

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Profesor Patrocinante:

Dr. Hernán Soto G.

Informe de Memoria de Título
para optar al título de:

Ingeniero Civil Biomédico

Propuesta de Protocolo de Normalización de Equipamiento Crítico en Unidades de Cuidados Intensivos del Hospital Guillermo Grant Benavente

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica

Profesor Patrocinante:
Dr. Hernán Soto G.

Propuesta de Protocolo de Normalización de Equipamiento Crítico en Unidades de Cuidados Intensivos del Hospital Guillermo Grant Benavente



Mauricio Enrique Moya Pradena

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Biomédico

Agosto 2018

Resumen

En la actualidad las Unidades de Cuidados Intensivos del Hospital Guillermo Grant Benavente no cuentan con un procedimiento multicriterio para definir el reemplazo del equipamiento crítico con vida útil residual baja.

Empleando la metodología multicriterio Proceso de Análisis Jerárquico, este trabajo propone normalizar, dejando a las Unidades de Cuidados Intensivos: Neonatal, Coronaria, Médica, Pediátrica y Quirúrgica sin equipos con vida útil residual baja en tres familias de equipos críticos: ventiladores mecánicos, monitores desfibriladores y monitores de signos vitales o electrocardiograma.

La información de cantidad de equipos críticos, datos específicos de los equipos (ubicación, número de órdenes de trabajo, entre otros), cupos de las Unidades de Cuidados Intensivos, cantidad de funcionarios, se obtuvo del Centro de Responsabilidad de Operaciones y de Recursos Humanos. Esta información se analizó y sintetizó para establecer los criterios de comparación de la metodología que entregó los resultados de priorización. Los criterios definidos fueron: número de órdenes de trabajo, vida útil residual, relación de cantidad de equipos extras con cantidad de equipos críticos con vida útil residual baja y relación de cupos de la unidad con la cantidad de funcionarios.

Los valores sólo indicaron un orden descendente, para la familia ventilador mecánico el orden de prioridad en las unidades de cuidados intensivos fue el siguiente: 0.52 Médica, 0.16 Neonatal, 0.15 Quirúrgica y Pediátrica y 0.05 Coronaria, representando el número más elevado una mayor prioridad. En la familia de monitor desfibrilador el orden de prioridad fue de: 0.36 Médica, 0.20 Neonatal, 0.15 Quirúrgica, 0.06 Pediátrica y 0.05 Coronaria. En la familia de monitor electrocardiograma el orden fue: 0.50 Neonatal, 0.30 Quirúrgica, 0.21 Pediátrica, 0.10 Coronaria y 0.07 Médica.

La iteración del proceso presentó cambios en el orden de prioridad en las familias de monitor desfibrilador y monitor de signos vitales. En los ventiladores mecánicos el orden de prioridad fue: 0.46 Médica, 0.20 Quirúrgica, 0.15 Pediátrica, 0.14 Neonatal y 0.05 Coronaria. En los monitores desfibriladores el orden fue: 0.42 Quirúrgica, 0.40 Neonatal, 0.27 Pediátrica, 0.25 Coronaria y 0.10 Médica. En los monitores de electrocardiograma el orden fue: 0.37 Quirúrgica, 0.30 Pediátrica, 0.17 Neonatal, 0.09 Coronaria, 0.05 Médica.

Se concluye que utilizar Proceso de Análisis Jerárquico es útil en priorizar la reposición y sustitución de equipamiento crítico con vida útil residual baja.



A mi familia, amigos y personas presentes a lo largo de este proceso.

Tabla de Contenidos

LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
ABREVIACIONES.....	VIII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. INTRODUCCIÓN	2
2.2. TRABAJOS PREVIOS	2
2.3. DISCUSIÓN.....	8
CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
3.1. INTRODUCCIÓN	9
3.2. OBJETIVOS.....	9
3.2.1 <i>Objetivo General</i>	9
3.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	9
3.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	9
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO	10
4.1. EQUIPOS CRÍTICOS	10
4.2. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	10
4.3. GENERALIDADES DEL AHP	10
4.4. PASOS PARA IMPLEMENTAR EL AHP.....	12
4.4.1 <i>Estructuración de Prioridades</i>	12
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA.....	108
5.1. FORMAS DE REPOSICION Y ADQUISICION DE EQUIPAMIENTO MEDICO EN EL HGGB.....	18
5.2. PERMISOS	18
5.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	18
5.4. ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN	20
5.5. CRITERIOS APLICADOS EN EL AHP	20
5.6. AHP EN MICROSOFT EXCEL	21
5.7. ITERACION DE LA METODOLOGIA	27
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	29
6.1. PONDERACIÓN DE CRITERIOS	29
6.2. FAMILIA: VENTILADOR MECÁNICO	30
6.3. FAMILIA: MONITOR DESFIBRILADOR.....	30
6.4. FAMILIA: MONITOR DE SIGNOS VITALES	31
6.5. RESULTADOS ITERACIÓN DEL PROCESO.....	32
6.5.1 <i>Familia: Ventilador Mecánico (I)</i>	32
6.5.2 <i>Familia: Monitor Desfibrilador (I)</i>	33
6.5.3 <i>Familia: Monitor de Signos Vitales (I)</i>	33
6.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
CAPÍTULO 7. PROPOSICIÓN DE PROTOCOLO DE NORMALIZACIÓN.....	36
CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	37
8.1. DISCUSIÓN.....	37
8.2. CONCLUSIONES.....	38
8.3. TRABAJO FUTURO.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO 1	42

Lista de Tablas

TABLA 2.1 Ranking de equipos mayor a menor cumplimiento.....	6
TABLA 2.2 Criterios y ponderaciones de metodología en SSM.....	7
TABLA 2.3 Comparación de resultados de metodologías.....	7
TABLA 4.1 Escala de ponderación aplicada en el AHP.....	12
TABLA 4.2 Matriz de comparación por pares.....	13
TABLA 4.3 Matriz superior original y Matriz normalizada.....	13
TABLA 4.4 Cálculo del vector de pesos (promedio).....	14
TABLA 4.5 Cálculo de VFT.....	14
TABLA 4.6 VFT dividido por el vector de pesos (promedio de la tabla 4.4).....	14
TABLA 4.7 Tabla de Consistencia aleatoria.....	15
TABLA 4.8 Porcentaje para comprobar consistencia.....	15
TABLA 5.1 Totalidad equipos 3 familias vs Filtrado.....	19
TABLA 5.2 Cantidad Equipos Críticos con VURB vs Cantidad Equipos Extras.....	20
TABLA 5.3 Valores de Saaty asignados en matriz inicial de criterios.....	22
TABLA 5.4 Ponderación otorgada a los criterios.....	23
TABLA 5.5 Asignación de valores escala de Saaty para N° OT.....	23
TABLA 5.6 Valores nuevos en vector promedio de Vida Útil Residual.....	24
TABLA 5.7 Valores nuevos en vector promedio de Equipos Extras / Cant E.C. VURB.....	24
TABLA 5.8 Priorización calculada con la función de Excel SUMAPRODUCTO().....	25
TABLA 5.9 Diferenciación para el criterio N° de O.T. (para 2 O.T).....	25
TABLA 5.10 Repetitividad en la escala de Saaty en Familia Monitor Desfibrilador.....	26
TABLA 5.11 Única UCI con VURB distinta a 0 años.....	26
TABLA 5.12 Escala Saaty para todas las Familias en criterio cupos UCI / cantidad de usuarios.....	26
TABLA 5.13 Datos filtrados utilizados en primera y segunda aplicación de la metodología.....	27
TABLA 5.14 Valores escala de Saaty para criterio N° OT.....	27
TABLA 6.1 Ponderación asignada a los criterios.....	29
TABLA 6.2 Matriz de priorización UCIs con Ventiladores Mecánicos.....	30
TABLA 6.3 Matriz de priorización UCIs con Monitores Desfibriladores.....	31
TABLA 6.4 E.C Extra por déficit.....	31
TABLA 6.5 Matriz de priorización UCIs con Monitores de Signos Vitales.....	32
TABLA 6.6 Cantidad de E.E añadidos para completar los cupos de la UCI Neonatal.....	32
TABLA 6.7 Matriz de priorización UCIs con Ventiladores Mecánicos (I).....	33
TABLA 6.8 Matriz de priorización UCIs con Monitores Desfibriladores (I).....	33
TABLA 6.9 Matriz de priorización UCIs con Monitores de Signos Vitales (I).....	34
TABLA 6.10 Cuadro resumen de las UCIs con mayor priorización en cada familia primera aplicación.....	34
TABLA 6.11 Cuadro resumen de las UCIs con mayor priorización en cada familia en segunda aplicación.....	34
TABLA 6.12 Priorización en familia monitor desfibrilador.....	35
TABLA 6.13 Priorización en familia monitor ECG.....	35

Lista de Figuras

Fig. 2.1 Ciclo de vida de la tecnología en salud.....	2
Fig. 2.2 Modelo AHP para equipo Rx.....	6
Fig. 4.1 Ventajas del AHP.....	11
Fig. 4.2 Iteración para obtener el VP	16
Fig. 4.3 Vectores asociados para obtener el vector de prioridad de cada alternativa respecto al criterio	17
Fig. 4.4 Vectores asociados para obtener el vector prioridad de cada alternativa respecto al objetivo	17



Abreviaciones

AHP	: Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierarchy Process).
CESFAM	: Centro de Salud Familiar.
CUB	: Clínica Universitaria Bolivariana.
E.C.	: Equipos Críticos.
ECG	: Electrocardiógrafos.
E.E.	: Equipos Extras.
E.M.	: Equipamiento Médico.
EPSs	: Entidades Promotoras de Salud.
FNDR	: Fondo Nacional de Desarrollo Regional.
FONASA	: Fondo Nacional de la Salud.
GES	: Garantías Explícitas de la Salud.
HGGB	: Hospital Guillermo Grant Benavente.
IPSs	: Instituciones Prestadoras de Salud.
JCAHO	: Comisión Conjunta de Acreditación de Organizaciones de Salud (Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations).
M.M.	: Metodología Multicriterio.
MINSAL	: Ministerio de Salud.
OT	: Orden de Trabajo.
PAS 55	: Especificación Públicamente Disponible 55 (Publicly Available Specification 55).
PPV	: Prestaciones Valoradas.
SOGCAS	: Sistema Obligatorio de Garantía de la Calidad de la Atención en Salud para Colombia.
SSM	: Servicio de Salud Maule.
VAC	: Valor Actual de Costos.
VFT	: Vector Fila Total.
VP	: Vector Propio.
VURB	: Vida Útil Residual Baja.

Capítulo 1. Introducción

Los hospitales son instituciones relevantes en la atención de salud de las personas. Para cumplir esta función deben contar con personal (médicos, enfermeros, ingenieros, etc.), espacios físicos (infraestructura), insumos médicos y equipamiento médico (E.M) que otorgue seguridad a la comunidad usuaria.

El Hospital Guillermo Grant Benavente (HGGB) es un hospital de alta complejidad ubicado en la ciudad de Concepción región del Biobío, el centro de salud más grande de la zona centro sur del país, atiende usuarios de distintas comunas de la Región derivados desde hospitales y Centros de salud familiar (CESFAM) [1].

