad de tener esos bloques de la tabla quirúrgica sin utilizar. Estos cálculos se realizarán con los datos del mes de abril del año 2015, el cual es considerado un mes de demanda promedio. Se tomará como supuesto que existe una demanda que es capaz de satisfacer la oferta.

- Tiempo total disponible (minutos): 169.980
- Tiempo en minutos utilizadas: 131.630
- Tiempo en minutos no utilizadas:  $169.980 - 131.630 = 38.350$
- Tiempo de cirugía promedio (minutos):  $161,083 + 10$  minutos de preparación de pabellón +  $15$  minutos salida del paciente +  $20$  minutos de limpieza =  $206,083$
- Cirugías perdidas:  $38.350/206,083 = 186$
- Rentabilidad promedio por cirugía: \$ 398.830
- Costo de oportunidad mensual:  $\$ 398.830 * 186 = \$ 74.182.380$

Debido a la baja utilización de los pabellones se está perdiendo un monto de \$ 218.013.950 mensual por las cirugías, los cuales con una mejor gestión en la tabla quirúrgica puede evitarse parte de esta pérdida.

## **4. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS**

### **4.1. Objetivo General**

Aumentar la utilización de los pabellones, considerando las variaciones de demanda mensual de cada tipo de cirugía que ofrece la Clínica Santa María.

### **4.2. Objetivos Específicos**

1. Analizar metodologías que permitan establecer y realizar un pronóstico de demanda.
2. Identificar y Analizar las variables relevantes en la demanda, ya sea internas o externas.
3. Generar un modelo de predicción del número de pacientes que demandarán cada tipo de cirugía (programadas y urgencia), con el fin de administrar la capacidad necesaria de recursos para proveer un mejor nivel de servicio al paciente
4. Realizar un análisis de capacidad del servicio de cirugías de la Clínica, considerando todos los recursos necesarios para realizar una cirugía.
5. Desarrollar un modelo de optimización que asigne los bloques de tiempo para cada especialidad en la tabla quirúrgica.

## 5. ALCANCES

La presente memoria tiene como alcance obtener el óptimo porcentaje del tiempo que se debe asignar a cada especialidad para aumentar la utilización de los pabellones. Además, se determinará qué bloques de tiempo y qué pabellones deben ser asignados a cada especialidad médica. No se modificará el sistema actual de la Clínica Santa María, la cual divide en bloques de tiempo la tabla quirúrgica semanalmente.

Actualmente la tabla quirúrgica se asigna de manera mixta, con algunos bloques por especialidad y otros para médicos específicos. La asignación de los bloques de tiempo será por especialidad y no por médicos, por lo que los horarios de los médicos no es una variable relevante en este problema.

Los porcentajes óptimos y el pronóstico de demanda que se realizan en este trabajo están únicamente relacionados a la Clínica Santa María. La unidad de análisis del modelo y las estimaciones serán a nivel mensual por la marcada estacionalidad que tienen en esta escala. Las predicciones mensuales serán luego desagregadas a nivel semanal para obtener los resultados que se plantearon, dado que las cantidades de cirugías semanales se comportan de manera similar dentro de un mes.

Los datos que se utilizarán para el presente trabajo provienen de registros de cirugías realizadas desde el 2007 hasta la actualidad por medio de la plataforma Medisyn, el cual es usado en CSM para gestionar todas sus unidades clínicas. Estos registros indican la fecha y tipo de la cirugía, el tiempo que demoró la intervención, el médico encargado, el anestesista, entre otras. Para efecto de un análisis eficiente se realizará un pre-procesamiento de datos inicialmente, por lo que sólo se considerarán tipos de intervenciones en la cual se hayan desarrollado por lo menos 12 cirugías en los 8 años de registro.

El análisis de la demanda de este trabajo está sesgado por la actual tabla quirúrgica existente en la Clínica Santa María, ya que no se tiene la demanda real de pacientes que quieren operarse en esta institución, sino que lo que se tiene es la cantidad de pacientes que realmente se operaron en la clínica, considerando un número de bloques de tiempo restringidos para cada especialidad. Por esta razón, el resultado de esta memoria será principalmente una reasignación de los bloques de tiempo actuales de la tabla, para una mejor utilización de los pabellones por especialidad.

## **6. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en este trabajo de memoria fue la siguiente:

### **6.1. Definición del problema y levantamiento de la situación actual**

En esta etapa se realiza una revisión bibliográfica de la literatura existente, tanto sobre predicción de demanda para cirugías electivas y de urgencia, como para el problema de planificación de la capacidad en el largo plazo para instituciones de salud; con el fin de conocer que se ha trabajado en el tema y lo que falta para complementarlo.

Por otro lado, es necesario determinar la situación actual de la empresa y bajo qué metodología se encuentran enfrentando la problemática, con el objetivo de generar un marco de comparación con el modelo desarrollado en este trabajo. Además, se debe investigar el funcionamiento de los pabellones quirúrgicos, por lo que describir cuáles son los problemas que se enfrenta la Clínica Santa María a la hora de programar los pabellones y especificar los actuales objetivos, requerimientos y restricciones del problemas, son tareas fundamentales.

### **6.2. Identificación y recolección de datos relevantes**

Es fundamental contar con la información y los datos para realizar este proyecto, ya que identificando el tipo de información que se tiene es posible determinar cuáles variables servirán para calcular los parámetros de los diferentes modelos que serán usados.

Además, en esta etapa se limpian y preparan los datos extraídos desde las distintas fuentes de datos. Para ello, se utilizan diversas estrategias para manejar datos faltantes, inconsistentes o fuera de rango (outliers), obteniéndose una estructura de datos adecuada. Finalmente, se realiza un tratamiento preliminar de los datos por medio de transformaciones y generación de nuevas variables a partir de las ya existentes, con una estructura de datos apropiada. Se utilizan operaciones de agregación o normalización, consolidando los datos para que puedan ser usados en el presente trabajo y así poder manejarlos eliminando los factores externos, reduciendo la posibilidad de problemas posteriores de cálculos erróneos.

## **6.3. Clustering y estimación de demanda**

### **6.3.1 Clustering**

Antes de realizar el análisis de la demanda de cirugías, se hará un paso previo; las cirugías de urgencia se agregarán mensualmente sin importar el tipo de intervención que se realizó, en cambio, para las cirugías electivas es necesario crear conjuntos o clústeres, puesto que hay intervenciones sin información suficiente para realizar un análisis significativo de cada una de ellas. Con esta información es posible predecir la demanda de manera agregada. Para obtener la demanda desagregada, o sea la demanda de cada una de las prestaciones que ofrece la clínica, se debe calcular el peso que tiene cada intervención en su respectivo clúster y se obtendrá una cifra aproximada de la demanda.

### **6.3.2 Pronóstico de la Demanda de Cirugías**

Identificado los datos que se cuentan, se procederá a desarrollar modelos de pronóstico de demanda a través de dos modelos, regresión lineal y series de tiempo. Se utilizarán los datos de las cirugías realizadas desde el 2007 hasta el 2014, los primeros siete años serán usados para obtener los parámetros de los modelos y el último año para la validación del poder predictivo. Se escogerá el mejor modelo a partir de los resultados obtenidos analizando el MAPE, MAD, RMSE y coeficiente de determinación de los modelos predictivos. Los softwares utilizados corresponden a R, Eviews y Excel (R: Pre-procesamiento de datos, Clustering y Series de tiempo; Eviews: Correlogramas y Series de tiempo; Excel: Pre-Procesamiento de datos, Transformación de variables, Regresión Lineal y Análisis de Correlación).

## **6.4. Diseño y desarrollo de modelos de programación lineal entera**

En esta etapa se diseñó el enfoque de solución para el problema planteado en esta memoria. Se formularon distintos modelos matemáticos que permitieran resolver la cantidad de bloques asignados a cada especialidad por semana. Para ello se realizó el planteamiento del problema que busque maximizar la utilización de los pabellones quirúrgicos, considerando las respectivas restricciones clínicas y laborales.

## **6.5. Obtención de la solución del problema mediante utilización de los modelos**

Para la resolución de los modelos de optimización se utilizó el complemento de código abierto Open Solver<sup>3</sup>, el cual usa el motor de optimización llamado COIN-OR CBC (**CO**mputational **IN**frastructure for **O**perations **R**earch) para entregar la solución al problema planteado, este motor detecta automáticamente el método de solución apropiada basada en la función objetivo y las restricciones.. Luego, se cuantificarán los beneficios obtenidos, en términos de utilización de pabellones, por la solución propuesta.

## **6.6. Validación del modelo de programación lineal entera**

Para validar la solución entregada por el modelo se usarán los datos del 2015 para determinar el nivel de predicción del comportamiento del sistema de dicho modelo (se usaron los datos del 2007 al 2014 para obtener el modelo), de esa manera calcular los cambios en la utilización de cada pabellón en caso de haberse implementado la propuesta.

---

<sup>3</sup> Solver es una herramienta de análisis que tienes en el programa Excel que permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse.

## **7. MARCO TEÓRICO**

Con el propósito de entender y abordar la problemática planteada en la presente memoria, se realizará una introducción a continuación de un marco teórico con conceptos y herramientas usadas para el desarrollo de este trabajo.

### **7.1. Modelos de estimación de demanda**

Para poder realizar una predicción de la demanda se utilizarán métodos econométricos y de minería de datos, se proponen dos métodos de Business Intelligence, estos son: Regresión Lineal y series de tiempo. Estos dos son las técnicas más usadas en pronóstico de demanda y la menos costosa en términos de software.

#### **7.1.1. Regresión Lineal**

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables, ésta modela la relación entre una variable dependiente, las variables independientes y un término aleatorio. Este método determina la intensidad entre las variables a través de coeficientes de correlación y determinación.

#### **7.1.2. Series de tiempo**

Una serie temporal se define como una colección de observaciones de una variable recogidas secuencialmente en el tiempo. Estas observaciones se suelen recoger en instantes de tiempo equiespaciados. Los métodos de análisis de series de tiempo consideran que los datos tomados en diversos periodos de tiempo tienen algunas características de autocorrelación, tendencia o estacionalidad que deben ser consideradas.

##### **7.1.2.1 ARMA (Autoregressive Moving Average)**

El modelo usa funciones de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF) para identificar un modelo aceptable que se ajuste adecuadamente a los datos reales. Para resumir este método, es un filtraje de los componentes de la serie de tiempo (tendencia y estacionalidad) hasta que solo quede el ruido blanco. El ruido blanco es un proceso estocástico estacionario con esperanza igual a 0 y varianza constante. Se puede decir que un ruido blanco en una sucesión de variables aleatorias, Además, debe cumplir que la covarianza de este en  $t$  y en otros periodos sean igual a 0.

Dado un proceso estacionario  $X_t$  con  $E(X_t) = \mu$  y  $V(X_t) = \sigma^2$  constantes, se definen:

- Función de Autocorrelación (ACF):  $\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{V(X_t)}\sqrt{V(X_{t+k})}}$
- Función de Autocorrelación Parcial:  $P_k = Corr(X_t, X_{t+k} | X_{t+1}, \dots, X_{t+k-1})$

La combinación de los procesos AR( $p$ ) y MA( $q$ ) da lugar a los procesos mixtos ARMA( $p, q$ ) que se definen de la siguiente manera.

Se dirá que  $X_t$  es un modelo ARMA( $p, q$ ) si

$$\phi_p(B)X_t = \theta_q(B)\alpha_t$$

donde  $B$  es el operador de retardo que se define como

$$BX_t = X_{t-1}$$

es decir el resultado de aplicar este operador es la observación del período anterior, por lo tanto si se aplica  $d$  veces el operador, se obtiene

$$B^d X_t = X_{t-d}$$

Por lo tanto,  $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$  y  $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$

### 7.1.2.2 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

El modelo ARIMA es una extensión del modelo ARMA, el cual incluye dinámicas más realistas, como la no estacionalidad en la media. En la práctica, las series temporales suelen ser no estacionarias en la media, por lo que para ser modeladas es requerido eliminar la causa de la variación no estacionaria, a menudo mediante la diferenciación de la serie.

La diferenciación de la serie es un método para eliminar la tendencia. Consiste en suponer que la tendencia evolutiva evoluciona de una manera paulatina, de manera que en el instante  $t$  la tendencia debe ser próxima a la tendencia en el instante anterior  $t-1$ . Al restar el valor de la serie el valor anterior, la serie producto de esta resta estará aproximadamente libre de tendencia. Esta operación consiste pasar de la serie original  $Z_t$  a la serie  $X_t$  mediante:

$$Z_t = X_t - X_{t-1}$$

y de esta manera la serie resultante es estacionaria.



Supongamos que  $X_t$  es no-estacionaria en la media, la idea es construir un modelo ARMA, como el resultado de la operación de diferenciación de la serie en “d” veces. Por lo tanto, los modelos ARIMA son modelos ARMA definidos por la serie original diferencia “d” veces:

$$\phi_p(B)\Delta^d X_t = \theta_q(B)\alpha_t$$

donde  $\phi_p(B)\Delta^d$  es llamado operador autorregresivo generalizado y  $\Delta^d X_t$  es la serie transformada en estacionaria por medio de la diferenciación, la cual puede ser modelada con un modelo ARMA.

### 7.1.2.3 SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average)

En algunas ocasiones, las series de tiempo poseen un componente estacional que se repite cada “s” observaciones. Para observaciones mensuales, el valor de “s” equivale a 12 (12 en un año). Con el fin de afrontar la estacionalidad, el modelo ARIMA ha sido generalizado y se ha formulado los modelos SARIMA.

$$\phi_p(B)\Delta^d X_t = \theta_q(B)\alpha_t$$

donde  $\alpha_t$  es de tal manera que

$${}_s\phi_P(B^s)\Delta_s^D \alpha_t = {}_s\theta_Q(B^s)\varepsilon_t$$

entonces

$$\phi_p(B) {}_s\phi_P(B^s)\Delta_s^D \Delta^d X_t = \theta_q(B) {}_s\theta_Q(B^s)\varepsilon_t$$

y se escribe como  $X_t \sim ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ . La idea del modelo SARIMA es que es un modelo ARIMA (p,q,d), cuyos residuales  $\alpha_t$  son ARIMA(P,D,Q)

### 7.1.3. Métodos Estadísticos e indicadores de ajuste

Estos indicadores sirven para comparar la efectividad de diferentes modelos utilizados. Siempre se busca el valor menor en los indicadores MAPE y MAE ya que representa un mejor ajuste del modelo.

Los pasos a seguir son:

1. Separar la muestra en dos partes: (i) Periodo muestral (tamaño T) y (ii) Periodo extramuestral (tamaño n), que usaremos para comparar nuestras predicciones con los datos reales.

2. Medir el error de predicción en el periodo extramuestral usando los siguientes métodos:

### 7.1.3.1. MAPE

El MAPE o el Error absoluto porcentual de la media corresponden al promedio de las diferencias en valor absoluto porcentual de cada período. El MAPE al medir variaciones porcentuales, permite comparar series que difieren en magnitud,

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{n}$$

donde  $A_t$  es el valor observado en  $t$  y  $F_t$  el valor pronosticado en  $t$ , con  $N$  el número de períodos.

### 7.1.3.2. MAD

Una medida de uso común para determinar el error de pronóstico con los valores observados, es el MAD (mean absolute deviation) o error absoluto promedio, que a diferencia del MAPE expresa la exactitud en las mismas unidades de los datos. El indicador MAD se define matemáticamente como:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

donde  $|A_t - F_t|$  se define como el error absoluto en el período  $t$ ,  $A_t$  es el valor observado en  $t$  y  $F_t$  el valor pronosticado en  $t$ , con  $N$  el número de períodos.

### 7.1.3.3. Coeficiente de Correlación

Es una medida del grado de covariancia entre distintas variables relacionadas linealmente. Es un índice de fácil ejecución e interpretación, el cual se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Los valores del índice de correlación varían en el intervalo de [-1.1]:

- Si  $r = 1$ , existe una correlación positiva perfecta (relación directa)
- Si  $0 < r < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , no existe relación lineal.
- Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $r = -1$ , existe una correlación negativa perfecta (relación inversa)

Para la elección del mejor modelo se usará el  $r^2$ , llamado coeficiente de determinación, el cual indica la variación porcentual en la variable dependiente que explica la ecuación de regresión. Este valor entre más cercano a 1, la predicción es más exacta.

## 7.2. Clustering

Es uno de los métodos para encontrar agrupamientos de tal forma que los objetos de un grupo sean similares entre sí y diferentes de los objetos de otros grupos. En otras palabras, se busca crear clústeres minimizando la distancia intra-clúster y maximizando la distancia inter-clúster. Este método no define una variable objetivo, ya que lo que busca es segmentar un conjunto de registros en subgrupos lo más homogéneos posibles.

### 7.2.1. Heat-Map

Es una herramienta de visualización y cálculo de la densidad de datos. Una manera fácil de entender un heat-map o mapa de calor es una tabla que contiene colores, en vez de números. El color amarillo representa los valores más bajos y el color rojizo valores altos. Los mapas de calor son combinados con dendogramas, los cuales son diagramas que muestran las distancias de atributos entre cada par de clases fusionadas de manera secuencial. Combinando estas dos herramientas será posible obtener los clústeres para obtener la demanda de las cirugías electivas.

### 7.2.2 K-Means

El algoritmo de k-means es utilizado cuando todas las variables son del tipo cuantitativa, y la distancia cuadrática Euclidiana

$$d(x_i, x_{i'}) = \sum_{j=1} (x_{ij} - x_{i'j})^2$$

es elegida como medida de diferencia. Así, el criterio es asignar las N observaciones a los K clústeres de manera que dentro de cada clúster el promedio de las diferencias de cada observación a la media del clúster sea mínima.

## 7.3 Indicadores de evaluación de desempeño

El desempeño de cada modelo será evaluado según la calidad de la solución entregada por el software. Para la presente memoria se consideran indicadores características propias del problema, dejando de lado el desempeño computacional como el tiempo de ejecución del modelo. La motivación principal del proyecto es la de aumentar el uso de los pabellones quirúrgicos, por lo que se propone el porcentaje de utilización como medida de la calidad de la solución entregada por el modelo.

### 7.3.1. Porcentaje de utilización de pabellón

El incremento o maximización del porcentaje de uso de los pabellones son el objetivo principal de la presente memoria, ya que además de disminuir los tiempos ociosos, permitirá agendar mayor cantidad de operaciones.

*“Se definirá como porcentaje de utilización de pabellones quirúrgicos electivos, el tiempo medido en horas, en que se utiliza el conjunto de recursos humanos y materiales disponibles, de manera organizada, en un recinto físico determinado, para proporcionar acciones anestésicas, diagnósticas y terapéuticas de tipo quirúrgico, de acuerdo con las necesidades del paciente.*

*El número de horas disponibles se debe calcular respecto del número de pabellones electivos en trabajo, no a la dotación de pabellones. Se deben considerar las horas ocupadas en la intervención quirúrgica, más las horas de preparación (limpieza, desinfección)”*<sup>4</sup>

La fórmula matemática que expresa este porcentaje es:

$$\text{Porcentaje de Utilización} = \frac{h_o + h_p}{h_d} \cdot 100\%$$

donde  $h_o$  son Horas Mensuales Ocupadas Totales,  $h_p$  las Horas Mensuales de Preparación y  $h_d$  representa el Total de Horas Mensuales Disponibles.

---

<sup>4</sup> Manual de Instrucciones REM-2010 – Serie B, Ministerio de Salud de Chile 2010.

## 8. LEVANTAMIENTO SITUACIÓN ACTUAL

Los pacientes que se intervienen en la Clínica Santa María se pueden clasificar en dos grupos: electivos y no electivos. Los primeros son los pacientes cuyas intervenciones quirúrgicas son programas con antelación y los segundos corresponden a pacientes que llegan sin previo aviso y deben ser atendidos urgentemente y de manera inmediata por política del establecimiento. Estos últimos pacientes deben ser atendidos de forma prioritaria debido al delicado estado de salud en que se encuentran.

En la primera sección del capítulo, se explicará en detalle las etapas que lleva a cabo el paciente programado por la clínica. Para el caso de los no electivos o de urgencia no se profundizará sobre su flujo, ya que pasan directamente a pabellón sin realizar ninguna etapa previa. En la segunda sección se realizará una breve introducción al tipo de cirugías que tiene la Clínica Santa María. En la última sección del capítulo se levantará toda la información relevante acerca del Pabellón, la cual es clave para el desarrollo de la memoria.

### 8.1 Flujo del paciente programado por la Clínica Santa María

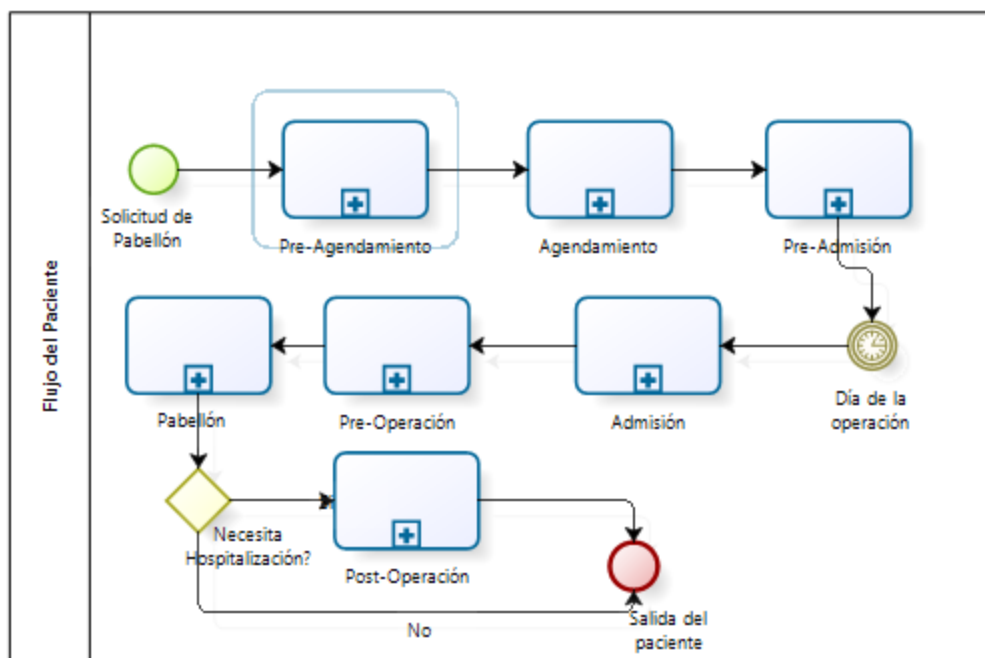


Ilustración 7 - Flujo del paciente por la Clínica

En Pre-Agendamiento se negocia la fecha que se hará la intervención médica, entre médico, paciente y el área de Agendamiento, el cual avisa qué fechas tiene disponible en pabellón.

Luego, el médico debe agendar la reserva de pabellón con Agendamiento para así tener el registro. En los Anexos A y B se encuentran los diagramas de flujo en el proceso de pre-agendamiento y agendamiento.

En Pre-Admisión se hace un llamado al paciente tres días antes de la operación y se envía el presupuesto de la prestación solicitada.

El día de la intervención quirúrgica, el paciente debe presentarse en Admisión se le asigna un rol al paciente (ID INGRESO), en la cual se le harán todos los cargos correspondientes a los procedimientos que deba hacerse en la clínica. En esta etapa se le asigna una habitación que, dependiendo los requerimientos del paciente, tendrán distintos costos. Además, en caso de que exista un paquete pre-establecido a la prestación se le pregunta al paciente si acepta los términos de este, en caso que rechace, se le cobra de manera convencional.

El paciente después de haber sido ingresado por Admisión, debe pasar por el área de preparación donde se provee adecuadamente con todo lo necesario para entrar a pabellón en algunos de los 6 boxes disponibles para esta tarea; al paciente se le otorga la vestimenta y se extrae una muestra de sangre que es usada para averiguar el tipo de sangre, lo cual aproximadamente esta etapa tiene una duración de 15 minutos. Después de haber sido preparado el paciente, llega a Preparación donde debe realizarse la VIAS<sup>5</sup> (vías intravenosas), proceso que tiene una duración de 30 minutos; tiempo que es aprovechado por el personal para limpieza y preparación de la sala de pabellón.

Cuando el paciente se encuentra en condiciones, se le permite entrar a pabellón para que el médico y su equipo realicen la operación solicitada. El tiempo del paciente en esta etapa depende directamente de la operación que haya requerido, lo cual puede ser desde 30 minutos hasta 6 horas dependiendo la complejidad de la cirugía.

Finalmente, luego de haber sido intervenido quirúrgicamente el paciente pasa por el área de Recuperación el cual cuenta con 18 camas disponibles, en donde debe descansar entre una y dos horas, luego tiene 2 posibilidades, en caso de que haya sido una operación mayor es ingresada a su habitación previamente reservada, en caso de intervención menor el paciente tiene la posibilidad de llevar su descanso en su hogar.

---

<sup>5</sup> Tubo que se inserta en la vena, permitiendo el acceso inmediato al torrente sanguíneo para suministrar líquidos y medicamentos

## 8.2 Tipo de Cirugías

Existen una gran cantidad y variedad de tipos de cirugía, desde las más complejas hasta las microcirugías. Se clasifican de mayor a menor, teniendo en cuenta la gravedad de los órganos afectados. Se denomina cirugía mayor a las intervenciones quirúrgicas de alta complejidad y que tienen un riesgo quirúrgico importante.

Hay otros tipos de cirugías de diferentes especialidades y que se realizan según las prioridades que requiera un cuadro quirúrgico, hay cirugías programadas y cirugías de urgencia. Las cirugías programadas son las que se evalúan a través de un diagnóstico y que se pueden realizar en un tiempo determinado, estas cirugías ayudan, para que el paciente se prepare y se informe sobre la intervención a la que será sometido. Se ahondará en detalle sobre la demanda de este tipo de cirugías en los siguientes subcapítulos.

Una cirugía de urgencia es aquella en que la enfermedad o lesiones por accidente ponen en riesgo la vida o la función de alguna parte importante del cuerpo, por lo que requiere de una inmediata valoración y acción para salvar al paciente. Estas cirugías de urgencia pueden ser lesiones traumáticas graves, sangrado masivo por problemas vasculares, procesos infecciosos severos con úlceras pépticas, por mencionar algunos ejemplos.

Para este tipo de cirugías, no hay horarios, el paciente llega y dependiendo de su severidad se estabiliza y se pasa inmediatamente para atención en quirófano. De acuerdo a lo definido por el Ministerio de Salud, existen cuatro categorías de pacientes:

C1: Paciente Grave: Atención de emergencia, paciente con riesgo vital, evaluación y tratamiento inicial de inmediato.

C2: Paciente de alta complejidad: Atención de urgencia, paciente agudo crítico, evaluación y tratamiento inicial inmediato.

C3: Paciente de mediana complejidad: Atención de urgencia, paciente agudo no crítico, evaluación y tratamiento prioritario.

C4: Paciente no urgente: Atención según disponibilidad de recursos, evaluación y tratamiento.

### 8.3 Pabellón

En esta sección se levantará toda la información relevante acerca del Pabellón donde se realizan las cirugías, la cual es clave para el desarrollo del proyecto.

La Clínica Santa María cuenta con 15 pabellones, estos están enumerados del 1 al 16; no existiendo el pabellón 13 por superstición. Hay 13 pabellones ubicados en el sexto piso de la Torre B y los otros dos en el octavo piso de la Torre C, los cuales son usados principalmente para la especialidad Cirugía Plástica.

La Unidad de Agendamiento es la encargada de la programación de la tabla quirúrgica, esta última se encuentra dividida en bloques de tiempo de una hora y media, dado que es el mínimo de tiempo necesario para realizar la preparación de pabellón y posterior cirugía.

Los bloques de tiempos están asignados a médicos y en algunos casos a especialidades médicas; estas separaciones se realizaron por medio de conversaciones entre los mismos doctores y se realizan actualizaciones anuales según el cambio en la dotación de los médicos. Estos bloques fueron designados por medio de una negociación entre los mismos médicos, sin considerar la utilización de los pabellones. Los bloques están protegidos de otros médicos hasta que son liberados, esto ocurre 48 horas antes del día y hora del bloque, y en este punto cualquiera de los médicos puede agendar operaciones en estos bloques.

Tabla 12 – Tiempos Promedios de Reserva antes de la Cirugía por Especialidad 2014

ESPECIALIDAD	Promedio Días Reservación	Desviación Estándar
BRONCOPULMONAR	2,0	1,2
CARDIOVASCULAR	5,3	5,0
CIRUGÍA DE TÓRAX	8,4	7,3
CIRUGÍA GENERAL	11,6	8,5
CIRUGÍA PLÁSTICA	12,6	8,3
GASTROENTEROLOGÍA	4,7	6,9
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	11,7	8,3
MEDICINA INTERNA	3,5	2,9
NEUROLOGÍA	7,4	7,2
ODONTOLOGÍA	13,8	9,6
OFTALMOLOGÍA	14,1	9,0
ONCOLOGÍA	10,3	6,6
OTORRINOLARINGOLOGÍA	12,1	8,8
TERAPIA DEL DOLOR Y ANESTESIOLOGIA	4,2	5,7
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	10,2	8,1
UROLOGÍA	9,9	8,1
Promedio General	10,8	7,0



Existen diferencias en los tiempos de reservas antes de la cirugía dependiendo la especialidad de la intervención quirúrgica. En promedio los pabellones se reservan 11 días antes de la cirugía, para así tener tiempo para realizar las gestiones necesarias de personal y equipo médico para que pueda hacerse efectiva la cirugía. Dado que los bloques libres se liberan 48 horas antes de la operación, pocas veces es posible utilizarlos porque normalmente se necesita más anticipación en las reservas para intervenir.

Si se dejaran disponibles todas las salas de pabellones para que los médicos puedan agendar las cirugías de manera First In, First Out (FIFO, el cual traducido al español es primero en llegar, primero en ser atendido) puede incrementar considerablemente el acceso a los pabellones a algunos médicos, aumentar la utilización de estos y disminuir los bloques perdidos por falta de anticipación en la liberación de ellos. Algunos hospitales han logrado aplicar este método, pero una tabla quirúrgica abierta no es ejecutable en la clínica de este trabajo por las siguientes razones:

1. Los requerimientos para realizar una cirugía depende de la especialidad e intervención en específico, y cabe mencionar que no todos los pabellones están provistos con los equipos médicos necesarios. Lo cual es más eficiente realizar las operaciones similares en el mismo pabellón para maximizar el uso del personal médico y equipo especializado.
2. El personal médico tiene horarios de trabajo establecidos, por lo cual los médicos deben acomodar sus pacientes en los días de la semana que trabajan.
3. Las cirugías de urgencia no pueden ser agendadas por adelantado, por esta razón se deben tener pabellones reservados para estas intervenciones de emergencia.

Dada estas razones y la mencionada en el alcance de la memoria sobre no cambiar el sistema de bloques de tiempo que se encuentra en funcionamiento actualmente, no se analizará más a profundidad esta opción.

Los pabellones están abiertos de lunes a domingo, pero los días domingo sólo pueden ser utilizados para cirugías de urgencia. De lunes a viernes hay dos pabellones que están disponibles desde las 07:00 y once de ellos desde las 08:00, uno de ellos queda exclusivamente para cirugías cardíacas que abre a las 07:00 y el último para cirugías de urgencia que se encuentra disponible las 24 horas del día. De los pabellones mencionados, seis de ellos cierran a las 20:00 y siete de ellos se encuentran abiertos hasta las 21:30; el pabellón de cardiología disponible hasta las 20:00.

### 8.3.1 Análisis en Detalle por Pabellón

Es necesario tener información detallada de los pabellones, ya que cada uno de ellos tiene distintos equipos médicos u otras restricciones que son necesarias para modelar el problema de optimización. Dado lo anterior, se elaborará un análisis individual de los pabellones disponibles en la Clínica Santa María.

Se usarán los datos del año 2015 para realizar estas tablas y los indicadores considerados en esta descripción por pabellón serán:

- ❖ Promedio Cirugías Mensuales
- ❖ Tiempo promedio de uso del Pabellón
- ❖ Capacidad del Pabellón mensual
- ❖ Utilización con respecto al tiempo disponible
- ❖ Ingreso Promedio Mensual
- ❖ Mes con Mayor demanda
- ❖ Mes con Menor demanda
- ❖ Especialidades con mayor uso del Pabellón y su respectivo porcentaje
- ❖ Guarismo Promedio<sup>6</sup>
- ❖ Tiempo Cirugía Promedio
- ❖ Sobreutilización Promedio Mensual<sup>7</sup>
- ❖ Porcentaje por Tipo de Cirugía: Programada - Urgencia

Las operaciones consideradas en el ambiente quirúrgico como “de alta complejidad” revisten una serie de particularidades. Entre ellas está el riesgo vital significativo para el paciente y alta tasa de complicaciones. Para realizar estas cirugías es necesario tener contemplado un tiempo operatorio igual o superior a 4 horas, disposición completa del pabellón con el equipo quirúrgico complejo para la cirugía que debe estar constituido por dos o más cirujanos especialistas que aseguren abordar adecuadamente la operación, un anestesista experimentado, arsenaleras debidamente entrenadas y competentes para participar en cirugía mayor e instrumental altamente especializado.

---

<sup>6</sup> Complejidad de la operación; es considerada una intervención quirúrgica “de alta complejidad” cuando tiene un guarismo de 9 o más, según FONASA

<sup>7</sup> Este indicador refleja la cantidad de tiempo usada fuera del horario normal del pabellón para realizar cirugías

Tabla 13 - Análisis por Pabellón: Especialidades con Mayor Uso de Pabellón y su respectivo porcentaje 2015

Pabellón	Especialidad Con Mayor Porcentaje	Porcentaje	Especialidad con Segundo Mayor Porcentaje	Porcentaje2
<b>PAB01</b>	CIRUGÍA GENERAL	40,0%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	30,1%
<b>PAB02</b>	CARDIOVASCULAR	71,4%	CIRUGÍA DE TÓRAX	8,2%
<b>PAB03</b>	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	73,4%	CIRUGÍA GENERAL	8,8%
<b>PAB04</b>	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	79,0%	CIRUGÍA GENERAL	8,2%
<b>PAB05</b>	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	53,2%	CIRUGÍA GENERAL	14,5%
<b>PAB06</b>	CIRUGÍA GENERAL	30,6%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	27,9%
<b>PAB07</b>	CIRUGÍA GENERAL	41,5%	UROLOGÍA	17,3%
<b>PAB08</b>	OTORRINOLARINGOLOGÍA	36,8%	CIRUGÍA GENERAL	25,3%
<b>PAB09</b>	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	55,3%	CIRUGÍA GENERAL	24,9%
<b>PAB10</b>	CIRUGÍA GENERAL	61,1%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	14,3%
<b>PAB11</b>	CIRUGÍA GENERAL	59,8%	UROLOGÍA	15,1%
<b>PAB12</b>	CIRUGÍA GENERAL	43,3%	UROLOGÍA	27,9%
<b>PAB14</b>	CIRUGÍA GENERAL	37,9%	UROLOGÍA	21,1%
<b>PAB15</b>	CIRUGÍA PLÁSTICA	62,3%	OTORRINOLARINGOLOGÍA	21,4%
<b>PAB16</b>	CIRUGÍA PLÁSTICA	67,2%	OTORRINOLARINGOLOGÍA	15,7%

En la Tabla 13 se muestran sólo las dos especialidades con mayor porcentaje de las cirugías realizadas en el pabellón correspondiente. En el Anexo C se muestran todos los porcentajes de todas las especialidades en cada uno de los pabellones.

Tabla 14 – Análisis por Pabellón: Promedio de Cirugías, Tiempo Promedio de Uso, Capacidad y Utilización Promedio Mensual 2015

Pabellón	Promedio Cirugías Mensuales	Tiempo Promedio de Uso de Pabellón Mensual (Hr)	Capacidad Mensual	Utilización Promedio Mensual
PAB01	136,8	249,9	312	80,1%
PAB02	36,7	135,0	338	39,9%
PAB03	117,0	241,9	312	77,5%
PAB04	135,6	234,7	312	75,2%
PAB05	126,6	244,9	312	78,5%
PAB06	128,3	241,2	312	77,3%
PAB07	175,9	292,9	312	93,9%
PAB08	167,2	276,4	312	88,6%
PAB09	127,6	269,7	312	86,4%
PAB10	102,5	168,1	338	49,7%
PAB11	126,2	206,4	312	66,2%
PAB12	102,1	230,8	312	74,0%
PAB14	112,4	204,9	312	65,7%
PAB15	66,1	183,3	312	58,8%
PAB16	67,8	179,4	312	57,5%

Tabla 15 - Análisis por Pabellón: Ingreso Promedio Mensual 2015

Pabellón	Ingreso Promedio Mensual (\$)
PAB01	\$ 211.738.928,08
PAB02	\$ 135.602.680,58
PAB03	\$ 276.560.485,75
PAB04	\$ 242.751.422,92
PAB05	\$ 233.939.035,08
PAB06	\$ 226.969.527,58
PAB07	\$ 239.012.405,17
PAB08	\$ 215.838.918,33
PAB09	\$ 266.972.955,25
PAB10	\$ 151.967.774,08
PAB11	\$ 270.648.393,67
PAB12	\$ 276.840.459,33
PAB14	\$ 168.462.184,00
PAB15	\$ 73.360.381,33
PAB16	\$ 74.667.183,25

Es necesaria la variable “guarismo”, que mide la complejidad de la operación, puesto que a medida que son más complejas las operaciones, mayor duración tiene la cirugía. Como consecuencia, es posible que un pabellón con una cifra alta de guarismo tenga pocas cirugías realizadas por la gran cantidad de tiempo que lleva realizar estas cirugías de alta complejidad.

Tabla 16 - Análisis por Pabellón: Guarismo Promedio, Promedio Duración Cirugía y Sobreutilización Promedio Mensual 2015

Pabellón	Guarismo Promedio	Promedio Duración Cirugía (Hr)	Sobreutilización Promedio Mensual (Hr)
PAB01	6,9	1,8	22,3
PAB02	11,2	3,7	4,8
PAB03	8,2	2,1	11,2
PAB04	6,6	1,7	12,2
PAB05	6,8	1,9	14,7
PAB06	7,5	1,9	17,3
PAB07	6,9	1,7	42,8
PAB08	6,5	1,7	33,7
PAB09	7,3	2,1	27,9
PAB10	7,5	1,6	12,3
PAB11	7,7	1,6	10,2
PAB12	8,3	2,3	11,5
PAB14	7,2	1,8	7,4
PAB15	5,6	2,8	3,8
PAB16	5,6	2,6	2,7

El Pabellón 2 tiene instrumental altamente especializado para cirugías cardiovasculares, por esta razón es el pabellón con mayor guarismo con una cifra de 11,2 que como se mencionó anteriormente se consideran cirugías “de alta complejidad”. Las cirugías del corazón al ser tan complejas, tienen grandes posibilidades que se generen complicaciones durante la intervención, por lo que es necesario reservar varios bloques de tiempo para este tipo de operaciones. Esta variabilidad del tiempo de cirugía provoca una baja utilización del pabellón 2, pero también es debido a que la asignación de los bloques para esta especialidad es mayor a la que están usando realmente, ya que para todos los días de la semana el pabellón 2 está reservado únicamente para cirugías cardíacas. Al requerir este tipo de cirugías de una gran cantidad de recursos para ejecutarse, los precios para este tipo de prestaciones son altos. Es por ello que aunque la utilización de este pabellón sea baja y no tenga una gran cantidad de cirugías, puede generar gran cantidad de ingresos.

Existe una fuerte relación entre el tipo de cirugías que se realizan en cada pabellón y los ingresos de cada uno; las cirugías de traumatología y las generales son intervenciones que no tienen una larga duración y son las especialidades más demandadas entre el mix de servicios que tiene la clínica. Al tener gran cantidad de cirugías que generan grandes ingresos, los pabellones que tienen mayor ganancia mensual son las que se especializan en este tipo de cirugías.

Los pabellones 15 y 16 se encuentran en el octavo piso de la Torre C de la Clínica Santa María, en donde se sitúa la especialidad de cirugía plástica. Los

bloques de tiempo de estos pabellones están reservados únicamente para realizar cirugías de esta especialidad, a excepción del sábado que se le han otorgado algunos bloques a otorrinolaringología. La utilización de estos pabellones es menor al 60%, ya que las cirugías plásticas tienen una demanda estacionaria muy marcada, teniendo meses con una pequeña cantidad de cirugías, como los meses de febrero y abril. Esto no quiere decir que la utilización en todos los meses sea baja, ya que el valor mostrado es la utilización promedio mensual. El guarismo tiene cifras bajas porque las cirugías plásticas son principalmente estéticas, siendo muy poco probable la aparición de complicaciones durante la cirugía. Además, estos pabellones tienen bajos ingresos, ya que a pesar de que este tipo de cirugías tenga altos costos para el paciente, la mayor proporción de este dinero es para el médico tratante, por lo que los márgenes de ganancia de cirugías plásticas para la Clínica Santa María no son significativos.

Tabla 17 - Análisis por Pabellón: Cantidad de Cirugías Programadas y de Urgencia 2015

Pabellón	Cantidad Cirugías Programadas	Cantidad Cirugías de Urgencia	Porcentaje Cirugías Programadas	Porcentaje Cirugías de Urgencia
PAB01	1413	229	86,1%	13,9%
PAB02	340	100	77,3%	22,7%
PAB03	1255	149	89,4%	10,6%
PAB04	1522	105	93,5%	6,5%
PAB05	1353	166	89,1%	10,9%
PAB06	1267	273	82,3%	17,7%
PAB07	1482	629	70,2%	29,8%
PAB08	1483	523	73,9%	26,1%
PAB09	1082	449	70,7%	29,3%
PAB10	350	880	28,5%	71,5%
PAB11	1413	101	93,3%	6,7%
PAB12	1166	59	95,2%	4,8%
PAB14	1260	89	93,4%	6,6%
PAB15	781	12	98,5%	1,5%
PAB16	801	13	98,4%	1,6%

El pabellón 10 es de uso exclusivo para cirugías de urgencia, por ello que el porcentaje de este tipo de cirugías en este pabellón sea de un 78,7%. Las cirugías de urgencia son aleatorias, pero aun así tienen una estacionalidad mensual, puesto que por ejemplo en meses de invierno se generan más accidentes por suelos mojados o el ambiente al estar más húmedo y frío provoca mayor cantidad de pacientes con enfermedades en sus vías respiratorias.

La utilización de los pabellones está sesgada por los bloques de tiempo asignados a cada especialidad. Una mejor asignación de tiempo en la tabla quirúrgica considerando la estacionalidad de las especialidades puede mejorar

enormemente la baja utilización de algunos pabellones durante muchos meses y la sobre-utilización de otros pabellones por mala asignación de estos bloques.

### 8.4 Análisis de Demanda Cirugías Programadas

La cantidad mensual de cirugías programadas que se realizan en la clínica varían de un mes a otro, siendo febrero el mes de más baja actividad y los meses de más alta actividad julio y agosto.