Para cumplir con los requerimientos asistenciales es fundamental la inversión en tecnología, habitualmente equipamiento médico de alto costo.

Se detectó la necesidad en el HGGB de considerar el problema de vida útil, ya cumplida por gran parte de los Equipos Críticos (E.C), cuya disponibilidad y estado de funcionamiento no es de un 100%. Los datos proporcionados muestran una vida útil residual cero para una parte significativa de los E.C, lo que aumenta las probabilidades de falla.

En este trabajo se propone un protocolo de reposición de E.M. crítico que ya cumplió su vida útil basado en el método de análisis multicriterio *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Se eligió este método por la fiabilidad reportada en la toma de decisiones complejas.

Capítulo 2. Revisión Bibliográfica

2.1. Introducción

En esta sección se presenta una revisión de la literatura relativa a metodologías multicriterio (M.M) en la toma de decisiones para la adquisición de equipamiento médico. Se consideran las distintas familias de E.M. existentes en el HGGB según el área de enfoque que posean estos.

2.2. Trabajos Previos

Galeano et al. [2] hace una matriz de correspondencia de los requerimientos de la norma PAS 55 del 2008 [3] (relacionada al ciclo de vida de la tecnología en salud), con el Sistema Obligatorio de Garantía de la Calidad de la Atención en salud para Colombia (SOGCAS) y *The Joint Commission on Accreditation of Health Care* (JCAHO), demostrando que la PAS 55 garantizaría un sistema de gestión adecuado para las Entidades Promotoras de Salud (EPSs) de Colombia.

El modelo introduce el ciclo de vida de la tecnología en salud (Fig. 2.1) que tiene estricta relación con la PAS 55. La institución prestadora de salud (IPS) es evaluada según los requerimientos de la PAS 55, definiéndose las políticas de gestión en grupos de trabajos para planificar las actividades estratégicas ajustadas al ciclo de vida de los equipos.

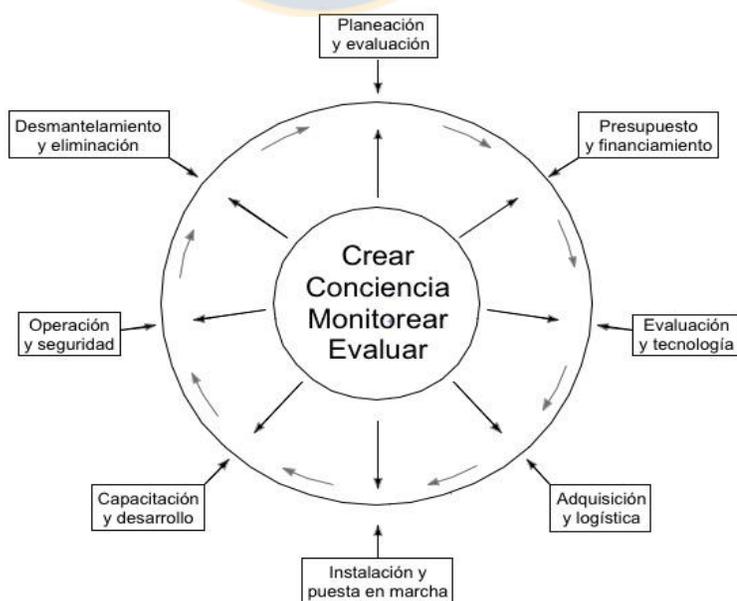


Fig. 2.1. Ciclo de vida de la tecnología en salud adaptado de [2].

Las entradas directas al modelo de gestión son: dirección, gestión de ambientes físicos y tecnológicos, gestión financiera y gestión de la calidad. Las entradas indirectas corresponden a: gerencia de recursos humanos, gestión de servicios y gestión asistencial [2].

En relación al activo, en cada fase del ciclo de vida se determina las condiciones y acciones a realizar. La necesidad del activo se debe al reemplazo por algún motivo, como modernización. La adquisición se define en los pasos de estudio y análisis para la toma de decisión. La recepción y el montaje se relacionan con la recepción e instalación para el funcionamiento correcto del activo según las especificaciones del fabricante. La operación comprende la prestación de servicio con los respectivos informes e indicadores. El mantenimiento permite detectar posibles fallas y asegurar la mejora continua, funcionalidad, reposición y deposición final. Ello involucra un estudio financiero que considere los costos de mantenimiento y el estado del activo para determinar su mantención completa o reemplazo, sin perder el equipo para la institución de salud.

La criticidad es considerada de acuerdo al Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). En la adquisición se ocupó ponderación lineal para apoyar la toma de decisión. Según los resultados de estos métodos se establece finalmente cual es el activo a adquirir [2].

En [4] se interna propuestas de mantenimiento existentes, con aspectos reales desarrollando un modelo de 7 etapas, de manera cambiante y secuencial que permite la mejora continua, donde el último corresponde a la posible renovación de equipamiento.

La etapa 1 se enfoca al análisis de la situación actual haciendo una evaluación inicial relacionada al mantenimiento de los equipos (tiempo medio entre fallas y tiempo medio entre reparación) y los recursos existentes para estas acciones, para definir las estrategias de mantenimiento que pueden ser a nivel de dirección, táctico y operativo, todo para cumplir los objetivos.

La etapa 2 es la jerarquización de los equipos donde se establecen las prioridades según su nivel de criticidad en directa relación con el riesgo. Existen diversos métodos para establecer la criticidad, cualitativos, cualitativo-cuantitativas y cuantitativas, para la clasificación de los objetos y medir el riesgo (riesgo = frecuencia *consecuencia).

También hay otros métodos de jerarquización como el método de análisis *Jack-Knife* que es un estudio multicriterio, que considera todas las variables involucradas en el comportamiento de las fallas y las consecuencias atribuidas a estas.

Otro método de jerarquización multicriterio es el utilizado en [5] que pertenece al grupo cualitativo, en este trabajo se realizó un estudio de los métodos multicriterio, que se dividen en 2 grandes grupos cualitativos y cuantitativos, donde se seleccionó la M.M Pugh de convergencia controlada o DATUM, para medir su efectividad en el proceso de adquisición de tecnologías biomédicas. Luego de la selección del método se procedió a calcular y caracterizar la muestra de expertos, y finalmente el diseño y ejecución del experimento para la selección de tecnología. El método consiste en hacer una matriz donde en las filas se colocan los parámetros a comparar y en las columnas los equipos a evaluar, luego el experto establece un equipo de referencia el cual compara y evalúa en relación con otros equipos, colocando un (+) cuando el equipo comparado con la referencia es superior, un (-) en el caso contrario y una (s) cuando son iguales. Los que tienen más cantidad de (+) son las mejores opciones a elegir. En el experimento participaron 24 empresas y 23 expertos para hacer las evaluaciones, seleccionados según los criterios del experimento. Los resultados de 46 pruebas indicaron que el modelo más seleccionado tuvo 31 elecciones, en cuanto a la efectividad de la prueba 3 fallaron o tuvieron errores, la efectividad lograda fue del 87%. Las conclusiones del trabajo indican que la finalidad fue ofrecer una herramienta para el apoyo de la toma de decisiones, si bien el universo de empresas era reducido y se consideraba un solo tipo de equipamiento médico. [5].

La etapa 3, 4, 5 y 6 se enfocan a todo lo relacionado a los planes de mantenimiento, donde en primer lugar se hace un análisis de las fallas frecuentes de los equipos de alto impacto, jerarquizados en críticos y semi-críticos, determinando si vale la pena la reparación. En el diseño de los planes se consideraron los recursos necesarios, recopilando la información sobre las fallas de los equipos para evaluar las consecuencias y luego decidir las mantenciones a realizar. Una vez diseñado el mantenimiento se procede a la programación para su aplicación con detalles de los costos asociados y finalmente se evaluó y controló para obtener una retroalimentación y seguir optimizando el mantenimiento.

La Etapa 7 es el análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos, donde se consideran muchas variables por ejemplo las pruebas de instalación, la operación, capacitación del personal, además de otras variables previas a la producción del equipo (diseño y fabricación), con el análisis de costo de ciclo de vida también considera los estudios relacionados al equipo, valor de repuestos, este estudio es necesario para adquirir nuevo equipamiento.

En [6] se planteó un programa parecido a la etapa 7 [4]. El programa consistió en el seguimiento de vida útil del equipamiento médico relevante en el Hospital Dr. Mauricio Heyermann

Torres de Angol, por su requerimiento de disponibilidad 24/7 sin fallas. Contando con procesos que mitiguen las posibles interrupciones, el seguimiento es útil para determinar y programar el retiro del activo y su posterior reposición. Un factor clave para mantener el funcionamiento óptimo a lo largo de la vida útil de un equipo son los mantenimientos preventivos, para evitar fallas paralizantes y más costosas. Se consideró equipamiento relevante en este hospital a equipos de anestesia, equipos de monitorización hemodinámica, monitores desfibriladores, ventiladores mecánicos e incubadoras. Para el seguimiento se creó un registro para cada equipo además de una hoja de vida donde consta toda mantención. Otros documentos necesarios para el seguimiento fueron el catastro de equipos médicos institucionales y el presupuesto anual de mantención preventiva. Para la evaluación del proceso la Unidad encargada del seguimiento revisa el informe anual de reposición de equipamiento y seguimiento para mantener operativos los equipos y en las mejores condiciones. La vigencia de este programa es de 3 años, donde los equipos clínicos evaluarán si será necesario aplicar modificaciones [6].

En trabajo de Muñoz et al. [7] se estudió la metodología de adquisición del Servicio de Salud Maule (SSM), cuyos resultados fueron comparados con los obtenidos con la metodología AHP aplicada para proponer mejoras. Los resultados del AHP fueron extraídos del software ExpertChoice. Se revisó la adquisición de un equipo de Rx Portátil Digital por sus múltiples variables a evaluar donde se podría aplicar el AHP a los equipos participantes de la licitación, para la aplicación del AHP se requiere de un equipo multidisciplinario relacionado con la tecnología a adquirir para la definición de los criterios evaluados en la metodología de toma de decisiones (Fig. 2.2). Además se asignan ponderaciones a cada criterio para la posterior evaluación. Se hace una matriz de comparación para cada criterio y subcriterio entre las marcas obteniéndose los resultados de los equipos de mayor a menor en cumplimiento (ver Tabla 2.1).