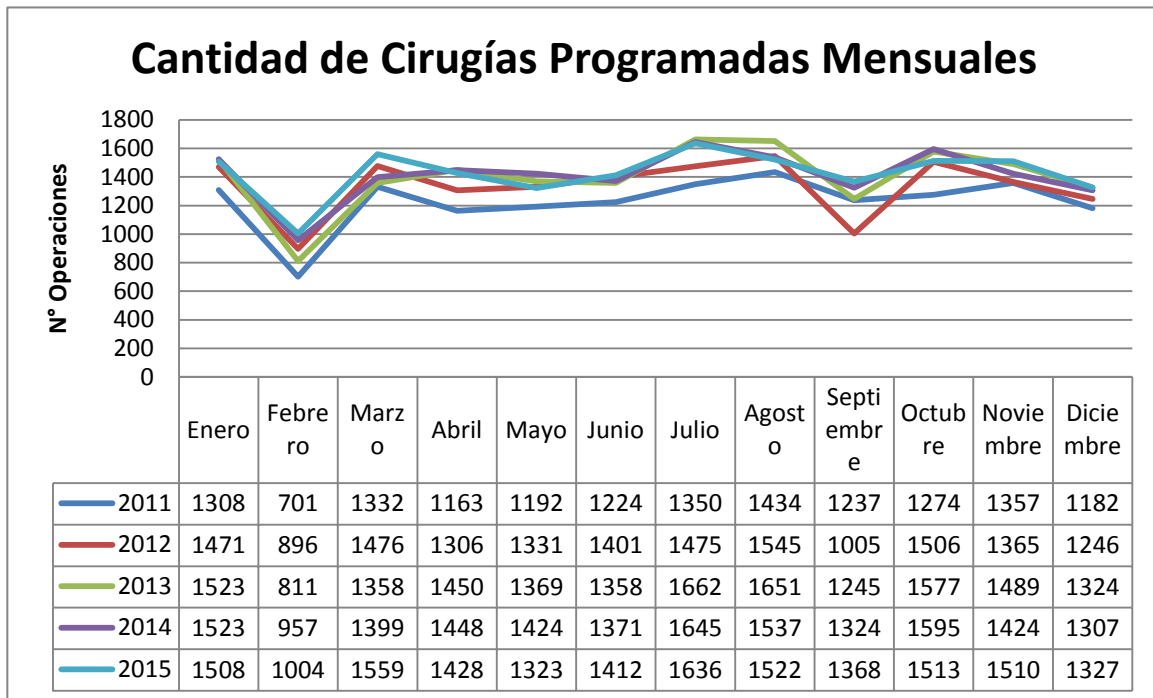


Ilustración 8 –Cantidad de Cirugías Programadas Mensuales 2011-2015

Como se mencionó en un principio, el pabellón es la fuente más rentable de dinero que tiene este tipo de establecimientos, por lo que los ingresos provenientes de pabellón están influenciados fuertemente de cómo se encuentran administradas las salas de pabellones. En la ilustración 9, es posible notar la estacionalidad que tienen los ingresos, los cuales están influenciados directamente por las fluctuaciones de las cantidades mensuales de cirugías realizadas.

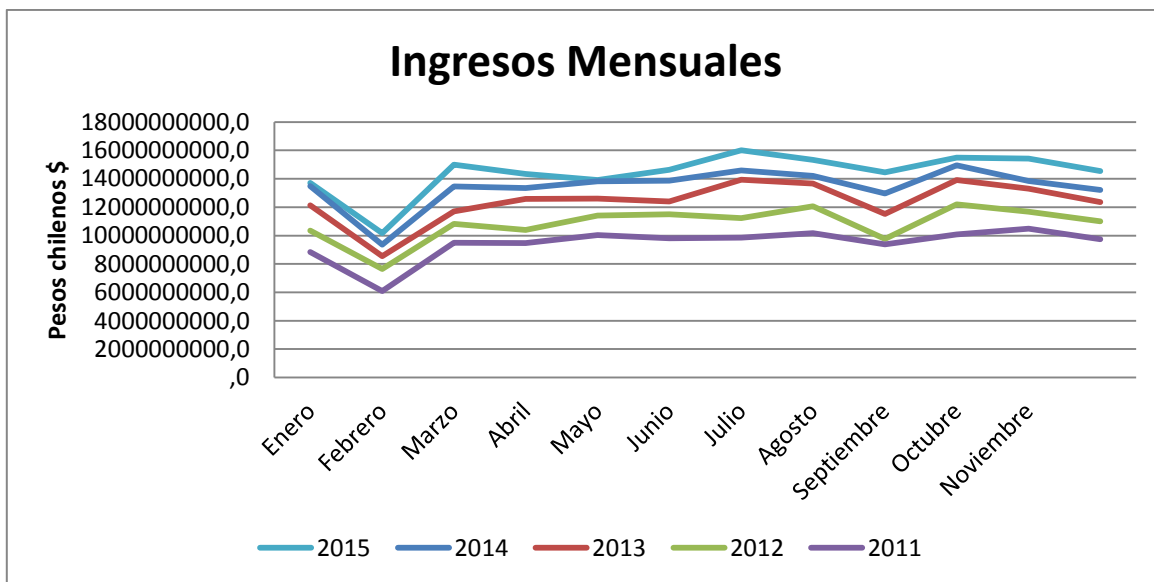


Ilustración 9 - Ingresos Mensuales 2011-2015

La diferencia de ingresos de un año a otro está influenciada principalmente por los reajustes de precios que se realizan en abril y octubre en todas las prestaciones, estos movimientos siguen una tendencia similar al IPC (índices de precios del consumidor). En la ilustración 9, puede apreciarse que la diferencia entre los ingresos del 2014 y 2015 se vuelve despreciable al normalizar la venta con los reajustes de precio efectuados en los meses anteriormente mencionados. Para efectuar esta normalización se dividieron los ingresos del 2015 por los reajustes del IPC.

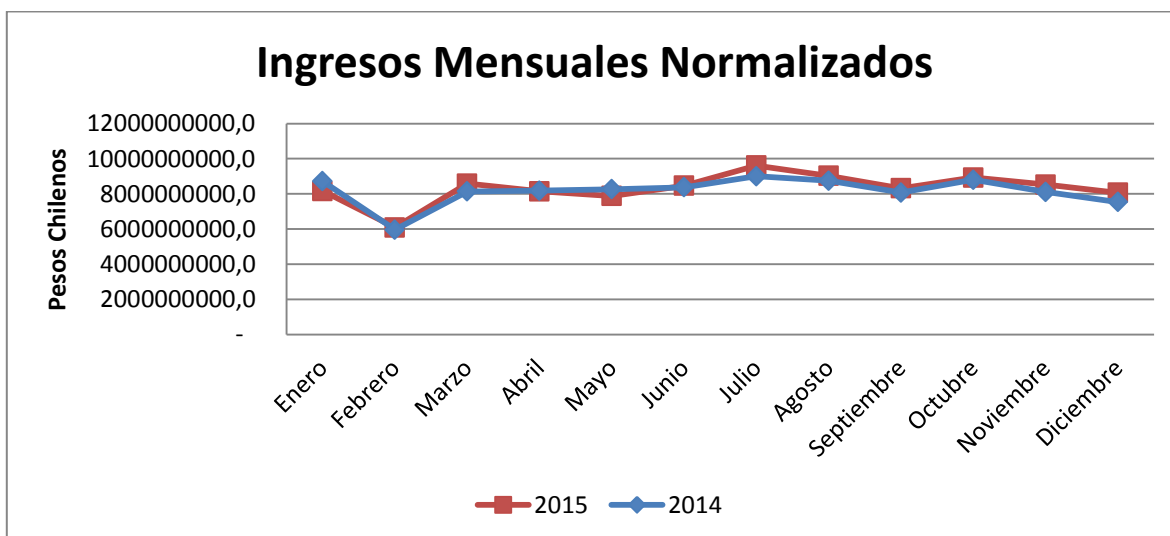


Ilustración 10 - Ingresos Mensuales Normalizados 2014-2015

Otro factor importante para el análisis realizado en esta memoria es la diferencia en las cantidades de cirugías realizadas semanalmente.



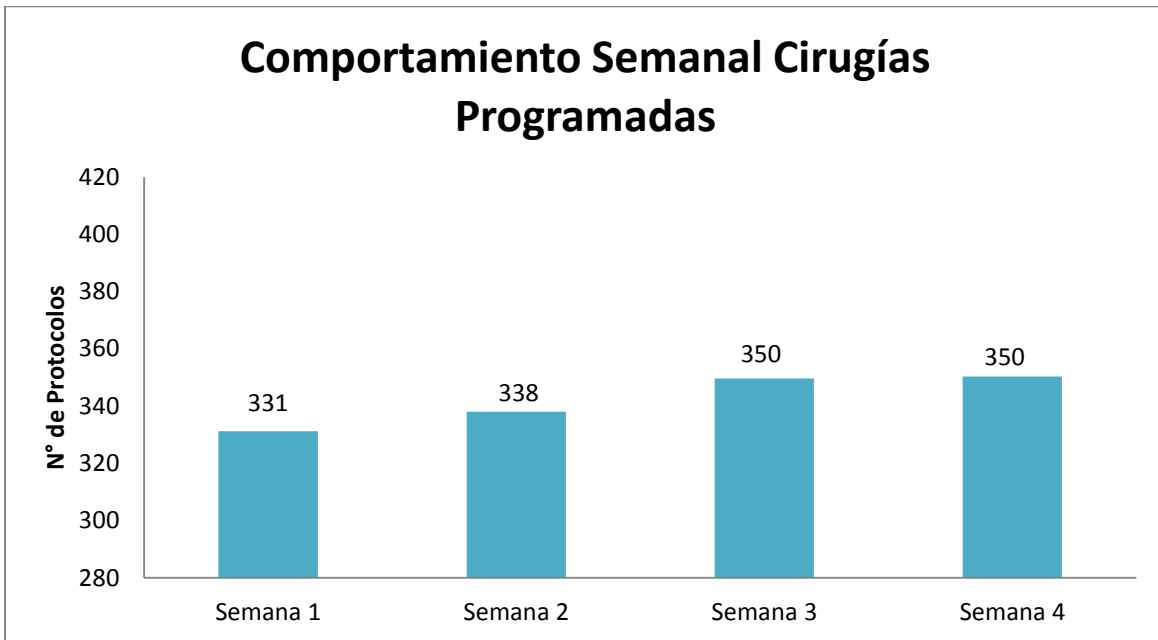


Ilustración 11 – Promedio Cantidad de Cirugías realizadas semanalmente 2014

Observando la Ilustración 11, es posible notar que la cantidad de cirugías semanales tiene un comportamiento estable de una semana a otra. Para realizar este gráfico se consideraron meses de 28 días y por lo tanto de cuatro semanas de 7 días cada uno, los cual dio un total de 53 semanas. Además, se retiraron 9 outliers que ensuciaban la muestra, en este caso, los feriados que son días en los cuales no se abre pabellón y la actividad de esas semanas baja considerablemente comparados con el resto.

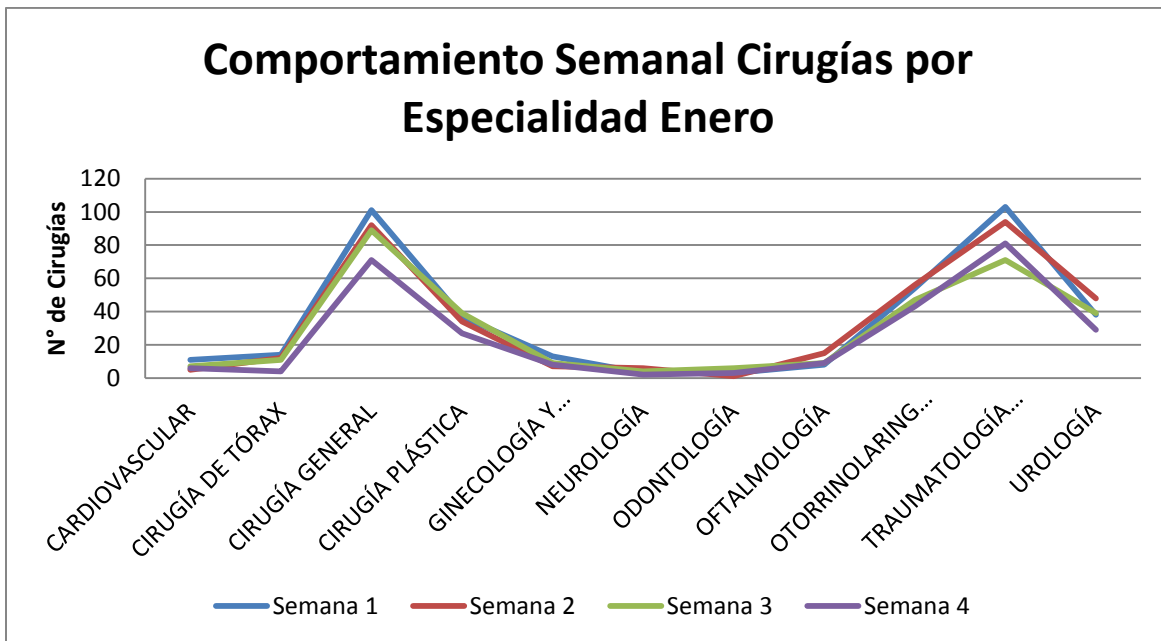


Ilustración 12 - Comportamiento Semanal por Especialidad Enero 2014

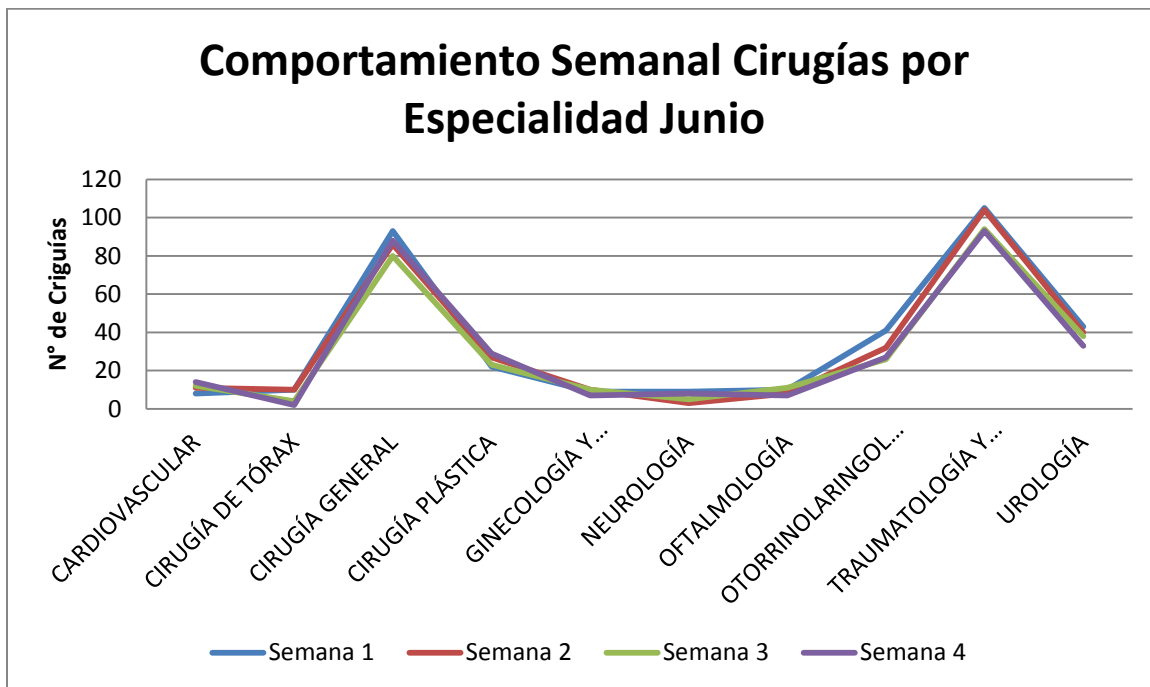


Ilustración 13 - Comportamiento Semanal por Especialidad Junio 2014

En la Ilustración 12 e Ilustración 13 , se puede ver más en detalle que las cantidades de cirugías por especialidad no sufren cambios considerables dentro de las semanas de un mes. Se escogieron los meses de enero y junio porque no tienen feriados y son meses de baja y alta demanda, respectivamente, en la Clínica Santa María.

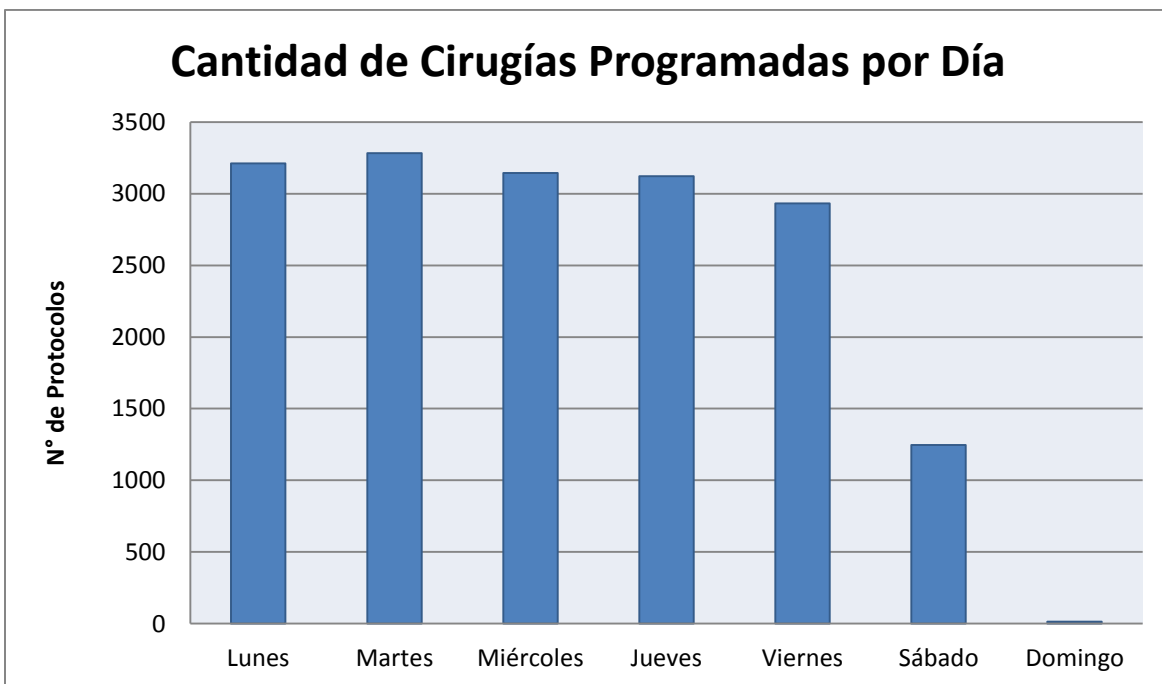


Ilustración 14 - Cantidad Total de Cirugías por día del año 2015

En la Ilustración 14, donde se muestra el número de cirugías programadas que se han realizado por día en el año 2014, se puede notar que se mantiene relativamente constante la cantidad de protocolos. El sábado hay una baja debido a que no todos los pabellones están disponibles, estando abiertos solo 6 salas de cirugías, cinco de ellos desde las 8:00 y el restante a las 7:00, cerrando a las 20:00 todos ellos. Por último, el domingo no están disponibles las salas de pabellones para cirugías programadas, habiendo solo 13 cirugías el 2014 por casos excepcionales.

Realizar pronósticos mensuales de la cantidad de cirugías no es errado si se considera que dentro del mes el número de intervenciones se comporta constante con una tabla quirúrgica semanal.

La Clínica Santa María tiene un mix de prestaciones que pertenecen a distintas especialidades, según la demanda y capacidad que se le asigna a cada especialidad existen grandes diferencias en las cantidades de cirugías. En la Tabla 18 están las cantidades de cirugías realizadas el año 2015 por cada especialidad, esta clasificación es por medio de la especialidad del médico encargado de la cirugía. Es necesario mencionar esto, puesto que también es posible categorizar las cirugías según la especialidad de la prestación, pero dado que los bloques de tiempo de la tabla quirúrgica están asignados a médicos y especialidades de los médicos, se tomará en cuenta la primera manera de clasificar las operaciones.

Tabla 18- Cantidad de Cirugías por especialidad 2015

ESPECIALIDAD	# Cirugías
CARDIOVASCULAR	519
CIRUGÍA DE TÓRAX	338
CIRUGÍA GENERAL	4566
CIRUGÍA PLÁSTICA	1230
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	469
MEDICINA INTERNA	9
NEUROLOGÍA	218
ODONTOLOGÍA	107
OFTALMOLOGÍA	478
ONCOLOGÍA	1
OTORRINOLARINGOLOGÍA	1876
OTRAS ESPECIALIDADES	6
TERAPIA DEL DOLOR Y ANESTESIOLOGIA	9
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	5188
UROLOGÍA	2028
<b>Total general</b>	<b>17042</b>

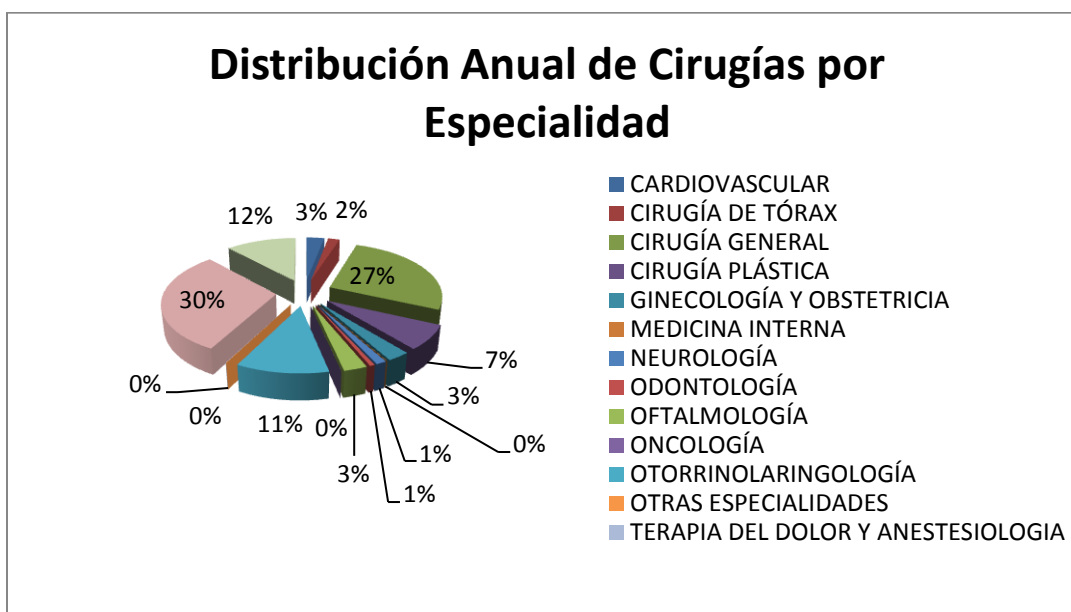


Ilustración 15 - Distribución Anual de Cirugías por Especialidad 2015

La especialidad de la que se realizan más cirugías es Traumatología y Ortopedia, seguido por Cirugía General, las dos juntas sumando un 56% de las cirugías realizadas en los pabellones. Las cirugías de Traumatología y Ortopedia tienen una ventaja, la mayoría son cirugías cortas que no requieren muchos recursos para realizarlas, esta es una de las razones del porqué es la especialidad con más cirugías anuales.

Este análisis de las cirugías programadas será ocupado para la estimación de demanda de este tipo de intervenciones.

En este capítulo es posible ver que existe una estacionalidad de la demanda de cirugías programadas, por lo que es posible realizar una estimación de la demanda por medio de series de tiempo y regresión lineal, considerando algunas variables externas que pueden afectar la cantidad de cirugías que se realizan mensualmente en la Clínica Santa María. Además, fue posible notar las diferencias que hay entre los pabellones, las cuales se reflejarán en las restricciones que se ocuparán en el modelo de optimización

## **9. ESTIMACIÓN DE DEMANDA**

En este capítulo se estimarán las cirugías de urgencias y las programadas para el año 2015.

El pronóstico de las cirugías de urgencia se realizará para saber cuántos pabellones deben de estar disponibles exclusivamente para satisfacer la demanda de este tipo de intervenciones. Esta predicción se estudiará mediante el desarrollo de modelos de pronóstico de demanda usando regresión lineal y series de tiempo.

Para el caso de las cirugías programadas es necesario obtener un pronóstico de demanda por especialidad médica, puesto que el modelo de optimización busca encontrar la cantidad de tiempo óptima que debe ser asignada a cada especialidad para aumentar la utilización del pabellón. Se usaron dos metodologías para realizar esta predicción:

1. **Análisis por especialidad:** Se analizó cada una de las especialidades que dispone la Clínica Santa María por separado (Cardiovascular, Cirugía de Tórax, Cirugía General, Cirugía Plástica, Ginecología y Obstetricia, Neurología, Odontología, Oftalmología, Otorrinolaringología, Traumatología y Ortopedia, Urología y Otras Especialidades), en busca de las variables que afectaban en la demanda de cada una de ellas. Estas variables fueron consideradas para construir los modelos de predicción y tener valores más precisos.
2. **Clustering:** Se crearon conjuntos o clústeres con los distintos tipos de cirugías, según la estacionalidad mensual. Con esta información es posible predecir la demanda con los distintos modelos de pronóstico (Series de Tiempo y Regresión Lineal) de manera agregada. Para obtener la demanda desagregada, o sea la demanda de cada una de las prestaciones que ofrece la clínica, se debe calcular el peso que tiene cada intervención en su respectivo clúster y se obtendrá una cifra aproximada de la demanda.

Finalmente, se compararon las dos metodologías con los datos reales del 2015 mediante el indicador de ajuste MAD y de esta manera usar los valores pronosticados más precisos en los siguientes capítulos.

### **9.1 Cirugías de Urgencia**

La Clínica Santa María tiene el pabellón 10 reservado exclusivamente para cirugías de urgencia, puesto que en caso de llegar un paciente en estado de gravedad ingresarlo directamente.

La calidad de los datos entregados por la clínica es buena, ya que todo paciente que se interviene en la institución es registrado por el sistema. Los datos

sólo fueron agrupados de manera mensual, ya que se encuentran detallados de manera diaria y por último, se eliminaron los outliers, 7% de los datos iniciales, que provienen de mala manipulación de los datos por parte del personal.

La estimación de demanda se realizará de manera mensual. En la Tabla 19 se puede apreciar la cantidad de cirugías de urgencia que se han llevado a cabo desde el año 2008 al 2014. Luego, en la Ilustración 16 se ve claramente el comportamiento que ha tenido durante estos años las cirugías de urgencia mes a mes, pudiendo apreciarse cierta tendencia y estacionalidad. Los incrementos anuales que han existido en la cantidad de cirugías de urgencia se deben por el aumento en las consultas de urgencias que ha tenido la clínica durante estos años.

Con respecto a la estacionalidad, existe una fuerte baja en la demanda en el mes de febrero por la temporada de vacaciones y un gran aumento en temporada de invierno, que se debe a las bajas temperaturas y contaminación del aire que provocan enfermedades respiratorias.

Tabla 19 - Cantidad de Cirugías de Urgencia 2008-2014

Mes/Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Enero	238	258	260	278	277	319	362
Febrero	206	196	212	232	244	256	243
Marzo	271	247	237	267	299	271	301
Abril	216	175	226	254	267	263	297
Mayo	233	186	242	264	243	285	327
Junio	205	192	235	213	241	262	283
Julio	231	200	238	216	270	337	283
Agosto	249	220	250	241	273	285	323
Septiembre	207	203	246	266	247	314	305
Octubre	272	244	273	262	279	375	363
Noviembre	235	246	268	272	259	298	313
Diciembre	251	207	254	270	263	325	329
<b>Total</b>	<b>2814</b>	<b>2574</b>	<b>2941</b>	<b>3035</b>	<b>3162</b>	<b>3590</b>	<b>3729</b>

El incremento de las cirugías de urgencia desde el 2010 se debe a la ampliación de la unidad de urgencia que se inició el 2009. La baja considerable en el año 2009 es debido a que en este año se mantuvo cerrado gran parte de la unidad de urgencia para efectuar las remodelaciones.

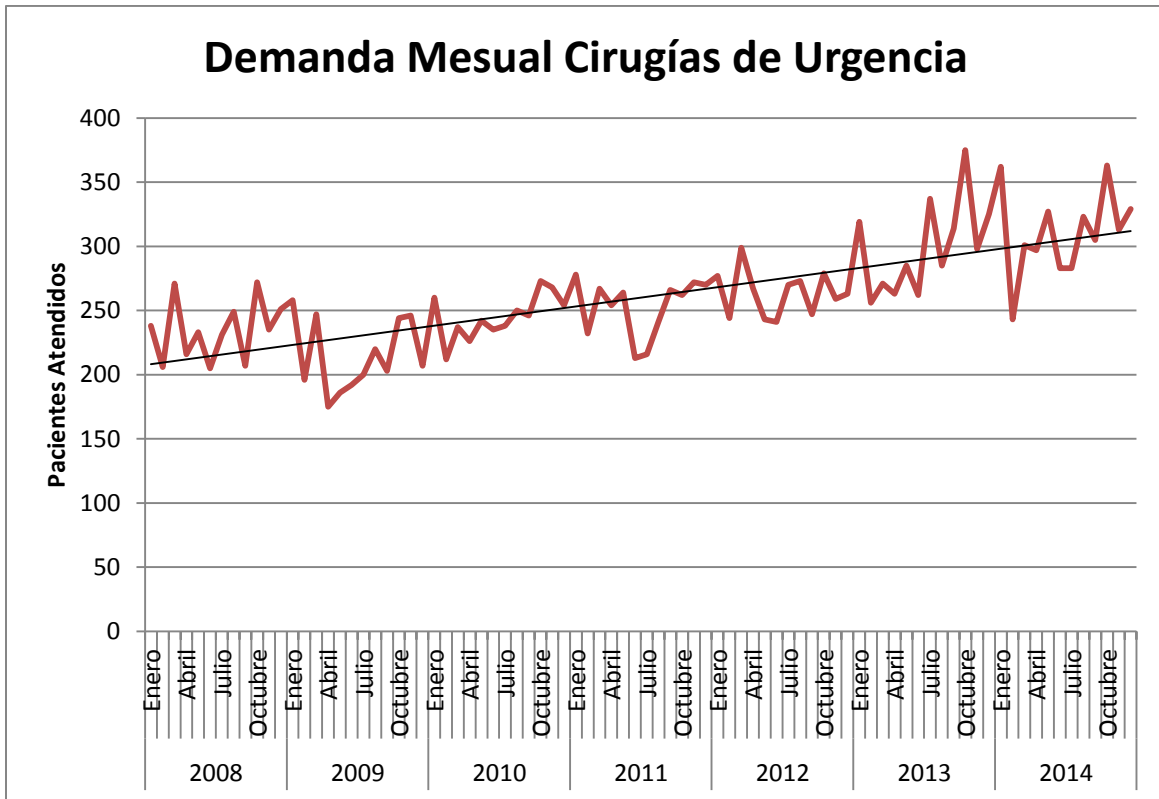


Ilustración 16 - Demanda Mensual de Cirugías de Urgencia 2008-2014

Para realizar los pronósticos se aplicaron dos modelos: Regresión Lineal y Series Temporales. La validación de los modelos entregados fue por medio de comparación de los valores del MAPE.

### 9.1.1 Regresión Lineal

La regresión lineal permite realizar cálculos predictivos de la variable dependiente, en este caso la cantidad mensual de pacientes que ingresan por urgencia al pabellón. Se consideran un conjunto de variables independientes que pueden explicar el comportamiento de los pacientes atendidos, este modelo es calibrado con datos históricos para que luego pueda ser usado para predecir la cantidad de pacientes futuros. Las variables usadas en un principio para este modelo son las siguientes:

Variable dependiente:

- $Y_{i,j} =$  Cantidad de cirugías para mes  $i$  año  $j$



Variables independientes:

- $X_{i-1,j} =$  Cantidad de cirugías para mes  $i - 1$ , año  $j$
- $X_{i-2,j} =$  Cantidad de cirugías para mes  $i - 2$ , año  $j$
- $X_{i,j-1} =$  Cantidad de cirugías para mes  $i$ , año  $j - 1$
- $X_{i,j-2} =$  Cantidad de cirugías para mes  $i$ , año  $j - 2$
  
- $Enero_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Enero} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Febrero_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Febrero} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Marzo_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Marzo} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Abril_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Abril} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Mayo_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Mayo} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Junio_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Junio} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Julio_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Julio} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Agosto_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Agosto} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Septiembre_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Septiembre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Octubre_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Octubre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $Noviembre_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } i \text{ corresponde a Noviembre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$

Para no sesgar el modelo con variables explicativas que no agregan valor, fueron realizadas varias regresiones para determinar las que entregan unos coeficientes significativos, por medio de la herramienta de análisis de datos de Excel, observado el p-valor que sea menor a 0,05, por lo tanto considerando un criterio de significancia de un 95%. Los valores menores al p-valor escogido según la precisión que se requiera permiten rechazar la hipótesis de que el coeficiente que acompaña a dicha variable independiente es igual a 0. Finalmente, se muestra a continuación en la Tabla 20 los valores de los betas que acompañan cada variable, con su error típico, el estadístico t y su respectiva probabilidad.

Tabla 20 - Resultados Regresión Lineal

<i>Betas</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Intercepción	42,561	20,134	2,114	0,038
Cantidad -1	0,432	0,086	5,038	0,000
Cantidad-2	0,413	0,085	4,872	0,000
Enero	28,052	9,972	2,813	0,006
Febrero	-46,472	10,366	-4,483	0,000
Junio	-18,345	10,053	-1,825	0,073
Octubre	33,296	9,973	3,339	0,001

Para realizar una comparación de los distintos modelos serán utilizadas tres métricas que fueron mencionados en el marco teórico:  $R^2$  (Coeficiente de Determinación), MAPE y MAD.

Se obtiene un MAPE igual a 10,06% que indica que el pronóstico tiene la capacidad de predecir las cantidades de pacientes de urgencia teniendo en promedio un error (MAD) de 27,55 pacientes por mes, lo que equivale considerando que el pabellón de urgencia funciona los siete días de la semana, a un error de menos de un paciente por mes. Además, el modelo logra capturar 70% de la varianza de los datos, que equivale al coeficiente de determinación entregado por el modelo.

Para calibrar el modelo se utilizaron los datos del 2008 al 2014, por lo que el paso siguiente es el pronóstico de los pacientes que se atenderán en urgencia el 2015. En la Tabla 21 es posible ver la cantidad real y el pronóstico para cada mes del año, también se agregó el MAPE y el MAD de la predicción del modelo.

Tabla 21 - Pronóstico pacientes de urgencia Regresión Lineal 2015

Fecha	Pacientes Real	Pronóstico	MAPE (%)	Diferencia Absoluta de pacientes (Mensual)
2015-01	308	355,84	15,53%	47,84
2015-02	245	279,15	13,94%	34,15
2015-03	364	310,21	14,78%	53,79
2015-04	333	291,92	12,34%	41,08
2015-05	312	296,86	4,85%	15,14
2015-06	309	273,09	11,62%	35,91
2015-07	305	283,21	7,14%	21,79
2015-08	309	277,76	10,11%	31,24
2015-09	318	279,58	12,08%	38,42
2015-10	316	311,41	1,45%	4,59
2015-11	314	292,62	6,81%	21,38
2015-12	350	297,66	14,95%	52,34
<b>Promedios Ponderados</b>			<b>10,47%</b>	<b>33,14</b>

El MAPE promedio ponderado es igual a un 10,47% siendo aceptable este valor, ya que sólo sobrepasa por una fracción el error de un paciente por mes. A continuación, se presentará en la Ilustración 17 gráficamente el pronóstico de los pacientes contrastado con los valores reales.

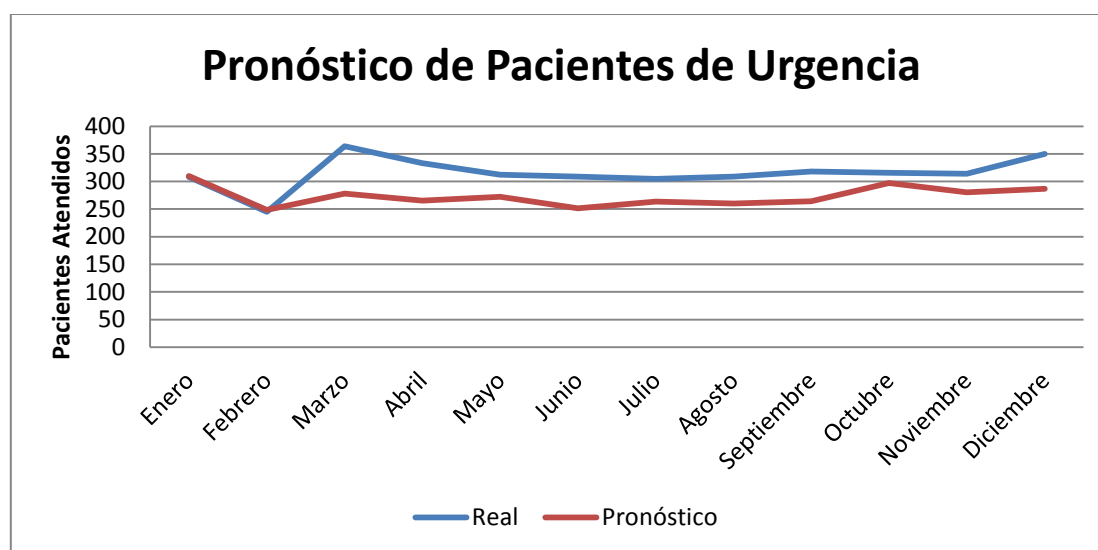


Ilustración 17 - Pronóstico Pacientes de Urgencia 2015

### 9.1.2 Series de Tiempo

Para analizar los datos por medio de series de tiempo se realizan unos test en un principio por medio del software R y EViews. En la Ilustración 18 se aprecia cada componente de la serie temporal de cirugías de urgencia realizada por el programa R, donde se puede notar los datos observados (observed), tendencia (trend), seasonal (estacionalidad) y por último, la componente aleatoria (random), componente que se analiza para obtener el modelo de serie de tiempo que se ajusta los datos observados.

El modelo se calibró utilizando las cantidades mensuales de cirugías de urgencia con datos del 2008 al 2014, para luego finalmente validar el modelo con el año 2015.

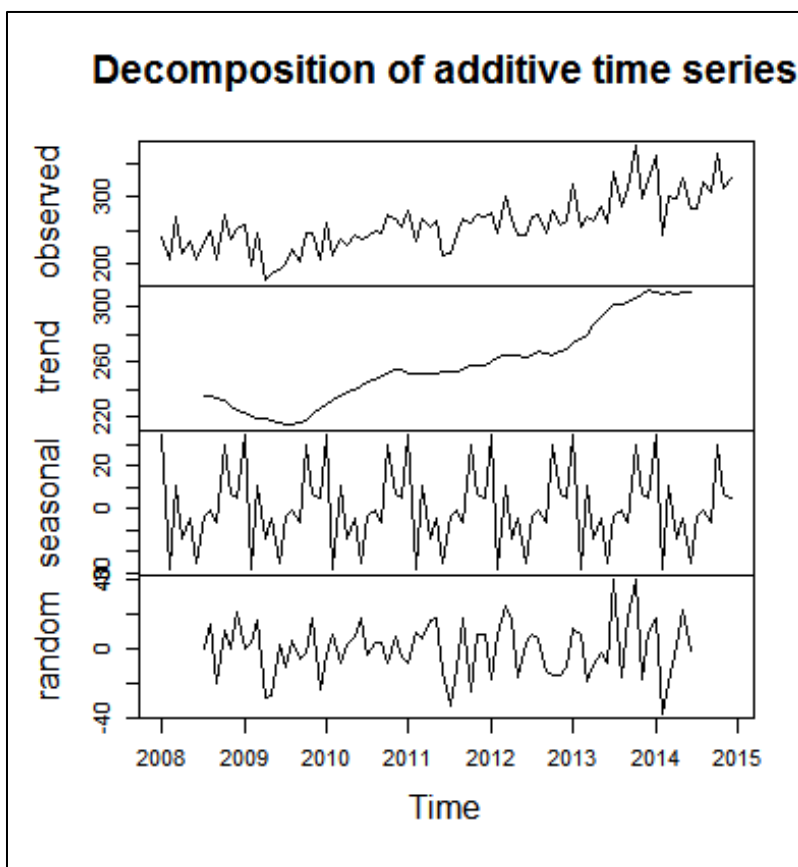


Ilustración 18 - Descomposición de las componentes de la Serie Temporal de las Cirugías de Urgencia

Es necesario estudiar el correlograma de una serie temporal para analizar la rapidez que la autocorrelación se acerca a cero. Para el caso de la serie que se está analizando, la tendencia es lenta por lo que es necesario realizar otros test para comprobar la estacionalidad de la serie.

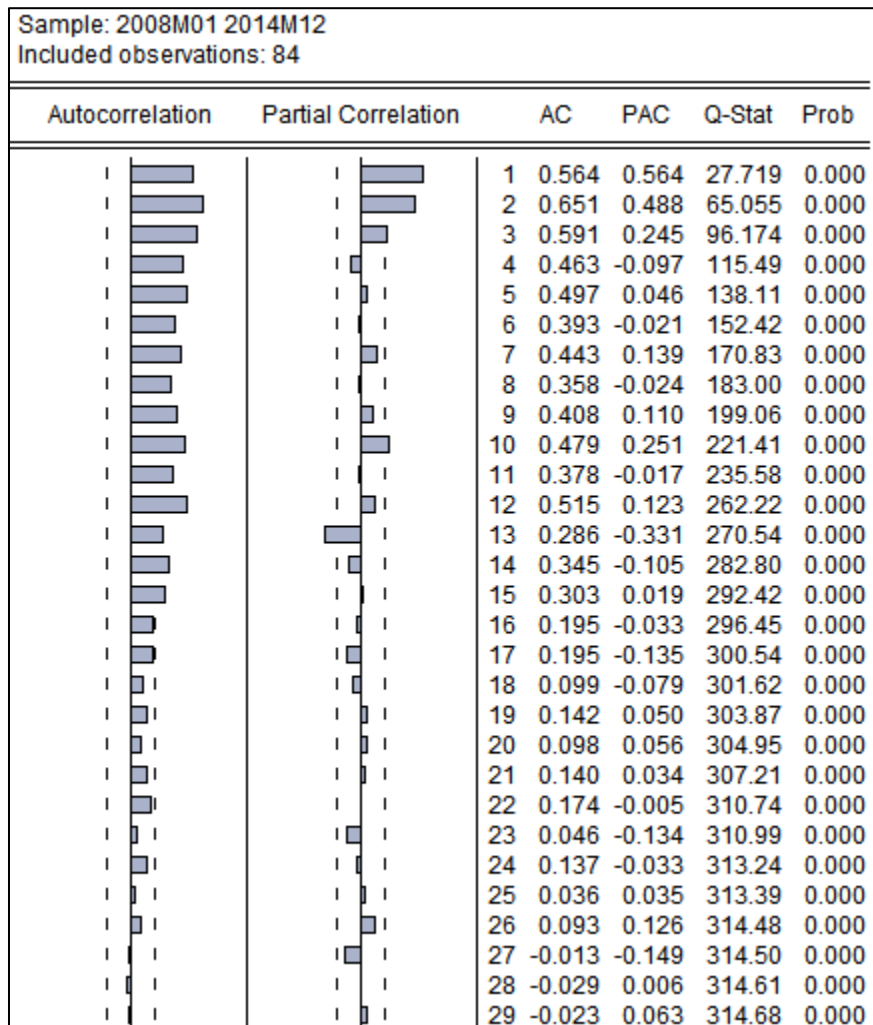


Ilustración 19 - Correlograma sin diferenciar Serie Temporal de las Cirugías de Urgencia

El correlograma sólo entrega una simple intuición sobre la estacionalidad de una serie, por lo que se aplicó el Test Dickey- Fuller para corroborar la información entregada por la herramienta anterior. Este test entrega un valor que debe ser comparado con el estadístico t con los valores críticos 1%,5% y 10%, dependiendo el grado de confianza que se requiera. Si el valor absoluto del test es menor a los criterios se rechaza la hipótesis nula de existencia de que sus raíces son estacionarias. En el caso que la serie no es estacionaria, es necesario aplicar diferenciación hasta que se vuelva estacionaria. La serie de pacientes de urgencia fue necesaria diferenciarla una vez para que el test de Dickey-Fuller rechazara la hipótesis nula al 1%.