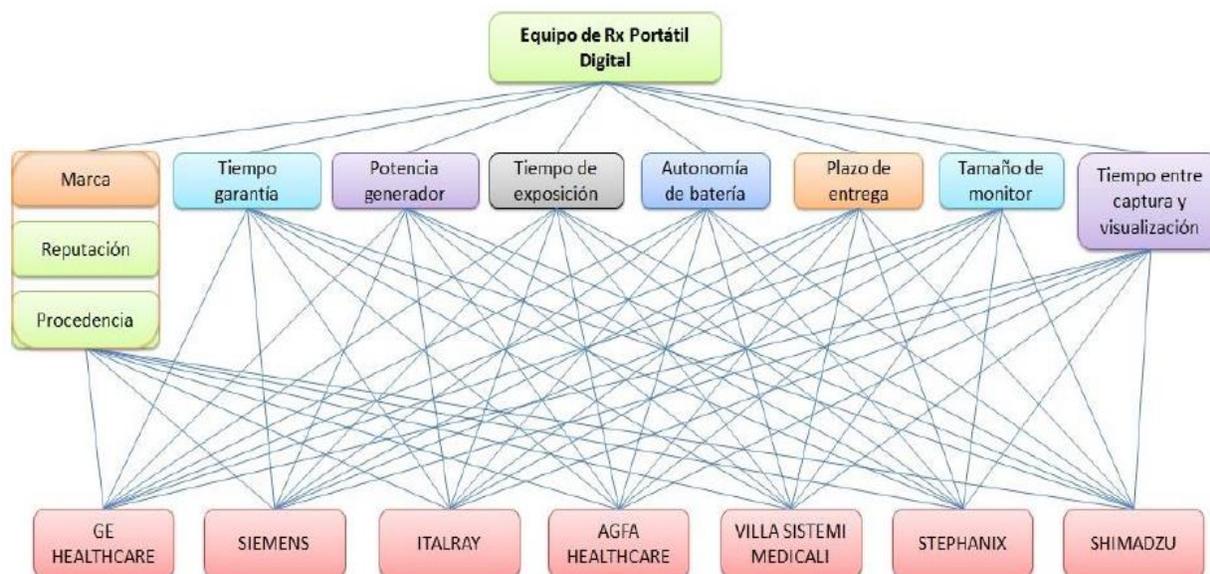


Fig. 2.2. Modelo AHP para equipo Rx [7].

Tabla 2.1. Ranking de equipos mayor a menor cumplimiento adaptada de [7].

Marca	Cumplimiento
Italray	1
Villa Sistemi Medicalli	0.858
Siemens	0.773
GE	0.729
AGFA	0.708
Stephanix	0.627
Shimadzu	0.463

Teniendo el ranking por criterios se analizaron con el Valor Actual de Costos (VAC) que consiste en los costos asociados a las mantenciones post garantía y el valor de la inversión, los flujos de caja no se consideraron ya que dependieron de la prestación de servicios ofrecida, tampoco los costos de operación, que fueron iguales en todos los equipos, obteniendo otro ranking de los equipos pero con el VAC. Aplicando el AHP considerando el ranking VAC los equipos que cumplieron mejor los requisitos fueron en el siguiente orden según los valores sobre 0,7 de la Tabla 2.1: Italray, Villa Sistemi Medicalli, Siemens, GE y Agfa. Y se descartan los inferiores a 0,7 por su bajo cumplimiento de criterios. En la metodología aplicada en el SSM los criterios evaluados dependen del rango de la licitación en este caso sería sobre 100 UTM con sus respectivas ponderaciones (Tabla 2.2), obteniendo el equipo Siemens la mayor puntuación (8,3). La comparación de ambos

métodos muestra diferencias notables (Tabla 2.3). El equipo ganador en la metodología del SSM es el Siemens y con el AHP es el Italray [7].

Tabla 2.2. Criterios y ponderaciones de metodología en SSM adaptada de [7].

Ponderación a utilizar para los criterios de evaluación.	Precio: 25%		
	Evaluación Técnica: 52%	Presencia de Marca: 10%	
		Satisfacción Usuaría: 50%	Satisfacción Usuaría Externa: 20% Satisfacción Usuaría Interna: 80%
		Servicio Técnico: 10%	
		Servicio de Postventa: 30%	Garantía: 60%
			Tiempo de Respuesta: 20%
			Equipo en Back Up: 20%
	Contratación de discapacitados: 3%		
Plazos de entrega: 20%			

Tabla 2.3. Comparación de resultados de metodologías adaptada de [7].

METODOLOGÍA SSM	METODOLOGÍA BASADA EN AHP
1° Siemens	1° Italray
2° Italray	
3° Shimadzu	
4° AGFA Healthcare	
5° GE	
6° Villa Sistemi Medicali	
7° Stephanix	

2.3. Discusión

Los métodos multicriterios son herramientas muy utilizadas en la toma de decisiones, existiendo varios tipos, clasificados en dos grandes grupos, cualitativos y cuantitativos, dando relevancia a factores que muchas veces no son considerados tanto en la adquisición de E.M. como en los programas de mantención y otros.

Los planes y programas de mantenimiento según M.M. contribuyen a la prolongación del ciclo de vida de los E.M. aparte de jerarquizar y priorizar los equipos relevantes o críticos de las instituciones prestadoras de salud.



Capítulo 3. Definición del Problema

3.1. Introducción

En este trabajo se propone la aplicación de una Metodología Multicriterio al equipamiento crítico de las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) del HGGB: Ventiladores Mecánicos, Monitores Desfibriladores y Monitores ECG.

Se utilizará el Proceso de Análisis Jerárquico o AHP para la toma de decisiones en la adquisición de E.C. y su posterior reemplazo del equipamiento crítico con vida útil residual cero.

Este proceso es necesario porque es imposible dar de baja la totalidad de E.C con el ciclo de vida útil culminado para su reposición inmediata. Sin embargo gran parte de ellos están en “buen” estado, permitiendo aún su funcionamiento correcto, incluso con su vida útil residual agotada (especificaciones fabricante) [8].

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Aplicar un método de toma de decisiones para reemplazar el Equipamiento Crítico en las UCIs del HGGB.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Establecer catastro del equipamiento crítico de las UCIs del HGGB.
- Verificar el estado del equipamiento crítico de las UCIs del HGGB.
- Establecer un protocolo de reposición de equipamiento crítico basado en AHP.

3.3. Alcances y Limitaciones

En esta memoria de título, solo se abarcará tres familias de E.C presentes en las UCIs del HGGB (Ventiladores Mecánicos, Monitores Desfibriladores y Monitores ECG) por su importancia en el soporte vital.

Se aplicará el AHP por su alto uso, simplicidad y confiabilidad en la toma de decisiones.

Los resultados solo servirán para los E.C ya mencionados y no para la totalidad de equipos del HGGB, pues los criterios de jerarquización del AHP solo incluirán las familias de E.C definidas.

Capítulo 4. Marco Teórico

4.1. Equipos Críticos

Equipos críticos son aquellos que si llegan a fallar ponen en peligro la vida de los usuarios.

En el HGGB están definidas las siguientes familias de E.C: monitores desfibriladores, ventiladores mecánicos, máquinas de anestesia, incubadoras neonatales, equipos de monitorización hemodinámica y ambulancias.

Los monitores desfibriladores son utilizados en emergencias para reiniciar la actividad cardíaca. Los ventiladores mecánicos, fijos y de transporte, se encargan del soporte respiratorio del usuario. La máquina de anestesia suministrar gases anestésicos durante la cirugía. Las incubadoras proporcionan las condiciones ambientales idóneas a los recién nacidos prematuros. Los equipos de monitorización hemodinámica permiten el seguimiento continuo de los parámetros hemodinámicos de pacientes críticos. Las ambulancias son los vehículos preparados con equipamiento y suministros indispensables para el transporte de emergencia a un centro hospitalario [9].

4.2. Analytic Hierarchy Process

El proceso de análisis jerárquico (en español) fue desarrollado por PhD Thomas Saaty (1980). Se define como una herramienta matemática para la toma de decisiones, que utiliza un set de criterios (multicriterios) que permiten discriminar alternativas, dividiendo el problema para simplificarlo y luego sintetizando los resultados para una decisión definitiva. Además se utilizan otras herramientas matemáticas para asegurar la confiabilidad de los resultados [10].

4.3. Generalidades del AHP

Es común enfrentarse a la toma de decisiones en diferentes áreas como sociedad, ciencia y educación, economía y transporte, asignación de recursos, producción, ambiente, etc. [11]. En este ámbito la M.M AHP, por su funcionamiento simple, presenta ventajas como unidad, complejidad, interdependencia, estructura jerárquica, medición, coherencia, síntesis, compensaciones, juicios y consenso, repetición del proceso, demostrando ser una herramienta muy completa (Fig. 4.1).

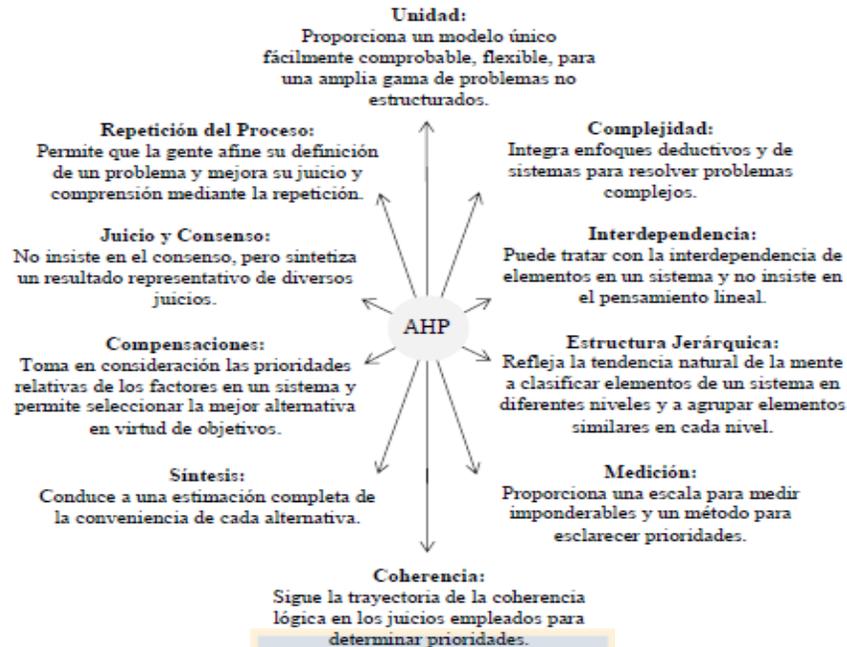


Fig. 4.1 Ventajas del AHP [11].

El AHP tiene tres pasos a seguir: estructurar, medir y sintetizar, con distintas técnicas y métodos asociados a ellas[12].

Dentro del primer paso se encuentra la distribución de árbol, donde el punto más alto es la meta, situándose hacia abajo los objetivos generales, subobjetivos y criterios relacionados al problema. En la parte más baja se encuentran las alternativas a evaluar (Fig. 2.2).

Cuando se aplica el AHP se divide el problema en subproblemas, para una mejor comprensión y simplificar así la evaluación. También se considera los datos “no concretos”, que otorgan flexibilidad al método haciendo comparaciones en decisiones que requieren el conocimiento y experiencia humana.

El método permite evaluaciones cualitativas y cuantitativas, sin construir un sistema complejo para tomar decisiones. Sin embargo requiere de una alta cantidad de evaluaciones, aunque cada una de éstas es simple porque solo se comparan en pares. Un ejemplo sería comparar 10 alternativas con 4 criterios, se necesitaría $4 \times 3/2 = 6$ comparaciones para construir el vector de peso y se necesitarían $4 \times (10 \times 9/2) = 180$ parejas para construir la matriz de puntuación. Más adelante se explicaran con detalles estos conceptos [6] [10].