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-11.83990</b>	<b>0.0001</b>
Test critical values:		
1% level	-3.513344	
5% level	-2.897678	
10% level	-2.586103	

Ilustración 20 - Test Dickey-Fuller para pacientes de urgencia

Luego de haber realizado los tests necesarios para comprobar la estacionalidad de la serie, se aplicaron modelos SARIMA hasta encontrar el de menor MAPE. El modelo elegido fue el que entregó el menor valor MAPE, en la Tabla 22 se puede ver el pronóstico realizado con el modelo SARIMA (0,1,1)(0,1,1)(12), el cual fue el que mejor se ajustó a los datos.

Tabla 22 - Pronóstico SARIMA Cirugías de Urgencia 2015

Fecha	Pacientes Real	Pronóstico	MAPE (%)	Diferencia Absoluta
2015-01	308	354,50	15,10%	46,50
2015-02	245	291,01	18,78%	46,01
2015-03	364	333,98	8,25%	30,02
2015-04	333	310,78	6,67%	22,22
2015-05	312	323,63	3,73%	11,63
2015-06	309	299,99	2,92%	9,01
2015-07	305	322,09	5,60%	17,09
2015-08	309	330,42	6,93%	21,42
2015-09	318	324,58	2,07%	6,58
2015-10	316	366,47	15,97%	50,47
2015-11	314	335,89	6,97%	21,89
2015-12	350	340,49	2,72%	9,51
<b>Promedios Ponderados</b>			<b>7,98%</b>	<b>24,36</b>

El poder predictivo de la serie de tiempo es mayor que la entregada por la regresión lineal si se compara con la métrica del MAPE, dado que entrega menor error en el pronóstico realizado versus los datos reales.

La cirugía promedio de urgencia es de 1,7 horas, la cual multiplicado por la cantidad de pacientes de urgencia de marzo (mes con mayor cantidad cirugías de urgencia) da un total de 618,8 horas, siendo la capacidad mensual del pabellón de

urgencia de 744 horas (24 horas por 31 días) suficiente para atender a todos los pacientes de urgencia.

## **9.2 Cirugías Programadas o Electivas**

La Clínica Santa María consta con más de 1000 tipos de prestaciones distintas de 15 diferentes especialidades médicas. Es posible realizar una predicción de demanda de cada cirugía, pero existen muchas cirugías que no tienen información suficiente para realizar un buen pronóstico. Dado esto, se realizarán dos métodos distintos para abarcar este sub-problema: Análisis por especialidad y Clustering.

Los dos métodos fueron calibrados usando los datos del 2008 al 2014. Luego, el año 2015 se utilizó para validar los resultados del pronóstico.

Para comparar la eficiencia de los dos métodos se utilizará el MAD, contrastando el porcentaje del total de cirugías por especialidad calculado por cada procedimiento con el porcentaje real de cada especialidad del 2015.

### **9.2.1 Análisis por Especialidad**

Las especialidades tienen sus propios comportamientos mensuales, ya que cada una depende de factores externos distintos. A continuación, se analizarán las curvas de demanda mensuales de las especialidades con mayor variabilidad y las que tienen mayores cantidades de cirugías mensuales, por medio de una breve explicación de su comportamiento. Los gráficos para este análisis se elaboraron con respecto a las cantidades de cirugías realizadas en cada mes del 2011 al 2014. Los comportamientos de las especialidades no consideradas en este capítulo están en el Anexo D.

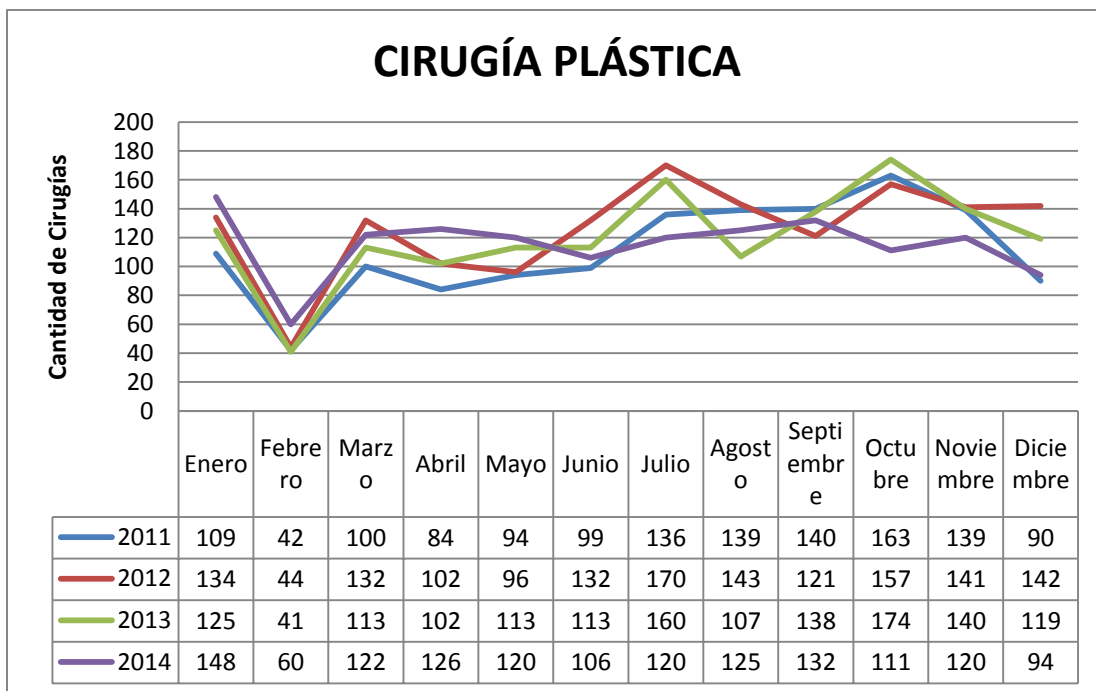


Ilustración 21 – Cantidad de Cirugías Plásticas 2011-2014

La “Cirugía Plástica” se define como una especialidad de la medicina quirúrgica que se caracteriza por la aplicación de una serie de procedimientos correctivos para restaurar y/o modificar la apariencia de alguna zona del cuerpo considerada antiestética, estos procedimientos se realizan sobre una persona sana y son de tipo electivos.

En todas las sociedades y grupos humanos existen contradicciones, aquí si bien hablamos de que actualmente se despliega un aumento de la individuación ésta convive con una serie de acciones que se realizan en conjunto, un ejemplo de ello es la configuración de la identidad grupal, la cual presenta un fenómeno relacionado con la globalización, en la que algunos sectores sociales participan de manera tal que hacen uso de las mismas tendencias surgidas en otras entidades geográficas como, por ejemplo, la tecnología, la moda, los peinados, la comida rápida y las cirugías, bajo la creencia que son elecciones y decisiones personales [19]. De esta manera la globalización avanzada, el desarrollo de nuevas tecnologías y el deseo importante de reinención inmediata han sido determinantes en la consolidación de esta nueva práctica social sobre el cuerpo provocado un alza en las cirugías estéticas durante los últimos años.

Además de existir un incremento en este tipo de cirugías, ésta tiene un comportamiento mensual marcado. Tiene su baja más significativa en febrero debido al periodo de vacaciones, la cual es considerada temporada baja. Esto se debe a que la mayor parte se va fuera de Santiago, incluyendo muchos médicos que no operan en este periodo. El peak de este tipo de cirugías está en septiembre, esto se debe a que las prestaciones dentro de esta especialidad son principalmente estéticas y son necesarios tres meses de reposo sin exposición al sol de la herida



para mejorar la cicatrización y finalmente poder mostrar los resultados finales sin inconvenientes de la operación en los meses de verano.

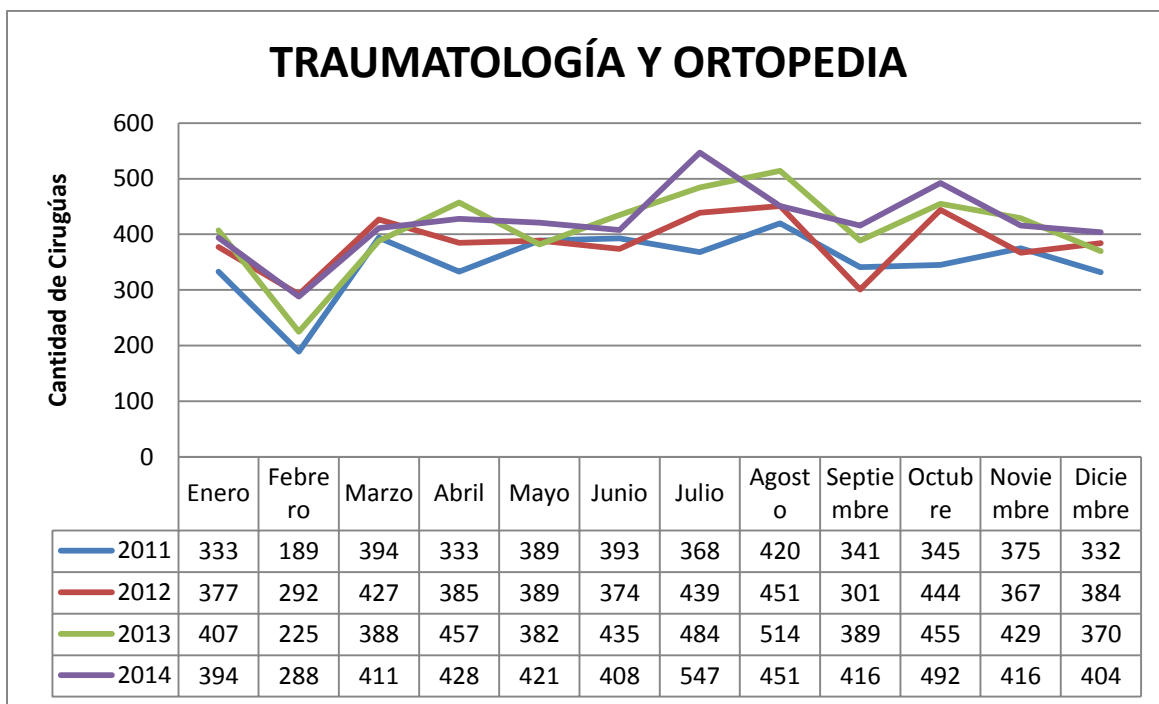


Ilustración 22 – Cantidad de Cirugías Traumatológicas y Ortopédicas 2011-2014

La especialidad “Traumatología” se ocupa principalmente de los traumatismos y lesiones del aparato locomotor, o sea columna y extremidades. Estas lesiones pueden comprometer otras partes del cuerpo como huesos, ligamentos, músculos, tendones y articulaciones.

La “Ortopedia” se dedica a la corrección de malformaciones congénitas adquiridas y a evitar las deformaciones del sistema músculo esquelético del cuerpo humano a través de cirugías y ejercicios corporales.

El servicio de “Traumatología y Ortopedia” que entrega la Clínica Santa María tiene subespecialidades, en las que se encuentran mano, columna, cadera, pelvis, rodilla, tobillo, pie, tumores, medicina deportiva, entre otros.

Esta especialidad tiene su baja en los meses de vacaciones (diciembre, enero y febrero) por las razones ya escritas. Empieza su alza en el mes de marzo que es cuando la mayoría ha vuelto a Santiago e inicia el año escolar donde muchos niños asisten a la clínica por accidentes ocurridos en estas instituciones. El peak más alto ocurre en julio con el inicio de la temporada de deportes de nieve, donde la cantidad de accidentes aumenta y por ende, hay un incremento en la demanda de cirugías de traumatología y ortopedia.

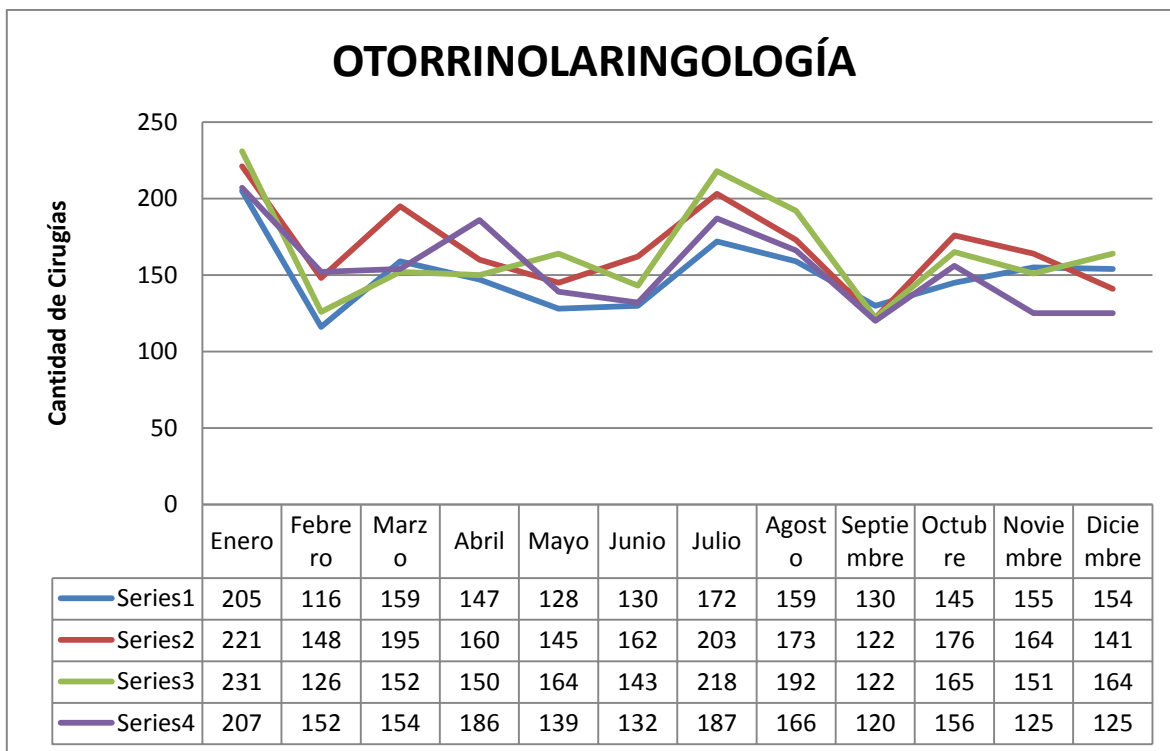


Ilustración 23 – Cantidad de Cirugías Otorrinolaringológicas 2011-2014

La especialidad “Otorrinolaringología” se dedican al manejo y tratamiento de pacientes con enfermedades del oído, garganta, nariz y estructuras relacionadas de la cabeza y del cuello. Esta especialidad está fuertemente influenciada con las bajas temperaturas y la humedad del ambiente, por lo que en julio y agosto que se consideran los meses más fríos por la llegada del invierno a Santiago, se encuentran la mayor parte de las cirugías de este tipo.

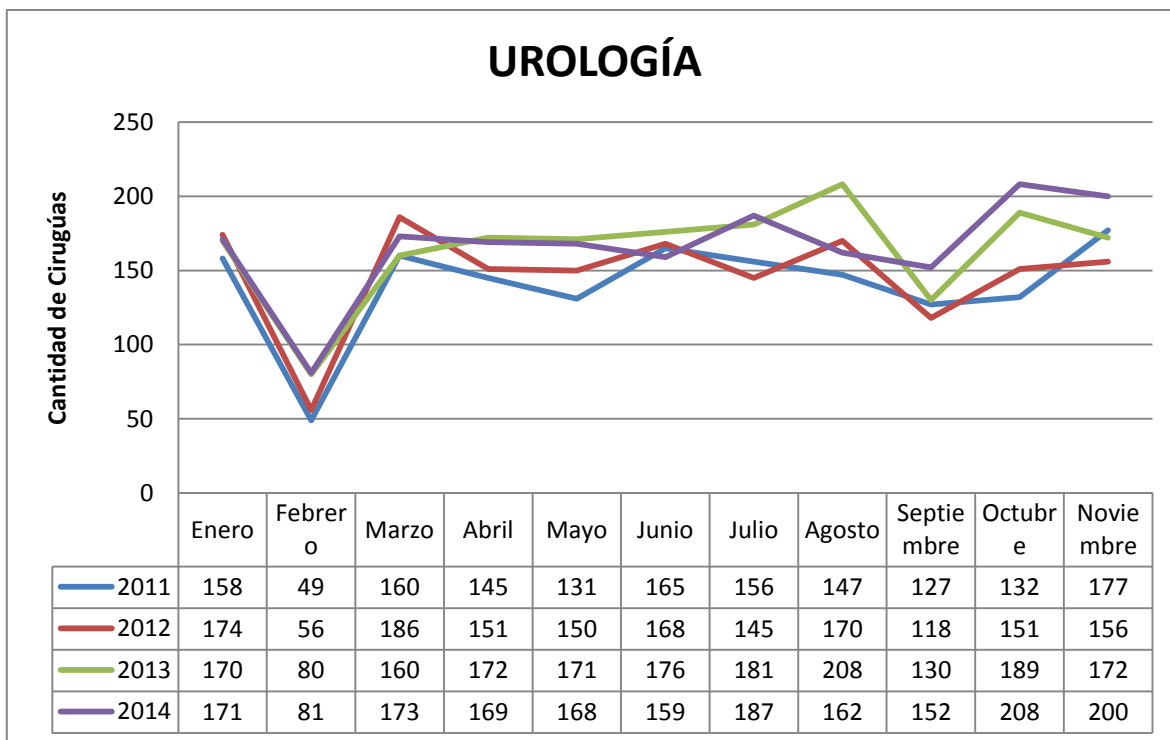


Ilustración 24 – Cantidad de Cirugías Urológicas 2011-2014

La “Urología” tiene como ámbito anatómico de actuación el riñón, las vías urinarias y el aparato genital masculino. Esta especialidad médico-quirúrgica es la que se ocupa en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades morfológicas renales y de las del aparato urinario que afectan ambos sexos; así como enfermedades del aparato genital masculino.

El 20,3% de las cirugías de esta especialidad son de la prestación circuncisión<sup>8</sup>, por lo que su demanda está influenciada fuertemente por la cantidad de nacimientos mensual. Con base en los datos del Registro Civil, el mes en que en promedio nacen más niños en Chile es enero. No obstante, si se considera por estación del año, es la primavera cuando se registran más nacimientos, especialmente en los meses de octubre y noviembre<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Operación quirúrgica en la cual se extirpa total o parcialmente el prepucio del pene humano, quedando el glande permanentemente al descubierto.

<sup>9</sup> Fuente: “Sepa cuáles son los meses en que nacen y mueren más chilenos”. El Mercurio, 2013



Ilustración 25 - Total de nacimientos por estación entre 2000 y 2013  
(Fuente: Sepa cuáles son los meses en que nacen y mueren más chilenos. El Mercurio, 2013)

La explicación a este extraño fenómeno se remonta a los meses que fueron concebidos, o sea nueve meses antes. Los que nacieron en octubre y noviembre, fueron concebidos en enero y febrero, que corresponden a los meses de verano. Esta época estival por distintos factores aumenta la frecuencia con que las parejas mantienen relaciones sexuales e incremental posibilidad de fecundar.

Al ver en la Ilustración 24 el comportamiento de cirugías de Urología, se puede notar que en enero, octubre y noviembre se encuentran las mayores cantidades de operaciones de esta especialidad, lo que coincide con los nacimientos mensuales.

Las otras especialidades no tienen muchos cambios en las demandas mensuales, dado que no hay factores externos que influyan fuertemente como las mencionadas anteriormente. A pesar de no tener fluctuaciones fuertes, tienen en común la baja que se da en febrero por la temporada de verano y un alta en vacaciones de invierno, ya que en esas dos semanas de vacaciones en julio da el tiempo para realizar las cirugías y su respectivo reposo necesario post- operación.

Como cada especialidad tiene sus variables independientes que afectan de distinta manera. Por ello se construirá un modelo distinto por medio de regresión lineal y series de tiempo para cada una de las especialidades médico-quirúrgicas: Cardiovascular, Cirugía de Tórax, Cirugía General, Cirugía Plástica, Ginecología y Obstetricia, Neurología, Odontología, Oftalmología, Otorrinolaringología, Traumatología y Ortopedia, Urología y Otras especialidades, las cuales incluyen Terapia del Dolor y Anestesiología, Gastroenterología, Oncología y Medicina Interna.

Primero se modelará cada especialidad usando series de tiempo sin agregar las variables externas, para luego ver cada una en detalle por medio de modelos de regresión lineal. Se compararán los modelos obtenidos y se escogerá el que entregué el menor error promedio para cada una de las especialidades.

### 9.2.1.1 Series de Tiempo

Se procedió a buscar el modelo que se acopla mejor a la serie de tiempo de cada especialidad por medio del programa R y luego se predijo la cantidad de cirugías por especialidad en el año 2015.

Tabla 23 - Tipo de Serie de Tiempo y MAD para cada Especialidad

ESPECIALIDAD	Tipo	MAD
CARDIOVASCULAR	(0,0,0)(1,1,0)[12]	7,98
CIRUGÍA DE TÓRAX	(1,0,0)(1,0,0)[12]	7,36
CIRUGÍA GENERAL	(2,1,0)(1,0,0)[12]	24,50
CIRUGÍA PLÁSTICA	(0,0,0)(1,0,0)[12]	17,42
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	(1,0,1)(1,0,0)[12]	4,13
NEUROLOGÍA	(0,0,0)(1,0,0)[12]	5,65
ODONTOLOGÍA	(0,0,0)	2,67
OFTALMOLOGÍA	(0,0,0)	8,03
OTORRINOLARINGOLOGÍA	(0,0,0)(1,0,0)[12]	15,56
OTRAS ESPECIALIDADES	(0,0,0)	4,33
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	(0,0,0)(1,1,0)[12]	35,91
UROLOGÍA	(3,1,0)(1,0,0)[12]	12,17
<b>PROMEDIO PONDERADO</b>		<b>12,14</b>

Cada especialidad se comporta como una serie temporal distinta, esto se puede ver en la Tabla 23, en donde esta explicitado que tipo de SARIMA es cada una y el error promedio entre los datos pronosticados y los datos reales del 2015 para cada una de las especialidades. El MAD promedio del pronóstico realizado con series de tiempo es de 12,14 cirugías mensuales, siendo el máximo de estos valores el error de traumatología y ortopedia, debido a la alta variabilidad que tiene no está siendo justificada en las componentes temporales. Considerando lo anterior es necesario incluir variables externas para realizar el pronóstico para algunas de estas especialidades que no se explican bien con el método actual.

### 9.2.1.2 Regresión Lineal

A continuación, se construirá un modelo matemático para cada una de las especialidades. Se usarán las siguientes variables explicativas para generar el modelo:

- $X_{1t} =$  Cantidad de cirugías de la especialidad para mes  $t - 1$  año  $j$
- $X_{2t} =$  Cantidad de cirugías de la especialidad para mes  $t - 2$  año  $j$
- $X_{3t} =$  Cantidad de cirugías de la especialidad para mes  $t - 3$  año  $j$
- $X_{4t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Enero} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{5t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Febrero} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{6t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Marzo} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{7t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Abril} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{8t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Mayo} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{9t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Junio} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{10t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Julio} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{11t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Agosto} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{12t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Septiembre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{13t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Octubre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{14t} = \begin{cases} 1 & \text{Si el mes } t \text{ corresponde a Noviembre} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$
- $X_{15t} =$  Temperatura promedio en el mes  $t$
- $X_{16t} =$  Cantidad de nacimientos de hombres vivos

Al igual que como se hizo con las cirugías de urgencia, se mantendrán las variables que sean significativas según un nivel de confianza del 95% por lo que cada modelo será distinto uno del otro. Además, para las especialidades analizadas Otorrinolaringología y Urología en el principio de este capítulo se usarán los efectos externos en variables explicativas.

Para Otorrinolaringología se analizará el efecto de la temperatura ambiental promedio mensual en la cantidad de cirugías de este tipo. Estos datos se encuentran en el Anexo E y se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadísticas en sus informes anuales del medio ambiente.

La especialidad de Urología está afectada por la cantidad de nacimientos de hombres que hay en Santiago, dado que la prestación más popular en esta área es la circuncisión a bebés recién nacidos masculinos. Como se tiene la cantidad de recién nacidos mensual en el Anexo F, se debe multiplicar por la relación hombre/mujer que existe al nacer; de cada 100 niños que nacen 51 son hombres y 49 son mujeres.

Tabla 24 - Resultados Regresión Lineal, variables utilizadas y MAD

ESPECIALIDAD	Variables	MAD
CARDIOVASCULAR	$X_{5t}, X_{7t}, X_{8t}, X_{9t}, X_{10t}, X_{11t}, X_{13t}, X_{14t}$	5,86
CIRUGÍA DE TÓRAX	$X_{1t}, X_{4t}, X_{6t}, X_{11t}, X_{12t}, X_{13t}$	11,94
CIRUGÍA GENERAL	$X_{2t}, X_{3t}, X_{5t}, X_{11t}, X_{12t}$	29,23
CIRUGÍA PLÁSTICA	$X_{1t}, X_{4t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{10t}, X_{12t}, X_{13t}$	13,78
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	$X_{1t}, X_{2t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{11t}, X_{12t}, X_{13t}, X_{14t}$	4,16
NEUROLOGÍA	$X_{2t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{10t}, X_{14t}$	4,46
ODONTOLOGÍA	$X_{2t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{9t}, X_{10t}, X_{11t}, X_{12t}$	2,79
OFTALMOLOGÍA	$X_{2t}, X_{3t}, X_{5t}, X_{8t}, X_{13t}$	8,03
OTORRINOLARINGOLOGÍA	$X_{3t}, X_{4t}, X_{10t}, X_{11t}, X_{12t}$	15,41
OTRAS ESPECIALIDADES	$X_{2t}, X_{10t}$	3,07
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	$X_{2t}, X_{3t}, X_{5t}, X_{6t}, X_{7t}, X_{8t}, X_{10t}, X_{11t}, X_{12t}$	30,70
UROLOGÍA	$X_{2t}, X_{3t}, X_{5t}, X_{7t}, X_{8t}, X_{12t}, X_{14t}$	19,96
<b>PROMEDIO PONDERADO</b>		<b>12,45</b>

El MAD promedio total de las especialidades del pronóstico del 2015 realizado por medio de la regresión lineal es mayor que usando series temporales, pero en algunas de las especialidades es más bajo el error promedio con un modelo de regresión lineal. Dado lo anterior, se escogerán los mejores modelos para cada especialidad, para así finalmente obtener un MAD promedio total menor que si se tomará sólo un método.

### 9.2.1.3 Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual de cada Especialidad

El MAD promedio total de las especialidades del pronóstico del 2015 realizado por medio de la regresión lineal es mayor que usando series temporales, pero en algunas de las especialidades es más bajo el error promedio con un modelo de regresión lineal. Dado lo anterior, se escogerán los mejores modelos para cada especialidad, para así finalmente obtener un MAD promedio total menor que si se tomará sólo un método.

Tabla 25 - Modelo de Pronóstico para cada Especialidad

ESPECIALIDAD	Modelo de Pronóstico
CARDIOVASCULAR	Regresión Lineal
CIRUGÍA DE TÓRAX	Series de Tiempo
CIRUGÍA GENERAL	Series de Tiempo
CIRUGÍA PLÁSTICA	Regresión Lineal
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	Series de Tiempo
NEUROLOGÍA	Regresión Lineal
ODONTOLOGÍA	Series de Tiempo
OFTALMOLOGÍA	Regresión Lineal
OTORRINOLARINGOLOGÍA	Regresión Lineal
OTRAS ESPECIALIDADES	Regresión Lineal
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	Regresión Lineal
UROLOGÍA	Series de Tiempo

En la Tabla 25 es posible ver cual modelo fue elegido en cada caso, seleccionando para cada especialidad el con menor error absoluto. Las especialidades en las que fue escogida la regresión lineal tienen picos y valles muy marcados, que pueden ser correctamente ajustadas con las variables dummies mensuales usadas en el modelo.



Tabla 26 - Tiempos Promedios de Cirugía por Especialidad 2011-2014

ESPECIALIDAD	Promedio de Tiempo (Min)
UROLOGÍA	120
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	115
CIRUGÍA DE TÓRAX	127
CARDIOVASCULAR	211
OTORRINOLARINGOLOGÍA	120
CIRUGÍA PLÁSTICA	211
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	129
ODONTOLOGÍA	193
OFTALMOLOGÍA	95
NEUROLOGÍA	193
OTRAS ESPECIALIDADES	97
CIRUGÍA GENERAL	123

Como se tiene la demanda por especialidad, se multiplicaron estos valores por el tiempo promedio de cirugías de ese tipo calculado con los años del 2011 al 2014, los cuales están en la Tabla 27 y Tabla 28, y así obtener el tiempo de ocupación mensual de cada especialidad para el año 2015.

Tabla 27 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Enero – Junio 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	7481,4	3519,5	7481,4	8605,2	9502,6	9133,1
CIRUGÍA DE TÓRAX	4745,3	3251,3	3293,8	3921,9	3733,3	3858,4
CIRUGÍA GENERAL	48779,4	39045,7	47210,5	44756,5	48560,3	47889,4
CIRUGÍA PLASTICA	26639,6	9109,2	18035,0	22045,2	21362,6	21362,6
OTRAS ESPECIALIDADES	508,5	431,3	431,3	508,5	534,2	508,5
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5548,9	3899,8	5525,9	5586,0	4920,4	4814,5
NEUROLOGÍA	3372,8	2814,8	3858,7	3421,8	3334,7	3562,4
ODONTOLOGÍA	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0
OFTALMOLOGÍA	3628,8	1918,9	3559,2	3382,1	3790,5	3574,7
OTORRINOLARINGOLOGÍA	26324,7	17288,0	17288,0	18358,3	18563,3	17720,7
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	50573,2	34284,4	52554,7	49987,0	47586,4	51926,5
UROLOGÍA	22769,2	12831,1	21729,1	20641,4	21493,7	20125,3

Tabla 28 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Julio - Diciembre 2015

Especialidad	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	10083,3	10558,5	7481,4	7481,4	8658,0	8869,1
CIRUGÍA DE TÓRAX	4169,0	3920,4	4231,2	3485,2	4728,6	3796,0
CIRUGÍA GENERAL	49758,0	51380,4	44374,1	51640,1	49460,3	47110,7
CIRUGÍA PLASTICA	31696,5	24690,2	25896,7	29519,7	23581,0	22983,8
OTRAS ESPECIALIDADES	751,4	431,3	457,0	457,0	457,0	534,2
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4589,1	5378,5	4745,0	5300,6	3947,9	4265,9
NEUROLOGÍA	3372,8	3302,0	3378,2	3372,8	2757,7	3361,9
ODONTOLOGÍA	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0	1607,0
OFTALMOLOGÍA	3577,2	3533,6	3500,0	4310,9	3487,3	3615,6
OTORRINOLARINGOLOGÍA	23268,0	20324,1	15224,3	18631,6	18608,8	17379,1
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	55916,2	52767,4	43930,7	55638,1	49661,3	48346,1
UROLOGÍA	22929,3	20450,1	19644,8	24870,1	24159,4	20223,4

Los tiempos obtenidos de las tablas anteriores fueron contrastados con los tiempos reales de ocupación del año 2015 de los pabellones para cada especialidad que se encuentran en el Anexo G y se obtuvieron los errores porcentuales mensuales para cada especialidad que se pueden ver en la Tabla 29 y Tabla 30.

Tabla 29 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Enero – Junio 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	25,3%	47,6%	31,9%	22,4%	3,4%	14,3%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3,0%	8,6%	29,7%	1,0%	5,6%	52,8%
CIRUGÍA GENERAL	2,2%	2,6%	14,7%	7,3%	11,3%	6,0%
CIRUGÍA PLASTICA	5,6%	18,6%	25,5%	6,2%	1,6%	24,1%
OTRAS ESPECIALIDADES	74,5%	70,8%	77,9%	70,1%	57,9%	66,2%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	0,6%	14,7%	1,8%	4,2%	13,3%	27,8%
NEUROLOGÍA	4,4%	148,8%	36,7%	37,6%	33,9%	41,9%
ODONTOLOGÍA	28,8%	82,9%	41,1%	2,3%	11,0%	17,9%
OFTALMOLOGÍA	17,5%	45,4%	5,5%	11,4%	0,5%	21,6%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	36,3%	14,8%	4,8%	4,7%	31,1%	7,5%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	9,9%	9,5%	12,6%	10,4%	8,2%	5,0%
UROLOGÍA	15,2%	18,8%	9,4%	1,8%	15,9%	5,0%
<b>PROMEDIO</b>	<b>18,0%</b>	<b>39,6%</b>	<b>23,6%</b>	<b>14,3%</b>	<b>17,3%</b>	<b>25,1%</b>

Tabla 30 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Análisis por Especialidad) Julio - Diciembre 2015

Especialidad	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	6,2%	13,9%	27,1%	25,4%	33,6%	18,5%
CIRUGÍA DE TÓRAX	16,3%	28,7%	133,3%	14,5%	45,3%	29,7%
CIRUGÍA GENERAL	4,0%	5,5%	3,6%	7,6%	0,3%	21,7%
CIRUGÍA PLÁSTICA	14,7%	5,8%	20,6%	5,0%	0,3%	20,3%
OTRAS ESPECIALIDADES	69,0%	84,7%	66,1%	80,4%	75,4%	80,5%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	29,4%	15,6%	9,4%	3,4%	26,0%	19,1%
NEUROLOGÍA	14,8%	13,5%	12,2%	9,3%	48,3%	45,9%
ODONTOLOGÍA	23,7%	7,2%	11,5%	0,3%	34,6%	4,7%
OFTALMOLOGÍA	7,8%	8,1%	1,2%	12,1%	19,9%	12,9%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	3,7%	4,7%	1,0%	5,3%	2,5%	19,4%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	18,4%	5,4%	20,3%	3,6%	13,9%	5,8%
UROLOGÍA	5,2%	5,8%	12,2%	6,0%	1,2%	2,2%
<b>PROMEDIO</b>	<b>18,8%</b>	<b>16,8%</b>	<b>26,5%</b>	<b>13,4%</b>	<b>24,3%</b>	<b>23,8%</b>

El MAPE total del pronóstico de los tiempos mensuales de operación de todas las especialidades usando el método de Análisis por Especialidad es de 21,8%.

#### 9.2.1.4 Porcentajes por Especialidad de la Tabla Quirúrgica

Para calcular los porcentajes por especialidad se dividen los tiempos de ocupación mensual de pabellón de cada especialidad por el tiempo total de cirugías utilizados en cada mes para obtener los porcentajes mensuales que se deseaban.

Tabla 31 - Porcentajes por Especialidad (Regresión Lineal) Enero – Julio 2015

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
CARDIOVASCULAR	3,70%	2,71%	4,10%	4,71%	5,14%	4,91%	4,76%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2,35%	2,50%	1,80%	2,15%	2,02%	2,07%	1,97%
CIRUGÍA GENERAL	24,15%	30,03%	25,86%	24,48%	26,25%	25,74%	23,50%
CIRUGÍA PLÁSTICA	13,19%	7,01%	9,88%	12,06%	11,55%	11,48%	14,97%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	2,75%	3,00%	3,03%	3,06%	2,66%	2,59%	2,17%
NEUROLOGÍA	1,67%	2,17%	2,11%	1,87%	1,80%	1,91%	1,59%
ODONTOLOGÍA	0,80%	1,24%	0,88%	0,88%	0,87%	0,86%	0,76%
OFTALMOLOGÍA	1,80%	1,48%	1,95%	1,85%	2,05%	1,92%	1,69%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	13,03%	13,30%	9,47%	10,04%	10,03%	9,52%	10,99%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,25%	0,33%	0,24%	0,28%	0,29%	0,27%	0,35%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	25,04%	26,37%	28,79%	27,34%	25,72%	27,91%	26,41%
UROLOGÍA	11,27%	9,87%	11,90%	11,29%	11,62%	10,82%	10,83%

Tabla 32 - Porcentajes por Especialidad (Regresión Lineal) Agosto – Diciembre 2015

ESPECIALIDAD	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	5,32%	4,29%	3,63%	4,53%	4,87%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1,98%	2,43%	1,69%	2,47%	2,08%
CIRUGÍA GENERAL	25,90%	25,43%	25,03%	25,88%	25,87%
CIRUGÍA PLÁSTICA	12,45%	14,84%	14,31%	12,34%	12,62%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	2,71%	2,72%	2,57%	2,07%	2,34%
NEUROLOGÍA	1,66%	1,94%	1,63%	1,44%	1,85%
ODONTOLOGÍA	0,81%	0,92%	0,78%	0,84%	0,88%
OFTALMOLOGÍA	1,78%	2,01%	2,09%	1,82%	1,99%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	10,25%	8,73%	9,03%	9,74%	9,54%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,22%	0,26%	0,22%	0,24%	0,29%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	26,60%	25,18%	26,97%	25,99%	26,55%
UROLOGÍA	10,31%	11,26%	12,05%	12,64%	11,11%

Estos porcentajes calculados por este método fueron comparados con los porcentajes reales del 2015 y así obtener los errores promedios por especialidad. De esta manera es posible contrastar la efectividad de las dos maneras de calcular los porcentajes por especialidad.

Tabla 33 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Regresión Lineal) Enero - Julio

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
CARDIOVASCULAR	0,55%	1,72%	0,55%	0,48%	0,36%	0,07%	0,46%
CIRUGÍA DE TÓRAX	0,08%	0,66%	0,26%	0,18%	0,43%	0,74%	0,39%
CIRUGÍA GENERAL	0,74%	1,90%	0,40%	1,27%	1,27%	0,75%	1,37%
CIRUGÍA PLÁSTICA	0,75%	1,35%	1,25%	0,88%	0,62%	1,92%	2,72%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	0,23%	0,25%	0,56%	0,50%	0,27%	0,70%	0,46%
NEUROLOGÍA	1,55%	1,99%	1,93%	1,72%	1,68%	1,76%	1,55%
ODONTOLOGÍA	1,34%	0,22%	1,89%	0,27%	0,58%	2,19%	0,62%
OFTALMOLOGÍA	0,67%	0,56%	1,39%	0,77%	0,59%	0,88%	1,10%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	10,86%	12,30%	7,72%	8,16%	7,83%	8,13%	9,25%
OTRAS ESPECIALIDADES	9,80%	16,31%	8,80%	9,80%	8,71%	9,61%	10,29%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	1,41%	4,92%	0,27%	0,57%	2,56%	3,23%	2,55%
UROLOGÍA	1,37%	0,42%	1,30%	0,19%	0,92%	0,50%	0,58%
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,45%</b>	<b>3,55%</b>	<b>2,19%</b>	<b>2,07%</b>	<b>2,15%</b>	<b>2,54%</b>	<b>2,61%</b>

Tabla 34 - - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Regresión Lineal) Agosto - Diciembre

ESPECIALIDAD	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
CARDIOVASCULAR	0,59%	1,15%	0,70%	1,46%	1,05%	<b>0,60%</b>
CIRUGÍA DE TÓRAX	0,24%	1,19%	0,07%	0,53%	1,06%	<b>0,39%</b>
CIRUGÍA GENERAL	0,89%	0,25%	0,47%	1,48%	1,81%	<b>1,10%</b>
CIRUGÍA PLÁSTICA	0,06%	3,04%	0,93%	0,75%	1,51%	<b>1,36%</b>
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	0,19%	0,06%	0,01%	0,17%	0,46%	<b>0,42%</b>
NEUROLOGÍA	1,61%	1,89%	1,48%	1,39%	1,58%	<b>1,74%</b>
ODONTOLOGÍA	0,83%	0,59%	1,24%	2,01%	0,53%	<b>1,02%</b>
OFTALMOLOGÍA	1,00%	1,25%	1,23%	0,78%	1,25%	<b>0,85%</b>
OTORRINOLARINGOLOGÍA	8,58%	6,95%	6,77%	7,80%	7,63%	<b>9,18%</b>
OTRAS ESPECIALIDADES	10,85%	8,53%	9,40%	8,76%	8,36%	<b>10,47%</b>
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	0,29%	3,04%	0,08%	1,11%	2,17%	<b>2,21%</b>
UROLOGÍA	0,36%	1,32%	0,43%	0,78%	0,17%	<b>0,75%</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,12%</b>	<b>2,44%</b>	<b>1,90%</b>	<b>2,25%</b>	<b>2,30%</b>	<b>2,51%</b>

## 9.2.2 Clustering

Se realizará un clustering de tipos de prestaciones agrupándolas según su estacionalidad dentro del año (periodos mensuales).

### 9.2.2.1 Pre-Procesamiento y Transformación de los Datos

Para realizar el clustering de las prestaciones es necesario efectuar pasos previos de limpieza, pre-procesamiento y transformación de los datos, las cuales son necesarias para llevar a cabo este agrupamiento de datos.

Se utilizó la base de datos de todas las cirugías programadas realizadas desde el 2007 hasta el 2014. Estas fueron agrupadas por el nombre de prestación y su respectiva cantidad de operaciones en cada mes sin importar el año en que fue realizada, obteniéndose una tabla con esta información agregada. Luego, fue necesario pasar por una etapa de limpieza de datos, que consistió básicamente en eliminar outliers, y rellenar espacios vacíos por ceros. Se eliminaron todas las prestaciones que contaban con menos de 12 operaciones en los 8 años analizados, dado que estas son cirugías tan poco comunes, no serían significativas para un correcto análisis, y ensuciarían la muestra.

Una vez realizado estos procesos, la cantidad de datos se vio disminuida desde 1.216 prestaciones con 78.913 cirugías realizadas durante los años de estudio, a 475 diferentes con 76.128 operaciones, lo cual aún representa una cantidad significativa para poder realizar el trabajo.

La tabla obtenida a partir de los pasos anteriores consta de la cantidad de operaciones por mes, pero es necesario normalizar los datos para poder comparar las prestaciones, ya que a pesar que se encuentran en la misma unidad de medida (cantidad de cirugías realizadas durante el 2007 al 2014) existen prestaciones más populares que otras, siendo 100 veces más grande el valor que las de las menos comunes. Por lo tanto, el proceso de normalización se llevó a cabo reemplazando la cantidad de cirugías mensual por la división de la misma cantidad mensual por el promedio del total anual ( $y = \frac{x_i}{\bar{x}}$ ), con esto se consigue darle un peso a cada mes. Teniendo esto, es posible tener un histograma del comportamiento mes a mes de cada prestación que puede ser comparada con las demás prestaciones.

#### **9.2.2.2 Clustering: Heat-Map**

Para llevar a cabo agrupar las prestaciones en clústeres se debe definir a priori el número de clústeres, que etiquetaremos como  $k$ , que se pretenden obtener. La correcta elección de  $k$  es ambigua, este depende del método de elección del analista y la forma de distribución de la base de datos. Si se aumenta el número de  $k$  disminuye el error resultante en el método de clustering, en el caso que se escoja el mismo número de clústeres que de datos, se obtiene cero error. Por lo tanto, existe un trade off entre maximizar la compactación de los datos y minimizar el error; si se escoge un clúster se tiene maximiza la compactación de los datos, en contraste, si se tiene un clúster para cada dato se tiene máxima precisión.

Existen varios métodos para llevar a cabo la decisión de la cantidad de clústeres a escoger, en esta memoria se utilizó el método del codo. Este método observa el porcentaje de varianza explicada en función del número de clústeres. Se escoge un  $k$  de tal manera, que si se añade otro clúster no entrega un mejor modelamiento de los datos que si no se hubiese agregado. En otras palabras, si uno grafica varianza intra-clúster contra el número de clústeres, el primer clúster explicará una gran cantidad de información, pero a medida que se aumenta el número de clústeres se llega un punto que la ganancia marginal de agregar otro clúster cae drásticamente, esto se puede notar observando el ángulo de la curva del gráfico.

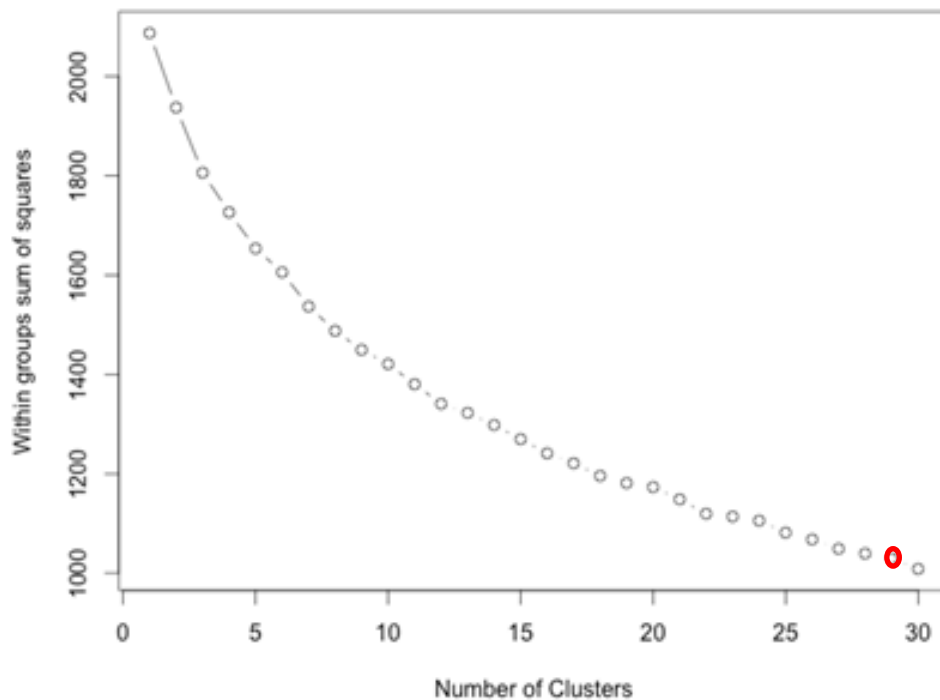


Ilustración 26 - Método del codo en la elección del número de clústeres

En la Ilustración 26 se ve la aplicación del método del codo para la elección de 29 clústeres (punto rojo en el gráfico) que serán usados para agrupar las 475 prestaciones según el comportamiento mensual que tienen.

Con la cantidad de clústeres ya obtenido, es posible la aplicación del método de heat-map, el cual fue realizado mediante el software R.

El clúster número 1 agrupó el 33% de los datos, 158 prestaciones, por lo que se realizó clustering nuevamente para el primer clúster, ya que al tener tantas prestaciones el clúster perdía sentido. Finalmente, en el Anexo H se encuentra cada clúster con su respectiva cantidad de prestaciones en cada una.

En la Ilustración 27, puede verse el heat-map del clúster 3 con sus respectivos dendogramas arriba y al lado izquierdo. Los colores más claros (cercanos al blanco) representan valores bajos y los más rojizos valores grandes. A modo de ejemplo, en la Ilustración 28 donde esta gráficamente representada los valores normalizados de las prestaciones de “Liposucción Generalizada” y “Mamoplastía de Aumento” se puede observar el similar comportamiento que tienen estas dos cirugías y dado esto fueron agrupados en el mismo clúster por el método de clustering utilizado.

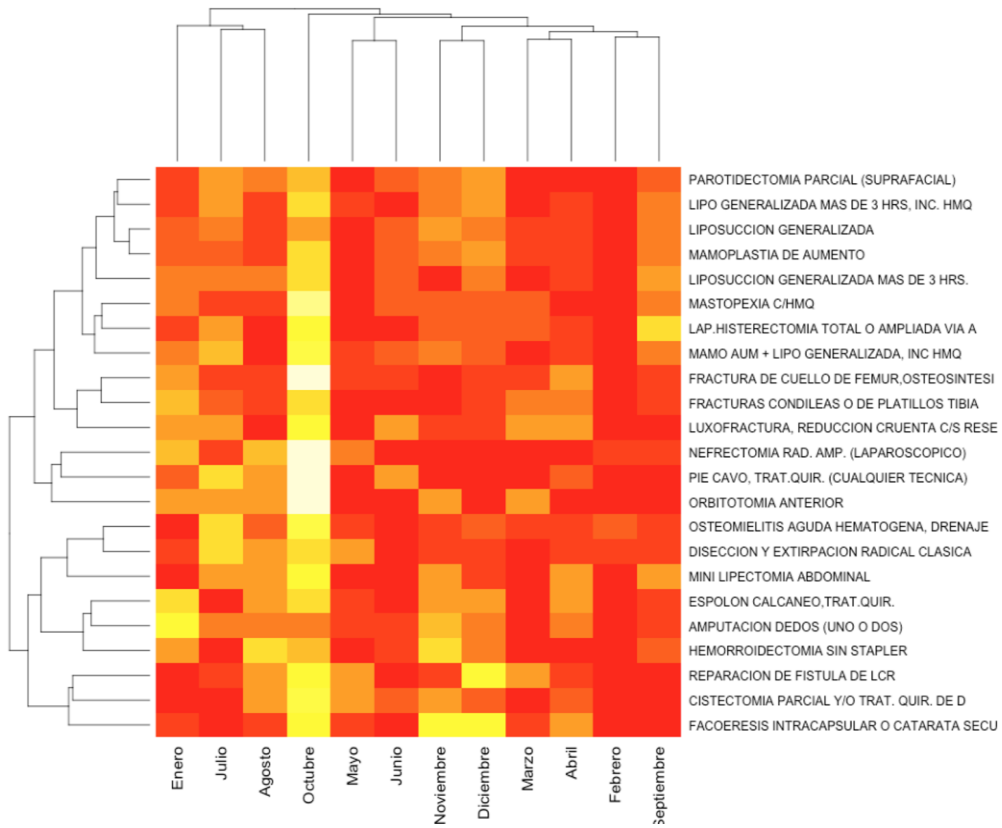


Ilustración 27 – Heat-Map Cirugías Programadas: Clúster 3

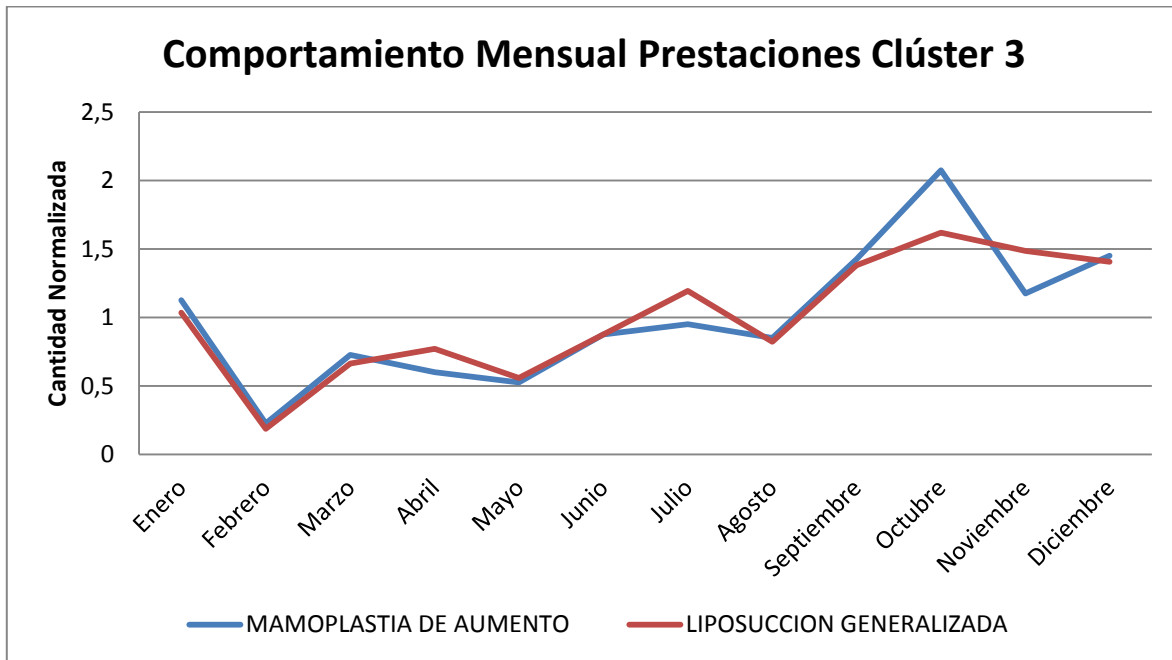


Ilustración 28 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 3



Además, es posible ver en la Ilustración 29 e Ilustración 30 el comportamiento de los clústeres 1A y 1D, los cuales en conjunto tienen agrupados las prestaciones que tienen el 17% de las cirugías totales realizadas en la Clínica Santa María. En el Anexo I se encuentran otros 8 clústeres que sumando con los clústeres mostrados a continuación suman aproximadamente 50% del total de cirugías.

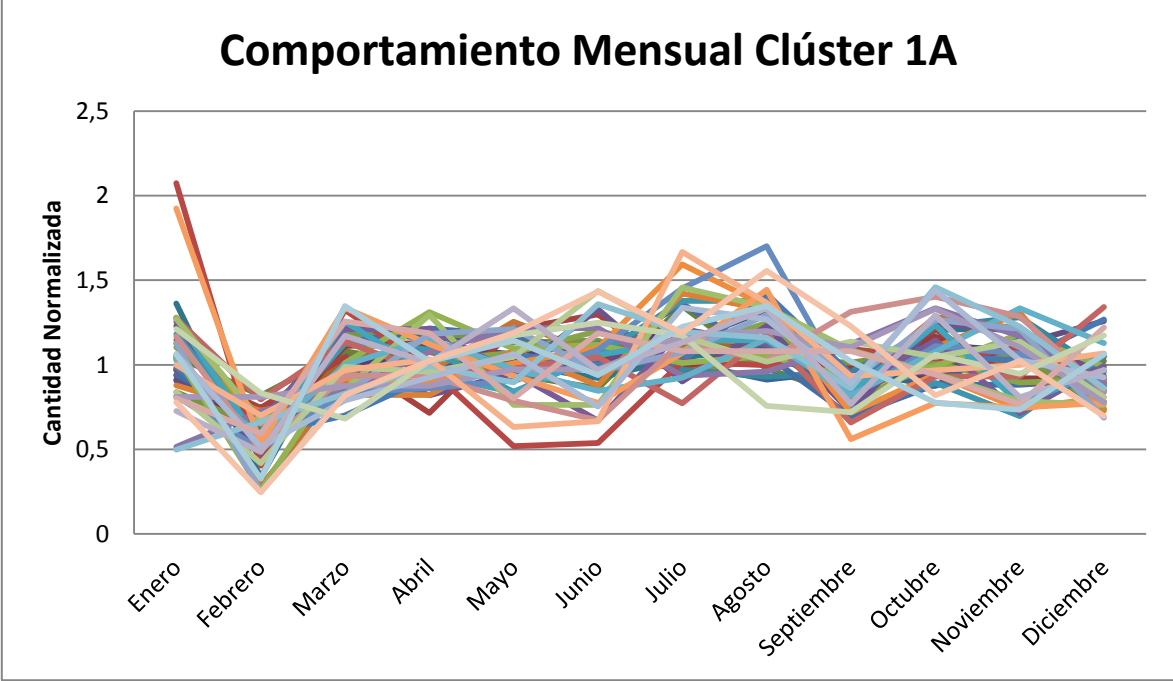


Ilustración 29 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 1A

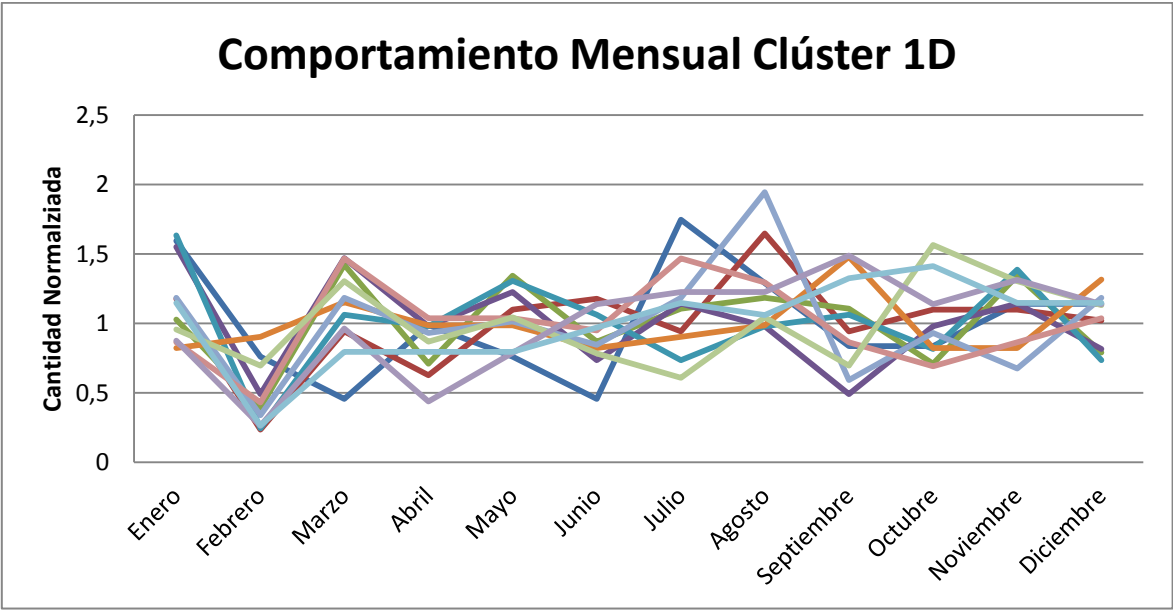


Ilustración 30 - Comportamiento Mensual Prestaciones Clúster 1D

### **9.2.2.3 Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual de cada Especialidad**

Al tener todos los clústeres, el siguiente paso es el de pronosticar la cantidad de cirugías que se realizarán de cada prestación para cada mes. Para ello se obtuvo un modelo por medio de Series de Tiempos para cada clúster. Puede verse el tipo de serie de tiempo de cada clúster en el Anexo J.

Luego de obtener el pronóstico para el 2015 de cada uno de los clústeres, fue necesario desagregar la información, puesto que a lo que se quiere llegar es al pronóstico de cada una de las prestaciones.

Antes del siguiente paso, el cual es el cálculo del peso que tiene cada prestación en cada clúster, se eliminaron las prestaciones que no se hayan realizado desde el 2011, ya que muchas de ellas están registradas en el sistema de la Clínica, pero se encuentran en desuso.

En Medicina, como en cualquier otro campo existen innovaciones, las cuales generan un impacto clínico significativo y ofrecen mayores beneficios para el paciente en comparación con las prácticas actuales. Estas alteraciones en las prácticas, provocan cambios en los nombres de los procedimientos del mismo caso clínico y por ende, su respectivo nombre registrado en el sistema Medisyn. El sistema no ha eliminado estas prestaciones que se han dejado de ocupar, por lo que si se consideran estas operaciones, el error en el cálculo final de los porcentajes es considerable y dado esta situación, se han eliminado dichas prestaciones.

La manera en que se obtuvo el pronóstico del 2015 para cada una de las prestaciones fue utilizando los pesos de cada una de ellas en el clúster, esto pesos se calcularon dividiendo las cantidades de cirugías realizadas en cada mes durante los 8 años de análisis de esa prestación por la suma total de cirugías del respectivo clúster. Con esto se obtiene la proporción de la prestación en el clúster, por lo que multiplicando este valor con el pronóstico mensual del 2015 del clúster, se obtiene las cantidades de cirugías realizadas por prestación en cada mes del año deseado.

En el Anexo K, se encuentra el Clúster 1A con las proporciones de cada prestación en el clúster y el pronóstico de cirugías para cada una de ellas para el 2015. Para ese clúster se obtuvo un MAPE de 35,28% y un error promedio mensual de 6 cirugías por cada prestación.

En el Anexo L se puede ver MAD para cada uno de los clústeres y meses del pronóstico del 2015. No fue posible obtener el MAPE para cada uno de los clústeres, ya que existen muchas prestaciones que en algunos meses no tienen cirugías y provocaban que se dividiera por cero, causando un error en los cálculos de la métrica. Además, otras prestaciones con bajas cantidades de cirugías ocasionaban grandes errores en el valor del MAPE, puesto que por ejemplo, una prestación que se predijo que tendría 2 cirugías y realmente tuvo 1 tiene un error

porcentual de un 200% según la fórmula y esto en el promedio general repercutía fuertemente alterando la precisión del método estadístico. El error promedio por prestación no supera en ningún clúster las 7 cirugías, por lo que se considera una predicción precisa de los valores del 2015.

Finalmente, para calcular los porcentajes de cada especialidad se utilizó el pronóstico de cirugías de cada prestación y se multiplicó por el tiempo asignado por el sistema Medisyn, duración promedio de la cirugía. Luego, se agruparon las prestaciones según la especialidad del médico tratante para obtener el tiempo total mensual que usará cada especialidad en el año 2015.

Tabla 35 – Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	9925,0	6828,1	9763,4	10700,6	10351,1	10994,3
CIRUGÍA DE TÓRAX	5713,2	3951,1	4600,8	4560,2	3634,6	4111,1
CIRUGÍA GENERAL	51922,0	34928,8	48795,6	45944,1	46031,3	46795,5
CIRUGÍA PLASTICA	23931,8	12803,7	22631,5	20638,4	21019,6	22209,3
OTRAS ESPECIALIDADES	2660,7	1334,6	2339,3	1702,9	2055,4	1435,4
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6256,6	5012,6	4627,9	5402,1	5497,5	5874,3
NEUROLOGÍA	3160,3	4452,6	3790,8	2486,7	2405,6	2313,8
ODONTOLOGÍA	1533,6	1034,3	1129,1	1439,6	1638,9	1575,6
OFTALMOLOGÍA	4025,5	2856,9	3634,7	3742,7	4509,6	3997,8
OTORRINOLARINGOLOGÍA	22801,2	19664,9	19507,2	19197,3	18548,5	16812,6
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	49597,4	41082,1	56340,1	56574,9	54285,7	55670,0
UROLOGÍA	22550,0	14449,4	22404,9	21396,2	20503,3	21235,9

Tabla 36 - Pronóstico del Tiempo de Ocupación Mensual en Minutos de Pabellón para cada Especialidad (Clustering) Julio - Diciembre 2015

Especialidad	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	10093,4	11644,3	8265,1	10221,9	10131,6	9676,8
CIRUGÍA DE TÓRAX	3969,3	4789,4	3117,2	4167,1	3245,8	3704,6
CIRUGÍA GENERAL	51551,0	54015,6	39109,0	51792,0	49604,9	42823,6
CIRUGÍA PLASTICA	27371,9	25356,1	29393,9	30221,8	27184,0	24715,8
OTRAS ESPECIALIDADES	1994,1	1995,0	1787,8	1306,6	2357,9	2152,4
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5586,3	5856,7	4464,5	6115,1	5334,3	5443,9
NEUROLOGÍA	4354,4	3667,8	2931,9	4430,3	2901,9	2526,7
ODONTOLOGÍA	1564,6	2190,5	1418,6	1726,3	1572,2	1941,2
OFTALMOLOGÍA	4283,0	4173,3	3413,3	4636,8	4355,2	4067,9
OTORRINOLARINGOLOGÍA	21871,0	21329,4	14436,7	17858,3	16764,7	14707,1
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	61940,2	58884,9	47918,6	57689,8	52401,5	51827,0
UROLOGÍA	23092,8	21585,9	18355,1	23160,0	20909,2	20682,0

Los tiempos obtenidos que se muestran en la Tabla 35 y

Tabla 36 fueron contrastados con los tiempos reales de ocupación del año 2015 de los pabellones para cada especialidad que se encuentran en el Anexo G y se obtuvieron los errores porcentuales mensuales para cada especialidad que se pueden ver en las siguientes tablas.

Tabla 37 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	0,9%	1,7%	11,1%	3,5%	5,3%	3,2%
CIRUGÍA DE TÓRAX	16,7%	32,0%	1,8%	17,4%	8,1%	62,8%
CIRUGÍA GENERAL	8,8%	12,8%	11,9%	4,8%	5,5%	8,2%
CIRUGÍA PLASTICA	15,2%	14,4%	6,5%	0,6%	0,0%	21,0%
OTRAS ESPECIALIDADES	33,4%	9,7%	19,6%	0,0%	62,0%	4,5%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	13,4%	47,4%	17,7%	0,8%	3,1%	11,9%
NEUROLOGÍA	10,4%	293,6%	37,8%	0,0%	3,4%	62,3%
ODONTOLOGÍA	32,0%	17,7%	0,9%	12,4%	9,3%	19,5%
OFTALMOLOGÍA	8,5%	116,5%	3,5%	1,9%	18,4%	36,0%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	18,1%	3,0%	18,2%	9,4%	31,0%	12,2%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	11,6%	31,3%	6,3%	1,4%	4,7%	12,5%
UROLOGÍA	14,1%	33,7%	6,6%	1,8%	10,6%	0,3%
<b>TOTAL</b>	<b>16,6%</b>	<b>55,6%</b>	<b>11,9%</b>	<b>4,6%</b>	<b>14,2%</b>	<b>22,8%</b>

Tabla 38 - Errores Porcentuales Mensuales para cada Especialidad (Clustering) Julio - Diciembre 2015

Especialidad	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	6,3%	25,6%	19,5%	1,9%	22,3%	11,1%
CIRUGÍA DE TÓRAX	20,3%	12,8%	71,9%	2,3%	0,3%	31,4%
CIRUGÍA GENERAL	0,5%	10,9%	15,0%	7,9%	0,0%	10,6%
CIRUGÍA PLASTICA	1,0%	3,3%	36,9%	7,5%	14,9%	29,3%
OTRAS ESPECIALIDADES	17,8%	29,2%	32,5%	43,9%	26,8%	21,5%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	14,0%	8,1%	14,8%	11,4%	0,0%	3,3%
NEUROLOGÍA	48,2%	26,1%	2,6%	19,1%	45,6%	9,7%
ODONTOLOGÍA	20,5%	26,5%	1,6%	7,1%	36,0%	15,1%
OFTALMOLOGÍA	10,4%	27,7%	1,3%	5,5%	0,0%	27,0%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	2,6%	0,0%	6,1%	9,2%	7,6%	1,0%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	9,6%	5,6%	13,1%	0,0%	9,2%	1,0%
UROLOGÍA	5,9%	0,6%	18,0%	1,3%	12,4%	0,0%
<b>PROMEDIO</b>	<b>13,7%</b>	<b>13,7%</b>	<b>19,4%</b>	<b>10,5%</b>	<b>13,9%</b>	<b>13,6%</b>

El MAPE total del pronóstico de los tiempos mensuales de operación de todas especialidad usando el método de Clustering es de 17,5%, el cual es considerado un valor bajo para un modelo de predicción de demanda. El método de

Clustering obtuvo un MAPE total menor que el obtenido por el Análisis por especialidad, el cual tenía un MAPE total de 21,8%.

#### 9.2.2.4 Porcentajes por Especialidad de la Tabla Quirúrgica

Dividiendo los tiempos de ocupación mensual de pabellón de cada especialidad por el tiempo total de cirugías usados en cada mes, se obtuvieron los porcentajes mensuales que se deseaban.

Tabla 39 - Porcentajes por Especialidad (Clustering) Enero – Junio 2015

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	5,61%	5,37%	5,63%	6,33%	6,22%	6,46%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1,67%	1,64%	1,37%	1,40%	1,13%	1,25%
CIRUGÍA GENERAL	25,60%	24,36%	24,54%	23,70%	24,11%	23,97%
CIRUGÍA PLÁSTICA	15,17%	11,48%	14,63%	13,68%	14,15%	14,62%
OTRAS ESPECIALIDADES <sup>10</sup>	0,24%	0,17%	0,21%	0,16%	0,20%	0,13%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	3,40%	3,85%	2,57%	3,07%	3,17%	3,32%
NEUROLOGÍA	0,82%	1,63%	1,00%	0,67%	0,66%	0,62%
ODONTOLOGÍA	1,31%	1,25%	0,98%	1,28%	1,48%	1,40%
OFTALMOLOGÍA	1,81%	1,81%	1,66%	1,76%	2,15%	1,86%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	6,63%	8,09%	5,79%	5,84%	5,73%	5,08%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	23,23%	27,21%	26,91%	27,71%	27,00%	27,08%
UROLOGÍA	14,51%	13,15%	14,70%	14,40%	14,01%	14,19%

Tabla 40 - Porcentajes por Especialidad (Clustering) Julio – Diciembre 2015

ESPECIALIDAD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	5,31%	6,19%	5,31%	5,41%	5,82%	5,92%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1,08%	1,32%	1,04%	1,12%	0,97%	1,17%
CIRUGÍA GENERAL	23,65%	25,03%	21,91%	23,89%	24,86%	22,83%
CIRUGÍA PLÁSTICA	16,14%	15,10%	21,16%	17,91%	17,51%	16,94%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,15%	0,12%	0,14%	0,08%	0,14%	0,13%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	2,83%	2,99%	2,76%	3,11%	2,95%	3,20%
NEUROLOGÍA	1,05%	0,89%	0,86%	1,07%	0,76%	0,71%
ODONTOLOGÍA	1,24%	1,76%	1,37%	1,38%	1,36%	1,79%
OFTALMOLOGÍA	1,79%	1,76%	1,74%	1,95%	1,99%	1,97%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	5,92%	5,83%	4,77%	4,86%	4,96%	4,63%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	26,99%	25,91%	25,49%	25,27%	24,94%	26,24%
UROLOGÍA	13,82%	13,05%	13,41%	13,93%	13,67%	14,39%

<sup>10</sup> Incluye Terapia del Dolor y Anestesiología, Gastroenterología, Oncología y Medicina Interna

Estos porcentajes fueron comparados con los porcentajes reales del 2015, los cuales se encuentran en el Anexo M. En la Tabla 41 y Tabla 42 se pueden ver los errores para cada especialidad y mes.

Tabla 41 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Clustering) Enero - Julio

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
CARDIOVASCULAR	1,36%	0,94%	0,98%	1,14%	0,72%	1,48%	1,02%
CIRUGÍA DE TÓRAX	0,76%	0,21%	0,69%	0,58%	1,32%	0,07%	1,28%
CIRUGÍA GENERAL	0,71%	7,57%	1,72%	2,06%	0,87%	2,51%	1,22%
CIRUGÍA PLÁSTICA	1,23%	3,11%	3,49%	2,50%	3,21%	1,22%	3,90%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	0,88%	1,10%	0,10%	0,52%	0,25%	0,03%	0,20%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,30%	0,12%	0,21%	0,15%	0,20%	0,09%	0,24%
NEUROLOGÍA	1,32%	0,61%	1,77%	0,47%	0,79%	2,43%	0,33%
ODONTOLOGÍA	0,18%	0,32%	0,42%	0,21%	0,02%	0,35%	0,66%
OFTALMOLOGÍA	0,37%	0,81%	0,09%	0,13%	0,05%	0,47%	0,05%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	3,41%	8,54%	3,25%	4,24%	3,27%	4,80%	4,71%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	3,22%	5,75%	1,61%	0,20%	1,28%	2,40%	1,97%
UROLOGÍA	4,61%	3,70%	4,10%	3,30%	3,31%	3,88%	3,58%
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,53%</b>	<b>2,73%</b>	<b>1,54%</b>	<b>1,29%</b>	<b>1,27%</b>	<b>1,65%</b>	<b>1,60%</b>

Tabla 42 - Errores Promedio Pronóstico 2015 (Clustering) Agosto - Diciembre

ESPECIALIDAD	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
CARDIOVASCULAR	1,46%	0,13%	1,08%	0,16%	0,01%	<b>0,87%</b>
CIRUGÍA DE TÓRAX	0,90%	0,20%	0,64%	0,98%	1,96%	<b>0,80%</b>
CIRUGÍA GENERAL	0,02%	3,27%	0,67%	0,46%	1,22%	<b>1,86%</b>
CIRUGÍA PLÁSTICA	2,71%	9,36%	4,53%	5,92%	5,83%	<b>3,92%</b>
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	0,09%	0,10%	0,55%	0,70%	0,41%	<b>0,41%</b>
OTRAS ESPECIALIDADES	0,21%	0,26%	0,00%	0,27%	0,06%	<b>0,18%</b>
NEUROLOGÍA	0,74%	0,65%	0,94%	2,08%	0,70%	<b>1,07%</b>
ODONTOLOGÍA	0,98%	0,61%	0,52%	0,32%	1,05%	<b>0,47%</b>
OFTALMOLOGÍA	0,09%	0,04%	0,31%	0,05%	0,06%	<b>0,21%</b>
OTORRINOLARINGOLOGÍA	5,24%	4,02%	4,76%	4,04%	4,02%	<b>4,53%</b>
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	0,98%	2,73%	1,62%	2,17%	2,48%	<b>2,20%</b>
UROLOGÍA	2,38%	0,84%	2,32%	1,81%	3,11%	<b>3,08%</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,32%</b>	<b>1,85%</b>	<b>1,50%</b>	<b>1,58%</b>	<b>1,74%</b>	<b>1,63%</b>

El MAD del pronóstico de los porcentajes realizados por medio de Clustering fue de un 1,63%, esto quiere decir que hay un error promedio de esa cifra en cada combinación especialidad-mes. La capacidad de la clínica si se consideran todas las horas habilitadas de pabellón es de un total de 980,5 horas semanales, por lo tanto si se consideran meses de cuatro semanas se tiene un total de 3922 horas mensuales. En conclusión, el error promedio del pronóstico en cifras medibles es de 39,22 horas mensuales.

El MAD promedio de todas las especialidades para todos los meses del 2015 fue de un 1,63%, siendo menor al 1,63% calculado por medio del Analisis por Especialiadd. Por lo tanto, el método de Clustering a pesar de que no se puedan agregar variables externas para explicar mejor los modelos, sigue siendo más efectivo que calcular los porcentajes mediante el análisis de los comportamientos para cada especialidad por separado.

## **10. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El pronóstico de demanda se utilizará como input o entrada para los modelos de optimización que permitirán obtener la cantidad de bloques de tiempo para cada especialidad. Un problema de programación se compone por una función objetivo que se busca maximizar o minimizar, sujeto a una serie de restricciones, en función de variables y parámetros dados.

Para abordar esta memoria se usará programación lineal entera, la cual corresponde a un tipo de programación lineal en las cuales sus variables pueden tomar valores enteros.

El modelo de programación permitirá la asignación de porcentaje de tiempo quirúrgico a las especialidades con el fin de maximizar la utilización de los pabellones, considerando diversas restricciones médicas.

Para obtener la tabla quirúrgica óptima se usarán la cantidad de bloques de tiempos para cada especialidad obtenidos por medio del problema de optimización. Se asignarán pabellones quirúrgicos en los días específicos de la semana para grupos quirúrgicos específicos.

### **10.1 Supuestos del Modelo**

La asignación de los bloques se hará de manera semanal, para ello se pronosticó anteriormente el porcentaje de la tabla quirúrgica que debe tener cada especialidad usando el pronóstico de cirugías mensuales, estos porcentajes serán considerados también semanalmente, ya que se demostró por medio de la Ilustración 11 que el comportamiento semana a semana es relativamente uniforme dentro de un mes.

Se considerará el siguiente horario para el modelo de optimización:

- ❖ 14 Pabellones para realizar cirugías programadas de lunes a viernes desde 8:00 am a 8:00 pm
- ❖ Pabellón 10 de lunes a domingo las 24 horas para realizar únicamente las cirugías de urgencia, ya que al ser aleatorias la Clínica Santa María debe estar preparada para atender a este tipo de pacientes. Como se vio en el capítulo de pronóstico de cirugías de urgencia, dedicando sólo un pabellón a este tipo de cirugías es suficiente
- ❖ 11 Pabellones disponibles los días sábados de 8:00 am hasta 2:00 pm
- ❖ Bloques de tiempo de 6 horas disponibles para realizar cirugías



## 10.2 Índices

$e$ : Este índice especifica la especialidad  $e=\{1...12\}$ . Cada doctor que trabaja en los pabellones tiene asociado un grupo quirúrgico en particular. Las especialidades consideradas en el modelo serán:

Tabla 43 - Índices del Modelo de Optimización: Especialidad

$e$	Especialidad
1	CARDIOVASCULAR
2	CIRUGÍA DE TÓRAX
3	CIRUGÍA GENERAL
4	CIRUGÍA PLÁSTICA
5	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA
6	NEUROLOGÍA
7	ODONTOLOGÍA
8	OFTALMOLOGÍA
9	OTORRINOLARINGOLOGÍA
10	OTRAS ESPECIALIDADES
11	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
12	UROLOGÍA

$d$ : Horario de la semana:

Tabla 44 - - Índices del Modelo de Optimización: Horario de la Semana

$d$	Horario
1	Lunes AM
2	Lunes PM
3	Martes AM
4	Martes PM
5	Miércoles AM
6	Miércoles PM
7	Jueves AM
8	Jueves PM
9	Viernes AM
10	Viernes PM
11	Sábado AM

$p$  = Índice que permite diferenciar los pabellones que son especializados para cierto tipo de procedimientos.

Tabla 45 - - Índices del Modelo de Optimización: Tipos de Pabellón

$p$	Especialidades
1	Cirugía General y Otras Especialidades
2	Cirugías Plástica
3	Traumatología y Ortopedia, Cirugía de Tórax y Oftalmología
4	Cardiovascular y Otorrinolaringología
5	Urología
6	Neurología, Odontología y Ginecología y Obstetricia (Sábado)

Esta diferenciación se realizó dado que los 14 pabellones disponibles tienen distinta especialización, y no se pueden realizar ciertas cirugías en algunos pabellones por falta de equipo o espacio. Por lo tanto, en la Tabla 46 se muestra la cantidad de pabellones disponibles de cada tipo  $p$ .

Tabla 46 - Tipo de Pabellón y Número de Pabellones por horario

Tipo de Pabellón	# Pabellones
1	4
2	2
3	4
4	2
5	2
6	11

## 10.3 Parámetros

$t_e$  = Cantidad de horas designadas a cada especialidad<sup>11</sup>, e

Tabla 47 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Enero – Junio 2015

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	50,9	48,7	51,0	57,4	56,3	58,5
CIRUGÍA DE TÓRAX	15,2	14,8	12,5	12,7	10,2	11,3
CIRUGÍA GENERAL	232,0	220,7	222,3	214,7	218,4	217,2
CIRUGÍA PLASTICA	137,4	104,0	132,5	123,9	128,2	132,5
OTRAS ESPECIALIDADES	3,8	2,8	3,5	2,7	2,9	2,2
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	30,8	34,9	23,3	27,8	28,8	30,1
NEUROLOGÍA	7,4	14,8	9,1	6,1	6,0	5,6
ODONTOLOGÍA	11,8	11,3	8,9	11,6	13,4	12,6
OFTALMOLOGÍA	16,4	16,4	15,1	15,9	19,5	16,9
OTORRINOLARINGOLOGÍA	60,1	73,3	52,4	52,9	51,9	46,0
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	210,4	246,5	243,8	251,0	244,6	245,4
UROLOGÍA	131,4	119,1	133,2	130,4	126,9	128,6

Tabla 48 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Julio - Diciembre 2015

ESPECIALIDAD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	48,1	56,1	48,1	49,0	52,8	53,6
CIRUGÍA DE TÓRAX	9,8	11,9	9,4	10,1	8,8	10,6
CIRUGÍA GENERAL	214,3	226,8	198,5	216,4	225,2	206,9
CIRUGÍA PLASTICA	146,2	136,8	191,7	162,3	158,6	153,4
OTRAS ESPECIALIDADES	2,5	1,8	2,5	1,1	2,2	2,2
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	25,6	27,1	25,0	28,2	26,7	29,0
NEUROLOGÍA	9,5	8,1	7,8	9,7	6,9	6,4
ODONTOLOGÍA	11,2	15,9	12,4	12,5	12,3	16,2
OFTALMOLOGÍA	16,2	15,9	15,8	17,6	18,0	17,9
OTORRINOLARINGOLOGÍA	53,6	52,8	43,2	44,0	44,9	41,9
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	244,5	234,8	230,9	228,9	225,9	237,8
UROLOGÍA	125,2	118,2	121,5	126,2	123,9	130,3

<sup>11</sup> Estos valores fueron calculados por medio de los porcentajes calculados en el capítulo de pronóstico de demanda y considerando 906 horas semanales para realizar operaciones.

$DOC_e$  = Cantidad de doctores de la especialidad  $e$

Tabla 49 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Doctores por Especialidad

Especialidad	Total
CARDIOVASCULAR	10
CIRUGÍA DE TÓRAX	8
CIRUGÍA GENERAL	75
CIRUGÍA PLÁSTICA	20
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	108
NEUROLOGÍA	10
ODONTOLOGÍA	11
OFTALMOLOGÍA	22
OTORRINOLARINGOLOGÍA	29
OTRAS ESPECIALIDADES	23
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	98
UROLOGÍA	24

$N_{pd}$  = Número de pabellones del tipo  $p$  en el horario  $d$  disponibles para realizar intervenciones quirúrgicas. Para todos los horarios, exceptuando Sábado AM, se tiene la misma dotación de pabellones disponibles.

## 10.4 Variables de Decisión

$x_{ped}$ : Variable entera que equivale al número de bloques de tiempo del tipo  $p = \{1, \dots, Total_p\}$  asignado al grupo quirúrgico  $e = \{\text{Cardiología, Urología, Traumatología, etc.}\}$  en el horario  $d$  de la semana. Se tienen 792 variables de decisión ( $p \times e \times d = 6 \times 12 \times 11$ ).

## 10.5 Restricciones

1. El número de las salas de operaciones de tipo  $p$  asignados a todas las especialidades en el horario  $d$  debe igual al total de bloques de tiempo  $N_{pd}$

$$\sum_{e=1}^{Total_e} x_{ped} = N_{pd}$$

Esta restricción no permite que haya pabellones disponibles sin usar, y a la vez es una cota para que no sean usados más pabellones de los que se tienen.

Por ejemplo, Traumatología y Ortopedia, Cirugía de Tórax y Oftalmología componen el tipo de pabellón 3, esto quiere decir que sólo estas especialidades pueden operar en este tipo de pabellones. Como existen cuatro pabellones de tipo tres, los pabellones asignados en cada horario para estas tres cirugías deben sumar cuatro igualmente.

2. La cantidad de pabellones de todos los tipos asignados a la especialidad  $e$  en el horario  $d$  de la semana no puede exceder el número de doctores  $DOC_e$ .

$$x_{ped} \leq DOC_e$$

3. El número de pabellones del tipo  $p$  asignados a la especialidad  $e$  deben ser máximo  $LímiteSUP_{ed}$ .

$$\sum_{p=1}^{Total_p} x_{ped} \leq LímiteSUP_{ed}$$

Este límite superior fue calculado analizando la cantidad de pabellones que puede operar cada especialidad quirúrgica en el mismo horario. Por ejemplo, el grupo quirúrgico “Traumatología” puede operar como máximo en cuatro pabellones a la vez, en cualquier horario, ya que estas salas de operaciones se encuentran equipadas con todo lo necesario para realizar este tipo de cirugías.

4. El número de pabellones del tipo 4 asignado a la especialidad Cardiovascular no debe ser más de uno por horario, ya que para la mayoría de este tipo de cirugías es necesario equipo especializado que sólo se encuentra en el Pabellón 2.

$$0 \leq x_{4,1,d} \leq 1$$

5. Existen otras restricciones asociadas a cada pabellón, dado que algunas cirugías sólo pueden realizarse en ciertos pabellones que tienen el equipamiento médico apropiado.

- Pabellón 2: Sala de operaciones especializado en cirugías Cardiacas, puesto que tiene equipo electrógeno especial en caso de corte de luz para funcionamiento de los equipos (circulación extracorpórea).
- Pabellón 8: Preferencia para cirugía oftalmológica porque no tiembla. Además, al ser una sala chica, se deben realizar cirugías que no necesiten mucho equipamiento. Este es usado en horario de noche dada la cercanía a farmacia, material estéril y estación de enfermería en caso de complicaciones.
- Pabellón 11 y 12: Tiene monitor de laparoscopia empotrado por lo que hay preferencia para cirugía Laparoscópica.

- Pabellón 14: Tiene equipo de Rayos empotrado por lo que se privilegian cirugías que utilizan rayos.
- Pabellón 15 y 16: Dedicación exclusiva de Cirugía Plástica. Otras cirugías agendadas deben ser cirugías cortas, sin equipamiento especial, pacientes sin complejidad y ojalá adultos o adolescentes.

## 10.6 Función Objetivo

El objetivo es minimizar la diferencia porcentual absoluta entre las horas que se quieren asignar a cada grupo quirúrgico y las horas que realmente se entregan a cada una de las especialidades.

$$\text{Min} \sum_{e=0}^{\text{Especialidades Totales}} \left| \frac{t_e - \sum_{p=0}^{\text{Total } p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}}{t_e} \right|$$

En un principio, se consideró la posibilidad de que la función objetivo fuera simplemente la diferencia entre las horas target y las horas entregadas para cada especialidad por el modelo, pero como las diferentes especialidades médicas varían considerablemente en cantidades de horas target entre sí, se decidió que la función objetivo debería proporcionar un nivel de equidad entre los grupos quirúrgicos. Finalmente, se decidió minimizar la diferencia porcentual absoluta entre las horas target y las horas asignadas a cada especialidad en vez de la simple diferencia entre ellas.

Además, como se está utilizando un optimizador lineal para obtener la solución al problema, es necesario transformar la función valor absoluto en una función lineal. Para ello se usó la variable auxiliar Z, la cual cambia la función objetivo y está sujeta a tres nuevas restricciones:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{e=0}^{\text{Especialidades Totales}} Z_e \\ \text{Sujeto a:} \quad & \frac{t_e - \sum_{p=0}^{\text{Total } p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}}{t_e} \leq Z_e \quad e = 1, \dots, 12 \quad (1) \\ & - \left( \frac{t_e - \sum_{p=0}^{\text{Total } p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}}{t_e} \right) \leq Z_e \quad e = 1, \dots, 12 \quad (2) \\ & Z_e \geq 0 \quad e = 1, \dots, 12 \quad (3) \end{aligned}$$

## 10.7 Software

El complemento estándar de Excel Solver sólo permite un máximo de 200 variables de decisión, por lo que fue necesario usar otro método o software que permitiera correr la programación.

Luego de haber investigado diferentes posibilidades, se escogió el complemento de código abierto Open Solver, el cual usa el motor de optimización llamado COIN-OR CBC (COmputational INfrastructure for Operations Research) para entregar la solución al problema planteado, el cual permite usar hasta 2500 variables de decisión. Este programa detecta automáticamente el método de solución apropiada basada en la función objetivo y las restricciones.

COIN-OR sólo resuelve problemas lineales, por lo que para solucionar el problema se transformó la función no lineal de la función objetivo, valor absoluto, en lineal para que el optimizador pudiera entregar la mejor solución entera cumpliendo con cada una de las restricciones.

## 10.8 Resultados del Modelo de Optimización

A partir del modelo, se obtuvo un valor de la función objetivo de 1,2, con una diferencia absoluta entre el tiempo target a asignar y el asignado de 25,57 horas. Un punto importante a destacar es que la restricción de los médicos no aportó al modelo, ya que la dotación de doctores es mayor que la necesitada por la clínica.