Sin duda que lo realizado dará origen a otras hebras de investigación o desarrollo. Aquí se enuncian teniendo cuidado de no indicar lo que debió haber hecho de acuerdo a los objetivos iniciales.

4.4. Pasos para implementar el AHP

4.4.1. Estructuración de prioridades

El primer paso establece una escala de complejidad de los problemas, buscando su jerarquización en subproblemas, cuya solución resuelve el problema inicial [12]. Aquí se asigna un valor numérico a cada criterio según las preferencias del usuario del AHP, dando además una definición verbal y con la explicación correspondiente asociada a cada valor numérico (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Escala de ponderación aplicada en el AHP adaptada de [6]

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyentes por igual al objetivo
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es muy dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia
2,4,6,8	Valores Intermedio entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos 0.1	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Las matrices ocupadas en este método deben cumplir con los axiomas matemáticos de: reciprocidad, homogeneidad y consistencia. El primero mediante la comparación entre pares el elemento menor tiene el valor inverso del mayor, es decir si una alternativa “a” es n veces mejor que “b”, la alternativa “b” es $1/n$ veces mejor que “a”, asegurando el análisis bidireccional (Tabla 4.2). El segundo la homogeneidad si la alternativa “a” tiene igual importancia que una alternativa “b”,

estas alternativas no deben diferir en mucho para hacer la comparación y en la matriz el elemento asociado a “a”, por ambos lados $a_{ij} = a_{ji} = 1$. El tercer y último axioma a cumplir es el de consistencia por ejemplo si se tienen 3 alternativas donde cada una es más importante levemente que la anterior $a < b < c$, una inconsistencia sería que la alternativa “a” sea igual o más importante que la alternativa “c” [9].

Tabla 4.2. Matriz de comparación por pares adaptado de [11]

	A	B	...	m
A	1	a	...	b
B	1/a	1	...	c
...	d
m	1/b	1/c	1/d	1

Luego se determinan los pesos de los criterios haciendo uso de la escala numérica de Saaty, para esto es necesario seguir una serie de pasos, estos son: Normalizar por columna la matriz original que consiste en dividir cada elemento de la columna por la sumatoria de toda la columna (Tabla 4.3), luego se calcula el promedio de cada fila de la matriz normalizada obteniendo el vector de pesos (cada criterio) (Tabla 4.4), el tercer paso es multiplicar la matriz original por el vector de pesos obteniendo el vector fila total (VFT) (Tabla 4.5), el cuarto paso es dividir el VFT por el vector promedio (Tabla 4.6), el quinto calculando el promedio del resultado del paso anterior se obtiene el λ_{\max} , el sexto es calcular el índice de consistencia (Ecuación 4.1), los pasos quinto y sexto son necesarios para calcular el ratio de consistencia y los valores de consistencia aleatoria (Tabla 4.7) (Ecuación 4.2) para determinar si la matriz inicial estudiada es consistente y por ende los resultados de los criterios (Tabla 4.8) [11].

Tabla 4.3. Matriz superior original y Matriz inferior normalizada adaptado de [11].

	A	B	C
A	1	7	5
B	1/7	1	1
C	1/5	1	1
Σ	1.3429	9.0000	7.0000

	A	B	C
A	0.7447	0.7778	0.7143
B	0.1064	0.1111	0.1429
C	0.1489	0.1111	0.1429

Tabla 4.4. Cálculo del vector de pesos (promedio) adaptado de [11].

	A	B	C	Promedio
A	0.7447	0.7778	0.7143	0.7456
B	0.1064	0.1111	0.1429	0.1201
C	0.1489	0.1111	0.1429	0.1343

Tabla 4.5. Cálculo del VFT adaptado de [11].

	A	B	C		Promedio		VFT
A	1	7	5	*	0.7456	=	2.2579
B	1/7	1	1		0.1201		0.3609
C	1/5	1	1		0.1343		0.4035

Tabla 4.6. VFT dividido por el vector de pesos (promedio de la tabla 4.4) adaptado de [11].

VFT		Promedio		
2.2579	/	0.7456	=	3.0284
0.3609		0.1201		3.0048
0.4035		0.1343		3.0047
			λ_{\max}	3.0126

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - \text{Rango matriz}}{2} \quad (4.1) [11]$$

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}} \quad (4.2) [11]$$

$$CR = 1.21\%$$

Tabla 4.7. Tabla de Consistencia aleatoria adaptada de [11]

Tamaño de la matriz	Consistencia aleatoria
1 x 1	0
2 x 2	0
3 x 3	0.52
4 x 4	0.89
5 x 5	1.11
6 x 6	1.25
7 x 7	1.35
8 x 8	1.4
9 x 9	1.45
10 x 10	1.49

Tabla 4.8. Porcentaje para comprobar consistencia adaptada de [11].

Tamaño de la matriz	Porcentaje máximo de CR
2 x 2	0%
3 x 3	5%
4 x 4	9%
5 x 5	10%
...	10%
n x n	10%

De la Tabla 4.8 se puede determinar que al ser una matriz de 3 x 3, el porcentaje máximo para que la matriz sea consistente es del 5% y el valor obtenido es de 1.21 %. Así en este ejemplo, la matriz original es consistente cumpliendo el tercer axioma [11] [12].

Luego con el vector de prioridad, que en otras palabras es el vector representativo de cada matriz para cada criterio y subcriterio. Para obtenerlo se debe calcular el Vector Propio (VP) de la matriz, mediante los siguientes pasos: primero se multiplica la matriz original por sí misma, luego se suman las filas de la matriz resultante, obteniendo el vector suma el cual se normaliza, se repite este proceso hasta que el Vector Resultante sea exactamente igual al vector resultante obtenido anteriormente, cuando ocurre este es el VP (Fig. 4.2).

Producto 1.

(Matriz Original)² = Matriz Resultante

	A	B	C	Suma	Vector Resultante
A	3,0000	19,0000	17,0000	39,0000	0,7479
B	0,4857	3,0000	2,7143	6,2000	0,1189
C	0,5429	3,4000	3,0000	6,9429	0,1332
				Σ 52,1429	Σ 1

Producto 2.

	A	B	C	Suma	Vector Resultante
A	27,4571	171,8000	153,5714	352,8286	0,7470
B	4,3878	27,4571	24,5429	56,3878	0,1194
C	4,9086	30,7143	27,4571	63,0800	0,1336
				Σ 472,2963	Σ 1

Producto 3.

	A	B	C	Suma	Vector Resultante
A	2261,5273	14151,1110	12649,7282	29062,3665	0,7471
B	361,4208	2261,5273	2021,5873	4644,5354	0,1194
C	404,3175	2529,9456	2261,5273	5195,7904	0,1336
				Σ 38902,6924	Σ 1

Producto 4.

	A	B	C	Suma	VP
A	15343517,8047	96009373,6453	85823118,5040	197176009,9541	0,7471
B	2452089,1001	15343517,8047	13715624,8065	31511231,7113	0,1194
C	2743124,9613	17164623,7008	15343517,8047	35251266,4668	0,1336
				Σ 263938508,1322	Σ 1

Fig. 4.2. Iteración para obtener el VP [11].

Obteniendo el vector de prioridades de las alternativas en relación con cada subcriterio se multiplica por el vector de prioridad de los subcriterio respecto al criterio, obteniendo el vector de prioridad de cada alternativa en relación al criterio (Fig. 4.3). Luego se obtendrán tantos vectores de prioridad de cada alternativa haciendo una matriz con estos vectores que se multiplicará con el

vector de prioridad de los criterios respecto al objetivo, resultando el vector de prioridad de cada alternativa en relación al objetivo principal (Fig. 4.4).

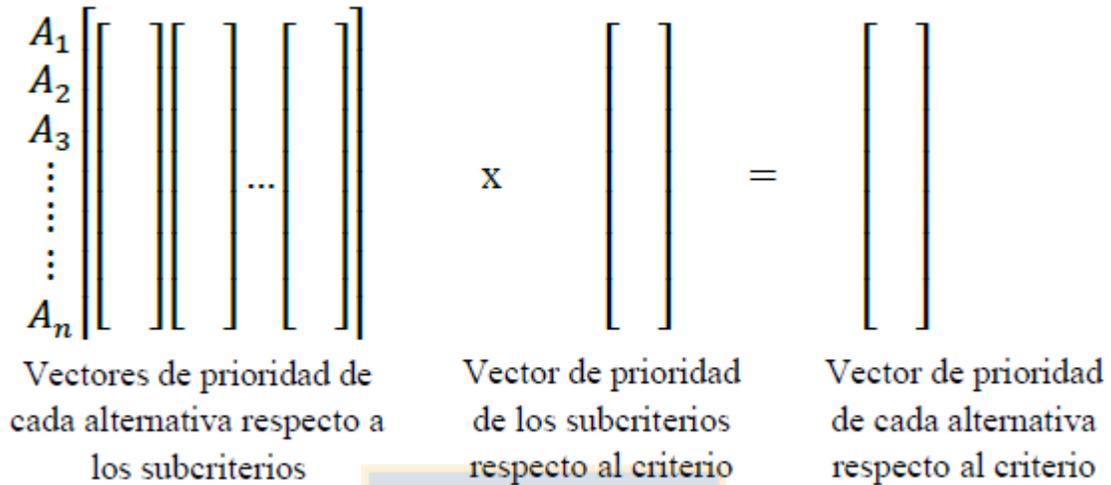


Fig. 4.3. Vectores asociados para obtener el vector de prioridad de cada alternativa respecto al criterio

[6].

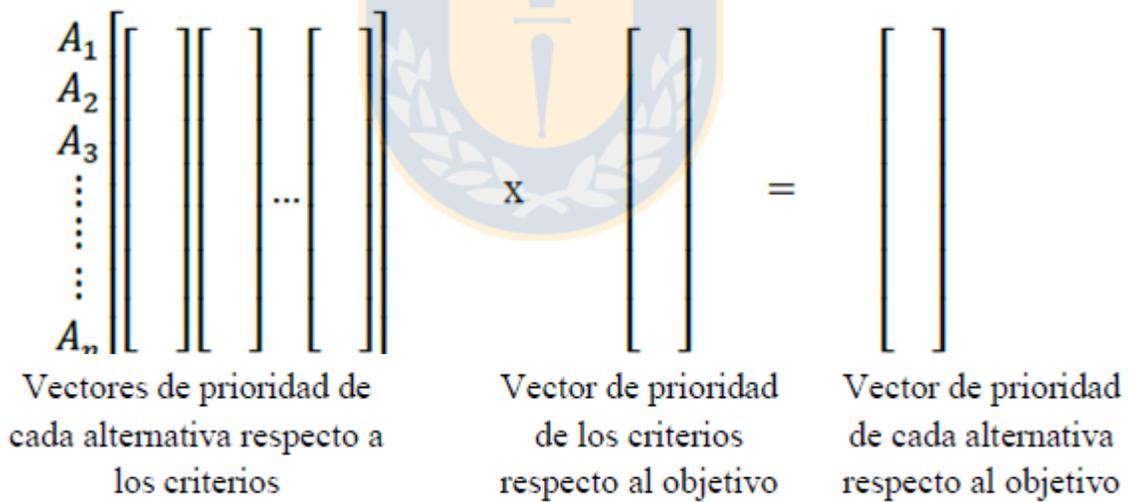


Fig. 4.4. Vectores asociados para obtener el vector de prioridad de cada alternativa respecto al objetivo

[6].