Tabla 50 - Resumen Asignación Individual por Especialidad Médica (Enero 2015)

Especialidad	Target (Hrs)	Escogido Real (Hrs)	Diferencia (Hrs)	Diferencia Absoluta (Hrs)	Diferencia Porcentual Absoluta
CARDIOVASCULAR	50,9	54	-3,10	3,10	5,7%
CIRUGÍA DE TÓRAX	15,1	18	-2,90	2,90	16,1%
CIRUGÍA GENERAL	232,0	234	-2,00	2,00	0,9%
CIRUGÍA PLASTICA	137,4	132	5,40	5,40	4,1%
OTRAS ESPECIALIDADES	3,8	6	-2,20	2,20	36,7%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	30,8	30	0,80	0,80	2,7%
NEUROLOGÍA	7,2	6	1,20	1,20	20,0%
ODONTOLOGÍA	11,8	12	-0,20	0,20	1,7%
OFTALMOLOGÍA	16,4	18	-1,60	1,60	8,9%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	60,1	60	0,10	0,10	0,2%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	210,2	210	0,20	0,20	0,1%
UROLOGÍA	130,3	126	4,30	4,30	3,4%
<b>Total</b>	<b>906</b>	<b>906</b>	<b>0,00</b>	<b>24,00</b>	<b>2,6%</b>

En la Tabla 50, es posible apreciar las diferencias absolutas y porcentuales entre el tiempo calculado que debería ser asignado a cada especialidad y el asignado realmente a cada una de ellas. La especialidad con mayor diferencia porcentual es “otras especialidades”, con un 36,7% de diferencia porcentual, esto debido a que el tiempo target era solo de 3,8 horas, que al ser un valor tan bajo, una diferencia real de 2,2 horas es considerable para este grupo quirúrgico.

A continuación, se utilizaron los valores de las variables de decisión para rellenar la tabla quirúrgica, mostrada en la Tabla 51 (Pabellones del 1 al 4) y en el Anexo N (Pabellones del 5 al 16), según el grupo quirúrgico programado, el tipo de sala de operaciones y el horario de la semana.

Tabla 51 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 1 - 4 (Enero 2015)

Horario	PAB 01	PAB 02	PAB 03	PAB 04
Lunes AM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Lunes PM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Martes AM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Martes PM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Miércoles AM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Miércoles PM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Jueves AM	CIRUGÍA GENERAL	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Jueves PM	OTRAS ESPECIALIDADES	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Viernes AM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Viernes PM	CIRUGÍA GENERAL	CARDIOVASCULAR	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
Sábado AM	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA		NEUROLOGÍA	

El modelo de optimización entrega una tabla quirúrgica sin turnos superpuestos y todos los pabellones atienden a las especialidades quirúrgicas que están aptos para realizar sus cirugías. Además, se mantiene el pabellón 10 inamovible para realizar exclusivamente cirugías de emergencia.



## 10.9 Validación de Resultados

Para validar los resultados es necesario contrastar la utilización obtenida si se hubiese usado la tabla quirúrgica propuesta por el modelo de optimización y la que realmente se usó en el año 2015, en el mes correspondiente. Este es el indicador más fidedigno para comparar estas dos tablas con distintos bloques, ya que la cantidad de cirugías que se pueden realizar depende directamente del tiempo que tomen las cirugías.

Para calcular la utilización real se utilizará la capacidad total en minutos que tiene al mes cada especialidad y la demanda en minutos considerando únicamente las cirugías programadas. Para el caso de la tabla quirúrgica se usará la capacidad para cada especialidad calculada por el modelo. Finalmente, para el cálculo de la utilización se realizará mediante la simple división de la demanda de tiempo en minutos por especialidad dividida por la capacidad total.

Tabla 52 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Enero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10015,9	17820	56%	12960	77%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4894,4	7080	69%	4320	113%
CIRUGÍA GENERAL	47735,6	50340	95%	56160	85%
CIRUGÍA PLÁSTICA	28216,4	34500	82%	31680	89%
OTRAS ESPECIALIDADES	1994,0	6960	29%	1440	138%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5515,0	5460	101%	7200	77%
NEUROLOGÍA	3526,6	5700	62%	1440	245%
ODONTOLOGÍA	2256,5	7980	28%	2880	78%
OFTALMOLOGÍA	4400,4	20250	22%	4320	102%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19312,0	8400	230%	14400	134%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	56116,8	62550	90%	50400	111%
UROLOGÍA	19758,5	22560	88%	30240	65%
<b>Total</b>	<b>203742,2</b>	<b>249600</b>	<b>82%</b>	<b>217440</b>	<b>94%</b>

La utilización total si se hubiese usado la tabla quirúrgica obtenida por el modelo en el mes de enero del 2015 es de 94%, doce por ciento más que la que se obtuvo mediante la tabla quirúrgica utilizada realmente en ese mes. En el caso de este proyecto, es de mayor importancia la utilización por especialidad, ya que el

objetivo es distribuir de mejor manera la tabla quirúrgica, en otras palabras, aumentar la utilización por especialidad.

En la Tabla 52 es posible notar que todas las especialidades hubiesen mejorado considerablemente su rendimiento, a excepción de Urología y Cirugía General porque se les asignó más de lo que necesitaban. La razón de este error es porque el modelo está considerando una capacidad fija de 906 horas semanales, la cual se reparte completamente según los porcentajes calculados para cada especialidad, siendo necesario reducir esta capacidad si la demanda predicha es menor. Esta mejora se considerará en el capítulo de análisis de sensibilidad del modelo.

En el Anexo O se encuentran la utilización de la tabla quirúrgica real usada durante el año 2015 y la utilización calculada si se hubiese usado la tabla quirúrgica obtenida por medio del modelo de optimización de todos los meses, donde se puede notar una mejora considerable en el uso del tiempo de pabellón, excepto en el mes de julio, ya que demanda sobrepasa la capacidad total modelada por 3%.

Dado que la utilización total sólo depende de la capacidad fija asignada mes a mes, no es un buen indicador para distinguir si la tabla quirúrgica modelada es mejor que la utilizada actualmente. Por lo que para el contraste entre las dos tablas quirúrgicas, se calculó el MAD para cada mes por medio de la siguiente fórmula:

$$MAD = \frac{\sum_{e=1}^n |A_e - F_e|}{n}$$

donde  $|A_e - F_e|$  se define como el error absoluto de la especialidad  $e$ , siendo  $A_e$  el tiempo realmente usado por la especialidad  $e$  y  $F_e$  la capacidad asignada a la especialidad  $e$ , con  $n$  el número de todas las especialidades analizadas.

Tabla 53 - MAD Tabla Quirúrgica Real y Modelada

Mes	MAD Real (Min)	MAD Modelado (Min)
Enero	5649,3	3462,2
Febrero	11816,8	8143,0
Marzo	5447,7	2771,3
Abril	6210,1	3155,6
Mayo	6959,5	3838,4
Junio	6197,4	3412,3
Julio	5912,6	3764,5
Agosto	5974,1	3394,8
Septiembre	6381,5	3683,3
Octubre	5411,3	3134,9
Noviembre	5259,9	2897,2
Diciembre	7168,6	4989,2

En todos los meses el MAD de la tabla quirúrgica obtenida por medio del modelo de optimización es menor que la usada por la Clínica Santa María. A pesar de que existe un aumento de utilización y menor diferencia entre el tiempo asignado y el realmente usado, aún se puede mejorar más el modelo adecuando la capacidad, considerando las fluctuaciones mensuales.

### 10.10 Modificaciones al Modelo Base

El modelo generado anteriormente reparte la capacidad total de los pabellones que tiene la Clínica Santa María para operar, según la demanda que tiene cada una de las especialidades. Este modelo tiene dos problemas principalmente.

El primer problema es la capacidad fija que tiene pabellón para todos los meses. La estimación de demanda es distinta para cada mes, esta puede estar por encima o debajo de la capacidad, provocando cirugías perdidas cuando la demanda sobrepasa la capacidad, ya que no podrían ser atendidos algunos pacientes en el mes que desean, existiendo la posibilidad que exista una fuga del paciente a otra institución que lo atiende antes. Para el caso que la capacidad supera la demanda, hay costos relacionados por mantener el pabellón abierto sin utilizar.

El segundo problema del modelo original no contempla las diferencias de rentabilidad por hora que tiene cada especialidad, o sea el modelo de optimización

no ve la diferencia entre asignarle una hora más a una especialidad A, en vez de asignársela a la especialidad B.

A continuación, se realizarán las modificaciones al modelo original para resolver los problemas planteados.

### 10.10.1 Modelo con Ajustes de Capacidad

Usando los tiempos en vez de porcentajes por especialidad, se pueden aumentar y reducir los pabellones disponibles para incrementar ingresos y disminuir los costos, respectivamente. Por ejemplo, en meses de baja demanda se podrían dejar de realizar cirugías los días sábados y arrendar estos pabellones libre a médicos externos que necesitan realizar cirugías para esas fechas, o en caso contrario, para los meses con alta demanda habilitar más pabellones los días sábados y cubrir las solicitudes de operaciones. De esta manera, la clínica estaría adaptando su capacidad de manera dinámica dependiendo el pronóstico de demanda, aprovechando los recursos de manera óptima.

Es necesario incluir una variable de decisión nueva para ajustar la cantidad de pabellones disponibles los días sábados, así se reducirían costos de personal, electricidad, entre otros, por mantener un pabellón abierto sin usarse. Además, con esta nueva variable de decisión, nace la necesidad de crear una restricción extra para acotar esta variable.

Por último, es necesario cambiar el parámetro de horas target por especialidad, ya que en este nuevo modelo no se reparte la capacidad total, sino que se considera la demanda pronosticada por especialidad.

#### Variable de Decisión Extra:

$x_{6, e, \text{Sábado AM}}$ : Números de bloques de tiempo del “tipo 6” asignado al grupo quirúrgico  $e$  los días sábados.

#### Restricción Extra:

El número de las salas de operaciones de tipo 6 asignados a todas las especialidades en el horario *Sábado AM* debe ser igual o menor al total de bloques de tiempo  $N_{pd}$

$$\sum_{e=1}^{Total_e} x_{6, e, \text{Sábado AM}} \leq N_{6, \text{Sábado AM}}$$

Cabe mencionar que en el modelo base sólo estaban disponibles 11 pabellones los días sábados, ya que es el actual número de pabellones que están a disposición ese día, pero es una restricción que puede cambiarse si es posible fundamentar de manera correcta este cambio.

## Parámetro de Horas Target

Las horas target mostradas a continuación son las horas obtenidas del pronóstico de demanda, a diferencia de las horas target del modelo anterior que dividían 906 horas semanales de pabellón entre las distintas especialidades.

Tabla 54 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Enero – Junio 2015

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	41,35	28,45	40,68	44,59	43,13	45,81
CIRUGÍA DE TÓRAX	23,81	16,46	19,17	19,00	15,14	17,13
CIRUGÍA GENERAL	216,34	145,54	203,32	191,43	191,80	194,98
CIRUGÍA PLASTICA	99,72	53,35	94,30	85,99	87,58	92,54
OTRAS ESPECIALIDADES	11,09	5,56	9,75	7,10	8,56	5,98
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	26,07	20,89	19,28	22,51	22,91	24,48
NEUROLOGÍA	13,17	18,55	15,79	10,36	10,02	9,64
ODONTOLOGÍA	6,39	4,31	4,70	6,00	6,83	6,57
OFTALMOLOGÍA	16,77	11,90	15,14	15,59	18,79	16,66
OTORRINOLARINGOLOGÍA	95,00	81,94	81,28	79,99	77,29	70,05
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	206,66	171,18	234,75	235,73	226,19	231,96
UROLOGÍA	93,96	60,21	93,35	89,15	85,43	88,48

Tabla 55 - Parámetros del Modelo de Optimización: Cantidad de Horas Designadas a cada especialidad Julio – Diciembre 2015

ESPECIALIDAD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	42,06	48,52	34,44	42,59	42,21	40,32
CIRUGÍA DE TÓRAX	16,54	19,96	12,99	17,36	13,52	15,44
CIRUGÍA GENERAL	214,80	225,07	162,95	215,80	206,69	178,43
CIRUGÍA PLASTICA	114,05	105,65	122,47	125,92	113,27	102,98
OTRAS ESPECIALIDADES	8,31	8,31	7,45	5,44	9,82	8,97
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	23,28	24,40	18,60	25,48	22,23	22,68
NEUROLOGÍA	18,14	15,28	12,22	18,46	12,09	10,53
ODONTOLOGÍA	6,52	9,13	5,91	7,19	6,55	8,09
OFTALMOLOGÍA	17,85	17,39	14,22	19,32	18,15	16,95
OTORRINOLARINGOLOGÍA	91,13	88,87	60,15	74,41	69,85	61,28
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	258,08	245,35	199,66	240,37	218,34	215,95
UROLOGÍA	96,22	89,94	76,48	96,50	87,12	86,18

### 10.10.1.1 Resultados obtenidos y Discusión

Esta nueva formulación del problema reduce notablemente el valor de la función objetivo, que da como resultado 0,5, una diferencia de 0,7 con el modelo original. Además, la variable de decisión del número de bloques para el día sábado recomienda usar sólo 2 bloques, en vez de los 11 que se usaban en la modelación original.

La diferencia absoluta entre las horas target y el escogido real es menor que el modelo original, ya que este nuevo modelo modificado tiene más libertad en la asignación de los días sábados.

Tabla 56 - Resumen Asignación Individual Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad por Especialidad Médica (Enero 2015)

Especialidad	Target (Hrs)	Escogido Real (Hrs)	Diferencia (Hrs)	Diferencia Absoluta (Hrs)	Diferencia Porcentual Absoluta
CARDIOVASCULAR	41,4	42	-0,65	0,65	1,56%
CIRUGÍA DE TÓRAX	23,8	24	-0,19	0,19	0,82%
CIRUGÍA GENERAL	216,3	216	0,34	0,34	0,16%
CIRUGÍA PLASTICA	99,7	102	-2,28	2,28	2,29%
OTRAS ESPECIALIDADES	11,1	12	-0,91	0,91	8,24%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	26,1	24	2,07	2,07	7,94%
NEUROLOGÍA	13,2	12	1,17	1,17	8,87%
ODONTOLOGÍA	6,4	6	0,39	0,39	6,10%
OFTALMOLOGÍA	16,8	18	-1,23	1,23	7,31%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	95,0	96	-1,00	1,00	1,05%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	206,7	204	2,66	2,66	1,29%
UROLOGÍA	94,0	96	-2,04	2,04	2,17%
<b>Total</b>	<b>850,3</b>	<b>852,0</b>	<b>-1,7</b>	<b>14,9</b>	<b>1,76%</b>

Para contrastar el modelo original con el modelo modificado es necesario ver la utilización y el MAD promedio por especialidad, ya que como se mencionó en el capítulo anterior estos son los indicadores de rendimiento que se usarán para contrastar los distintos modelos.

Tabla 57 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Enero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original (Min)	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	10015,9	12960	77%	10080	99%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4894,4	4320	113%	5760	85%
CIRUGÍA GENERAL	47735,6	56160	85%	51840	92%
CIRUGÍA PLÁSTICA	28216,4	31680	89%	24480	115%
OTRAS ESPECIALIDADES	1994,0	1440	138%	2880	69%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5515,0	7200	77%	5760	96%
NEUROLOGÍA	3526,6	1440	245%	2880	122%
ODONTOLOGÍA	2256,5	2880	78%	1440	157%
OFTALMOLOGÍA	4400,4	4320	102%	4320	102%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19312,0	14400	134%	23040	84%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEdia	56116,8	50400	111%	48960	115%
UROLOGÍA	19758,5	30240	65%	23040	86%
<b>Total</b>	<b>203742,2</b>	<b>217440</b>	<b>94%</b>	<b>204480</b>	<b>100%</b>

Por medio de la Tabla 57 es posible notar la mejora considerable de la utilización total del tiempo de pabellón en el mes de enero 2015, ya que se mantienen cerrados el día sábado 9 de los 11 pabellones que estaban disponibles en el modelo original. En el modelo modificado se alcanza una utilización total de 100%, y también mejoras en las utilidades individuales por especialidad. En Neurología se aprecia que de una utilización de 245% del modelo original, por una asignación menor de tiempo del que realmente necesitaba esta especialidad, se disminuyó la mitad con un 122% de utilización. Las diferencias de utilización entre el modelo original y el modelo modificado con ajustes de capacidad de los demás meses se encuentran en el Anexo P.

Tabla 58 - MAD Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad

Mes	MAD Modelo Original	MAD Modelo Modificado
Enero	3462,2	2134,3
Febrero	8143,0	5842,9
Marzo	2771,3	1856,4
Abril	4700,5	2794,9
Mayo	4700,5	2794,9
Junio	5039,9	2909,8
Julio	3764,5	1161,7
Agosto	4819,2	3466,3
Septiembre	5315,9	3482,8
Octubre	4647,2	2585,6
Noviembre	4507,2	2300,3
Diciembre	6357,6	4120,8
<b>Promedio</b>	<b>4852,4</b>	<b>2954,2</b>

Las diferencias entre el MAD promedio de cada mes del modelo original es mayor en todos los meses que el MAD promedio obtenido con las modificaciones del modelo original. La razón de este fenómeno es que en este caso se asigna el pronóstico del tiempo que usará cada especialidad en cierto mes, en vez del porcentaje de la capacidad real, siendo más preciso como se puede ver, asignar directamente los tiempos predichos para cada especialidad.

Tabla 59 – Cantidad de Pabellones Disponibles en Horario Sábado AM en el Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad

Mes	Cantidad Pabellones Disponibles Horario Sábado AM
Enero	2
Febrero	0
Marzo	1
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	9
Agosto	9
Septiembre	0
Octubre	6
Noviembre	0
Diciembre	0



El tema en discusión es sobre la cantidad de pabellones que deben estar disponibles el día sábado. En este nuevo modelo modificado se restringe la cantidad de sala de operaciones para el horario sábado AM, reduciendo así el tiempo operacional ocioso y aumentando la utilización en todos los meses. El problema surge en caso que exista un crecimiento de la demanda de cirugías en cierto mes, pudiendo provocar cirugías perdidas si se supera la capacidad disponible en ese mes. Para ello es necesario hacer un análisis del trade-off de los costos de mantener un pabellón abierto sin ser usado y perder una potencial cirugía por falta de capacidad. Este análisis será analizado en detalle en el capítulo de Beneficios Potenciales.

### 10.10.2 Modelo Considerando Rentabilidad por Especialidad

Primero que todo, es necesario realizar un análisis de rentabilidad por hora para cada especialidad. Luego de analizar las rentabilidades, es posible designarle costos a las diferencias entre las horas target y asignadas a cada especialidad.

Tabla 60 - Resultado Operacional Promedio por Hora para cada Especialidad 2011-2014

Especialidad	Resultado Operacional Promedio por Hora	
CARDIOVASCULAR	\$	359.257
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$	754.552
CIRUGÍA GENERAL	\$	577.079
CIRUGÍA PLASTICA	\$	97.151
OTRAS ESPECIALIDADES	\$	472.946
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$	644.893
NEUROLOGÍA	\$	264.401
ODONTOLOGÍA	\$	78.432
OFTALMOLOGÍA	\$	527.655
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$	282.049
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$	335.206
UROLOGÍA	\$	352.766

En la Tabla 60 está la el resultado operacional promedio por hora de los años 2011-2014, estos valores fueron calculados dividiendo la sumatoria del resultado operacional de todos los meses de estos años por la sumatoria de horas de cirugía para cada especialidad.

Para implementar costes de castigo para cada especialidad se usarán los valores de la tabla anterior. De esta manera, el modelo intentará reducir principalmente la diferencia de horas entre horas target y elegidas a las especialidades que tengan costos muy altos, que en este caso son los valores del

resultado operacional promedio por hora, o sea el costo de oportunidad por hora de cada especialidad.

La función objetivo debe integrar estos nuevos costos de asignación para cada especialidad, los cuales serán nombrados como  $C_e$ . Por lo tanto, la función objetivo queda como:

$$\text{Min} \sum_{e=0}^{\text{Especialidades Totales}} \left| t_e - \sum_{p=0}^{\text{Total}_p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped} \right| x C_e$$

Esta función objetivo modificada minimiza los ingresos operacionales por hora perdidos (costo de oportunidad) por la diferencia que existe entre las horas target y elegidas por el modelo.

### 10.10.2.1 Resultados Obtenidos y Discusión

Este modelo modificado entrega un valor de la función objetivo que tiene sentido económico y reduce el costo de oportunidad en la asignación de bloques de tiempo. El valor de la función objetivo es de \$ 8.584.696,75, con 26,4 horas de diferencia absoluta entre horas target y asignadas, y desigualdad de 11,5 horas con el modelo original. Este nuevo modelo que considera la rentabilidad, entrega mayor diferencia absoluta de horas asignadas y target, pero en este caso se está disminuyendo el costo de oportunidad, elemento que no considera el modelo original.

Tabla 61 - Resumen Asignación Individual Modelo con Rendimiento por Especialidad Médica (Enero 2015)

Especialidad	Targe t (Hrs)	Escogido Real (Hrs)	Diferencia Absoluta (Hrs)	Costo de Oportunidad
CARDIOVASCULAR	50,9	54	3,1	\$ 1.127.318
CIRUGÍA DE TÓRAX	15,1	18	2,9	\$ 2.139.847
CIRUGÍA GENERAL	232	234	2	\$ 1.170.797
CIRUGÍA PLASTICA	137,4	132	5,4	\$ 525.794
OTRAS ESPECIALIDADES	3,8	6	2,2	\$ 1.021.024
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	30,8	30	0,8	\$ 533.142
NEUROLOGÍA	7,2	6	1,2	\$ 376.712
ODONTOLOGÍA	11,8	12	0,2	\$ 458.559
OFTALMOLOGÍA	16,4	18	1,6	\$ 860.702
OTORRINOLARINGOLOGÍA	60,1	60	0,1	\$ 29.919
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	210,2	210	0,2	\$ 141.774
UROLOGÍA	130,3	126	4,3	\$ 199.111
<b>Total</b>	<b>906,0</b>	<b>906</b>	<b>24</b>	<b>\$ 8.584.697</b>

Para comparar el modelo que considera los rendimientos y el modelo original, es necesario calcular el costo de oportunidad de este último. En la Tabla 62 se encuentra la diferencia de valores de los costos de oportunidades, se puede notar que en ciertos meses para el modelo modificado se tiene una reducción de costo de oportunidad o por lo menos, el mismo valor que el modelo original.

Tabla 62 - Costos de Oportunidad Modelo Original y Modificado 2015

Mes	Costo de Oportunidad Modelo Original	Costo de Oportunidad Modelo Modificado	Diferencia
Enero	\$ 9.856.543	\$ 8.584.697	\$ 1.271.846
Febrero	\$ 26.964.614	\$ 19.671.783	\$ 7.292.831
Marzo	\$ 8.025.421	\$ 8.025.421	\$ -
Abril	\$ 11.329.969	\$ 11.258.071	\$ 71.897
Mayo	\$ 10.053.881	\$ 9.513.675	\$ 540.206
Junio	\$ 7.608.204	\$ 7.608.204	\$ -
Julio	\$ 13.457.390	\$ 11.687.207	\$ 1.770.183
Agosto	\$ 8.745.135	\$ 8.745.135	\$ -
Septiembre	\$ 36.702.320	\$ 27.915.656	\$ 8.786.665
Octubre	\$ 23.943.013	\$ 17.277.358	\$ 6.665.655
Noviembre	\$ 16.291.544	\$ 14.330.794	\$ 1.960.751
Diciembre	\$ 20.677.024	\$ 14.887.765	\$ 5.789.259
<b>Total</b>	<b>\$ 193.655.057</b>	<b>\$ 159.505.765</b>	<b>\$ 34.149.293</b>

Con el nuevo modelo que considera los rendimientos se ahorra un total de \$34.149.293 en el año 2015.

Finalmente, es posible concluir que el modelo con costes de oportunidad y ajustes de capacidad son mejores por separado que el modelo original. El primero minimiza los costes de oportunidad por hora de cada especialidad y el segundo ajusta la capacidad, optando por no asignar bloques los días sábados si la demanda no es suficiente, reduciendo los costos de mantener un pabellón abierto y no usarlo.

### 10.10.3 Modelo con Ajustes de Capacidad Considerando Costos de Oportunidad y el de Mantener el Pabellón Abierto sin ser usado

Este modelo modificado combinará las dos modificaciones realizadas anteriormente e incluye una extra.

El modelo que considera las rentabilidades por especialidad tiene un problema, puesto que no considera las diferencias entre darle o quitarle una hora a cierta especialidad, dado que tienen el mismo costo. Por lo tanto, se realizará la última modificación al modelo y se considerará un costo de oportunidad si se le asigna menos de las horas target a una especialidad y otro costo en caso que se le asigne más horas que las target. Este último costo refleja las pérdidas por mantener un pabellón abierto y no ser usado, este incluye las remuneraciones, mantenciones y reparaciones, depreciación y otros costos de servicio.

Tabla 63 - Costo Promedio por Especialidad de Mantener Pabellón sin Usar por Hora

Especialidad	Costo Promedio de Pabellón Sin Usar por Hora	
CARDIOVASCULAR	-\$	121.390
CIRUGÍA DE TÓRAX	-\$	119.789
CIRUGÍA GENERAL	-\$	120.041
CIRUGÍA PLASTICA	-\$	119.863
OTRAS ESPECIALIDADES	-\$	50.203
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	-\$	119.657
NEUROLOGÍA	-\$	119.208
ODONTOLOGÍA	-\$	120.094
OFTALMOLOGÍA	-\$	119.037
OTORRINOLARINGOLOGÍA	-\$	121.733
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	-\$	119.689
UROLOGÍA	-\$	120.148

En la Tabla 63 están los costos de mantener al pabellón sin usar, estos valores serán considerados como  $CP_e$  y los costos de oportunidad como  $CO_e$ . Para integrar estas tres nuevas modificaciones del modelo original, se harán cambios en la función objetivo del modelo para que considere los costos de oportunidad y el costo de mantener el pabellón abierto sin usar y además, se considerará la variable de decisión y restricción extra del modelo con ajustes de capacidad.

$$\text{Min} \sum_{e=1}^{12} \left[ \text{Max} \left( t_e - \sum_{p=0}^{\text{Total}_p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}, 0 \right) x - CP_e + \text{Max} \left( \sum_{p=0}^{\text{Total}_p-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped} - t_e, 0 \right) x CO_e \right]$$

Para realizar estos cambios, es necesario agregar variables auxiliares y restricciones extras al modelo para linealizar las funciones máximo y mínimo, ya que el optimizador es lineal y no permite funciones no lineales en la función objetivo.

$$\begin{aligned}
 & \text{Especialidades Totales} \\
 \text{Min} \quad & \sum_{e=0} (Z_e \times CP_e + Y_e \times CO_e) \\
 \text{Sujeto a:} \quad & \frac{t_e - \sum_{p=0}^{Totalp-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}}{t_e} \leq Z_e \quad e = 1, \dots, 12 \quad (1) \\
 & - \left( \frac{t_e - \sum_{p=0}^{Totalp-1} \sum_{k=0}^5 N_{pd} x_{ped}}{t_e} \right) \leq Y_e \quad e = 1, \dots, 12 \quad (2) \\
 & Z_e \geq 0 \quad e = 1, \dots, 12 \quad (3) \\
 & Y_e \geq 0 \quad e = 1, \dots, 12 \quad (4)
 \end{aligned}$$

### 10.10.3.1 Resultados Obtenidos y Discusión

La Tabla 64 resume los outputs finales del modelo obtenidos. El valor de la función objetivo equivale al costo por las diferencias de horas que hay entre el target y el asignado por el real.

Tabla 64 - Resumen Cantidad de Bloques de Tiempo Disponibles Sábados, Valores de la Función Objetivo y Horas asignadas Totales por Mes 2015

Mes	Cantidad de Bloques de Tiempo Disponibles Sábado cada Semana	Valor Función Objetivo	Horas Totales Asignadas por Semana
Enero	0	\$ 3.052.596,32	840
Febrero	0	\$ 41.699.438,60	840
Marzo	0	\$ 4.776.259,37	840
Abril	0	\$ 6.599.960,36	840
Mayo	0	\$ 6.996.043,21	840
Junio	0	\$ 7.142.707,67	840
Julio	9	\$ 2.049.460,57	894
Agosto	9	\$ 2.552.181,88	894
Septiembre	0	\$ 23.708.712,19	840
Octubre	7	\$ 1.868.712,52	882
Noviembre	0	\$ 5.369.453,03	840
Diciembre	0	\$ 11.109.773,40	840
<b>Total</b>		<b>\$ 116.925.299,12</b>	<b>10230</b>

Se puede notar en la tabla anterior que sólo es necesario abrir los pabellones los días sábados para los meses que lo necesita, que son julio, agosto y octubre. De esta manera, es posible ahorrar los costos operacionales de mantener abiertos los pabellones de los días sábados.

Tabla 65 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Enero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	10015,9	12960	77%	10080	99%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4894,4	4320	113%	5760	85%
CIRUGÍA GENERAL	47735,6	56160	85%	51840	92%
CIRUGÍA PLÁSTICA	28216,4	31680	89%	24480	115%
OTRAS ESPECIALIDADES	1994,0	1440	138%	1440	69%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5515,0	7200	77%	5760	96%
NEUROLOGÍA	3526,6	1440	245%	2880	122%
ODONTOLOGÍA	2256,5	2880	78%	1440	157%
OFTALMOLOGÍA	4400,4	4320	102%	4320	102%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19312,0	14400	134%	23040	84%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	56116,8	50400	111%	48960	115%
UROLOGÍA	19758,5	30240	65%	21600	86%
Total	203742,2	217440	94%	201600	100%

En la Tabla 65 y Anexo Q está la validación del modelo modificado y el contraste con el modelo original. Se puede ver que cada modificación aportó en optimizar la utilización de las especialidades y también en la reducción de costos.

Tabla 66 - MAD Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajuste de Capacidad y Costos

Mes	MAD Modelo Original	MAD Modelo Modificado
Enero	3462,2	1986,6
Febrero	8143,0	6761,7
Marzo	2771,3	2209,9
Abril	4700,5	2868,1
Mayo	4700,5	2868,1
Junio	5039,9	2866,2
Julio	3764,5	1398,6
Agosto	4819,2	3226,3
Septiembre	5315,9	3672,2
Octubre	4647,2	2585,6
Noviembre	4507,2	2367,6
Diciembre	6357,6	4513,6

En la Tabla 66, es posible ver los MAD de las especialidades de cada mes, existiendo en todos una mejora considerable de la utilización por especialidad, ya que la diferencia entre las horas asignadas y la demanda es más baja en el modelo modificado.

Finalmente, se usará este último modelo para realizar el análisis de beneficios potenciales que tiene este proyecto en la Clínica Santa María, ya que minimiza los costos por asignar de manera incorrecta los bloques y entrega resultados cercanos al target debido a la formulación del problema.

## **10.11 Análisis de Sensibilidad del Modelo**

El objetivo principal de este capítulo es conocer cómo reacciona el modelo ante cambios en las restricciones y parámetros.

### **10.11.1 Satisfacción de Demanda Total**

El modelo final minimiza los costos de error de asignación. La manera que se planteó el problema deja demanda insatisfecha en algunas especialidades, en los casos que el costo de asignarle menos del tiempo target sea más barato que asignarle más del tiempo target.

La demanda insatisfecha genera preocupación por parte de la administración de la Clínica Santa María, puesto que al aumentar la competencia en la industria de la salud privada se ha vuelto fundamental reducir los tiempos de espera del paciente.

En este análisis se verá si la capacidad total puede satisfacer a la demanda total (calculado por medio del pronóstico de demanda), sin dejar a ningún paciente desatendido. En caso que la capacidad sea superada, se evaluará las condiciones que permiten a la Clínica Santa María satisfacer en plenitud la demanda de todas las especialidades.

Hay que agregar una restricción que obligue al modelo asignar una cantidad de bloques igual o superior al target para cada especialidad.

### **Restricción Extra**

$$\frac{t_e}{6} \leq \sum_{e=1}^{Total_e} x_{ped}$$

Es necesario dividir el tiempo target  $t_e$  por seis, ya que la tabla quirúrgica está dividida en bloques de tiempo de seis horas cada uno.

### 10.11.1.1 Resultados Obtenidos y Discusión

Se analizarán los principales indicadores obtenidos de los resultados del modelo de optimización, considerando esta nueva restricción.

Tabla 67 - Resumen Cantidad de Bloques de Tiempo Disponible Sábados, Valores de la Función Objetivo y Horas asignadas Totales por Mes 2015

Mes	Cantidad de Bloques de Tiempo Abiertos Sábado	Valor Función Objetivo	Horas Totales Asignadas por Semana
Enero	7	\$ 11.320.170	882
Febrero	0	\$ 42.087.437	840
Marzo	4	\$ 14.438.397	864
Abril	0	\$ 13.561.473	840
Mayo	0	\$ 13.625.446	840
Junio	0	\$ 11.091.133	840
Julio	19	\$ 14.179.193	954
Agosto	15	\$ 14.117.909	930
Septiembre	1	\$ 29.394.729	846
Octubre	15	\$ 14.875.007	930
Noviembre	4	\$ 17.537.938	864
Diciembre	0	\$ 13.457.016	840
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>\$ 209.685.849</b>	<b>10470</b>

Este modelo restringe las horas asignadas para que sea por lo menos las horas target por especialidad. El costo que considera el valor de la función objetivo es la del tiempo ocioso, ya que el planteamiento del problema no permite que haya pacientes sin atender.

Los resultados del modelo sugieren que en los meses de agosto y octubre es necesario abrir 15 bloques de tiempo para satisfacer toda la demanda, y julio siendo el mes de máxima demanda son necesarios 19 bloques de tiempo, por lo que deben ser usados los pabellones en el día de la tarde del sábado.

El costo es \$92.760.550 mayor que el costo del modelo con Ajustes de Capacidad Considerando Costos de Oportunidad y el de Mantener el Pabellón Abierto sin ser usado, un 79% más, pero se tiene la plusvalía que todos los pacientes son atendidos y no existe fuga de pacientes a otras instituciones por exceder su tiempo de tolerancia de espera.



## 11. BENEFICIOS POTENCIALES

Como se mencionó anteriormente, hay un trade-off entre abrir más pabellones de los indicados y mantenerlos cerrados causando pérdidas potenciales de pacientes operados. Por lo que en ciertos casos, aunque el modelo entregue una solución óptima, es necesario analizar los resultados para ver la rentabilidad.

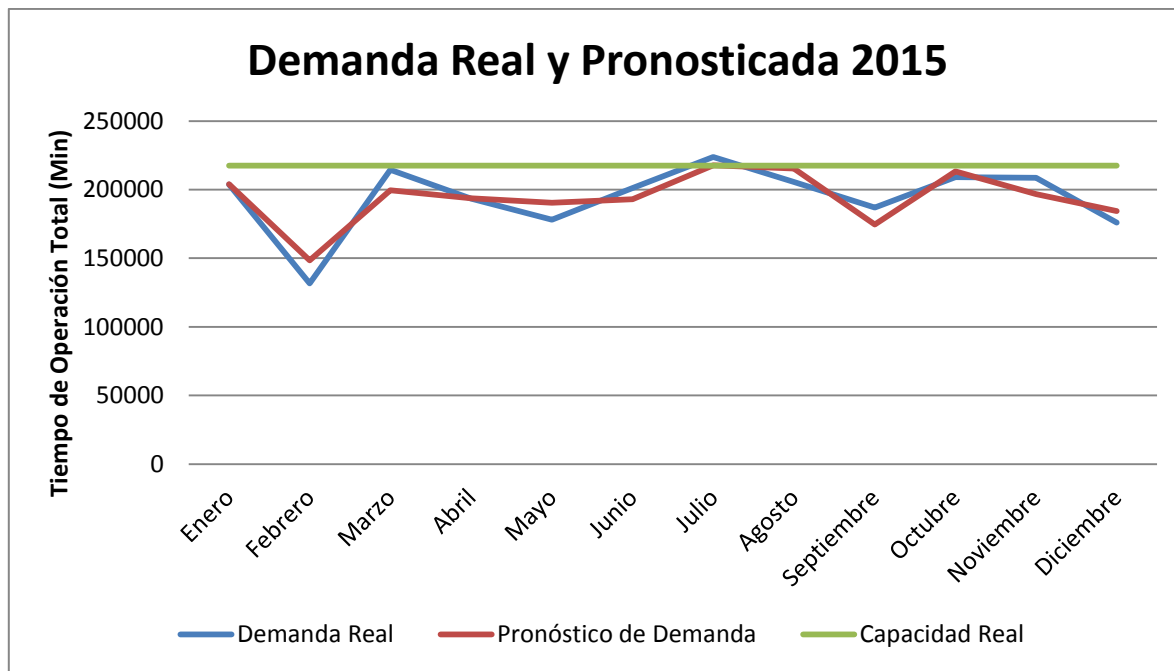


Ilustración 31 - Demanda Real y Pronosticada del Tiempo de Operación por Mes 2015

En el modelo final se utilizan los tiempos de operación pronosticados para el 2015 con los datos del 2007 al 2014, por medio del método de Clustering. En la Ilustración 31 es posible ver la demanda pronosticada y la capacidad asignada real, para cada mes el pronóstico está cerca a los valores de la demanda real.

Actualmente, la Clínica Santa María tiene capacidad fija para todos los meses, sin importar si es un mes de baja o alta demanda. El modelo de optimización con las modificaciones entrega como resultado una tabla quirúrgica que ajusta su capacidad dependiendo la demanda que se espera que tenga el mes. Por esta razón, es necesario cuantificar el error del pronóstico, ya que provoca tiempo ocioso en caso de predecir mayor demanda que la real y cirugías potenciales perdidas (costo de oportunidad) cuando el pronóstico de demanda es menor a la demanda real.

Los beneficios obtenidos por el modelo semanal por mes, son dimensionados considerando un horizonte de resolución de un año. Para estudiar este capítulo se usarán los valores aproximados de la demanda insatisfecha (costo de oportunidad) calculado con el promedio de la rentabilidad por hora de cada especialidad de todos los meses entre el 2011 y el 2014. Además, se considerará el costo por hora de asignar un pabellón que no es usado, por medio del cálculo del promedio de la suma de costos de remuneraciones, mantenciones y reparaciones, depreciación y otros costos de servicio.

Tabla 68 - Resultado Operacional Promedio y Costo Promedio de Pabellón sin Usar por Hora 2011-2014

Especialidad	Resultado Operacional Promedio por Hora	Costo Promedio de Pabellón Sin Usar por Hora
CARDIOVASCULAR	\$ 359.257,00	-\$ 121.390,00
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 754.552,00	-\$ 119.789,00
CIRUGÍA GENERAL	\$ 577.079,00	-\$ 120.041,00
CIRUGÍA PLASTICA	\$ 97.151,00	-\$ 119.863,00
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 472.946,00	-\$ 50.203,00
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 644.893,00	-\$ 119.657,00
NEUROLOGÍA	\$ 264.401,00	-\$ 119.208,00
ODONTOLOGÍA	\$ 78.432,00	-\$ 120.094,00
OFTALMOLOGÍA	\$ 527.655,00	-\$ 119.037,00
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 282.049,00	-\$ 121.733,00
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 335.206,00	-\$ 119.689,00
UROLOGÍA	\$ 352.766,00	-\$ 120.148,00

Con la Tabla 68 que tiene los costos por hora de oportunidad y costos por hora de mantener el pabellón abierto sin usar para cada especialidad se puede contrastar la efectividad de la tabla quirúrgica actual con la propuesta en términos de costos, ya que en términos de utilización del tiempo se vio en el capítulo anterior que el modelo mejoraba la utilización considerablemente. Para ello es necesario ver la diferencia entre la demanda real y tiempo entregado a cada especialidad de las dos tablas quirúrgicas. En caso que la demanda supera el tiempo asignado a la especialidad se multiplica por el costo de oportunidad, ya que se considera demanda insatisfecha para ese mes, si la capacidad asignada a la especialidad es mayor que la demanda, hay tiempo ocioso por lo que este tiempo sobrante debe ser

multiplicado por el costo de mantener el pabellón abierto para tener una idea del costo del realizar una asignación errónea de los bloques de tiempo de la tabla quirúrgica.

Tabla 69 - Costo Total Real y del Modelo por los Errores en la Asignación de Bloques de Tiempo 2015

Mes	Costo Total Real	Costo Total Modelo
Enero	\$ 159.619.315	\$ 76.833.788
Febrero	\$ 309.010.758	\$ 204.460.225
Marzo	\$ 192.822.943	\$ 157.168.496
Abril	\$ 202.239.335	\$ 72.122.342
Mayo	\$ 208.762.439	\$ 101.532.460
Junio	\$ 202.017.457	\$ 74.304.763
Julio	\$ 216.291.219	\$ 104.757.147
Agosto	\$ 205.282.886	\$ 88.321.474
Septiembre	\$ 200.389.968	\$ 103.370.178
Octubre	\$ 188.028.049	\$ 65.464.490
Noviembre	\$ 179.417.068	\$ 72.251.354
Diciembre	\$ 216.270.559	\$ 133.060.844
<b>Total</b>	<b>\$ 2.480.151.996</b>	<b>\$ 1.253.647.560</b>

Usando la tabla quirúrgica actual se perdió un total de \$2.480.151.996 en la Clínica Santa María en el año 2015, por los errores en la asignación de los bloques de tiempo por especialidad. En cambio, si se hubiese usado los bloques asignados por el modelo de optimización, se hubiese reducido los costos de asignación en un 49%.

En el Anexo R se encuentran los costos por especialidad en cada mes de la tabla quirúrgica real y en el Anexo S los costos obtenidos por el modelo de optimización. En todos los meses existe una reducción considerable de los costos, esto principalmente se debe al ajuste de la capacidad que contempla el modelo, cerrando pabellones del sábado en meses que no son necesarios abrirlos.

## **12. CONCLUSIONES**

### **12.1 Comentarios Generales**

Durante este estudio se ven dos grandes temas, estimación de demanda y programación de la asignación de los bloques de tiempo en la tabla quirúrgica. Al plantear una metodología de predicción de demanda se logran modelos econométricos capaces de entregar pronósticos con bajos errores, ya sea por el lado de las series de tiempo como por el de la regresión lineal. A pesar de la similitud de las variables explicativas utilizadas en ambos métodos, la serie temporal logra mejores resultados obteniendo un MAD promedio ponderado de 1,63% en los porcentajes asignados a cada especialidad del total de la tabla quirúrgica.

La metodología usada para la resolución del problema de programación de horarios y asignación de pabellones semanal en la Clínica Santa María se basa en un modelo matemático que asigna por separado, para cada especialidad médica, a algún bloque horario durante la semana y un pabellón que tenga todo el instrumental necesario para poder realizar la operación, cumpliendo con un conjunto de restricciones fuertes y suaves.

Basado en los resultados, está fundamentado que el modelo de optimización funciona y puede ser utilizado como herramienta para una asignación más eficiente de los bloques de tiempo para cada especialidad en la tabla quirúrgica. El modelo provee la oportunidad para que la administración de la Clínica Santa María pueda fácilmente adaptar el número de horas target por grupo quirúrgico y obtener como resultado la tabla quirúrgica más óptima con los valores entregados.

Los modelos planteados para optimizar la problemática de asignación de pabellones a las distintas especialidades aceptan modificaciones de algunas condiciones, sin tener que replantear el problema por completo. Es posible decir que los modelos están aptos para ajustar parámetros de la Clínica Santa María. Por ejemplo, como la especialización de los pabellones, cambio en la cantidad de pabellones disponibles, cambios en el personal médico, la adquisición de nuevas especialidades médicas, entre otras.

Los modelos matemáticos planteados pueden resolver una problemática de nivel táctico-operacional para la Clínica Santa María, puesto que los resultados son planteados en un horizonte de corto-mediano plazo (un mes). El modelo debe correrse un mes antes de la fecha que se quiere implementar, con el pronóstico de demanda usando los datos que se tengan hasta el día que se genere la predicción y así obtener una asignación lo más cercana posible a la demanda real por especialidad.

Las grandes pérdidas que se generan por la asignación de la tabla quirúrgica actual en la Clínica Santa María, hace este tipo de herramientas de gestión un gran aporte que reduce en gran magnitud el tiempo ocioso y los bloques de pabellones n

usados. Las principales ventajas de la utilización de las metodologías planteadas se mencionan a continuación:

- ❖ Permite resolver de manera dinámica, específicamente para cada mes, la asignación de los bloques de tiempo por especialidad por medio de un modelo que demora menos de un minuto en su resolución y permite adaptar los parámetros del modelo fácilmente.
- ❖ Aumenta la utilización de las especialidades médicas y reduce los pabellones sin usar por liberarse y no tener tiempo para realizar reservas.
- ❖ Reduce el costo total de la asignación actual de los bloques de tiempo en la tabla quirúrgica en un 49%, por medio de un mejor ajuste de la capacidad semanal.

Dentro de la literatura existe, el presente trabajo permite concluir que pueden ser utilizadas de manera exitosa las técnicas de programación lineal entera para resolver problemas de asignación o *scheduling* si se logra formular el problema de manera correcta, no siendo necesario el uso de optimizadores no lineales o la implementación de metodologías heurísticas para obtener soluciones óptimos para este tipo de problemas.

Esta memoria se encasilla dentro de la constante investigación en torno al concepto de *scheduling* o asignación de pabellones, que genera cada vez mayor interés en los hospitales y clínicas, debido al valor agregado que sus resultados pueden generar.

Finalmente, es posible concluir que este trabajo aporta significativamente dentro de la administración de la Clínica Santa María, permitiendo sustituir la manera que se asignan los pabellones que se ha mantenido estática por años, sin considerar la utilización que tienen los distintos bloques de tiempo por una tabla quirúrgica dinámica, que varía mes a mes, dependiendo la demanda mensual, aumentando la utilización de los pabellones y reducción de costos por mantener capacidad disponible cuando no es requerida.

## **12.2 Trabajos Futuros**

A partir del estudio realizado y de las conclusiones obtenidas se pueden establecer algunas recomendaciones para la Clínica Santa María. Por un lado, se sugiere utilizar el método de clustering para luego obtener un modelo predictivo de la cantidad de cirugías mediante series de tiempo, ya que comparando su desempeño con el obtenido por el método de análisis por especialidad, se puede apreciar una mejora considerable en el primer método mencionado.

Después de haber completado todo el análisis anterior sobre la tabla quirúrgica óptima, es posible considerar algunos posibles próximos pasos en la

expansión de las metodologías usadas en este trabajo para explorar un modelo más eficiente para la programación de bloques de tiempo. El primer paso sería buscar más a fondo la subutilización de las horas disponibles. Según los datos facilitados, la Clínica Santa María está funcionando con una utilización de menos de 60% algunos meses, lo cual se debe a cirugías no realizadas por falta de personal, pacientes sin los requisitos necesarios para poder operarse, bloques de tiempo sin asignar, entre otros, sin tener información adecuada para saber la razón principal de esta subutilización.

Es importante destacar nuevamente que se usaron los datos de cirugías realizadas para estimar la demanda de operaciones. Esta predicción de la demanda esta sesgada por los bloques de tiempo que tiene la tabla quirúrgica actual, en otras palabras, cada especialidad tiene restringida la cantidad de operaciones que puede agendar según el número de bloques de tiempo que tienen para operar. Para llevar a cabo una asignación de la tabla quirúrgica es necesario tener la información de la cantidad de cirugías que realmente se solicitan aunque no se realicen. Para levantar esta información es necesario encuestar a los pacientes después de sus consultas médicas y obtener una tasa de derivación de la cantidad de pacientes que luego de haberse consultado con algún médico de la Clínica Santa María quieren operarse en esta institución.

En el análisis de este trabajo se consideró el mismo número de horas para cada horario de mañana y tarde (6 horas por cada bloque). Un tema de interés sería como un cambio de horas en los horarios afectan la solución óptima. Este análisis sería complementario a agregar castigos dependiendo el día que este asignado el bloque.

La formulación actual es un buen primer paso para hacer frente a la naturaleza dinámica de las asignaciones de bloques de tiempo en la tabla quirúrgica, pero existen una significativa cantidad de parámetros que no se están considerando y que podrían tener un impacto considerable en los resultados. Por ejemplo, la cantidad de médicos y del personal secundario disponible en cada horario podrían afectar al modelo, pero estos datos no fueron posibles de obtener de la Clínica Santa María.

En algunos meses de baja demanda no es óptimo abrir todos los pabellones, por lo que es recomendable mantener cerrados algunos de ellos o arrendarlos a médicos externos para no tener excesos de costos. En el caso contrario, como julio que es el mes con mayor demanda en la Clínica Santa María, es recomendable ampliar la capacidad para atender a todos los pacientes.

Finalmente, se recomienda a la Clínica Santa María reevaluar su actual tabla quirúrgica para incrementar la utilización de los pabellones. En base al análisis de esta memoria, se concluye que es posible encontrar la óptima tabla quirúrgica considerando las restricciones de la clínica, que podría reducir los costos operaciones y permitir que se programen más cirugías con mayor flexibilidad que con la tabla quirúrgica actual.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] **WOLFF, Patricio.** 2011. *Modelos de Programación Matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos.* Tesis Universidad de Chile 2011.
- [2] **DEXTER, F., MACARIO, A. TRAUB, D.** 1999. *Which Algorithm for Scheduling Add-on Elective Cases Maximizes Operating Room Utilization?* American Society of Anesthesiologists, 91:1491-500.
- [3] **BARROS, Oscar., REVECO, Carlos., WEBER, Richard., FERRO, Eduardo., JULIO, Cristian.** 2009. *Hospital Services Demand Forecasting and Management.* Documentos de trabajo. N°120
- [4] **PECK, Jordan., BENNEYAN, James., NIGHTINGALE, Deborah J., GAEHDE, Stephan A.** 2012. *Predicting Emergency Department Inpatient Admissions to Improve Same-day Patient Flow.* Academic Emergency Medicine 2012; 19:1045-1054
- [5] **STANCIU, Alia.** 2009. *Applications of Revenue Management in healthcare.* Tesis de la Universidad de Pittsburgh.
- [6] **GORIGOITIA, María José.** 2013. *Análisis y Gestión de Capacidad del Servicio de Pabellones en el Hospital Dr. Exequiel Gonzalez Cortes.* Tesis Universidad de Chile 2013
- [7] **ADYA, M., COLLOPY, F.** 1998. *How effective are neural nets at forecasting and prediction? A review and evaluation.* Journal of Forecasting, 17, 451 – 46
- [8] **JONES, SS., EVANS, RS., ALLEN, TL.** *A multivariate time series approach to modeling and forecasting demand in the emergency department.* Journal of Biomedical Informatics 2009; 42: 123-139
- [9] **OLIVARES, Marcelo., TERWIESCH, Christian., CASSORLA, Lydia.** 2008. *Structural Estimation of the Newsvendor Model: An Application to Reserving Operating Room Time.* Management Science. Vol. 54 pp.41-55
- [10] **CHÁVEZ, Miranda., JIMÉNEZ, Ruiz.** 2005. *Marco Conceptual del Yield Management como técnica de gestión de la capacidad y la demanda en organizaciones de servicios.* Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Vol. 11, N° 1, 2005, pp. 143-163
- [11] **REVECO, Carlos., WEBER, Richard.** 2011. *Gestión de Capacidad en el Servicio de Urgencia en un Hospital Público.* Revista Ingeniería de Sistemas. Vol. 25

- [12] **DEXTER, F., MACARIO, A.** 2002. *Changing allocations of operating room time from a system based on historical utilization to one where the aim is to schedule as many surgical cases as possible.* *Anesthesia and Analgesia*, 94:1272-1279.
- [13] **APRIL, J., BETTER, M., GLOVER, F., KELLY, J.** New advances for marrying simulation and optimization. 2004. *En Ingalls, R. G., Rossetti, M. D., Smith, J. S.; Peters, B. A. (eds.) Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, (Washington, D.C., Dec.5–8, 2004).* P.80–86.
- [14] **GIMENEZ, Yanina.** 2010. *Clasificación no supervisada: El método de K-medias.* Tesis de Licenciatura Universidad de Buenos Aires 2010.
- [15] **MATAMALA, Carolina.** *Asignación y calendarización de la fuerza de venta para un retailer especialista.* Tesis Universidad de Chile 2012.
- [16] **TESTI, A., TANFANI, E., TORRE, G.** 2007. *A three-phase approach for operating theatre schedules.* *Health Care Management Science*, Vol 10, No. 2, pp. 163-172.
- [17] **OZKARAHAN, I.** 2000. *Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming.* *Journal of Medical Systems*, Vol 24, No. 6, pp. 339-378.
- [18] **Anónimo.** 2004. *Boston Hospital Sees Big Impact from smoothing Elective Schedule.* *OR Manager* 2012, pp. 10-12
- [19] **CLÍNICAS DE CHILE A.G.** 2014. *Dimensionamiento del Sector de Salud Privado en Chile. Actualización a cifras de 2014.*
- [20] **MIRANDA, E.** 1990. *Descentralización y privatización del sistema de salud chileno,* Estudios Públicos N°39.
- [21] **TOBAR, J.** 2012. *Mercado de la salud privada en Chile,* Tesis Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- [22] **LEÓN, E., MARTÍNEZ, A.** 2012. *Estructura y comportamiento del mercado de salud en Chile,* Tesis Universidad de Chile.
- [23] **DARRIGRANDI, R.** 2012. *La industria de la salud en Chile: creciendo pero encareciéndose.*
- [24] **GRAUE, Ryan.** 2008. *Prediction and Optimization Techniques to Streamline Surgical Scheduling,* Thesis Aerospace Engineering Saint Louis University 2008.



# 15. ANEXOS

## Anexo A: Levantamiento Proceso De Pre-Agendamiento

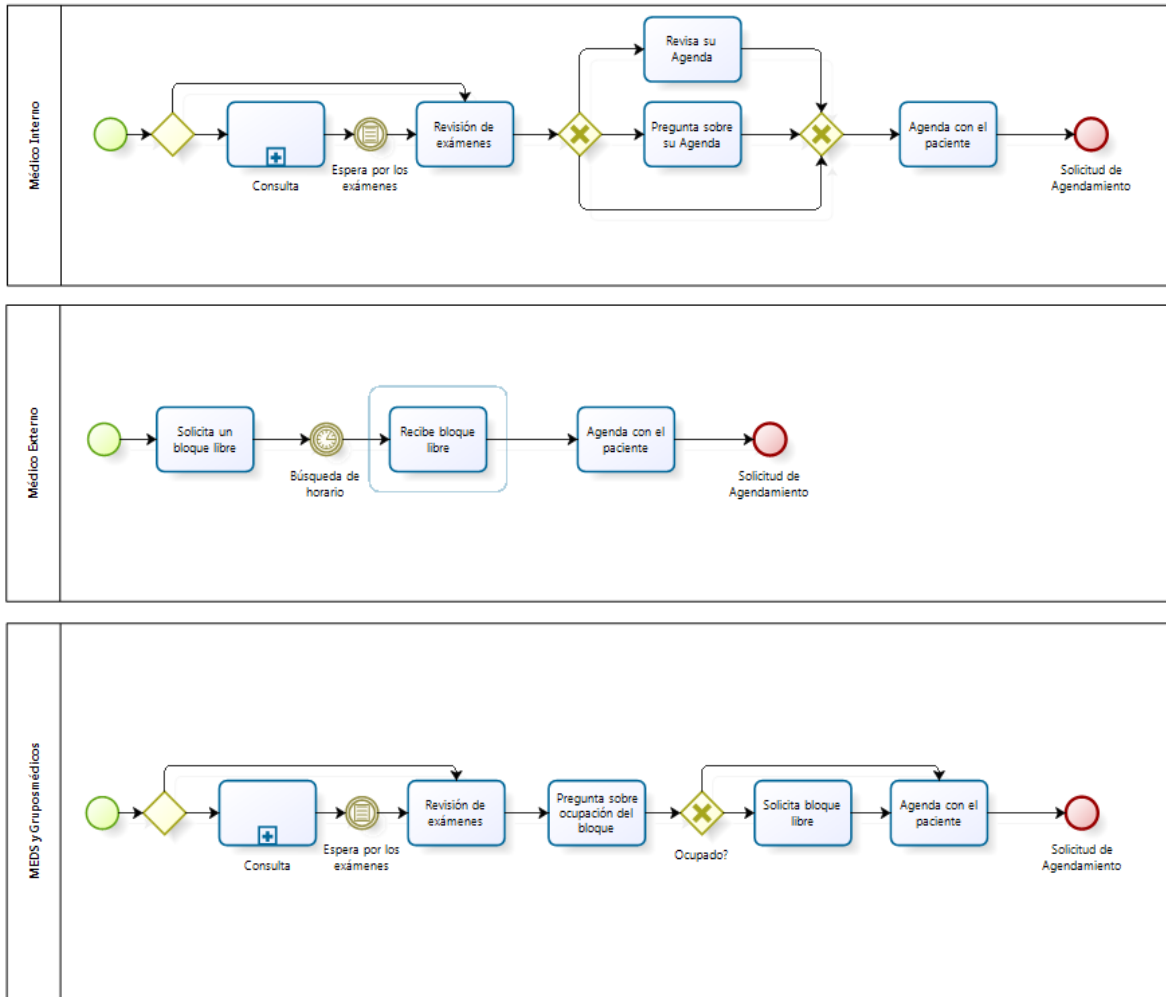
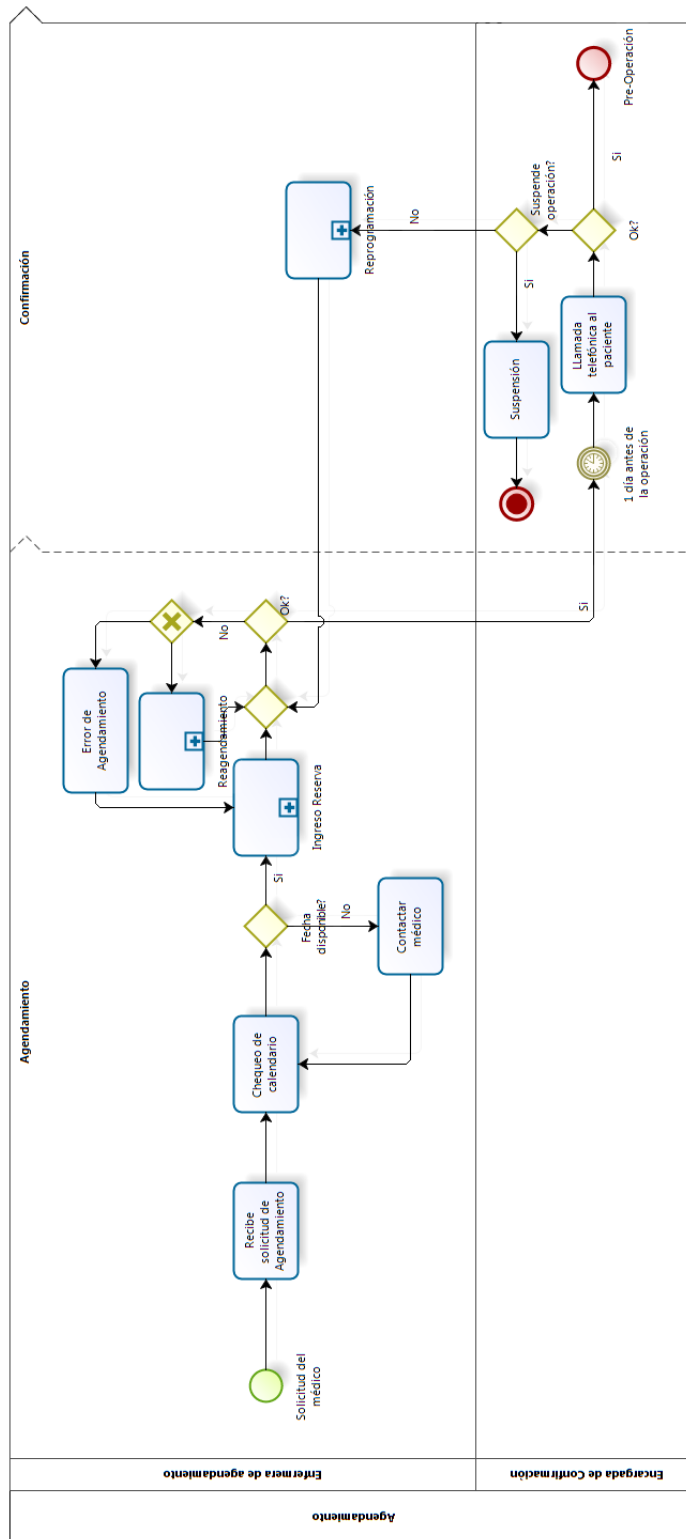


Ilustración 32 - Levantamiento Proceso de Pre-Agendamiento

# Anexo B: Levantamiento del proceso de Agendamiento



Powered by  
**bizagi**  
Modeler

Ilustración 33 - Levantamiento Proceso de Agendamiento

## Anexo C: Porcentajes por Especialidad en cada Pabellón

Tabla 70- Porcentajes por Especialidad en cada Pabellón Pabellones 1-8 (2015)

Especialidad	PAB01	PAB02	PAB03	PAB04	PAB05	PAB06	PAB07	PAB08
CARDIOVASCULAR	1,0%	71,4%	0,3%	0,9%	1,0%	2,7%	2,8%	0,6%
CIRUGÍA DE TÓRAX	0,5%	8,2%	0,7%	0,7%	0,7%	16,1%	0,2%	0,7%
CIRUGÍA GENERAL	40,0%	4,3%	8,8%	8,2%	14,5%	30,6%	41,5%	25,3%
CIRUGÍA PLÁSTICA	1,3%	0,2%	0,9%	0,6%	1,3%	0,7%	1,6%	1,5%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,8%	0,0%	0,4%	0,2%	0,7%	0,5%	1,8%	1,4%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	1,7%	1,4%	0,6%	0,9%	1,4%	2,5%	2,4%	1,1%
NEUROLOGÍA	2,3%	0,7%	1,8%	1,4%	4,5%	2,5%	0,9%	0,5%
ODONTOLOGÍA	0,7%	0,2%	0,2%	0,9%	1,1%	0,6%	0,3%	0,2%
OFTALMOLOGÍA	0,5%	0,2%	4,0%	0,2%	0,7%	0,2%	7,5%	11,0%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	4,8%	0,7%	3,2%	3,4%	5,7%	8,4%	8,8%	36,8%
PEDIATRIA	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	30,1%	8,2%	73,4%	79,0%	53,2%	27,9%	14,7%	14,1%
UROLOGÍA	14,7%	4,5%	5,5%	3,2%	14,4%	6,9%	17,3%	6,6%

Tabla 71 - Porcentajes por Especialidad en cada Pabellón Pabellones 1-8 (2015)

Especialidad	PAB09	PAB10	PAB11	PAB12	PAB14	PAB15	PAB16
CARDIOVASCULAR	2,7%	1,2%	2,9%	0,7%	0,4%	1,8%	2,0%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1,5%	1,8%	0,9%	0,1%	0,4%	0,0%	0,0%
CIRUGÍA GENERAL	24,9%	61,1%	59,8%	43,3%	37,9%	7,2%	8,8%
CIRUGÍA PLÁSTICA	0,9%	1,3%	1,2%	0,7%	3,0%	62,3%	67,2%
OTRAS ESPECIALIDADES	1,3%	1,9%	4,0%	0,6%	0,7%	0,1%	0,0%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	1,0%	2,0%	1,5%	13,2%	10,3%	0,3%	0,4%
NEUROLOGÍA	2,6%	0,8%	0,9%	0,3%	1,2%	0,0%	0,0%
ODONTOLOGÍA	0,2%	0,3%	0,3%	0,2%	1,6%	0,9%	0,4%
OFTALMOLOGÍA	0,6%	0,8%	0,3%	0,3%	0,7%	0,0%	0,1%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	3,9%	7,0%	6,8%	4,7%	6,7%	21,4%	15,7%
PEDIATRIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	55,3%	14,3%	6,4%	7,7%	15,8%	1,1%	1,4%
UROLOGÍA	4,6%	7,3%	15,1%	27,9%	21,1%	4,8%	3,9%