Capítulo 5. Metodología

5.1. Formas de reposición y adquisición de equipamiento médico en el HGGB

No existe un protocolo estándar para la adquisición y/o reposición del equipamiento médico. De la recopilación de información sobre este procedimiento se observa que es más fácil reponer un equipo ya existente que implementar una nueva tecnología, porque se debe demostrar la demanda y necesidad de la institución. En caso de reposición se completa la Circular 33 (Anexo 1) que se envía al MINSAL o al Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), sólo si el equipo se asocia a prestaciones GES o prestaciones valoradas (PPV). Asimismo, se puede postular financiamiento de FONASA.

Para la adquisición de equipos médicos, si no es urgente, lo tramitará la Unidad de Proyectos del HGGB. Si es medianamente urgente, se gestionará a través del Convenio Docente Asistencial. Si es urgente, corresponderá a la Unidad de Abastecimiento. Otra forma de adquisición es por donaciones.

5.2. Permisos

La Unidad de Investigación y Desarrollo del HGGB autorizó la realización del estudio. El acceso al material e información escrita y digital del C.R.O fue autorizado por el Jefe Departamento de Equipos Médicos e Ingeniería Hospitalaria Operaciones y por el encargado de Mantenimiento de Equipos Críticos, quien proporcionó la información más relevante para el presente trabajo. También participó el Departamento de Recursos Humanos, entre otras áreas del HGGB.

5.3. Recopilación de Información

La información proporcionada por el encargado de mantenimiento de equipos críticos del HGGB entrega una actualización de datos hasta el año 2016 respecto a los E.C. Hay un registro de 678 E.C en las tres familias consideradas en este trabajo (se excluyeron incubadoras, máquinas de anestesia y ambulancias).

La familia de ventiladores mecánicos registra 144 equipos, donde 58 corresponden a equipos con vida útil residual sobre 3 años.

Los monitores desfibriladores corresponden a 95 equipos, donde 58 tienen vida útil residual sobre 3 años.

Los monitores de ECG y signos vitales son 439 equipos, donde 253 poseen vida útil residual de 3 años.

Cabe destacar que además de su número, también se considera la distribución de estos equipos en cada UCI del HGGB.

Además, es necesario tener en cuenta que para el margen de vida útil residual baja (VURB) se consideraron aquellos equipos que poseen 0, 1 y 2 años de vida útil residual.

Los equipos extras (E.E) son aquellos con una vida útil residual igual o superior a 3 años (Tabla 5.1).

En el análisis inicial de los datos se encontró que a algunos equipos les faltaba información, por ejemplo: precio de compra, año de instalación, etc. Por ello fue necesario hacer un seguimiento de estos equipos en la Unidad de Inventario del hospital para completar esta información relevante en el proceso de toma de decisiones.

Se extrajo además información de la plataforma web Manthosp 4, desarrollada por la empresa IBERMANSA y utilizada en el HGGB. Los funcionarios ingresan desde su respectivo Servicio Clínico las órdenes de trabajo, detallando la(s) falla(s) de algún equipo médico. El Manthosp también posee un inventario del E.C, cuya información fue comparada con la señalada anteriormente.

De la unidad de RRHH del hospital se obtuvo información sobre la cantidad de personal presente en cada Servicio Clínico.

Tabla 5.1. Totalidad equipos 3 familias vs Filtrado.

Familia E. Crítico	Totalidad		Filtrado	
	Cantidad de Equipos (100%)	Cantidad de Equipos Extras / [%]	Cantidad E.C en UCIs con VURB / [%]	Cantidad equipos extras en UCIs / [%]
Ventilador Mecánico	144	58 / 40.2	46 / 31.9	33 / 56.9
Monitor Desfibrilador	95	58 / 61	5 / 5.1	4 / 6.8
Monitor Multiparámetro	439	253 / 57.6	41 / 9.3	36 / 14.2
Total	678	397 / 53.7	92 / 13.5	73 / 18.3

5.4. Análisis y síntesis de la información

La Tabla 5.2 muestra un cuadro comparativo entre la totalidad de E.C con VURB (3 familias) y la cantidad de E.E existentes en las UCIs del HGGB, mostrando la relación porcentual de cada familia de E.C, para obviar datos irrelevantes, Servicios Clínicos y equipos que no entran en el proceso de toma de decisiones, lo cual simplifica y reduce el número de E.C. en el AHP.

Tabla 5.2. Cantidad Equipos Críticos con VURB vs Cantidad Equipos Extras.

Familia E.C UCI	Cantidad E.C con VURB / [%]			Cantidad E. Extras / [%]		
	Ventilador Mecánico	Monitor Desfibrilador	Monitor ECG	Ventilador Mecánico	Monitor Desfibrilador	Monitor ECG
UCI Neonatal	3 / 6.5	1 / 20	5 / 12.2	3 / 9.1	0 / 0	0 / 0
UCI Coronaria	5 / 10.9	1 / 20	1 / 2.4	15 / 45.5	1 / 25	14 / 38.9
UCI Médica	18 / 39.2	1 / 20	4 / 9.8	3 / 9.1	1 / 25	15 / 41.7
UCI Pediátrica	10 / 21.7	1 / 20	13 / 31.7	8 / 24.2	1 / 25	7 / 19.4
UCI Quirúrgica	10 / 21.7	1 / 20	18 / 43.9	4 / 12.1	1 / 25	0 / 0
Total	46 / 100	5 / 100	41 / 100	33 / 100	4 / 100	36 / 100

5.5. Criterios aplicados en el AHP

Los Criterios aplicados, resultantes de la información recopilada, fueron los siguientes:

- Número de Órdenes de Trabajo (O.T.): corresponde a la cantidad de veces que un determinado Servicio Clínico solicita ayuda para solucionar algún problema de un E.M y/o componentes relacionados. La O.T. también puede solicitarse para realizar una M.P previamente estipulada por el fabricante. Un gran número de O.T. indica que en algún momento el Servicio Clínico no contará con el E.M por tiempo variable.
- Vida Útil Residual: representa la cantidad de años restantes en que el E.M funcionará correctamente dentro de los márgenes establecidos por el fabricante. El funcionamiento

dependerá de las condiciones de uso. Una menor vida útil residual indica la necesidad de reemplazar el E.C.

- Relación de equipos extras con la cantidad de E.C: corresponde al número de equipos extras dividido por la cantidad de E.C. de la UCI. Una mayor relación podría indicar una baja necesidad de E.C. para la UCI.
- Relación cupos UCI con Cantidad de funcionarios: corresponde al número de cupos dividido por el número de funcionarios, siendo estos posibles usuarios de un E.M en una UCI determinada. Una mayor relación podría indicar una mayor urgencia en la demanda del E.C.

5.6. AHP en Microsoft Excel

Para la aplicación del MM AHP se crearon hojas de cálculo con las matrices para obtener la priorización de UCIs, separadas en: Criterios, Ventiladores Mecánicos, Monitores Desfibriladores y Monitores ECG (en la primera aplicación del AHP). En la iteración se repitieron todas menos la hoja de Criterios (no hubo variación en las ponderaciones).

Cada hoja de cálculo presenta las matrices donde se ejecutaron los pasos del apartado 4.4. Donde la matriz inicial posee los valores de la escala de Saaty, luego esta se normalizó y finalmente se calculó su vector promedio.

Es necesario calcular la Relación de Consistencia para saber si se ponderó razonablemente en la matriz inicial, la que se obtiene dividiendo el Índice de Consistencia (Ecuación 5.1) con la Consistencia Aleatoria (Ecuación 5.2). Para calcular el Índice de Consistencia hay que determinar el n_{max} obtenido con la función de Excel MMULT() que multiplica la matriz inicial con el vector promedio, cuya suma es el “ n_{max} ” y “ n ” es el número de alternativas comparadas. El valor máximo de la Relación de Consistencia tiene que ser menor a 0.1, en caso de ser mayor hay que reevaluar los valores en la matriz inicial.

$$\text{Índice de Consistencia} = \frac{(n_{max}-n)}{(n-1)} \quad (5.1)$$

$$\text{Consistencia Aleatoria} = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad (5.2)$$

En la hoja de los criterios se obtiene la ponderación que otorgará la relevancia a los 4 criterios señalados en el apartado 5.5.

Para determinar la ponderación, el primer paso es aplicar la escala de Saaty a los criterios donde el que posea el valor más alto (hasta el 9) será el criterio “más preferente” sobre los otros. En este trabajo se determinó que el criterio más relevante es N° Órdenes de Trabajo, por sobre el criterio Vida Útil Residual (preferencia de 7) y el criterio Relación E. extras / Cantidad E.C (preferencia de 3), (Tabla 5.3).

Luego de completar la matriz, se suma cada columna obteniendo el resultado en la fila “Total”. Posteriormente se normalizó la matriz dividiendo cada número de la matriz inicial por el respectivo valor total de su columna (Tabla 5.4).

De la matriz normalizada se calcula el promedio de cada fila obteniendo la ponderación que se asignó a cada criterio. Esta ponderación se utilizó en las tres hojas de familias de E.C para determinar que UCI tendría preferencia en la reposición de E.C con VURB.

Tabla 5.3. Valores de Saaty asignados en matriz inicial de criterios.

Determinación de Ponderación para los criterios				
Criterios	N° de OT	Vida útil residual	Rel. E.E / Cant E.C	Rel Cupos UCI/Cant Func.
N° de OT	1	7	3	5
Vida útil residual	1/7	1	1/5	1/3
Rel. E.E / Cant E.C	1/3	5	1	3
Rel Cupos UCI/Cant Func.	1/5	3	1/3	1
Total	1.68	16.00	4.53	9.33

En la hoja de la Familia de los Ventiladores se repitió el proceso anterior, con la diferencia que en la matriz inicial se comparó las UCIs en los 4 criterios. En cada matriz de criterios se calculó la relación de consistencia para saber si se ponderó de manera razonable.

En todas las hojas se añadió otro cuadro con los datos filtrados relacionados a los criterios de evaluación para una disposición más clara en el completado de la matriz de comparaciones. Este cuadro tiene una columna con los valores de la escala de Saaty (1-9) donde la UCI con el dato más

alto referente al criterio a evaluar, se le asigna el valor más alto de la escala de Saaty. Esta asignación es relativa y se escala según los datos. Por ejemplo, el N° de OT más alto es 16 en los ventiladores mecánicos, y si la escala de Saaty es de 1 a 9, este recibiría el valor 9, en cambio las 8 OT recibiría el valor 5 de escala de Saaty (Tabla 5.5).

Tabla 5.4. Ponderación de los criterios.