## Anexo D: Cantidad de Cirugías por Especialidad 2011-2014

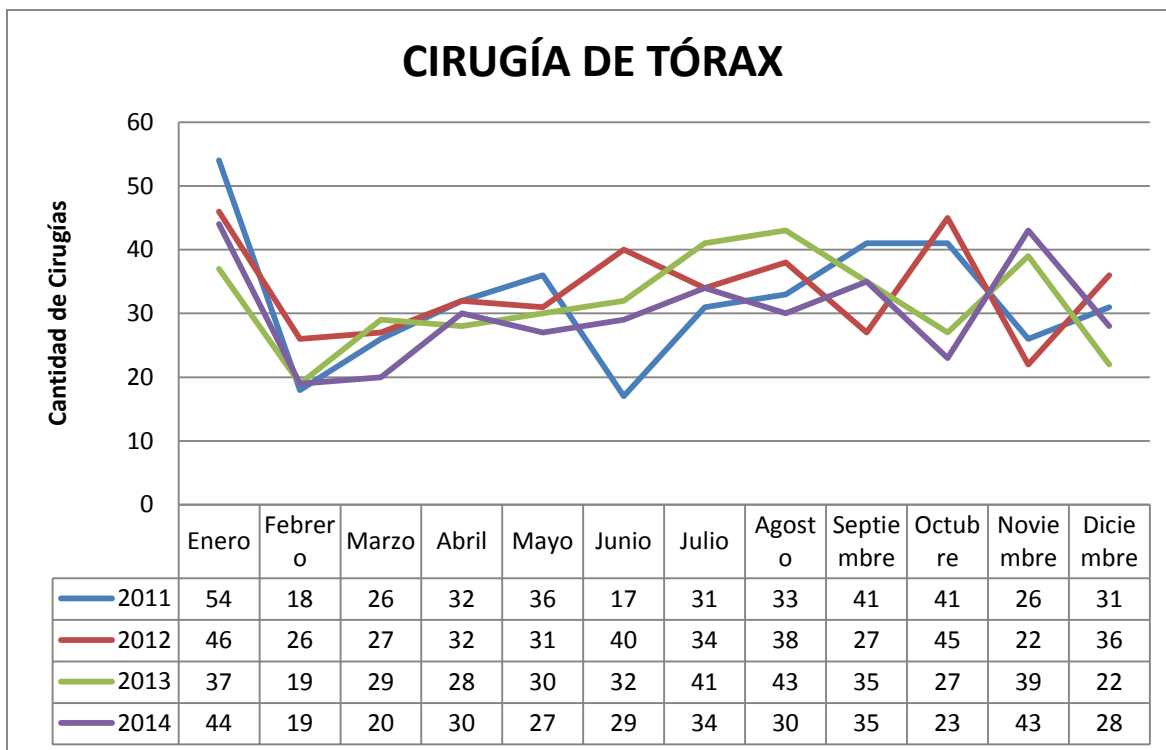


Ilustración 34 – Cantidad de Cirugías de Tórax 2011-2014

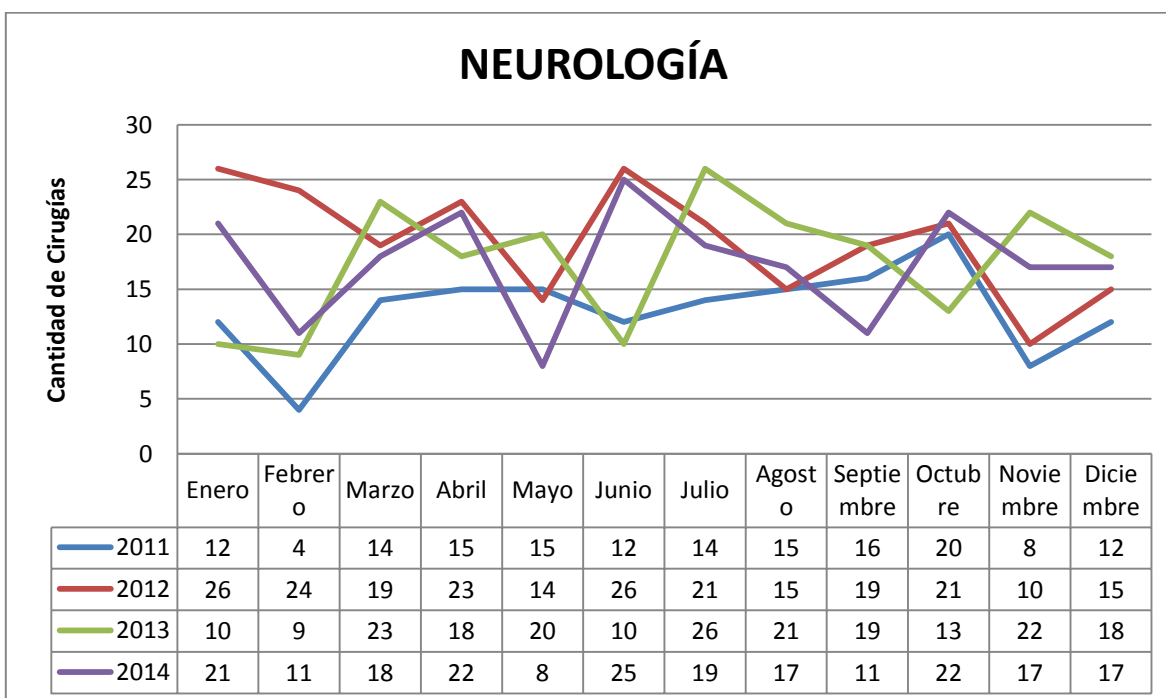


Ilustración 35 – Cantidad de Cirugías Neurológicas 2011-2014

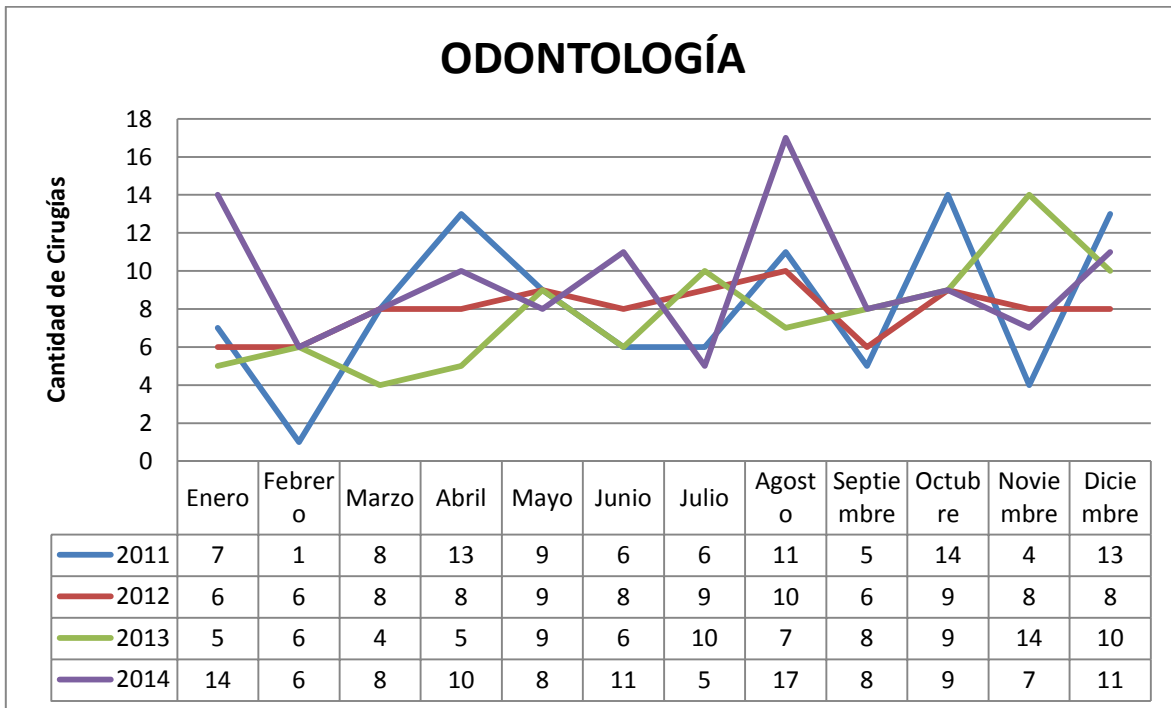


Ilustración 36 – Cantidad de Cirugías Odontológicas 2011-2014

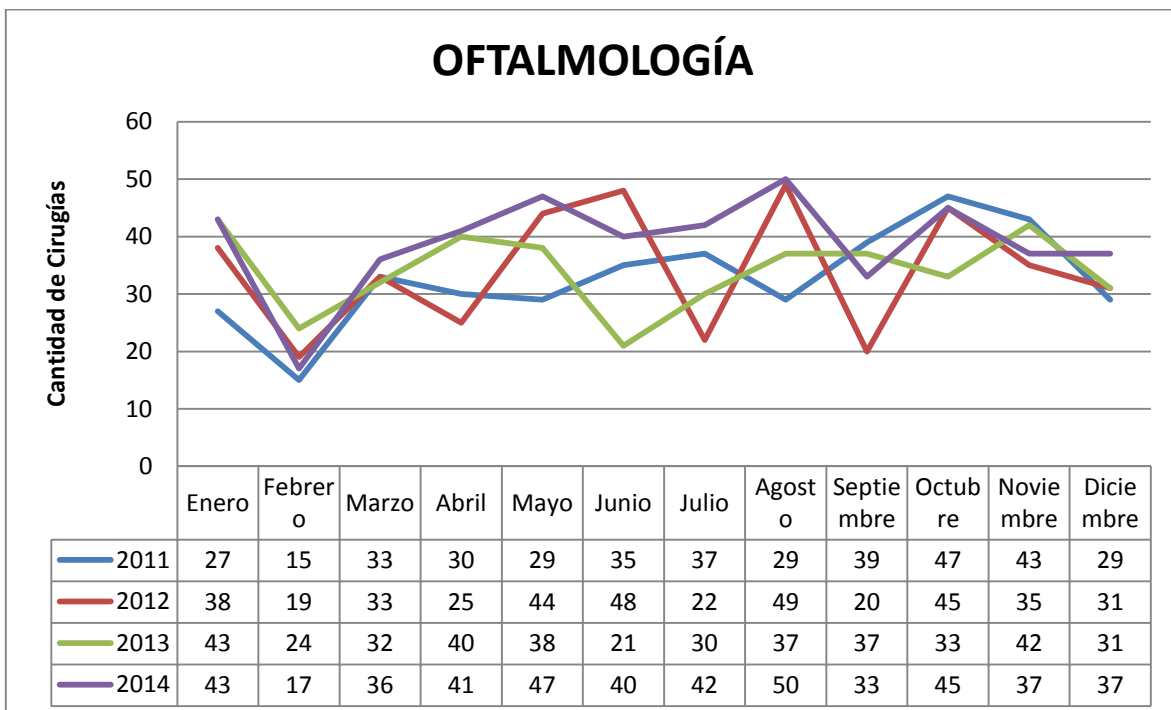


Ilustración 37 – Cantidad de Cirugías Oftalmológicas 2011-2014

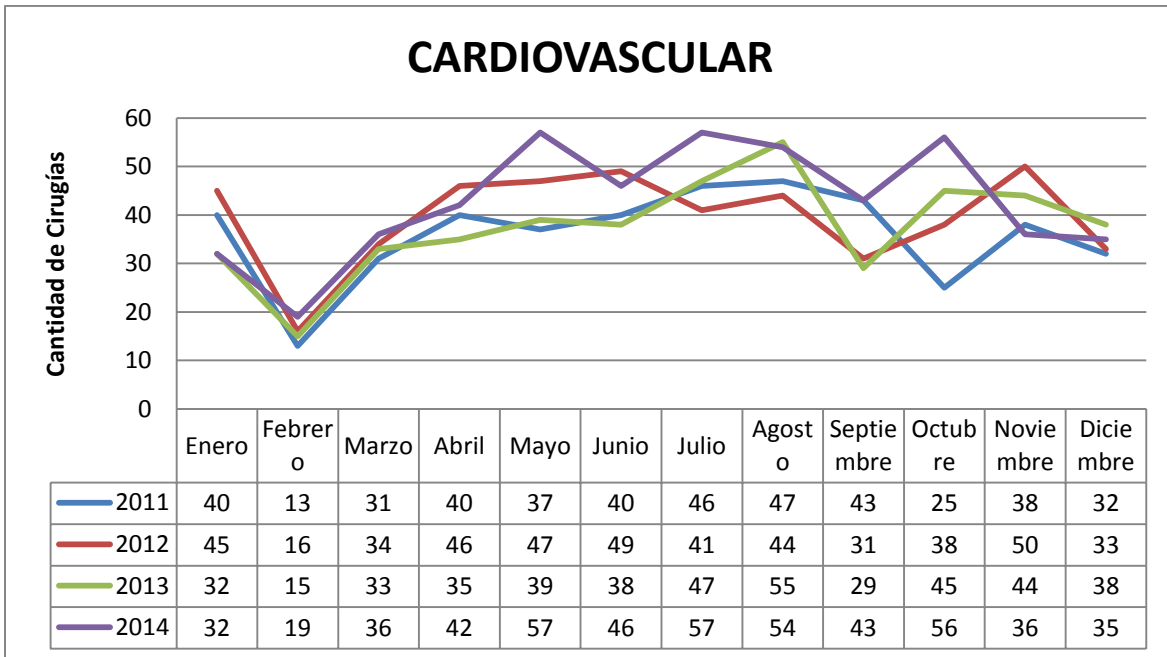


Ilustración 38 – Cantidad de Cirugías Cardiovasculares 2011-2014

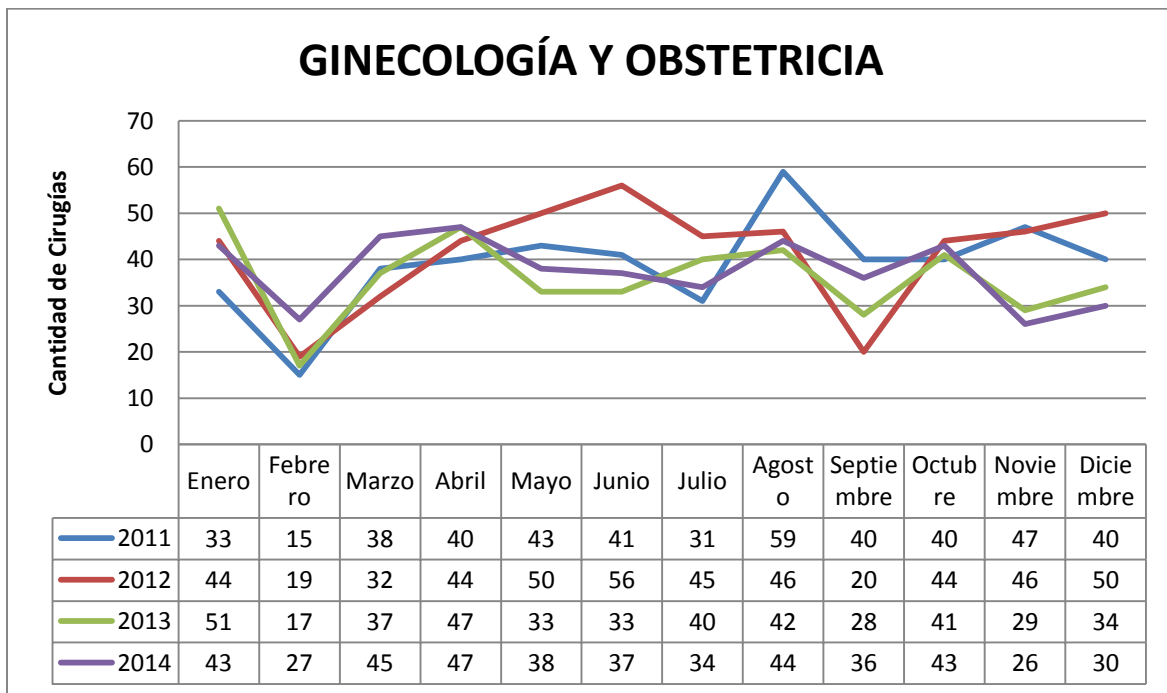


Ilustración 39 – Cantidad de Cirugías Ginecológicas y Obstetricias 2011-2014

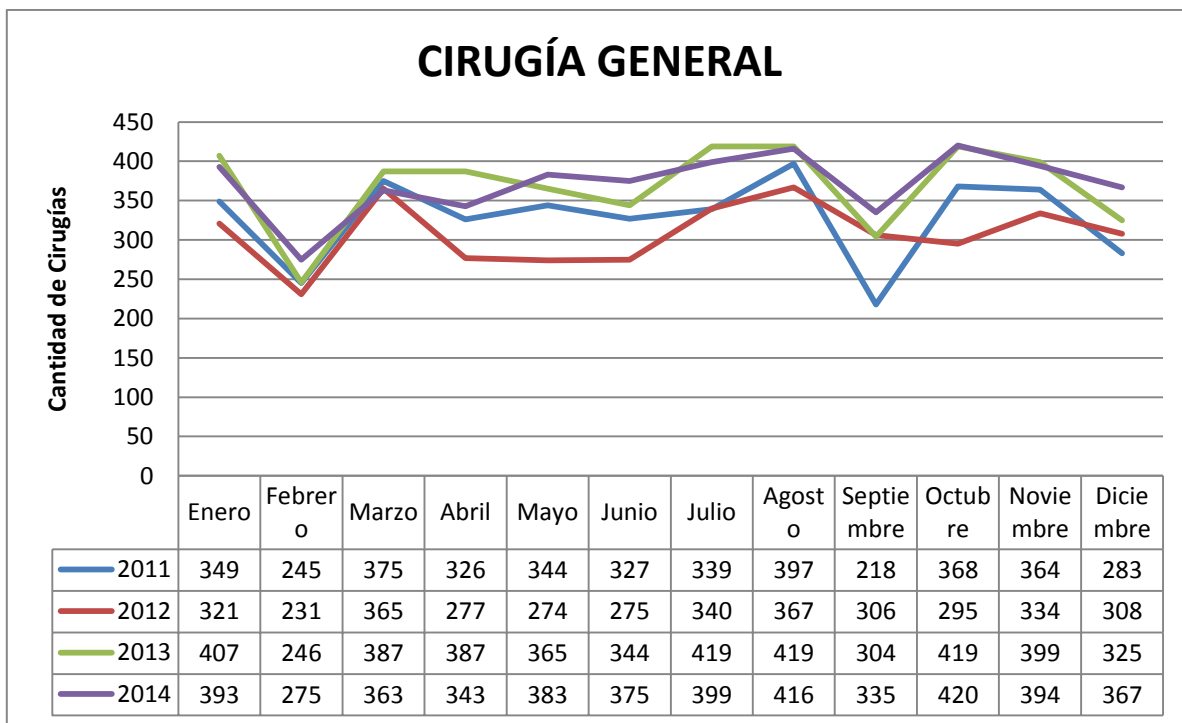


Ilustración 40 – Cantidad de Cirugías Generales 2011-2014

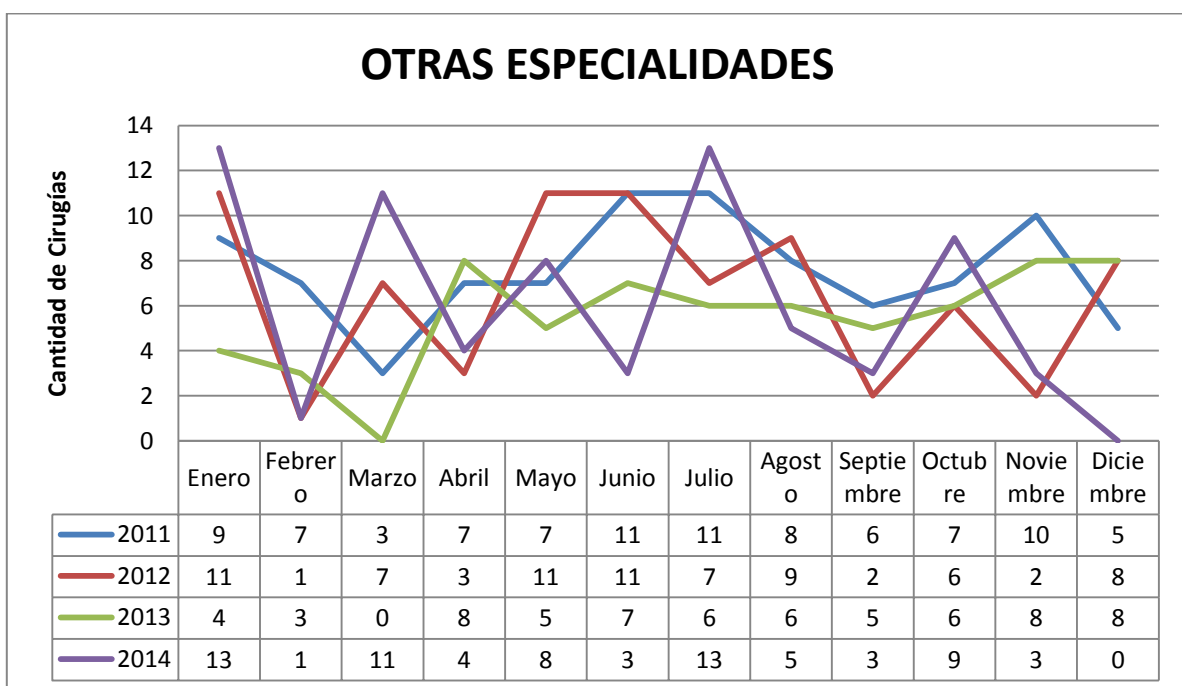


Ilustración 41 – Cantidad de Cirugías de Otras Especialidades 2011-2014

## Anexo E: Temperatura Media Mensual 2011-2014

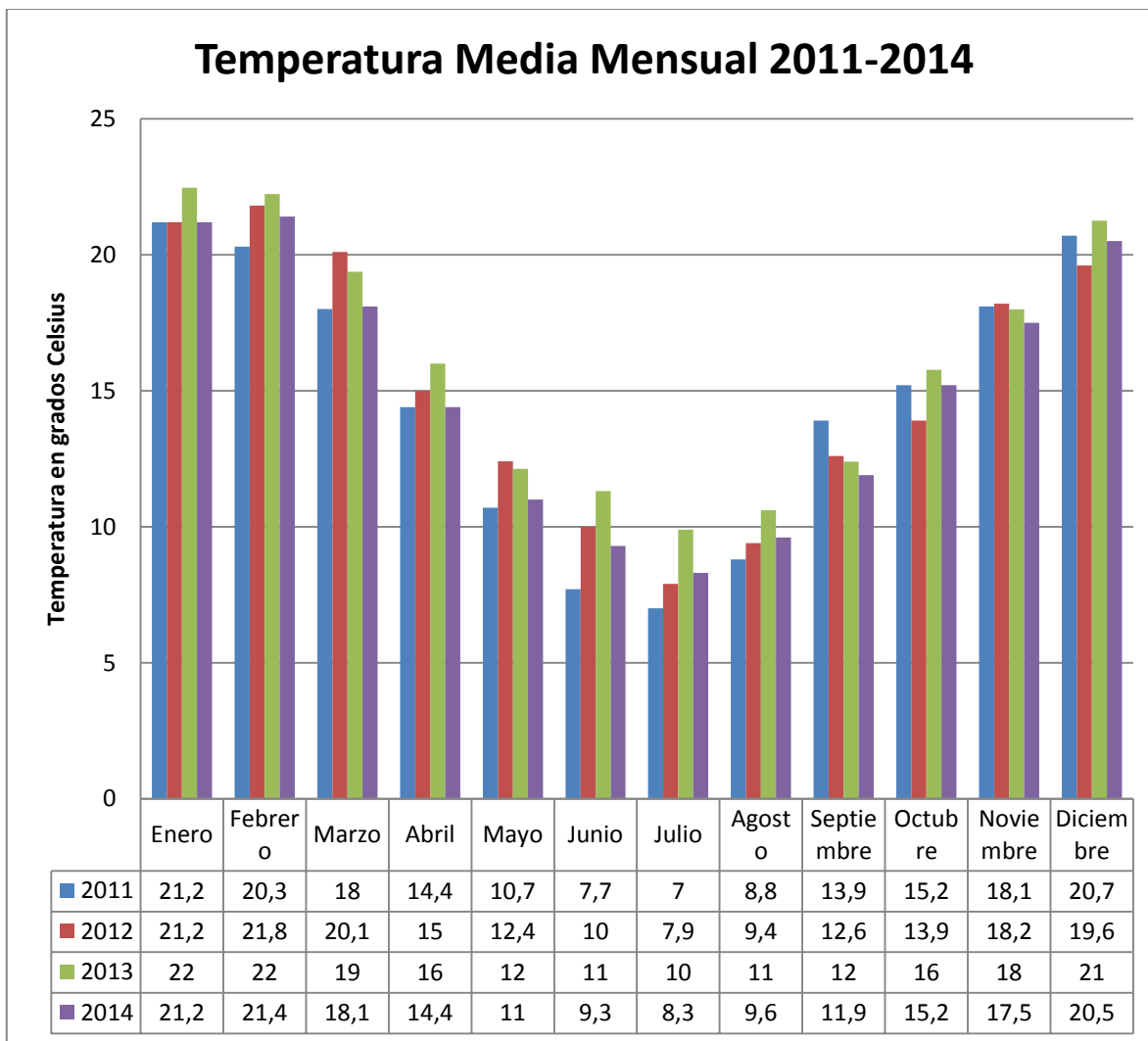


Ilustración 42 - Temperatura Media Mensual 2011-2014



## Anexo F: Nacimientos en Santiago 2011-2014

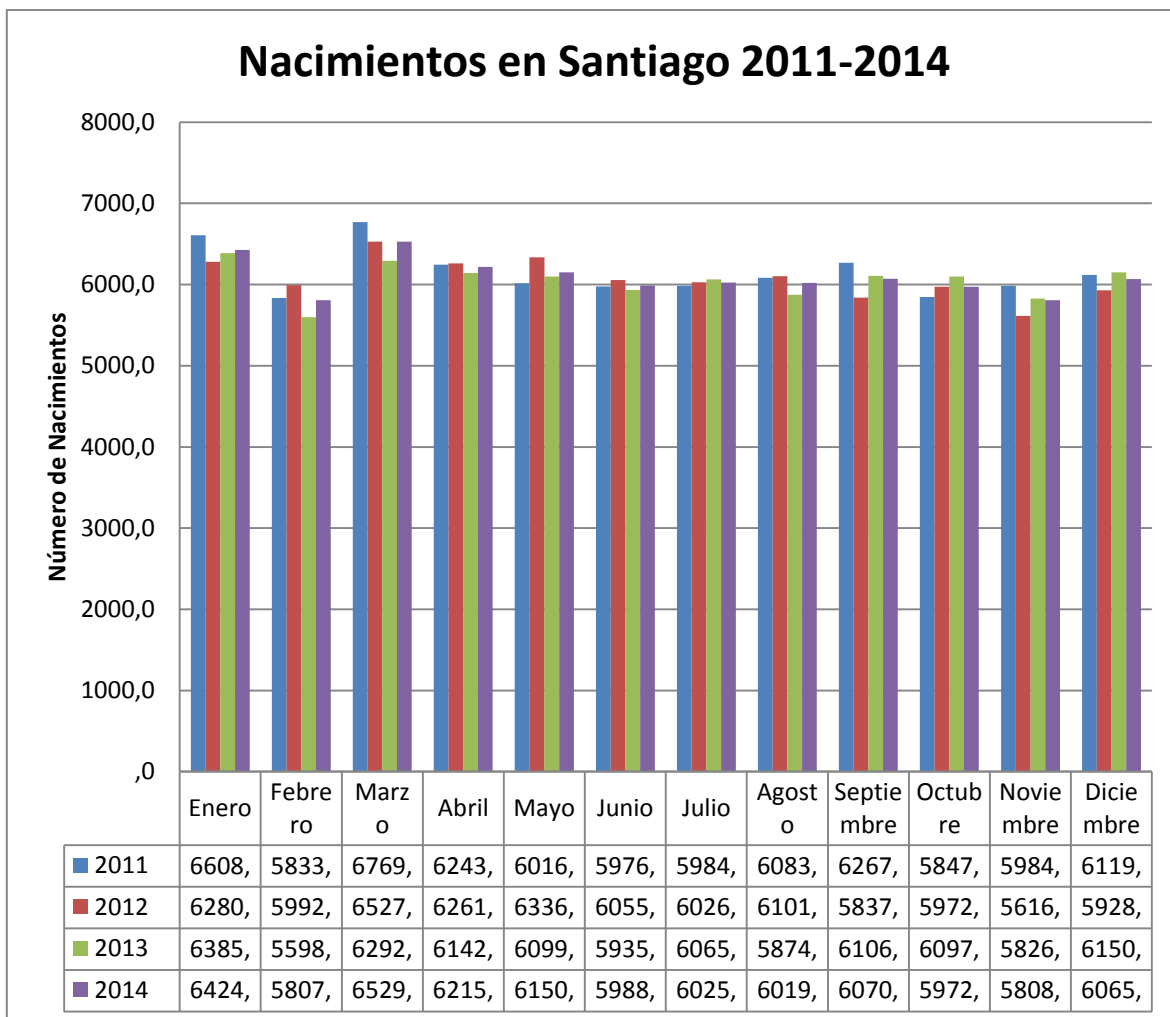


Ilustración 43 - Nacimientos en Santiago 2011-2014

## Anexo G: Tiempo Real en Minutos de Ocupación Mensual de cada Especialidad 2015

Tabla 72 - Tiempo Real en Minutos de Ocupación Mensual de cada Especialidad Enero - Junio 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	10015,9	6714,1	10987,2	11084,8	9832,1	10653,1
CIRUGÍA DE TÓRAX	4894,4	2993,9	4683,7	3883,8	3955,6	2525,0
CIRUGÍA GENERAL	47735,6	40073,2	55355,8	48257,6	43627,5	50966,3
CIRUGÍA PLÁSTICA	28216,4	11187,2	24206,1	20759,2	21019,6	28128,5
OTRAS ESPECIALIDADES	1994,0	1477,2	1956,2	1702,4	1268,7	1502,5
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5515,0	3400,5	5625,2	5361,6	5672,4	6667,2
NEUROLOGÍA	3526,6	1131,4	6092,0	2486,7	2490,0	6130,9
ODONTOLOGÍA	2256,5	878,6	1138,9	1644,2	1806,1	1956,9
OFTALMOLOGÍA	4400,4	1319,5	3764,9	3817,0	3809,7	2940,6
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19312,0	20280,6	16503,3	17542,3	14154,2	19158,0
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEdia	56116,8	31298,9	60138,2	55801,3	51844,4	49463,9
UROLOGÍA	19758,5	10804,8	23991,6	21022,8	18538,9	21182,7

Tabla 73 - Tiempo Real en Minutos de Ocupación Mensual de cada Especialidad Julio - Diciembre 2015

Especialidad	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	9492,5	9268,4	10267,8	10028,7	13033,4	10879,7
CIRUGÍA DE TÓRAX	4979,1	5494,7	1813,5	4075,1	3254,4	5398,5
CIRUGÍA GENERAL	51821,5	48703,5	46018,7	47987,0	49604,9	38719,9
CIRUGÍA PLÁSTICA	27640,6	26212,0	21469,3	28112,7	23653,9	19113,1
OTRAS ESPECIALIDADES	2426,0	2819,7	1349,3	2327,6	1859,4	2741,6
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6499,0	6376,2	5237,2	5489,3	5334,3	5270,2
NEUROLOGÍA	2937,3	2909,4	3010,5	3720,3	5334,3	2303,6
ODONTOLOGÍA	1298,7	1731,3	1441,0	1612,0	2457,0	1687,0
OFTALMOLOGÍA	3878,9	3269,3	3459,0	4906,0	4355,2	3203,9
OTORRINOLARINGOLOGÍA	22445,0	21329,4	15379,9	19677,8	18152,6	14559,6
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEdia	68536,2	55767,9	55153,1	57689,8	57706,5	51336,7
UROLOGÍA	21796,9	21719,7	22382,1	23467,6	23879,5	20682,0

## Anexo H: Cantidad de Prestaciones por Clúster

Tabla 74 - Cantidad de Prestaciones por Clúster

CLÚSTER	Cantidad de Prestaciones	Porcentaje (%)
Clúster 1A	42	8,84%
Clúster 1B	19	2,09%
Clúster 1C	13	1,46%
Clúster 1D	11	1,26%
Clúster 1E	17	1,97%
Clúster 1F	11	1,30%
Clúster 1G	11	1,31%
Clúster 1H	13	1,57%
Clúster 1I	10	1,23%
Clúster 1J	11	1,37%
Clúster 2	35	4,42%
Clúster 3	14	1,85%
Clúster 4	66	8,88%
Clúster 5	27	3,99%
Clúster 6	18	2,77%
Clúster 7	12	1,90%
Clúster 8	12	1,94%
Clúster 9	9	1,48%
Clúster 10	7	1,17%
Clúster 11	11	1,86%
Clúster 12	8	1,38%
Clúster 13	15	2,62%
Clúster 14	5	0,90%
Clúster 15	8	1,45%
Clúster 16	9	1,65%
Clúster 17	7	1,31%
Clúster 18	3	0,57%
Clúster 19	8	1,52%
Clúster 20	4	0,77%
Clúster 21	4	0,78%
Clúster 22	8	1,57%
Clúster 23	9	1,79%
Clúster 24	4	0,81%
Clúster 25	2	0,41%
Clúster 26	3	0,62%
Clúster 27	2	0,41%
Clúster 28	3	0,62%
Clúster 29	4	0,84%
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>100%</b>

## Anexo I: Comportamiento Clústeres con Mayores Cantidades de Cirugías

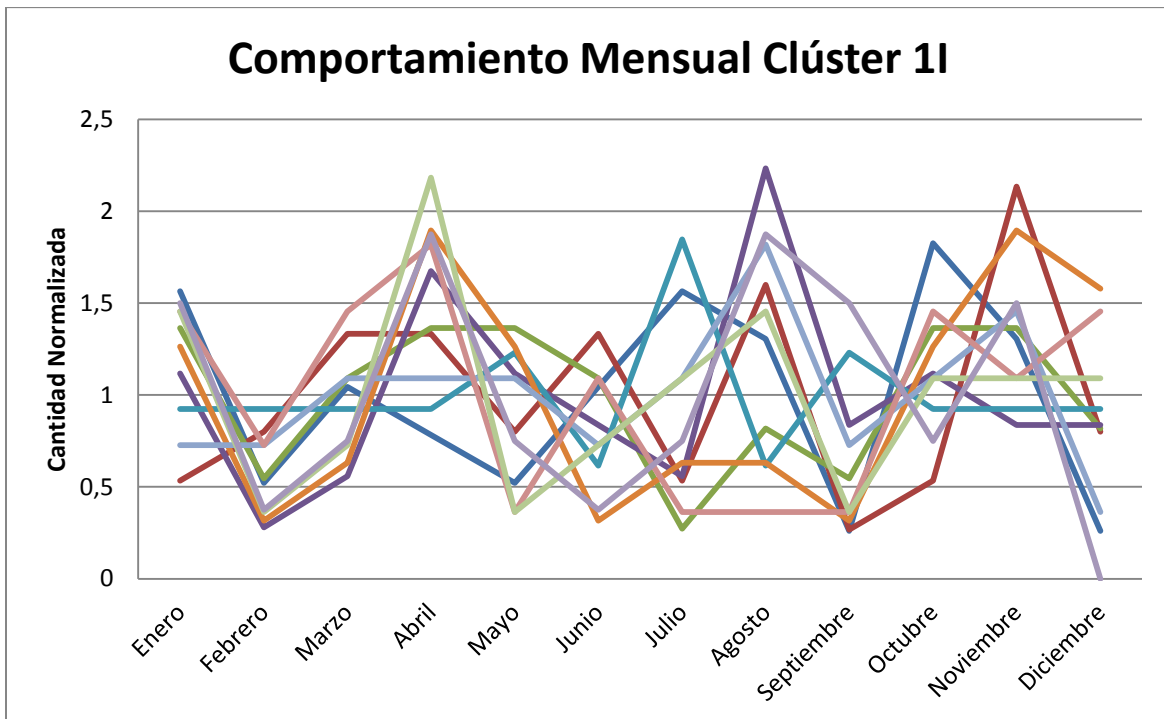


Ilustración 44 – Comportamiento Mensual Clúster 1I

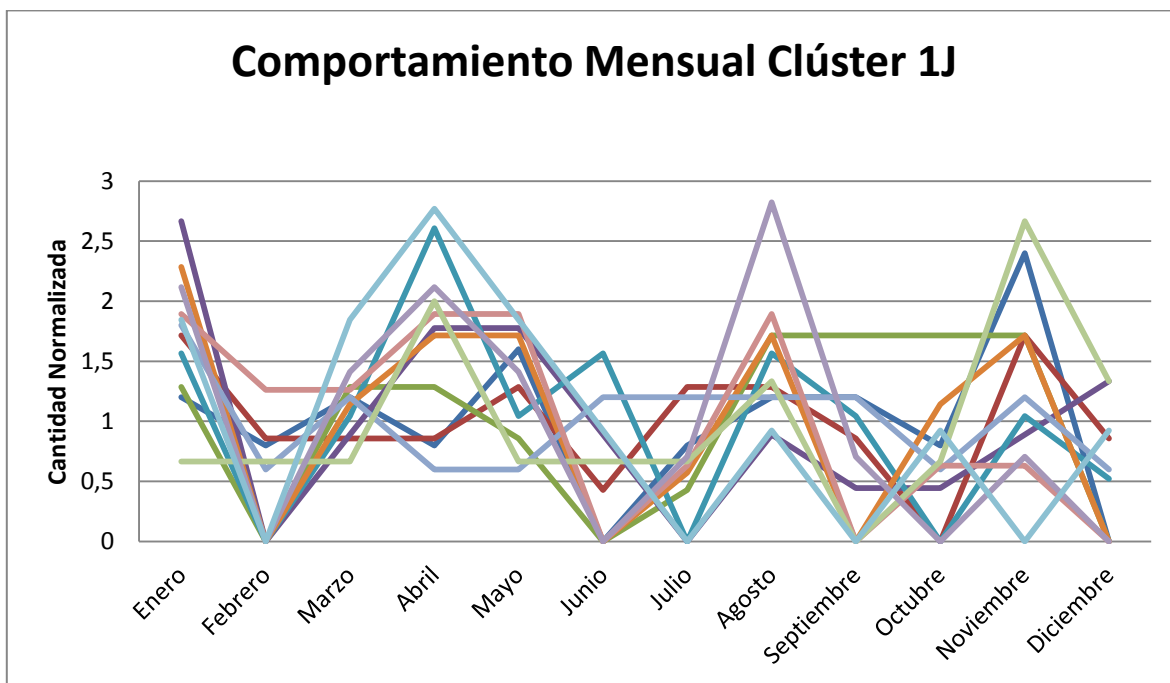


Ilustración 45– Comportamiento Mensual Clúster 1J

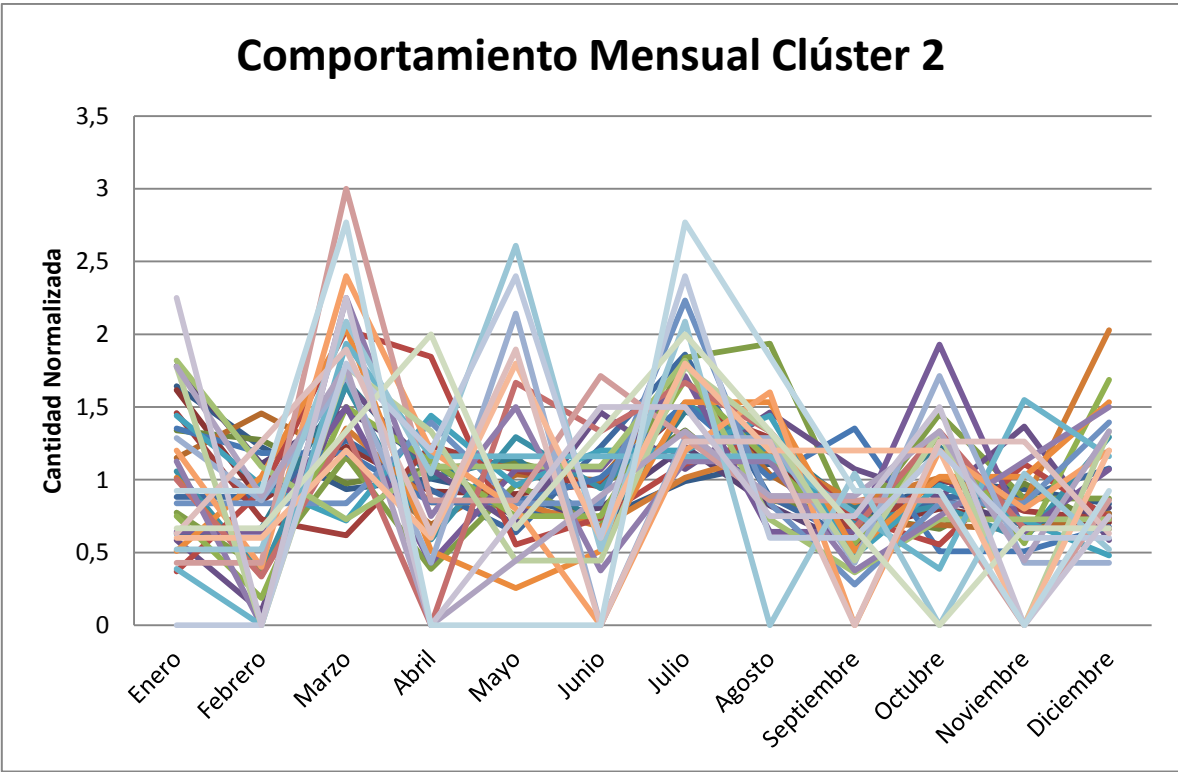


Ilustración 46 – Comportamiento Mensual Clúster 2

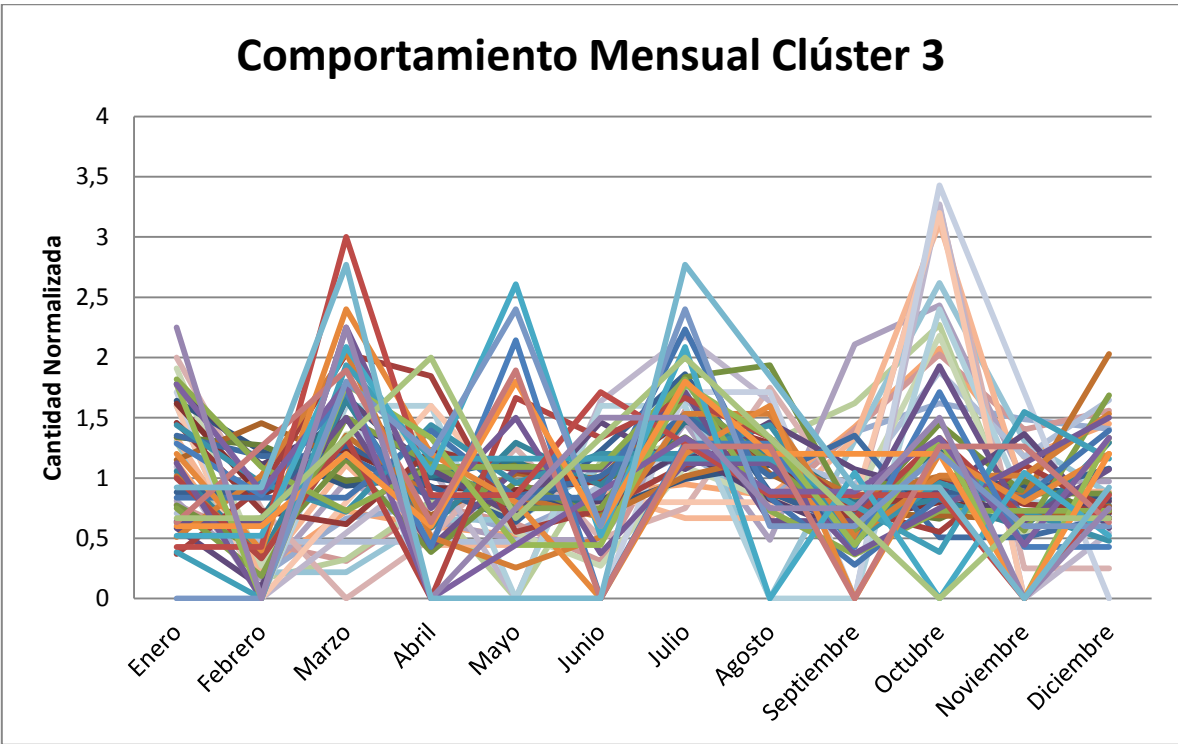


Ilustración 47 – Comportamiento Mensual Clúster 3

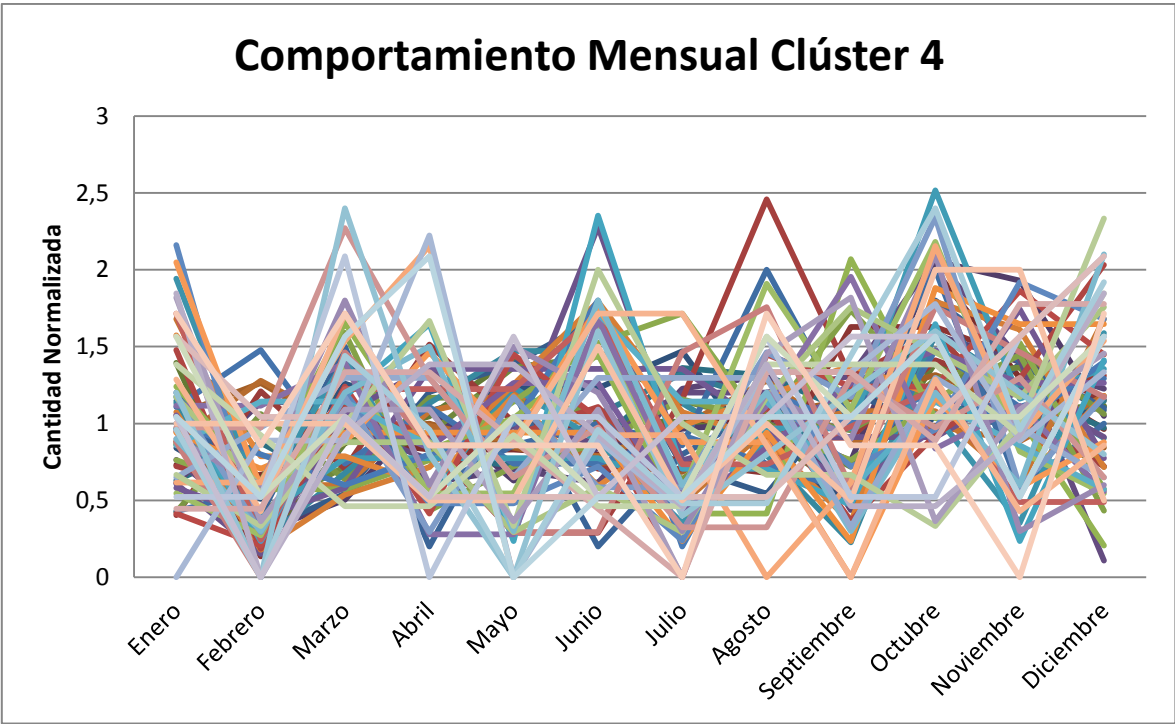


Ilustración 48 – Comportamiento Mensual Clúster 4

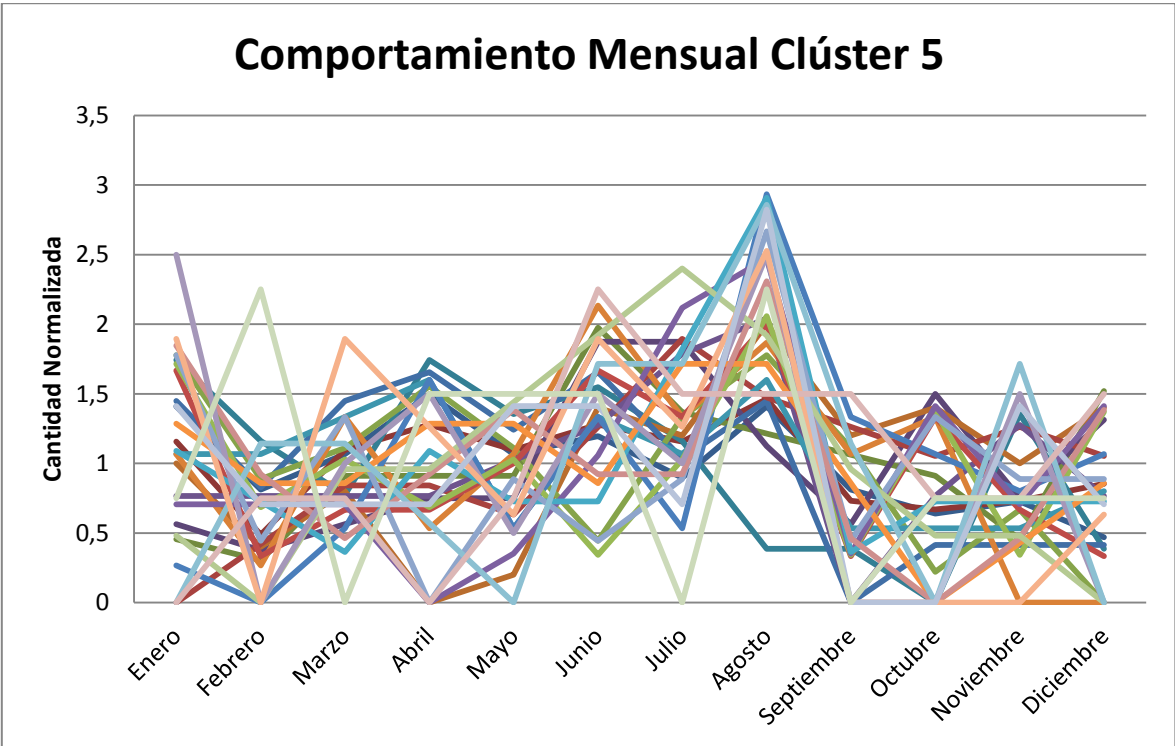


Ilustración 49 – Comportamiento Mensual Clúster 5

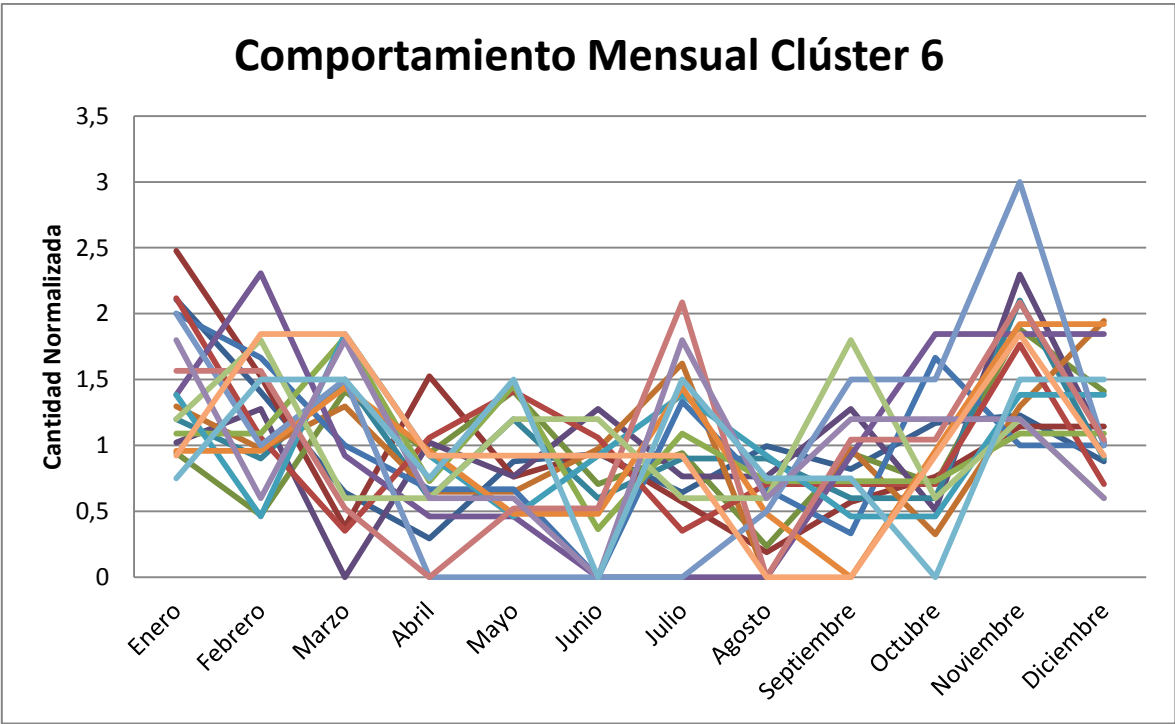


Ilustración 50 – Comportamiento Mensual Clúster 6

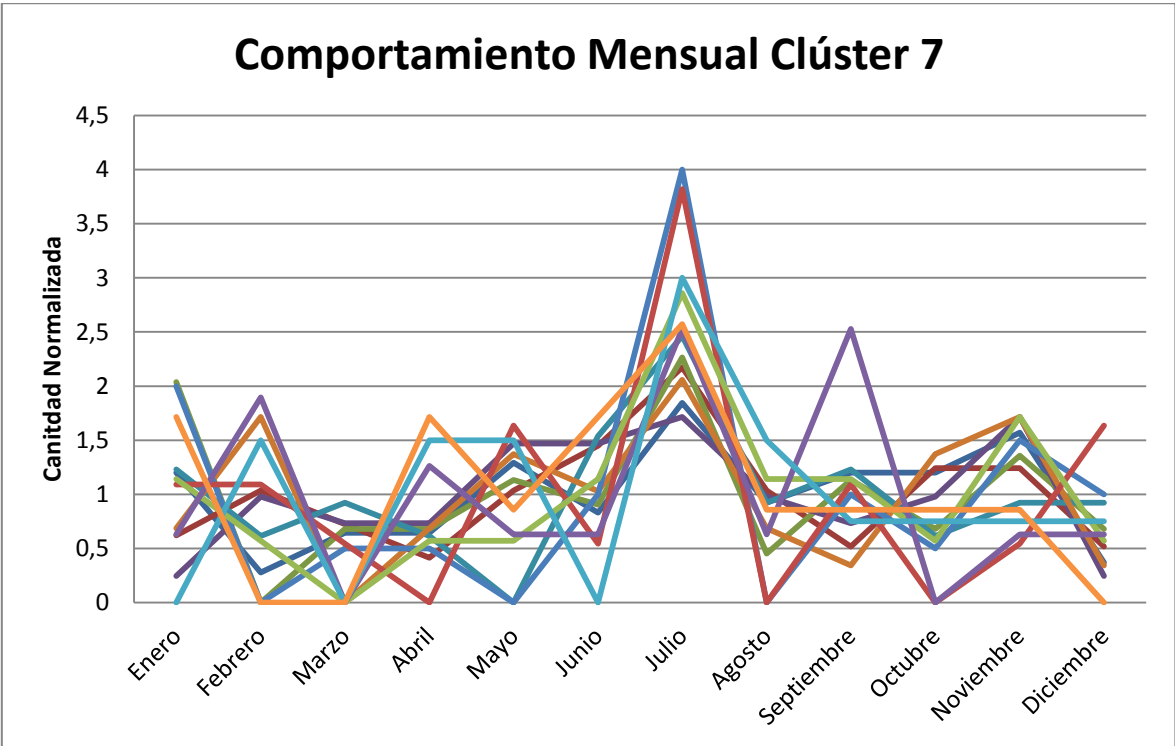


Ilustración 51 – Comportamiento Mensual Clúster 7

## Anexo J: Tipo de Series de Tiempo para cada Clúster

Tabla 75 – Tipo de Series de Tiempo para cada Clúster

CLÚSTER	Tipo
Clúster 1A	(0,0,0)(2,1,0)[12]
Clúster 1B	(0,1,1)(0,0,2)[12]
Clúster 1C	(0,1,1)(1,0,2)[12]
Clúster 1D	(2,0,0)(1,0,0)[12]
Clúster 1E	(0,1,1)(1,0,0)[12]
Clúster 1F	(3,1,0)(2,0,0)[12]
Clúster 1G	(0,1,1)
Clúster 1H	(0,1,1)
Clúster 1I	(2,0,1)
Clúster 1J	(1,1,1)
Clúster 2	(2,1,0)(2,0,0)[12]
Clúster 3	(5,0,0)(2,0,0)[12]
Clúster 4	(1,1,1)(0,0,1)[12]
Clúster 5	(2,1,1)(2,0,0)[12]
Clúster 6	(1,0,0)
Clúster 7	(0,1,1)(2,0,0)[12]
Clúster 8	(0,0,0)(1,0,0)[12]
Clúster 9	(0,0,0)(2,0,0)[12]
Clúster 10	(1,0,0)(1,0,0)[12]
Clúster 11	(0,0,0)(2,0,0)[12]
Clúster 12	(3,1,1)(2,0,0)[12]
Clúster 13	(1,0,0)(2,0,0)[12]
Clúster 14	(0,0,0)(2,0,0)[12]
Clúster 15	(0,0,0)(1,0,0)[12]
Clúster 16	(0,1,1)(0,1,1)[12]
Clúster 17	(0,0,1)(0,0,1)[12]
Clúster 18	(0,0,1)
Clúster 19	(0,0,0)(2,1,0)[12]
Clúster 20	(0,0,0)(1,1,1)[12]
Clúster 21	(1,1,1)(0,1,1)[12]
Clúster 22	(1,1,1)(1,0,2)[12]
Clúster 23	(0,0,0)(1,0,0)[12]
Clúster 24	(1,1,0)(2,0,1)[12]
Clúster 25	(0,0,1)(0,0,1)[12]
Clúster 26	(0,0,1)(1,0,1)[12]
Clúster 27	(0,0,0)
Clúster 28	(2,0,2)(1,0,0)[12]
Clúster 29	(0,0,0)(2,0,0)[12]



## Anexo K: Pronóstico y Proporciones de cada prestación en el Clúster 1A

Tabla 76 - Pronóstico Marzo 2015 y Proporciones de cada prestación en el Clúster 1A

Prestación	Proporción Marzo	Pronóstico	Real	MAPE (%)	Diferencia Absoluta
COLECISTECTOMIA POR VIDEOLAPAROSCOPIA, P	0,14	70,70	76	6,97%	5,30
ARTROSCOPIA QUIRURGICA ARTICULACION	0,11	68,36	102	32,98%	33,64
CIRCUNCISION (INCLUYE SECCION DE FRENILL	0,09	57,50	57	0,87%	0,50
NEUROTOMIA FACET PERCUTANEA, INC BLOQ FAC	0,12	37,94	46	17,52%	8,06
GASTRECTOMIA EN MANGA LAP.	0,07	43,79	74	40,82%	30,21
HERNIA DIAFRAG. U OTRA HERNIA C/PROTESIS	0,05	31,59	36	12,25%	4,41
COLGAJO SIMPLE UNICO	0,04	21,73	21	3,47%	0,73
VASECTOMIA BILATERAL, (PROC. AUT.) (LA V	0,03	17,55	29	39,48%	11,45
HERNIA NUCLEO PULPOSO, ESTENORRAQUIS, AR	0,03	18,05	14	28,94%	4,05
TIROIDECTOMIA BILATERAL TOTAL	0,02	10,36	12	13,64%	1,64
FACOERESIS EXTRACAPSULAR CON IMPLANTE	0,02	10,70	22	51,38%	11,30
ADENOMA O CANCER PROSTATICO, RESECCION E	0,02	10,70	11	2,76%	0,30
TUMOR O QUISTES MUSCULARES Y/O TENDINEOS	0,02	13,04	20	34,82%	6,96
DE COMPLEJIDAD MAYOR: INCLUYE REEMPLAZ	0,02	10,03	6	67,14%	4,03
ENDOPROTESIS TOTAL DE CADERA	0,02	10,20	19	46,34%	8,80
VARICOCELE UNILATERAL, TRAT. QUIR.	0,02	10,53	9	17,00%	1,53
HEMORROIDECTOMIA (INCLUYE OTRAS OPERACIO	0,01	7,35	4	83,85%	3,35
TRABAJO DENTAL	0,01	6,18	5	23,68%	1,18
RESECCION ENDOSCOPICA DE CANCER VESICAL	0,01	7,86	9	12,72%	1,14

Prestación	Proporción Marzo	Pronóstico	Real	MAPE (%)	Diferencia Absoluta
RETIRO DE TORNILLOS, CLAVOS, AGUJAS DE O	0,02	9,36	5	87,20%	4,36
TUMORES MALIGNOS DE PROSTATA O VESICULAS	0,02	9,53	9	5,85%	0,53
HALLUX VALGUS C/OSTEOMIA DISTAL	0,01	6,85	23	70,21%	16,15
SINDROME DEL TUNEL DEL CARPO O DEL TARSO	0,01	6,18	12	48,47%	5,82
URETERO-LITOTOMIA ENDOSCOPICA C/URETEROS	0,01	8,36	10	16,43%	1,64
OPERACION DE SALVATAJE CADERA, COLUMNA O	0,01	6,18	4	54,60%	2,18
OSTEOSINTESIS METACARPIANAS O DE FALANGE	0,01	6,02	7	14,04%	0,98
CORRECCION CARDIOPATIAS CONGENITAS (EJ. F	0,01	6,52	16	59,26%	9,48
BY PASS GASTRICO.	0,01	5,01	12	58,22%	6,99
MAMOPLASTIA DE AUMENTO	0,01	4,85	9	46,14%	4,15
ENDOPROTESIS TOTAL DE RODILLA, (CUALQUIE	0,01	5,52	15	63,23%	9,48
LUXOFRACTURA TOBILLO CUALQ.TIPO, OSTEOSI	0,01	4,51	3	50,42%	1,51
INCONTINENCIA URINARIA, TRAT. QUIR. POR	0,01	3,84	5	23,12%	1,16
HERNIA INGUINAL UNILATERAL	0,00	3,01	3	0,28%	0,01
RUPTURA MANGUITO ROTADORES, TRAT. QUIR.	0,01	5,52	4	37,89%	1,52
VARICES UNILATERAL	0,01	3,34	9	62,86%	5,66
<b>Promedios Ponderados</b>	<b>35,28%</b>	<b>6,01</b>			

## Anexo L: Error Promedio de cada Clúster Pronóstico 2015

Tabla 77 – Error Promedio de cada Clúster Pronóstico 2015

CLÚSTER	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Clúster 1A	6,19	3,63	6,04	6,07	4,65	4,33	6,92	5,84	5,75	5,23	5,35	4,43
Clúster 1B	3,35	1,79	3,47	2,59	1,18	2,02	3,03	2,75	1,92	2,73	2,20	2,27
Clúster 1C	3,14	2,97	3,90	2,26	2,30	3,42	2,96	2,87	4,11	3,89	4,72	2,49
Clúster 1D	2,10	2,93	1,87	3,26	1,44	2,56	2,54	3,55	3,71	1,98	2,39	3,11
Clúster 1E	1,82	1,46	1,65	1,54	2,12	1,27	1,72	1,86	2,01	1,86	1,53	1,36
Clúster 1F	0,60	1,44	1,40	1,64	1,09	1,77	1,24	1,32	1,44	1,59	1,25	1,01
Clúster 1G	1,43	1,18	1,05	0,92	1,05	1,59	1,00	1,54	1,36	1,32	1,23	0,86
Clúster 1H	2,02	1,34	1,55	1,52	2,02	1,61	2,09	1,07	1,64	1,40	2,35	1,13
Clúster 1I	0,35	0,55	0,51	0,66	0,86	0,63	0,47	0,71	0,54	0,48	0,67	0,65
Clúster 1J	0,39	0,20	0,49	0,28	0,42	0,41	0,38	0,29	0,23	0,58	0,41	0,45
Clúster 2	4,06	3,59	3,61	3,49	2,50	3,70	4,85	4,41	3,46	4,36	3,72	3,52
Clúster 3	0,81	0,74	1,30	0,53	0,71	0,96	1,13	0,68	0,73	1,26	1,00	0,83
Clúster 4	1,58	1,37	2,19	1,79	1,92	2,18	1,74	1,85	1,83	2,19	1,94	2,12
Clúster 5	1,74	0,72	1,95	1,18	0,94	1,50	1,34	1,74	1,30	1,72	1,46	0,75
Clúster 6	1,05	0,63	0,93	0,95	0,86	0,92	0,73	0,81	1,07	0,94	0,92	0,71
Clúster 7	0,89	1,00	0,93	0,65	0,78	0,89	0,80	0,59	0,83	0,72	1,01	1,24
Clúster 8	0,54	0,35	0,39	0,51	0,61	0,45	0,31	0,48	0,50	0,55	0,47	0,27
Clúster 9	0,41	0,22	0,78	0,70	0,36	0,60	0,67	0,88	0,69	0,77	0,88	0,75

CLÚSTER	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Clúster 10	1,23	0,24	1,12	0,31	1,13	0,72	1,30	1,38	1,44	1,62	0,83	0,73
Clúster 11	0,74	0,58	0,86	0,66	0,60	0,85	0,77	1,15	0,63	0,71	0,50	0,43
Clúster 12	1,91	0,82	0,81	0,60	0,74	0,59	2,00	0,88	1,59	1,10	0,94	0,88
Clúster 13	1,61	0,90	1,16	1,51	1,31	1,48	1,48	0,84	0,85	1,27	1,36	1,35
Clúster 14	0,31	0,30	0,27	0,74	0,56	0,13	0,42	0,60	0,13	0,43	0,60	0,54
Clúster 15	0,37	0,32	0,34	0,28	0,38	0,28	0,46	0,70	0,60	0,28	0,41	0,35
Clúster 16	0,94	0,98	0,96	0,79	1,12	0,67	1,62	1,16	1,13	1,03	0,89	0,80
Clúster 17	0,37	0,61	0,46	0,45	0,29	0,32	0,64	0,20	0,25	0,37	0,41	0,56
Clúster 18	0,25	0,23	0,33	0,23	0,55	0,23	0,77	0,23	0,69	0,23	0,23	0,23
Clúster 19	0,55	0,13	0,51	0,55	0,38	0,48	0,49	0,82	0,28	0,43	0,50	0,38
Clúster 20	0,73	0,31	0,40	0,36	0,75	0,47	0,98	0,63	0,73	0,30	0,36	0,98
Clúster 21	0,87	1,52	0,31	0,88	0,75	1,16	0,78	0,62	0,30	2,03	1,35	0,69
Clúster 22	0,20	0,49	0,26	0,49	0,30	0,31	0,15	0,39	0,40	0,23	0,10	0,64
Clúster 23	0,52	0,22	0,78	0,47	0,56	0,44	0,56	0,91	0,89	0,74	0,63	0,44
Clúster 24	0,20	0,01	0,27	0,28	0,03	0,00	0,05	0,01	0,27	0,00	0,08	0,05
Clúster 25	0,13	0,00	0,12	0,22	0,00	0,15	0,42	0,14	0,15	0,16	0,35	0,16
Clúster 26	0,20	0,19	0,33	0,39	0,15	0,43	0,18	0,33	0,37	0,21	0,11	0,20
Clúster 27	0,19	1,06	0,00	0,19	0,31	0,19	0,50	0,19	0,19	0,55	0,19	0,50
Clúster 28	0,33	0,11	0,18	0,03	0,17	0,83	0,43	0,01	0,25	0,48	0,37	0,27
Clúster 29	0,35	0,35	0,59	0,75	0,15	0,22	0,30	0,88	0,19	0,19	0,15	0,64