Criterios	Matriz Normalizada				Ponderación
N° de OT	0.60	0.44	0.66	0.54	0.56
Vida Útil Residual	0.09	0.06	0.04	0.04	0.06
Rel. E.E / Cant E.C	0.20	0.31	0.22	0.32	0.26
Rel Cupos UCI /Cant Func.	0.12	0.19	0.07	0.11	0.12

Finalmente, para determinar la Priorización respecto a qué UCI posee la mayor necesidad de reposición de un E.C en la familia Ventiladores Mecánicos, se selecciona cada vector promedio obtenido de la matriz normalizada de cada criterio. Son 4 vectores agrupados en una nueva matriz junto al vector ponderación calculado en la hoja de criterios (Tabla 5.8).

Previo a aplicar la función de Excel que entregó el resultado de priorización, se modificó los vectores promedio de los criterios Vida Útil residual y Relación de Equipos Extras con la Cantidad de E.C. de VURB utilizados en la matriz de priorización. Esta modificación consistió en invertir el orden de los valores originales de cada vector promedio (Tabla 5.6 y Tabla 5.7). Primero se ordenó de mayor a menor de forma descendente, para colocar a un costado el valor que reemplazó en la matriz de priorización.

Tabla 5.5. Asignación de valores escala de Saaty para N° O.T.

N° OT	Esc. Saaty
2	2
0	1
16	9
8	5
7	4

Tabla 5.6. Valores nuevos en vector promedio de Vida Útil residual.

Vida útil residual	Valores nuevos
0.59	0.06
0.20	0.09
0.09	0.20
0.06	0.59
0.06	0.59

Tabla 5.7. Valores nuevos en vector promedio de Equipos Extras / Cant E.C. VURB.

E.E / Cant E.C	Valores nuevos
0.58	0.05
0.18	0.07
0.12	0.12
0.07	0.18
0.05	0.58

El reordenamiento contribuye a la finalidad de normalizar el equipamiento crítico con VURB. Como se explicó en el punto 5.5, según el criterio de Vida Útil Residual, los E.C. con menos años tienen mayor necesidad de reposición en la UCI que se encuentre y el vector promedio original entrega una mayor necesidad de reposición a los servicios clínicos con E.C. con VURB mayor a 0 años, porque se asignó el valor más alto en la escala de Saaty (mayor preferencia). Sucede lo mismo en el criterio que relaciona cantidad de equipos extras con la cantidad de E.C. con VURB. Luego de este reordenamiento se calculó el vector de priorización con la función de Excel SUMAPRODUCTO() que multiplica el valor de cada fila (UCI) que posee los resultados de los 4 vectores promedio (4 criterios) con el vector de ponderación de los 4 criterios previamente calculados y luego los suma para obtener el valor de priorización. El mayor indicará la preferencia en ser seleccionado para renovar algún E.C. con VURB (Tabla 5.8).

Tabla 5.8. Priorización calculada con la función de Excel SUMAPRODUCTO().

Determinación de Ponderación para los criterios					
Criterio	N° de OT	Vida útil residual	Rel. E.E / Cant E.C	Rel Cupos UCI/Cant Func.	Priorización
Neonatal	0.06	0.59	0.07	0.60	0.16
Coronaria	0.04	0.06	0.05	0.13	0.05
Médica	0.58	0.59	0.58	0.08	0.52
Pediátrica	0.19	0.09	0.12	0.05	0.15
Quirúrgica	0.13	0.20	0.18	0.13	0.15
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

En la familia de Monitores Desfibriladores en la matriz del criterio del N° O.T. para asignar los valores de la escala de Saaty se consideró la cantidad de funcionarios, como criterio sucesor del principal (O.T) para establecer diferencias entre la UCI Neonatal y la UCI Quirúrgica. La UCI con más funcionario se le da el valor de Saaty más alto (Tabla. 5.9).

En el criterio relación E.E/cantidad E.C, se dio la situación que en 4 UCIs se repitió el resultado, por ende el escalamiento de Saaty fue con mínima diferencia (Tabla 5.10).

En el criterio de Vida Útil Residual en las familias Ventiladores Mecánicos y Monitores Desfibriladores todos los E.C con VURB presentaron la condición de 0 años, pero en la familia de los Monitores ECG la UCI pediátrica cuenta con E.C con VURB de 0, 1 y 2 años (Tabla 5.11).

Tabla 5.9. Diferenciación para el criterio N° de O.T. (para 2 O.T).

Cant Funcionarios	N° OT	Esc. Saaty
17	2	3
86	0	1
146	6	9
86	1	2
59	2	5

Tabla 5.10. Repetitividad en la escala de Saaty en Familia Monitor Desfibrilador.

UCI	Cant E.C	Vida Útil Res.	Cant. Ext	Rel. E.E / Cant E.C	Cant Func	Nº OT	Esc. Saaty
Neonatal	1	0	0	0.00	17	2	1
Coronaria	1	0	1	1.00	86	0	5
Médica	1	0	1	1.00	146	6	5
Pediátrica	1	0	1	1.00	86	1	5
Quirúrgica	1	0	1	1.00	59	2	5

Tabla 5.11. Única UCI con VURB distinta a 0 años.

UCI	Cant E.C	Vida Útil Res.
Neonatal	5	0
Coronaria	1	0
Médica	4	0
Pediátrica	13	6x0 3x1 4x2
Quirúrgica	18	0

La matriz de relación de cupos UCI con cantidad de usuarios se repitió en las tres familias de E.C, ya que al considerar las mismas UCIs la cantidad de usuarios no varía y por ende tampoco varía el escalamiento de Saaty (Tabla 5.12).

Tabla 5.12. Escala Saaty para todas las Familias en criterio cupos UCI / cantidad de usuarios.

UCI	Cant E.C	Vida Útil Res.	Cant. Ext	E.E / Cant E.C	Cant Func	Cupos	Cupos / Cant func	Nº OT	Esc. Saaty
Neonatal	5	0	0	0.00	17	10	0.588	38	8
Coronaria	1	0	14	14.00	86	12	0.140	23	3
Médica	4	0	15	3.75	146	14	0.096	9	2
Pediátrica	13	6x0 3x1 4x2	7	0.54	86	8	0.093	37	1
Quirúrgica	18	0	0	0.00	59	8	0.136	33	3

5.7. Iteración de la metodología

Para realizar este proceso es necesario replicar el trabajo del apartado anterior, con modificaciones en los datos iniciales para obtener nuevos resultados de priorización.

La matriz de ponderación de criterios no se modificó, para que los nuevos resultados pudieran ser comparados.

En los cuadros de datos filtrados se actualizaron las cifras de cantidad de E.C, cantidad de equipos extras y el N° de OT de la UCI que obtuvo mayor prioridad en la primera aplicación de la metodología, agregando 2 E.C a los extras y restando 2 a la cantidad E.C, un ejemplo es la UCI Médica en familia de ventiladores mecánicos (Tabla 5.13). También se agregaran E.C nuevos a la UCI con cantidad menor a los cupos de aquella, exceptuando la familia de monitores desfibriladores, independiente de los resultados de la primera aplicación del AHP.

Tabla 5.13. Datos filtrados utilizados en primera y segunda aplicación de la metodología.

UCI	Cant E.C	Cant Extras	N° OT		UCI	Cant E.C	Cant Extras	N° OT
Neonatal	3	3	2	→	Neonatal	3	7	2
Coronaria	5	15	0		Coronaria	5	15	0
Médica	18	3	16		Médica	16	5	14
Pediátrica	10	8	8		Pediátrica	10	8	8
Quirúrgica	10	4	7		Quirúrgica	10	4	7

Las modificaciones cambiarán la asignación de valores en la escala de Saaty, disminuyendo la preferencia a la UCI que obtuvo mayor prioridad anteriormente, ejemplo familia de ventiladores mecánicos (Tabla 5.14), afectando los resultados en la matriz de prioridad (nueva).

Tabla 5.14. Valores escala de Saaty para criterio N° OT.

UCI	Esc Saaty (1ª)	Esc Saaty (2ª)
Neonatal	2	2
Coronaria	1	1
Médica	9	8
Pediátrica	5	5
Quirúrgica	4	4

Estos cambios se efectuaron en todas las familias y sus respectivos criterios evaluados, salvo el criterio de relación de cupos UCI versus cantidad de funcionarios que no varía.



Capítulo 6. Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos con el método multicriterio AHP, las matrices fueron elaboradas y desarrolladas en el software Microsoft Excel 2013. Los resultados están dispuestos por separado en diferentes hojas de cálculo del programa. Se empleó un computador con procesador Intel Core i7-4710HQ a 2.7GHz, 12GB de RAM y sistema operativo Windows 10 Pro de 64 bits.

Los resultados de priorización serán mostrados para cada familia de equipos críticos: ventiladores mecánicos, monitor desfibriladores y monitor ECG o signos vitales. Además del resultado obtenido de la matriz de criterios.

6.1. Ponderación de criterios

El resultado obtenido permite priorizar cuál de todas las UCIs involucradas en cada familia de E.C. será la primera opción de elección. Las ponderaciones asignadas a los criterios se observan en (Tabla 6.1). La alta ponderación en el criterio cantidad de funcionarios se debe a los valores superiores en la escala de Saaty en relación a los demás criterios, se consideró una posible alta demanda en el uso de los E.C, esto implicaría alta tasa de usuarios atendidos y por ende el número de E.C debe ser mantenido o aumentarlo para asegurar la atención.

Tabla 6.1. Ponderación asignada a los criterios.

Criterios	Ponderación de Criterios				Matriz Normalizada				Ponderación
	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func					
N° OT	1	7	3	5	0.60	0.44	0.66	0.54	→ 0.56
Vida Útil Residual	1/7	1	1/5	1/3	0.09	0.06	0.04	0.04	→ 0.06
E.E / Cant E.C	1/3	5	1	3	0.20	0.31	0.22	0.32	→ 0.26
Cupos UCI / Cant Func	1/5	3	1/3	1	0.12	0.19	0.07	0.11	→ 0.12
Total	1.68	16.00	4.53	9.33					

6.2. Familia: Ventilador Mecánico

Luego de la explicación en el apartado 5.6 cómo se aplicó el AHP a nuestra situación a solucionar los resultados se detallan en la columna “Priorización” en la matriz de priorización de UCIs, que posee los 4 vectores promedios que corresponde a cada criterio, los vectores de los criterios Vida Útil Residual y el de relación de Equipos extras con la Cantidad de E.C modificados (orden). La UCI de mayor prioridad es UCI Médica que obtuvo el valor más alto de la columna Priorización (Tabla 6.2). Además se agregaron 4 ventiladores a la UCI Neonatal para alcanzar la cantidad de cupos ($\text{Cant E.C} + \text{Cant Extras} = \text{Cupos}$) (Tabla. 5.12).

Tabla 6.2. Matriz de priorización UCIs con Ventiladores Mecánicos.

Criterios UCI	Priorización de UCI				Priorización
	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	
Neonatal	0.06	0.59	0.07	0.60	0.16
Coronaria	0.04	0.06	0.05	0.13	0.05
Médica	0.58	0.59	0.58	0.08	0.52
Pediátrica	0.19	0.09	0.12	0.05	0.15
Quirúrgica	0.13	0.20	0.18	0.13	0.15
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

6.3. Familia: Monitor Desfibrilador

Los resultados del método AHP aplicado a esta familia están en (Tabla 6.3). Donde se desprende que la UCI Médica debería ser elegida para empezar el proceso de normalización de E.C de esta familia. Además se agregó un monitor desfibrilador a la UCI Neonatal para igualar a las otras UCIs sin cambios (Tabla 6.4).

Tabla 6.3. Matriz de priorización UCIs con Monitores Desfibriladores.

Criterios UCI	Priorización de UCI				Priorización
	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	
Neonatal	0.10	0.24	0.24	0.60	0.20
Coronaria	0.04	0.05	0.05	0.13	0.05
Médica	0.59	0.05	0.05	0.08	0.36
Pediátrica	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06
Quirúrgica	0.21	0.05	0.05	0.13	0.15
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

Tabla 6.4. E.C Extra por déficit.

Primer AHP			Segundo AHP		
UCI	Cantidad E.C	Cantidad Extras	UCI	Cantidad E.C	Cantidad Extras
Neonatal	1	0	Neonatal	1	1
Coronaria	1	1	Coronaria	1	1
Médica	1	1	Médica	0	2
Pediátrica	1	1	Pediátrica	1	1
Quirúrgica	1	1	Quirúrgica	1	1

6.4. Familia: Monitor de Signos Vitales (ECG)

Los resultados del método AHP aplicado a esta familia están en (Tabla 6.5). Donde se desprende que la UCI de mayor prioridad es UCI Neonatal que obtuvo el valor más alto de la columna Priorización. Además se agregaron 5 monitores ECG aparte de los 2 agregados por tener la mayor prioridad la UCI Neonatal para alcanzar la cantidad de cupos (Tabla 6.6)

Tabla 6.5. Matriz de priorización UCIs con Monitores de Signos Vitales.

Criterios UCI	Priorización de UCI				Priorización
	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	
Neonatal	0.42	0.54	0.62	0.60	0.50
Coronaria	0.11	0.22	0.05	0.13	0.10
Médica	0.04	0.16	0.09	0.08	0.07
Pediátrica	0.27	0.04	0.19	0.05	0.21
Quirúrgica	0.17	0.54	0.62	0.13	0.30
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

Tabla 6.6. Cantidad E.E añadidos para completar los cupos de la UCI Neonatal.

Primer AHP		Segundo AHP					
UCI	Cantidad E.C	Cantidad Extras	Cupos	UCI	Cantidad E.C	Cantidad Extras	Cupos
Neonatal	5	0	10	Neonatal	3	7	10
Coronaria	1	14	12	Coronaria	1	14	12
Médica	4	15	14	Médica	4	15	14
Pediátrica	13	7	8	Pediátrica	13	7	8
Quirúrgica	18	0	8	Quirúrgica	18	0	8

6.5. Resultados de iteración del proceso

6.5.1. Familia: Ventilador Mecánico (I)

Se aplicó nuevamente el AHP a nuestra situación con los cambios señalados en el apartado 5.7 los resultados están en (Tabla 6.7). Donde se desprende que la UCI de mayor prioridad es UCI Médica que obtuvo el valor más alto de la columna Priorización.

Tabla 6.7. Matriz de priorización UCIs con Ventiladores Mecánicos (I).

	Priorización de UCI				
Criterios UCI	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	Priorización
Neonatal	0.07	0.14	0.06	0.60	0.14
Coronaria	0.04	0.04	0.04	0.13	0.05
Médica	0.54	0.21	0.52	0.08	0.46
Pediátrica	0.21	0.07	0.09	0.05	0.15
Quirúrgica	0.14	0.54	0.29	0.13	0.20
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

6.5.2. Familia: Monitor Desfibrilador (I)

Los resultados del método AHP aplicado a esta familia están en (Tabla 6.8). Donde se desprende que la UCI Quirúrgica debería ser elegida para empezar el proceso de normalización de E.C de esta familia. Además se agregaron E.C a la UCI Neonatal para alcanzar la cantidad de cupos.

Tabla 6.8. Matriz de priorización UCIs con Monitores Desfibriladores (I).

	Priorización de UCI				
Criterios UCI	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	Priorización
Neonatal	0.26	0.56	0.56	0.60	0.40
Coronaria	0.09	0.56	0.56	0.13	0.25
Médica	0.09	0.11	0.11	0.08	0.10
Pediátrica	0.15	0.56	0.56	0.05	0.27
Quirúrgica	0.41	0.56	0.56	0.13	0.42
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

6.5.3. Familia: Monitor de Signos Vitales (ECG) (I)

Los resultados del método AHP aplicado a esta familia están en (Tabla 6.9). Donde se desprende que la UCI de mayor prioridad es UCI Quirúrgica que obtuvo el valor más alto de la columna Priorización.

Tabla 6.9. Matriz de priorización UCIs con Monitores de Signos Vitales (I).

Criterios UCI	Priorización de UCI				Priorización
	N° OT	Vida Útil Residual	E.E / Cant E.C	Cupos UCI / Cant Func	
Neonatal	0.10	0.21	0.11	0.60	0.17
Coronaria	0.10	0.14	0.04	0.13	0.09
Médica	0.04	0.07	0.07	0.08	0.05
Pediátrica	0.45	0.04	0.17	0.05	0.30
Quirúrgica	0.30	0.54	0.61	0.13	0.37
Ponderación	0.56	0.06	0.26	0.12	

6.6. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos indicaron que hubo cambios en la priorización al actualizar los datos luego de la primera aplicación de la metodología, solo en la familia ventilador mecánico no cambio la UCI (Tabla 6.10), sin embargo bajó el valor de prioridad en esta (Tabla 6.11), La UCI Médica en la familia de monitor desfibrilador luego de la primera aplicación del AHP quedó en el último lugar (Tabla 6.12) y la UCI Neonatal en la familia de monitor ECG luego de la primera aplicación del AHP bajó a la tercera posición de prioridad (Tabla 6.13). La priorización fue de manera independiente por familia de E.C.

Tabla 6.10. Cuadro resumen de las UCIs con mayor priorización en cada familia primera aplicación.

Familia E.C	UCI	Priorización
Ventilador Mecánico	UCI Médica	0.52
Monitor Desfibrilador	UCI Médica	0.36
Monitor ECG	UCI Neonatal	0.50

Tabla 6.11. Cuadro resumen de las UCIs con mayor priorización en cada familia en segunda aplicación.

Familia E.C	UCI	Priorización
Ventilador Mecánico	UCI Médica	0.46
Monitor Desfibrilador	UCI Quirúrgica	0.42
Monitor ECG	UCI Quirúrgica	0.37

Tabla 6.12. Priorización en familia monitor desfibrilador.

UCI	Priorización
Neonatal	0.40
Coronaria	0.25
Médica	0.10
Pediátrica	0.27
Quirúrgica	0.42

Tabla 6.13. Priorización en familia monitor ECG.

UCI	Priorización
Neonatal	0.17
Coronaria	0.09
Médica	0.05
Pediátrica	0.30
Quirúrgica	0.37



Capítulo 7. Propuesta de protocolo de normalización

Se propone proporcionar información que entrega un orden de prioridad sobre las 5 UCIs que cumplan las condiciones detalladas en el apartado N°5 de este trabajo. Además separados en las familias de E.C.

Para modificar la información es necesario un conocimiento en la metodología multicriterio AHP, esto incluye conocimiento de la escala de Saaty y trabajo de matrices en el software Microsoft Excel.

Para el empleo de este protocolo se requiere:

- Mínimo 1 persona encargada de modificación y actualización de los datos ingresados en las matrices de comparación.
- Destinar fondos financieros solo para las 3 familias de E.C. por separado. Para tener el conocimiento previo a la toma de decisiones.
- Estandarizar las marcas utilizadas en cada familia de E.C. por un tema de precios de adquisición y servicios post ventas.
- Modificar rangos de precios utilizados en el HGGB, actualmente se ocupan 3 rangos: bajo costo (\$0 a \$999.999), mediano costo (\$1.000.000 a \$9.999.999) y alto costo (\$10.000.000 o más).
- Actualizar la información al año vigente, con el fin de algún momento regularizar la situación de E.C. con VURB.

Cumpliendo estas condiciones ideales se puede dar un uso adecuado a los resultados obtenidos en este trabajo, sin embargo la síntesis de la información proporcionada por el método AHP es para la ayuda de toma de decisiones, ya que la decisión final la tomará el encargado de llevar a cabo la compra del E.C. para la UCI seleccionada por tener mayor prioridad.

Capítulo 8. Discusión, Conclusiones y Trabajo Futuro

8.1. Discusión

El uso de la metodología multicriterio AHP ayuda a priorizar el reemplazo de los E.C con VURB, particularmente en el HGGB en que un porcentaje significativo de E.C en funcionamiento tiene vida útil de 0 años y ya no poseen cobertura por el fabricante. Las probabilidades de fallas son más altas y de mayor tiempo de inactividad, además de un déficit de repuestos por obsolescencia y del atraso en la implementación de nuevas tecnologías más eficientes (uso de energía, espacio físico, entre otras).

La aplicación del AHP en sí no posee una complejidad elevada, es laborioso abarcar una cantidad total de 678 E.C registrados (fines del año 2016) distribuidos en diferentes proporciones en las 3 familias, fue un trabajo minucioso el análisis de la información recolectada para ingresar lo primordial al proceso de toma de decisiones.

Los equipos recientemente incorporados (año 2017) a la dotación de equipamiento médico crítico no fueron considerados en la información recopilada ni en el estudio realizado. Por lo tanto deben ser incluidos en las iteraciones de este proceso en el futuro.

No se pudo adquirir información más actualizada y real mediante un trabajo en terreno, para considerar posibles nuevos criterios en el AHP, que hubieran aportado resultados más relacionados a la situación específica de las UCIs evaluadas, por ejemplo un déficit de cierto E.C en una UCI, este tendría mayor ponderación que el criterio con mayor ponderación. Otro caso sería el extravío de un E.C. ya sea por perdida o se encuentre utilizado en otra UCI.

Al criterio relación de cupos UCI con cantidad de funcionarios, se otorgó una baja ponderación porque es un criterio estático, el vector promedio se mantuvo intacto en las 3 familias de E.C, disminuyendo el efecto de los resultados de priorización.

Las ponderaciones de los criterios se definieron de manera personal considerando el número de OT con la más alta, por motivo que implicaría una ausencia temporal o indefinida del E.C en la UCI. El valor de número de OT se modificará en el proceso de iteración, cuando la UCI haya

obtenido mayor prioridad (se agregan 2 E.C. nuevos), porque las probabilidades de ausencia disminuyen. Otro criterio que también variará es el de relación de extras con E.C con VURB, otorgándole la segunda ponderación más alta.

El uso de esta M.M abre las posibilidades a ampliar su uso, considerar al resto de servicios clínicos del HGGB o considerar otros E.M (no sólo E.C), sin embargo habría que considerar otros criterios de evaluación, debido a otros factores a considerar, por ejemplo: costo de los equipos, cantidad de equipos, un equipo multidisciplinario para decidir criterios a utilizar, etc.

8.2. Conclusiones

Se logró corroborar y completar la información de los E.C del HGGB al año 2016, con la información extraída del C.R de operaciones, programas utilizados en la Unidad de Equipos Médicos y la Unidad de inventarios. El uso de esta información sirvió para determinar los criterios utilizados en el AHP.