## Anexo M: Porcentajes Especialidad Real 2015

Tabla 78 - Porcentajes Reales por Especialidad 2015 Enero - Junio

ESPECIALIDAD	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
CARDIOVASCULAR	4,25%	4,43%	4,65%	5,19%	5,50%	4,98%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2,43%	1,84%	2,06%	1,97%	2,45%	1,33%
CIRUGÍA GENERAL	24,89%	31,93%	26,26%	25,75%	24,98%	26,49%
CIRUGÍA PLÁSTICA	13,94%	8,36%	11,13%	11,18%	10,93%	13,40%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	2,52%	2,75%	2,47%	2,56%	2,93%	3,29%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,12%	0,18%	0,18%	0,15%	0,12%	0,15%
NEUROLOGÍA	2,14%	1,02%	2,77%	1,15%	1,45%	3,05%
ODONTOLOGÍA	1,13%	0,92%	0,56%	1,08%	1,46%	1,04%
OFTALMOLOGÍA	2,17%	1,00%	1,75%	1,88%	2,20%	1,39%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	10,05%	16,64%	9,04%	10,08%	9,00%	9,88%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	26,45%	21,45%	28,52%	27,91%	28,28%	24,68%
UROLOGÍA	9,90%	9,45%	10,60%	11,10%	10,70%	10,32%

Tabla 79 - Porcentajes Reales por Especialidad 2015 Julio - Diciembre

ESPECIALIDAD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	4,30%	4,73%	5,44%	4,33%	5,99%	5,92%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2,36%	2,22%	1,24%	1,76%	1,94%	3,14%
CIRUGÍA GENERAL	24,87%	25,01%	25,18%	24,56%	24,40%	24,06%
CIRUGÍA PLÁSTICA	12,25%	12,39%	11,80%	13,38%	11,59%	11,11%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	2,63%	2,90%	2,66%	2,56%	2,24%	2,80%
OTRAS ESPECIALIDADES	0,04%	0,05%	0,05%	0,15%	0,05%	0,27%
NEUROLOGÍA	1,38%	1,64%	1,51%	2,02%	2,85%	1,41%
ODONTOLOGÍA	0,59%	0,78%	0,76%	0,86%	1,04%	0,74%
OFTALMOLOGÍA	1,74%	1,67%	1,78%	2,26%	1,94%	1,91%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	10,64%	11,07%	8,79%	9,62%	9,00%	8,65%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	28,96%	26,89%	28,22%	26,89%	27,10%	28,72%
UROLOGÍA	10,25%	10,67%	12,58%	11,62%	11,86%	11,28%

## Anexo N: Tabla Quirúrgica Enero 2015 (Pabellón 5- 16)

Tabla 80 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 5 - 7 (Enero 2015)

Horario	PAB 05	PAB 06	PAB 07
Lunes AM	CIRUGÍA DE TÓRAX	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Lunes PM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Martes AM	OFTALMOLOGÍA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Martes PM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Miércoles AM	OFTALMOLOGÍA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Miércoles PM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Jueves AM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA DE TÓRAX
Jueves PM	CIRUGÍA DE TÓRAX	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Viernes AM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Viernes PM	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	CIRUGÍA GENERAL	CIRUGÍA GENERAL
Sábado AM	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA

Tabla 81 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 8 - 10 (Enero 2015)

Horario	PAB 08	PAB 09	PAB 10
Lunes AM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	Urgencia
Lunes PM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Martes AM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Martes PM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Miércoles AM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Miércoles PM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Jueves AM	OFTALMOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Jueves PM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Viernes AM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Viernes PM	OTORRINOLARINGOLOGÍA	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	
Sábado AM		ODONTOLOGÍA	

Tabla 82 - Tabla Quirúrgica Optimizada Pabellón 11 - 14 (Enero 2015)

Horario	PAB 11	PAB 12	PAB 14
Lunes AM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Lunes PM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Martes AM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Martes PM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Miércoles AM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Miércoles PM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Jueves AM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Jueves PM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Viernes AM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Viernes PM	CIRUGÍA GENERAL	UROLOGÍA	UROLOGÍA
Sábado AM	ODONTOLOGÍA	GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	UROLOGÍA

Tabla 83 - Tabla Actualizada Pabellón 15 - 16 (Enero 2015)

Horario	PAB 15	PAB 16
Lunes AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Lunes PM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Martes AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Martes PM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Miércoles AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Miércoles PM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Jueves AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Jueves PM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Viernes AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Viernes PM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA
Sábado AM	CIRUGÍA PLASTICA	CIRUGÍA PLASTICA

## Anexo O: Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real

Tabla 84 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Febrero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	6714,1	17820	38%	11520	58%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2993,9	7080	42%	4320	69%
CIRUGÍA GENERAL	40073,2	50340	80%	56160	71%
CIRUGÍA PLÁSTICA	11187,2	34500	32%	25920	43%
OTRAS ESPECIALIDADES	1477,2	6960	21%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	3400,5	5460	62%	7200	47%
NEUROLOGÍA	1131,4	5700	20%	1440	79%
ODONTOLOGÍA	878,6	7980	11%	2880	31%
OFTALMOLOGÍA	1319,5	20250	7%	4320	31%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	20280,6	8400	241%	14400	141%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	31298,9	62550	50%	57600	54%
UROLOGÍA	10804,8	22560	48%	30240	36%
<b>Total</b>	<b>131560,0</b>	<b>249600</b>	<b>53%</b>	<b>217440</b>	<b>61%</b>

Tabla 85 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Marzo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10987,2	17820	62%	12960	85%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4683,7	7080	66%	2880	163%
CIRUGÍA GENERAL	55355,8	50340	110%	53280	104%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24206,1	34500	70%	31680	76%
OTRAS ESPECIALIDADES	1956,2	6960	28%	1440	136%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5625,2	5460	103%	5760	98%
NEUROLOGÍA	6092,0	5700	107%	1440	423%
ODONTOLOGÍA	1138,9	7980	14%	1440	79%
OFTALMOLOGÍA	3764,9	20250	19%	4320	87%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	16503,3	8400	196%	12960	127%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	60138,2	62550	96%	57600	104%
UROLOGÍA	23991,6	22560	106%	31680	76%
<b>Total</b>	<b>214442,9</b>	<b>249600</b>	<b>86%</b>	<b>217440</b>	<b>99%</b>



Tabla 86 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Abril 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	9639,0	17820	54%	12960	74%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3377,2	7080	48%	2880	117%
CIRUGÍA GENERAL	41963,1	50340	83%	51840	81%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18051,5	34500	52%	30240	60%
OTRAS ESPECIALIDADES	1480,4	6960	21%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4662,2	5460	85%	7200	65%
NEUROLOGÍA	2162,4	5700	38%	1440	150%
ODONTOLOGÍA	1429,7	7980	18%	2880	50%
OFTALMOLOGÍA	3319,1	20250	16%	4320	77%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15254,2	8400	182%	12960	118%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEdia	48522,9	62550	78%	57600	84%
UROLOGÍA	18280,7	22560	81%	31680	58%
<b>Total</b>	<b>168142,3</b>	<b>249600</b>	<b>67%</b>	<b>217440</b>	<b>77%</b>

Tabla 87 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Mayo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	9832,1	17820	55%	12960	76%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3955,6	7080	56%	2880	137%
CIRUGÍA GENERAL	43627,5	50340	87%	53280	82%
CIRUGÍA PLÁSTICA	21019,6	34500	61%	30240	70%
OTRAS ESPECIALIDADES	1268,7	6960	18%	1440	88%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5672,4	5460	104%	7200	79%
NEUROLOGÍA	2490,0	5700	44%	1440	173%
ODONTOLOGÍA	1806,1	7980	23%	2880	63%
OFTALMOLOGÍA	3809,7	20250	19%	4320	88%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	14154,2	8400	169%	12960	109%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEdia	51844,4	62550	83%	57600	90%
UROLOGÍA	18538,9	22560	82%	30240	61%
<b>Total</b>	<b>178019,3</b>	<b>249600</b>	<b>71%</b>	<b>217440</b>	<b>82%</b>

Tabla 88 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Junio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10653,1	17820	60%	14400	74%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2525,0	7080	36%	2880	88%
CIRUGÍA GENERAL	50966,3	50340	101%	51840	98%
CIRUGÍA PLÁSTICA	28128,5	34500	82%	31680	89%
OTRAS ESPECIALIDADES	1502,5	6960	22%	1440	104%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6667,2	5460	122%	7200	93%
NEUROLOGÍA	6130,9	5700	108%	1440	426%
ODONTOLOGÍA	1956,9	7980	25%	2880	68%
OFTALMOLOGÍA	2940,6	20250	15%	4320	68%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19158,0	8400	228%	11520	166%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	49463,9	62550	79%	57600	86%
UROLOGÍA	21182,7	22560	94%	30240	70%
<b>Total</b>	<b>201275,5</b>	<b>249600</b>	<b>81%</b>	<b>217440</b>	<b>93%</b>

Tabla 89 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Julio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	9492,5	17820	53%	11520	82%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4979,1	7080	70%	2880	173%
CIRUGÍA GENERAL	51821,5	50340	103%	53280	97%
CIRUGÍA PLÁSTICA	27640,6	34500	80%	33120	83%
OTRAS ESPECIALIDADES	2426,0	6960	35%	1440	168%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6499,0	5460	119%	5760	113%
NEUROLOGÍA	2937,3	5700	52%	1440	204%
ODONTOLOGÍA	1298,7	7980	16%	2880	45%
OFTALMOLOGÍA	3878,9	20250	19%	4320	90%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	22445,0	8400	267%	12960	173%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	68536,2	62550	110%	57600	119%
UROLOGÍA	21796,9	22560	97%	30240	72%
<b>Total</b>	<b>223751,6</b>	<b>249600</b>	<b>90%</b>	<b>217440</b>	<b>103%</b>

Tabla 90 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Agosto 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	9268,4	17820	52%	12960	72%
CIRUGÍA DE TÓRAX	5494,7	7080	78%	2880	191%
CIRUGÍA GENERAL	48703,5	50340	97%	54720	89%
CIRUGÍA PLÁSTICA	26212,0	34500	76%	33120	79%
OTRAS ESPECIALIDADES	2819,7	6960	41%	1440	196%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6376,2	5460	117%	5760	111%
NEUROLOGÍA	2909,4	5700	51%	1440	202%
ODONTOLOGÍA	1731,3	7980	22%	2880	60%
OFTALMOLOGÍA	3269,3	20250	16%	4320	76%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	21329,4	8400	254%	12960	165%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	55767,9	62550	89%	56160	99%
UROLOGÍA	21719,7	22560	96%	28800	75%
<b>Total</b>	<b>205601,6</b>	<b>249600</b>	<b>82%</b>	<b>217440</b>	<b>95%</b>

Tabla 91 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Septiembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10267,8	17820	58%	11520	89%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1813,5	7080	26%	2880	63%
CIRUGÍA GENERAL	46018,7	50340	91%	56160	82%
CIRUGÍA PLÁSTICA	21469,3	34500	62%	33120	65%
OTRAS ESPECIALIDADES	1349,3	6960	19%	1440	94%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5237,2	5460	96%	5760	91%
NEUROLOGÍA	3010,5	5700	53%	1440	209%
ODONTOLOGÍA	1441,0	7980	18%	2880	50%
OFTALMOLOGÍA	3459,0	20250	17%	4320	80%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15379,9	8400	183%	10080	153%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	55153,1	62550	88%	57600	96%
UROLOGÍA	22382,1	22560	99%	30240	74%
<b>Total</b>	<b>186981,3</b>	<b>249600</b>	<b>75%</b>	<b>217440</b>	<b>86%</b>

Tabla 92 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Octubre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10028,7	17820	56%	11520	87%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4075,1	7080	58%	2880	141%
CIRUGÍA GENERAL	47987,0	50340	95%	56160	85%
CIRUGÍA PLÁSTICA	28112,7	34500	81%	31680	89%
OTRAS ESPECIALIDADES	2327,6	6960	33%	1440	162%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5489,3	5460	101%	7200	76%
NEUROLOGÍA	3720,3	5700	65%	1440	258%
ODONTOLOGÍA	1612,0	7980	20%	2880	56%
OFTALMOLOGÍA	4906,0	20250	24%	4320	114%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	19677,8	8400	234%	10080	195%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	57689,8	62550	92%	57600	100%
UROLOGÍA	23467,6	22560	104%	30240	78%
<b>Total</b>	<b>209093,8</b>	<b>249600</b>	<b>84%</b>	<b>217440</b>	<b>96%</b>

Tabla 93 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Noviembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	13033,4	17820	73%	12960	101%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3254,4	7080	46%	1440	226%
CIRUGÍA GENERAL	49604,9	50340	99%	54720	91%
CIRUGÍA PLÁSTICA	23653,9	34500	69%	33120	71%
OTRAS ESPECIALIDADES	1859,4	6960	27%	1440	129%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5334,3	5460	98%	5760	93%
NEUROLOGÍA	5334,3	5700	94%	1440	370%
ODONTOLOGÍA	2457,0	7980	31%	2880	85%
OFTALMOLOGÍA	4355,2	20250	22%	4320	101%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	18152,6	8400	216%	11520	158%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	57706,5	62550	92%	57600	100%
UROLOGÍA	23879,5	22560	106%	30240	79%
<b>Total</b>	<b>208625,4</b>	<b>249600</b>	<b>84%</b>	<b>217440</b>	<b>96%</b>

Tabla 94 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelada y Real (Diciembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Real (Min)	Utilización Real	Capacidad Modelada (Min)	Utilización Modelada
CARDIOVASCULAR	10879,7	17820	61%	12960	84%
CIRUGÍA DE TÓRAX	5398,5	7080	76%	2880	187%
CIRUGÍA GENERAL	38719,9	50340	77%	54720	71%
CIRUGÍA PLÁSTICA	19113,1	34500	55%	31680	60%
OTRAS ESPECIALIDADES	2741,6	6960	39%	1440	190%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5270,2	5460	97%	7200	73%
NEUROLOGÍA	2303,6	5700	40%	1440	160%
ODONTOLOGÍA	1687,0	7980	21%	2880	59%
OFTALMOLOGÍA	3203,9	20250	16%	4320	74%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	14559,6	8400	173%	10080	144%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	51336,7	62550	82%	57600	89%
UROLOGÍA	20682,0	22560	92%	30240	68%
<b>Total</b>	<b>175895,9</b>	<b>249600</b>	<b>70%</b>	<b>217440</b>	<b>81%</b>

## Anexo P: Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad

Tabla 95 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Febrero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	6714,1	11520	58%	7200	93%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2993,9	4320	69%	4320	69%
CIRUGÍA GENERAL	40073,2	56160	71%	57600	70%
CIRUGÍA PLÁSTICA	11187,2	25920	43%	12960	86%
OTRAS ESPECIALIDADES	1477,2	1440	103%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	3400,5	7200	47%	5760	59%
NEUROLOGÍA	1131,4	1440	79%	4320	26%
ODONTOLOGÍA	878,6	2880	31%	1440	61%
OFTALMOLOGÍA	1319,5	4320	31%	2880	46%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	20280,6	14400	141%	28800	70%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	31298,9	57600	54%	57600	54%
UROLOGÍA	10804,8	30240	36%	17280	63%
Total	131560,0	217440	61%	201600	65%

Tabla 96 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Marzo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	10987,2	12960	85%	10080	109%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4683,7	2880	163%	4320	108%
CIRUGÍA GENERAL	55355,8	53280	104%	48960	113%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24206,1	31680	76%	23040	105%
OTRAS ESPECIALIDADES	1956,2	1440	136%	2880	68%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5625,2	5760	98%	4320	130%
NEUROLOGÍA	6092,0	1440	423%	4320	141%
ODONTOLOGÍA	1138,9	1440	79%	1440	79%
OFTALMOLOGÍA	3764,9	4320	87%	4320	87%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	16503,3	12960	127%	20160	82%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	60138,2	57600	104%	56160	107%
UROLOGÍA	23991,6	31680	76%	23040	104%
Total	214442,9	217440	99%	203040	106%

Tabla 97 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Abril 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9639,0	12960	74%	11520	84%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3377,2	2880	117%	4320	78%
CIRUGÍA GENERAL	41963,1	51840	81%	48960	86%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18051,5	30240	60%	21600	84%
OTRAS ESPECIALIDADES	1480,4	1440	103%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4662,2	7200	65%	5760	81%
NEUROLOGÍA	2162,4	1440	150%	2880	75%
ODONTOLOGÍA	1429,7	2880	50%	1440	99%
OFTALMOLOGÍA	3319,1	4320	77%	4320	77%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15254,2	12960	118%	20160	76%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	48522,9	57600	84%	57600	84%
UROLOGÍA	18280,7	31680	58%	21600	85%
Total	168142,3	217440	77%	201600	83%

Tabla 98 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Mayo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8549,7	12960	66%	10080	85%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3439,6	2880	119%	4320	80%
CIRUGÍA GENERAL	37937,0	53280	71%	53280	71%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18277,9	30240	60%	21600	85%
OTRAS ESPECIALIDADES	1103,2	1440	77%	1440	77%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4932,5	7200	69%	5760	86%
NEUROLOGÍA	2165,2	1440	150%	2880	75%
ODONTOLOGÍA	1570,5	2880	55%	1440	109%
OFTALMOLOGÍA	3312,8	4320	77%	4320	77%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	12308,0	12960	95%	18720	66%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	45082,1	57600	78%	57600	78%
UROLOGÍA	16120,8	30240	53%	20160	80%
Total	154799,4	217440	71%	201600	77%

Tabla 99 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Junio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9263,6	14400	64%	11520	80%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2195,6	2880	76%	4320	51%
CIRUGÍA GENERAL	44318,5	51840	85%	50400	88%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24459,6	31680	77%	23040	106%
OTRAS ESPECIALIDADES	1306,5	1440	91%	1440	91%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5797,6	7200	81%	5760	101%
NEUROLOGÍA	5331,2	1440	370%	2880	185%
ODONTOLOGÍA	1701,7	2880	59%	1440	118%
OFTALMOLOGÍA	2557,1	4320	59%	4320	59%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	16659,2	11520	145%	17280	96%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	43012,1	57600	75%	57600	75%
UROLOGÍA	18419,7	30240	61%	21600	85%
Total	175022,2	217440	80%	201600	87%

Tabla 100 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Julio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9492,5	11520	82%	10080	94%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4979,1	2880	173%	4320	115%
CIRUGÍA GENERAL	51821,5	53280	97%	51840	100%
CIRUGÍA PLÁSTICA	27640,6	33120	83%	27360	101%
OTRAS ESPECIALIDADES	2426,0	1440	168%	1440	168%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6499,0	5760	113%	5760	113%
NEUROLOGÍA	2937,3	1440	204%	4320	68%
ODONTOLOGÍA	1298,7	2880	45%	1440	90%
OFTALMOLOGÍA	3878,9	4320	90%	4320	90%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	22445,0	12960	173%	21600	104%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	68536,2	57600	119%	61920	111%
UROLOGÍA	21796,9	30240	72%	23040	95%
Total	223751,6	217440	103%	217440	103%



Tabla 101 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Agosto 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8059,5	12960	62%	11520	70%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4778,0	2880	166%	4320	111%
CIRUGÍA GENERAL	42350,9	54720	77%	54720	77%
CIRUGÍA PLÁSTICA	22793,0	33120	69%	25920	88%
OTRAS ESPECIALIDADES	2451,9	1440	170%	1440	170%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5544,5	5760	96%	5760	96%
NEUROLOGÍA	2529,9	1440	176%	4320	59%
ODONTOLOGÍA	1505,5	2880	52%	2880	52%
OFTALMOLOGÍA	2842,8	4320	66%	4320	66%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	18547,3	12960	143%	21600	86%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	48493,8	56160	86%	59040	82%
UROLOGÍA	18886,7	28800	66%	21600	87%
Total	178784,0	217440	82%	217440	82%

Tabla 102 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Septiembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8928,5	11520	78%	8640	103%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1577,0	2880	55%	2880	55%
CIRUGÍA GENERAL	40016,2	56160	71%	57600	69%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18669,0	33120	56%	28800	65%
OTRAS ESPECIALIDADES	1173,3	1440	81%	1440	81%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4554,1	5760	79%	4320	105%
NEUROLOGÍA	2617,8	1440	182%	2880	91%
ODONTOLOGÍA	1253,0	2880	44%	1440	87%
OFTALMOLOGÍA	3007,8	4320	70%	2880	104%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	13373,9	10080	133%	14400	93%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	47959,2	57600	83%	57600	83%
UROLOGÍA	19462,7	30240	64%	18720	104%
Total	162592,4	217440	75%	201600	81%

Tabla 103 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Octubre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8720,6	11520	76%	10080	87%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3543,6	2880	123%	4320	82%
CIRUGÍA GENERAL	41727,8	56160	74%	51840	80%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24445,8	31680	77%	30240	81%
OTRAS ESPECIALIDADES	2024,0	1440	141%	1440	141%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4773,3	7200	66%	5760	83%
NEUROLOGÍA	3235,0	1440	225%	4320	75%
ODONTOLOGÍA	1401,8	2880	49%	1440	97%
OFTALMOLOGÍA	4266,1	4320	99%	4320	99%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	17111,1	10080	170%	17280	99%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	50165,0	57600	87%	57600	87%
UROLOGÍA	20406,6	30240	67%	23040	89%
Total	181820,7	217440	84%	211680	86%

Tabla 104 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Noviembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	11333,4	12960	87%	10080	112%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2829,9	1440	197%	2880	98%
CIRUGÍA GENERAL	43134,7	54720	79%	50400	86%
CIRUGÍA PLÁSTICA	20568,6	33120	62%	27360	75%
OTRAS ESPECIALIDADES	1616,9	1440	112%	2880	56%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4638,5	5760	81%	5760	81%
NEUROLOGÍA	4638,5	1440	322%	2880	161%
ODONTOLOGÍA	2136,6	2880	74%	1440	148%
OFTALMOLOGÍA	3787,1	4320	88%	4320	88%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15784,8	11520	137%	17280	91%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	50179,6	57600	87%	54720	92%
UROLOGÍA	20764,8	30240	69%	21600	96%
Total	181413,4	217440	83%	201600	90%

Tabla 105 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad (Diciembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9460,6	12960	73%	10080	94%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4694,3	2880	163%	4320	109%
CIRUGÍA GENERAL	33669,5	54720	62%	51840	65%
CIRUGÍA PLÁSTICA	16620,1	31680	52%	24480	68%
OTRAS ESPECIALIDADES	2384,0	1440	166%	2880	83%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4582,8	7200	64%	5760	80%
NEUROLOGÍA	2003,1	1440	139%	2880	70%
ODONTOLOGÍA	1467,0	2880	51%	1440	102%
OFTALMOLOGÍA	2786,0	4320	64%	4320	64%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	12660,6	10080	126%	14400	88%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	44640,6	57600	78%	57600	78%
UROLOGÍA	17984,4	30240	59%	21600	83%
Total	152952,9	217440	70%	201600	76%

## Anexo Q: Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos

Tabla 106 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Febrero 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	6714,1	11520	58%	7200	93%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2993,9	4320	69%	4320	69%
CIRUGÍA GENERAL	40073,2	56160	71%	34560	116%
CIRUGÍA PLÁSTICA	11187,2	25920	43%	28800	39%
OTRAS ESPECIALIDADES	1477,2	1440	103%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	3400,5	7200	47%	5760	59%
NEUROLOGÍA	1131,4	1440	79%	14400	8%
ODONTOLOGÍA	878,6	2880	31%	14400	6%
OFTALMOLOGÍA	1319,5	4320	31%	2880	46%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	20280,6	14400	141%	28800	70%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	31298,9	57600	54%	44640	70%
UROLOGÍA	10804,8	30240	36%	14400	75%
<b>Total</b>	<b>131560,0</b>	<b>217440</b>	<b>61%</b>	<b>201600</b>	<b>65%</b>

Tabla 107 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Marzo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	10987,2	12960	85%	10080	109%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4683,7	2880	163%	4320	108%
CIRUGÍA GENERAL	55355,8	53280	104%	48960	113%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24206,1	31680	76%	23040	105%
OTRAS ESPECIALIDADES	1956,2	1440	136%	1440	136%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5625,2	5760	98%	4320	130%
NEUROLOGÍA	6092,0	1440	423%	4320	141%
ODONTOLOGÍA	1138,9	1440	79%	4320	26%
OFTALMOLOGÍA	3764,9	4320	87%	2880	131%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	16503,3	12960	127%	20160	82%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	60138,2	57600	104%	56160	107%
UROLOGÍA	23991,6	31680	76%	21600	111%
<b>Total</b>	<b>214442,9</b>	<b>217440</b>	<b>99%</b>	<b>201600</b>	<b>106%</b>

Tabla 108 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Abril 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9639,0	12960	74%	10080	96%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3377,2	2880	117%	4320	78%
CIRUGÍA GENERAL	41963,1	51840	81%	46080	91%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18051,5	30240	60%	21600	84%
OTRAS ESPECIALIDADES	1480,4	1440	103%	1440	103%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4662,2	7200	65%	5760	81%
NEUROLOGÍA	2162,4	1440	150%	2880	75%
ODONTOLOGÍA	1429,7	2880	50%	10080	14%
OFTALMOLOGÍA	3319,1	4320	77%	2880	115%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15254,2	12960	118%	18720	81%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	48522,9	57600	84%	56160	86%
UROLOGÍA	18280,7	31680	58%	21600	85%
<b>Total</b>	<b>168142,3</b>	<b>217440</b>	<b>77%</b>	<b>201600</b>	<b>83%</b>

Tabla 109 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Mayo 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8549,7	12960	66%	10080	85%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3439,6	2880	119%	2880	119%
CIRUGÍA GENERAL	37937,0	53280	71%	46080	82%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18277,9	30240	60%	21600	85%
OTRAS ESPECIALIDADES	1103,2	1440	77%	1440	77%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4932,5	7200	69%	5760	86%
NEUROLOGÍA	2165,2	1440	150%	2880	75%
ODONTOLOGÍA	1570,5	2880	55%	12960	12%
OFTALMOLOGÍA	3312,8	4320	77%	4320	77%
OTORRINOLARINGOLOGÍA A	12308,0	12960	95%	18720	66%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	45082,1	57600	78%	54720	82%
UROLOGÍA	16120,8	30240	53%	20160	80%
<b>Total</b>	<b>154799,4</b>	<b>217440</b>	<b>71%</b>	<b>201600</b>	<b>77%</b>

Tabla 110 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Junio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9263,6	14400	64%	11520	80%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2195,6	2880	76%	4320	51%
CIRUGÍA GENERAL	44318,5	51840	85%	46080	96%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24459,6	31680	77%	23040	106%
OTRAS ESPECIALIDADES	1306,5	1440	91%	1440	91%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5797,6	7200	81%	5760	101%
NEUROLOGÍA	5331,2	1440	370%	2880	185%
ODONTOLOGÍA	1701,7	2880	59%	7200	24%
OFTALMOLOGÍA	2557,1	4320	59%	4320	59%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	16659,2	11520	145%	17280	96%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	43012,1	57600	75%	56160	77%
UROLOGÍA	18419,7	30240	61%	21600	85%
<b>Total</b>	<b>175022,2</b>	<b>217440</b>	<b>80%</b>	<b>201600</b>	<b>87%</b>

Tabla 111 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Julio 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9492,5	11520	82%	10080	94%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4979,1	2880	173%	2880	173%
CIRUGÍA GENERAL	51821,5	53280	97%	50400	103%
CIRUGÍA PLÁSTICA	27640,6	33120	83%	27360	101%
OTRAS ESPECIALIDADES	2426,0	1440	168%	1440	168%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	6499,0	5760	113%	5760	113%
NEUROLOGÍA	2937,3	1440	204%	4320	68%
ODONTOLOGÍA	1298,7	2880	45%	1440	90%
OFTALMOLOGÍA	3878,9	4320	90%	4320	90%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	22445,0	12960	173%	21600	104%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	68536,2	57600	119%	61920	111%
UROLOGÍA	21796,9	30240	72%	23040	95%
<b>Total</b>	<b>223751,6</b>	<b>217440</b>	<b>103%</b>	<b>214560</b>	<b>104%</b>

Tabla 112 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Agosto 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8059,5	12960	62%	11520	70%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4778,0	2880	166%	4320	111%
CIRUGÍA GENERAL	42350,9	54720	77%	53280	79%
CIRUGÍA PLÁSTICA	22793,0	33120	69%	25920	88%
OTRAS ESPECIALIDADES	2451,9	1440	170%	1440	170%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	5544,5	5760	96%	5760	96%
NEUROLOGÍA	2529,9	1440	176%	2880	88%
ODONTOLOGÍA	1505,5	2880	52%	2880	52%
OFTALMOLOGÍA	2842,8	4320	66%	4320	66%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	18547,3	12960	143%	21600	86%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	48493,8	56160	86%	59040	82%
UROLOGÍA	18886,7	28800	66%	21600	87%
<b>Total</b>	<b>178784,0</b>	<b>217440</b>	<b>82%</b>	<b>214560</b>	<b>83%</b>

Tabla 113 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Septiembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8928,5	11520	78%	8640	103%
CIRUGÍA DE TÓRAX	1577,0	2880	55%	2880	55%
CIRUGÍA GENERAL	40016,2	56160	71%	38880	103%
CIRUGÍA PLÁSTICA	18669,0	33120	56%	28800	65%
OTRAS ESPECIALIDADES	1173,3	1440	81%	1440	81%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4554,1	5760	79%	4320	105%
NEUROLOGÍA	2617,8	1440	182%	14400	18%
ODONTOLOGÍA	1253,0	2880	44%	14400	9%
OFTALMOLOGÍA	3007,8	4320	70%	2880	104%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	13373,9	10080	133%	17280	77%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	47959,2	57600	83%	48960	98%
UROLOGÍA	19462,7	30240	64%	18720	104%
<b>Total</b>	<b>162592,4</b>	<b>217440</b>	<b>75%</b>	<b>201600</b>	<b>81%</b>

Tabla 114 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Octubre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	8720,6	11520	76%	10080	87%
CIRUGÍA DE TÓRAX	3543,6	2880	123%	4320	82%
CIRUGÍA GENERAL	41727,8	56160	74%	51840	80%
CIRUGÍA PLÁSTICA	24445,8	31680	77%	30240	81%
OTRAS ESPECIALIDADES	2024,0	1440	141%	1440	141%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4773,3	7200	66%	5760	83%
NEUROLOGÍA	3235,0	1440	225%	4320	75%
ODONTOLOGÍA	1401,8	2880	49%	1440	97%
OFTALMOLOGÍA	4266,1	4320	99%	4320	99%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	17111,1	10080	170%	17280	99%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	50165,0	57600	87%	57600	87%
UROLOGÍA	20406,6	30240	67%	23040	89%
<b>Total</b>	<b>181820,7</b>	<b>217440</b>	<b>84%</b>	<b>211680</b>	<b>86%</b>

Tabla 115 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Noviembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	11333,4	12960	87%	10080	112%
CIRUGÍA DE TÓRAX	2829,9	1440	197%	2880	98%
CIRUGÍA GENERAL	43134,7	54720	79%	48960	88%
CIRUGÍA PLÁSTICA	20568,6	33120	62%	27360	75%
OTRAS ESPECIALIDADES	1616,9	1440	112%	1440	112%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4638,5	5760	81%	4320	107%
NEUROLOGÍA	4638,5	1440	322%	2880	161%
ODONTOLOGÍA	2136,6	2880	74%	10080	21%
OFTALMOLOGÍA	3787,1	4320	88%	4320	88%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	15784,8	11520	137%	17280	91%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	50179,6	57600	87%	51840	97%
UROLOGÍA	20764,8	30240	69%	20160	103%
<b>Total</b>	<b>181413,4</b>	<b>217440</b>	<b>83%</b>	<b>201600</b>	<b>90%</b>



Tabla 116 - Utilización Tabla Quirúrgica Modelo Original y Modelo Modificado con Ajustes de Capacidad considerando Costos (Diciembre 2015)

ESPECIALIDAD	Demanda (Min)	Capacidad Modelo Original (Min)	Utilización Modelo Original	Capacidad Modelo Modificado (Min)	Utilización Modelo Modificado
CARDIOVASCULAR	9460,6	12960	73%	10080	94%
CIRUGÍA DE TÓRAX	4694,3	2880	163%	2880	163%
CIRUGÍA GENERAL	33669,5	54720	62%	43200	78%
CIRUGÍA PLÁSTICA	16620,1	31680	52%	28800	58%
OTRAS ESPECIALIDADES	2384,0	1440	166%	1440	166%
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	4582,8	7200	64%	5760	80%
NEUROLOGÍA	2003,1	1440	139%	2880	70%
ODONTOLOGÍA	1467,0	2880	51%	14400	10%
OFTALMOLOGÍA	2786,0	4320	64%	4320	64%
OTORRINOLARINGOLOGÍA	12660,6	10080	126%	14400	88%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	44640,6	57600	78%	51840	86%
UROLOGÍA	17984,4	30240	59%	21600	83%
<b>Total</b>	<b>152952,9</b>	<b>217440</b>	<b>70%</b>	<b>201600</b>	<b>76%</b>

## Anexo R: Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual por mes 2015

Tabla 117 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Enero – Abril) 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril
CARDIOVASCULAR	\$ 15.789.014	\$ 22.468.998	\$ 13.823.973	\$ 16.551.607
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 4.363.491	\$ 8.157.803	\$ 4.784.225	\$ 7.392.578
CIRUGÍA GENERAL	\$ 5.210.643	\$ 20.540.524	\$ 48.241.912	\$ 16.759.524
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 12.552.784	\$ 46.572.308	\$ 20.564.336	\$ 32.859.523
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 4.155.109	\$ 4.587.531	\$ 4.186.801	\$ 4.584.881
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 591.125	\$ 4.107.283	\$ 1.775.975	\$ 1.590.959
NEUROLOGÍA	\$ 4.318.108	\$ 9.076.954	\$ 1.727.245	\$ 7.028.543
ODONTOLOGÍA	\$ 11.456.022	\$ 14.213.838	\$ 13.692.872	\$ 13.110.822
OFTALMOLOGÍA	\$ 31.444.779	\$ 37.557.247	\$ 32.705.691	\$ 33.590.079
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 51.295.455	\$ 55.848.683	\$ 38.092.058	\$ 32.220.150
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 12.832.957	\$ 62.340.227	\$ 4.811.020	\$ 27.981.533
UROLOGÍA	\$ 5.609.828	\$ 23.539.361	\$ 8.416.834	\$ 8.569.136
<b>Total</b>	<b>\$ 159.619.315</b>	<b>\$ 309.010.758</b>	<b>\$ 192.822.943</b>	<b>\$ 202.239.335</b>

Tabla 118 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Mayo – Agosto) 2015

Especialidad	Mayo	Junio	Julio	Agosto
CARDIOVASCULAR	\$ 18.755.423	\$ 17.311.023	\$ 16.847.970	\$ 19.747.219
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 7.267.978	\$ 9.751.583	\$ 4.194.430	\$ 4.595.885
CIRUGÍA GENERAL	\$ 24.814.515	\$ 12.047.135	\$ 14.248.825	\$ 15.983.639
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 32.407.160	\$ 20.057.914	\$ 13.703.221	\$ 23.387.209
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 4.900.465	\$ 4.730.386	\$ 3.793.659	\$ 3.771.986
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 1.051.905	\$ 3.628.168	\$ 11.167.339	\$ 908.654
NEUROLOGÍA	\$ 7.022.861	\$ 732.752	\$ 5.488.860	\$ 6.298.335
ODONTOLOGÍA	\$ 12.828.961	\$ 12.566.456	\$ 13.373.150	\$ 12.959.123
OFTALMOLOGÍA	\$ 33.602.637	\$ 35.101.908	\$ 32.479.491	\$ 34.534.935
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 18.370.933	\$ 38.824.750	\$ 66.022.833	\$ 47.700.738
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 34.845.358	\$ 38.974.588	\$ 33.443.400	\$ 28.039.522
UROLOGÍA	\$ 12.894.243	\$ 8.290.793	\$ 1.528.041	\$ 7.355.641
<b>Total</b>	<b>\$ 208.762.439</b>	<b>\$ 202.017.457</b>	<b>\$ 216.291.219</b>	<b>\$ 205.282.886</b>

Tabla 119 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica Actual (Septiembre – Diciembre) 2015

Especialidad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	\$ 17.989.007	\$ 18.409.663	\$ 13.123.554	\$ 16.912.439
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 10.986.708	\$ 7.060.463	\$ 8.485.314	\$ 4.762.990
CIRUGÍA GENERAL	\$ 20.654.615	\$ 17.230.305	\$ 14.415.464	\$ 33.352.351
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 31.625.893	\$ 20.085.383	\$ 27.830.950	\$ 35.718.914
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 4.841.820	\$ 4.130.025	\$ 4.470.669	\$ 3.828.790
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 1.806.701	\$ 1.369.454	\$ 1.638.344	\$ 1.749.425
NEUROLOGÍA	\$ 6.123.675	\$ 4.897.383	\$ 2.108.909	\$ 7.344.981
ODONTOLOGÍA	\$ 13.464.459	\$ 13.166.766	\$ 11.696.035	\$ 13.036.304
OFTALMOLOGÍA	\$ 34.207.623	\$ 31.711.338	\$ 32.661.551	\$ 34.647.762
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 23.381.157	\$ 40.949.472	\$ 34.714.732	\$ 20.028.064
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 29.105.991	\$ 24.705.745	\$ 24.676.700	\$ 35.726.010
UROLOGÍA	\$ 6.202.320	\$ 4.312.052	\$ 3.594.848	\$ 9.162.527
<b>Total</b>	<b>\$ 200.389.968</b>	<b>\$ 188.028.049</b>	<b>\$ 179.417.068</b>	<b>\$ 216.270.559</b>

## Anexo S: Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización por mes 2015

Tabla 120 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Enero - Abril) 2015

Especialidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril
CARDIOVASCULAR	\$ 129.704	\$ 982.968	\$ 5.431.729	\$ 892.297
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 1.728.133	\$ 2.647.509	\$ 4.573.516	\$ 1.882.284
CIRUGÍA GENERAL	\$ 8.211.668	\$ 53.026.306	\$ 61.514.729	\$ 8.236.613
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 6.049.972	\$ 35.185.323	\$ 1.888.097	\$ 7.088.978
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 4.367.112	\$ 293.411	\$ 4.068.553	\$ 318.371
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 488.604	\$ 4.705.568	\$ 14.028.942	\$ 2.189.244
NEUROLOGÍA	\$ 2.849.368	\$ 26.362.114	\$ 7.808.468	\$ 1.425.767
ODONTOLOGÍA	\$ 1.067.293	\$ 27.063.896	\$ 6.367.138	\$ 17.314.112
OFTALMOLOGÍA	\$ 707.212	\$ 3.096.036	\$ 7.781.691	\$ 3.861.467
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 7.563.615	\$ 17.284.799	\$ 7.419.048	\$ 7.031.785
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 39.983.645	\$ 26.613.061	\$ 22.225.496	\$ 15.234.654
UROLOGÍA	\$ 3.687.460	\$ 7.199.233	\$ 14.061.090	\$ 6.646.768
<b>Total</b>	<b>\$ 76.833.788</b>	<b>\$ 204.460.225</b>	<b>\$ 157.168.496</b>	<b>\$ 72.122.342</b>

Tabla 121 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Mayo - Agosto)

Especialidad	Mayo	Junio	Julio	Agosto
CARDIOVASCULAR	\$ 3.096.113	\$ 4.565.073	\$ 1.188.660	\$ 7.001.269
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 7.037.581	\$ 4.241.289	\$ 26.397.887	\$ 5.759.873
CIRUGÍA GENERAL	\$ 16.291.604	\$ 3.524.224	\$ 13.671.746	\$ 21.865.648
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 6.636.615	\$ 2.298.560	\$ 454.275	\$ 6.246.800
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 281.789	\$ 111.710	\$ 7.772.216	\$ 7.976.392
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 1.650.190	\$ 403.703	\$ 7.942.874	\$ 429.688
NEUROLOGÍA	\$ 1.420.085	\$ 10.801.618	\$ 2.747.076	\$ 695.559
ODONTOLOGÍA	\$ 22.796.763	\$ 11.005.234	\$ 282.904	\$ 2.751.133
OFTALMOLOGÍA	\$ 1.998.314	\$ 3.497.585	\$ 875.167	\$ 2.930.612
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 13.009.139	\$ 1.259.632	\$ 3.972.053	\$ 6.193.511
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 19.225.943	\$ 26.227.710	\$ 36.963.063	\$ 21.037.716
UROLOGÍA	\$ 8.088.323	\$ 6.368.425	\$ 2.489.225	\$ 5.433.273
<b>Total</b>	<b>\$ 101.532.460</b>	<b>\$ 74.304.763</b>	<b>\$ 104.757.147</b>	<b>\$ 88.321.474</b>

Tabla 122 - Costos de Asignación Tabla Quirúrgica obtenida por el Modelo de Optimización (Septiembre - Diciembre)

Especialidad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CARDIOVASCULAR	\$ 1.727.368	\$ 2.750.353	\$ 7.504.639	\$ 1.253.129
CIRUGÍA DE TÓRAX	\$ 2.601.478	\$ 1.550.169	\$ 100.084	\$ 22.816.521
CIRUGÍA GENERAL	\$ 10.928.145	\$ 20.231.330	\$ 11.654.521	\$ 19.067.472
CIRUGÍA PLÁSTICA	\$ 20.238.908	\$ 11.575.110	\$ 13.567.253	\$ 24.331.929
OTRAS ESPECIALIDADES	\$ 223.144	\$ 4.603.420	\$ 1.394.324	\$ 7.441.254
GINECOLOGÍA Y OBSTETRICIA	\$ 2.515.728	\$ 1.967.739	\$ 3.423.092	\$ 2.347.710
NEUROLOGÍA	\$ 23.408.835	\$ 2.155.599	\$ 7.749.329	\$ 1.742.205
ODONTOLOGÍA	\$ 26.314.517	\$ 76.520	\$ 15.899.325	\$ 25.886.362
OFTALMOLOGÍA	\$ 1.124.081	\$ 107.014	\$ 1.057.227	\$ 3.043.439
OTORRINOLARINGOLOGÍA	\$ 7.925.123	\$ 342.597	\$ 3.033.525	\$ 3.529.141
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	\$ 1.996.432	\$ 14.831.402	\$ 3.312.214	\$ 14.361.523
UROLOGÍA	\$ 4.366.420	\$ 5.273.236	\$ 3.555.822	\$ 7.240.159
<b>Total</b>	<b>\$ 103.370.178</b>	<b>\$ 65.464.490</b>	<b>\$ 72.251.354</b>	<b>\$ 133.060.844</b>