El proceso de análisis jerárquico aplicado en la priorización de la reposición de E.C con VURB en las UCIs del HGGB otorgó primera prioridad a los ventiladores mecánicos y monitor desfibrilador de la UCI Médica, seguida por la UCI neonatal en ambas familias de E.C, y en los monitores de ECG fue en la UCI Neonatal, seguida por la UCI quirúrgica.

En la segunda aplicación del AHP en los ventiladores mecánicos se mantuvo la prioridad en la UCI Médica, sin embargo la prioridad otorgada en los monitores desfibriladores y de signos vitales fue de la UCI Quirúrgica.

El motivo que en los ventiladores mecánicos la UCI Neonatal no siga en segundo lugar se debe a que luego de la primera aplicación del AHP al igual que la UCI Medica se agregaron E.C nuevos aunque no haya obtenido prioridad (déficit de E.C / Cupos UCI). En los monitores desfibriladores ocurre algo parecido, se agregó E.C nuevos sin haber obtenido mayor prioridad y finalmente en los monitores ECG ocurrió totalmente lo esperado que el segundo lugar de prioridad (primer AHP) pasó al primer lugar en el segundo AHP.

Las futuras iteraciones de este proceso actualizando la información (luego de reemplazar E.C con VURB), por ende sumando equipos extras y disminuyendo el número de OT, deberían disminuir prioridad en la UCI que anteriormente obtuvo el primer lugar, dando la posibilidad a otra UCI reemplazar algún E.C.

El conocimiento y uso de la M.M AHP puede aportar una ayuda en la adquisición de E.M, al incluir criterios normalmente no considerados.

8.3. Trabajo Futuro

Se recomienda diseñar una plataforma que integre el trabajo realizado en las hojas de cálculo de Excel, permitiendo ejecutar acciones según el interés del operador, algunas de estas acciones podrían ser:

- Buscar información sobre el estado de una UCI en relación a los E.C que posea.
- Ingresar datos nuevos, por ejemplo en caso que se adquiriera nuevo E.C.
- Considerar todos los servicios con E.C y automáticamente entregar alarmas de cuando un servicio aun no presente E.C con VURB, se encuentre próximo a entrar en esta categoría.

Se podría ampliar el universo de equipos médicos (no solo críticos), aunque por la mayor cantidad de información el análisis tomaría más tiempo al considerar todos los equipos con VURB.

Para mejorar la versión de este trabajo se puede considerar información más específica de los E.C, como el número de inventario que identifica al equipo específico y no solo la totalidad de equipos como un número que se encuentra dentro de un servicio clínico. Todo para tener un mejor control del estado del E.C del HGGB.

Y finalmente se podrían aplicar otros métodos multicriterios al mismo universo estudiado en esta memoria de título, para comparar los resultados y poder sacar conclusiones en conjunto, para evaluar en caso de similitud o no y determinar que método sería el más eficiente y más fácil de implementar.

Bibliografía

- [1] Servicio de Salud Concepción. (2011). CUENTA PÚBLICA Gestión Año 2010. Mayo 16, 2017, de Hospital Regional Gmo Grant Benavente. Sitio web: <http://www.hospitalregional.cl/upload/documents/cp2010.pdf>
- [2] Galeano B. J., Botero J. C. Modelo integrado de gestión de activos hospitalarios basado en la PAS 55. Mayo 09, 2017, Sitio web: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622015000200011.
- [3] Durán J. (2011). Gestión de Mantenimiento bajo estándares Internacionales como PAS 55 Asset Management. Junio 09, 2018, Sitio web: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/pas55.pdf>
- [4] Viveros P., Crespo A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Mayo 09, 2017, Sitio web: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011.
- [5] Cruz A. M., Presiga-Lucena A. M., Rodríguez-Cortés I. C. (2009). Medición de la Eficiencia del Método Datum para seleccionar Tecnologías Biomédicas. *Revista de Salud Pública*, vol. 11, n° 5, 766 - 773.
- [6] Gacitúa K. (2011). Sistema de Seguimiento de Vida Útil de Equipamiento Relevante para la Seguridad de los Usuarios Hospital Dr. Mauricio Heyermann Torres de Angol. Mayo 12, 2017, de Hospital de Angol. Sitio web: [http://www.hospitalangol.cl/documentos/ACREDITACION/7.-%20AMBITO%20SEGURIDAD%20DEL%20EQUIPAMIENTO\(EQ\)/EQ%201.2/_SISTEMA_DE_SEGUIMIENTO_DE_VIDA_UTIL_EQUIPAMIENTO_RELEVANTE.pdf](http://www.hospitalangol.cl/documentos/ACREDITACION/7.-%20AMBITO%20SEGURIDAD%20DEL%20EQUIPAMIENTO(EQ)/EQ%201.2/_SISTEMA_DE_SEGUIMIENTO_DE_VIDA_UTIL_EQUIPAMIENTO_RELEVANTE.pdf)
- [7] Muñoz P. (Junio, 2016). Adquisición de Equipamiento Médico Basada en AHP - Caso de Estudio de Servicio de Salud Maule. Mayo 10, 2017, de UdeC. Sitio web: http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1987/Tesis_Adquisicion_de_Equipamiento_medico_basada_en_AHP.Image.Marked.pdf?sequence=1.
- [8] González C. (2014). Norma Seguimiento Vida Útil Equipamiento Crítico. Junio 10, 2018, de Hospital de Cauquenes. Sitio web: <http://www.hospitalcauquenes.cl/files/EQ-1.2%20Norma%20seguimiento%20vida%20util%20equipo%20critico.pdf>
- [9] Gobierno de Chile (Octubre, 2014). Recomendaciones para la Elaboración e Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo del Equipamiento Clínico. Mayo 15, 2017, de

- Gobierno de Chile, Sitio web: http://www.supersalud.gob.cl/observatorio/671/articulos-10249_recurso_1.pdf.
- [10] Mocenni C. (2011). The Analytic Hierarchy Process. Mayo 20, 2017, Sitio web: http://www.dii.unisi.it/~mocenni/Note_AHP.pdf.
- [11] Hernández M. (2016). Estudio de Optimización de Gastos en Convenio de Mantención y Compra de Repuestos en Equipos Médicos Críticos en el Hospital Regional de Concepción. Proyecto de Título, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.
- [12] Osorio J. C., Orejuela J. C. (2008). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN. *Scientia Et Technica*, vol. XIV, n° 39, 247-252.



ANEXO 1.

INSTRUCTIVO ANEXO N° 1 - FICHA RESUMEN – EQUIPOS / EQUIPAMIENTO

OBJETIVO: Indicar los antecedentes mínimos que deben estar contenidos en el Anexo N°1 – Ficha Resumen de la Circular 33, para la presentación de proyectos de reposición de vehículos.

1. IDENTIFICACIÓN O NOMBRE DE LA ACCIÓN: Indicar nombre del proyecto: Adquisición o reposición + activo no financiero + Servicio de Salud.

2. LOCALIZACIÓN: Indicar Región, Provincia y Comuna.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN: Indicar en forma clara y precisa la siguiente información:

3.1. Descripción breve del proyecto: Indicar perfil y alcance del proyecto.

3.2. Descripción del activo no financiero: Completar los campos de la tabla

Servicio clínico	Recinto	Nombre Equipo / Equipamiento	Cantidad	Adquisición / reposición	Costo Unitario M\$ c/ IVA	Costo Total M\$ c/ IVA

Tabla N°1

4. JUSTIFICACIÓN: Indicar en forma clara y precisa la siguiente información:

4.1. Definición del problema: Señalar y cuantificar el problema, es decir, se debe dar a conocer el déficit existente (catastro). Completar los campos de la tabla N° 2.

Servicio clínico	Recinto	Nombre Equipo / Equipamiento	Cantidad Existente	Año puesta en marcha	Visa útil residual	Estado

Tabla N°2

NOTA: En la tabla N°2, el campo “estado” se debe definir de acuerdo a las siguientes categorías Regular, Malo, dado de baja. Si la vida útil residual es mayor que 2 años, se debe adjuntar certificado servicio técnico del proveedor y / o costos de mantenimiento correctivo los últimos dos años

4.2. Producción, rendimientos y RRHH: adjuntar esta información en equipos que lo requieran, por ejemplo: esterilización, Imagenología, Endoscopía, Lavandería, Sedile, Pabellón (torres laparoscopía, Arco C, instrumental), etc. La producción en circular 33 no requiere proyección.

4.3. Categorización de camas: cuando se solicitan equipos para hospitalización como: monitoreo, bombas de infusión, carros curaciones, procedimientos, etc.

4.4. Infraestructura: adjuntar datos de infraestructura existente y / o requerimientos. Si se requiere intervenir la infraestructura señalar: costo, cronograma, financiamiento.

4.5. Justificación clínica: esto aplica para equipos nuevos o cambio de tecnología, donde se debe indicar cuáles son las prestaciones que se efectuarán y la aprobación de DIGERA (bajo el concepto de red, polo de desarrollo o nuevos programas)

4.6. Proyecto completo según metodología MIDESO: esto aplica solo para los equipos de alta complejidad, por ejemplo: TAC, Resonador Magnético, Acelerador lineal, Neuro navegador, etc.

5. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS: Indicar de forma clara y precisa la siguiente información:

5.1. Alternativa 1: Arriendo del activo no financiero. En esta alternativa se considera también opciones tales como leasing, comodato y compra de servicios a terceros.

Indicar un cuadro comparativo de las cotizaciones utilizadas para evaluar la alternativa, que especifique; nombre proveedor y costos.

5.2 Alternativa 2: Adquisición o reposición del activo no financiero.

6. ALTERNATIVA SELECCIONADA: Indicar de forma clara y precisa la siguiente información.

6.1. Alternativa seleccionada: Adquisición o reposición del activo no financiero.

7. FINANCIAMIENTO: Completar los campos de la tabla N°3 y tabla N° 4.

FINANCIAMIENTO (en M\$)

FUENTE	SOLICITADO AÑO 2015	SOLICITADO AÑO SIGUIENTE	SALDO POR INVERTIR	COSTO TOTAL M\$
SECTORIAL		0	0	
TOTAL				

Tabla N° 3

DESGLOSE PRESUPUESTARIO (en \$)

SUBTÍTULO	ITEM	ACTIVO	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
29	01	Terrenos		
	02	Edificios		
	03	Vehículos		
	04	Mobiliario y Otros		
	05	Máquinas y Equipos		
	06	Equipos Informáticos		
	07	Programas Informáticos		
	99	Otros Activos No Financieros		
TOTAL				

Tabla N° 4

8. FECHA PROBABLE DE LICITACIÓN: Indicar mes, año.

9. FECHA PROBABLE DE ADJUDICACIÓN: Indicar mes, año.

10. FECHA PROBABLE DE INICIO: Indicar mes, año.

11. RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN: Completar los campos de la tabla N° 5.

	RESPONSABLE INFORMACIÓN	RESPONSABLE INSTITUCIÓN
Firma y Timbre:		
Nombre:		
Teléfono:		
Correo electrónico:		

