**Universidad de Valparaíso**
FACULTAD DE CIENCIAS -DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

# ESTRATEGIA SDE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS EN HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF VIÑA DEL MAR

TRABAJO REALIZADO COMO REQUERIMIENTO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL BIOMÉDICO

POR

**PAOLA VIVIANA CALISTO CID**

PROFESOR GUÍA:ING. (E) GERMAN BLANCHARD SANHUEZA
PROFESOR CORRECTOR: DR. ALEXIS ALFONSO ARRIOLA VERA

FECHA DE PRESENTACIÓN (ENERO, 2014)
VALPARAÍSO – CHILE

## Dedicatoria

Dedico esta tesis a todas las personas que amo y estuvieron presente a lo largo de toda mi carrera, a mis padres, hermano y no menos importante a mis amigas del alma. Ellos fueron el pilar fundamental para que yo lograra terminar este sueño. Y además agradecer a todas esas personas que estuvieron en distintas circunstancias de mi vida, que también aportaron con su granito de arena, haciéndome crecer y desarrollarme aún más como persona.

# Agradecimientos

Se agradece a Don Juan Villavicencio, jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval Almirante NEF Viña del Mar por permitirme realizar mi tesis en el Hospital y por su innegable apoyo y consideración en la finalización y el desarrollo en mi proyecto de título.

También agradezco a mi profesor guía Germán Blanchard, que me brindó su apoyo en el momento más importante de mi carrera profesional, confiando y orientándome de una forma muy atingente en relación a mi tema de estudio; infinitas gracias.

# Resumen

Palabras claves: Gestión del mantenimiento, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

***Resumen:*** *La gestión del mantenimiento es una herramienta muy eficaz para obtener buenos resultados y obtener una mejora continua del trabajo realizado. En esta tesis se proponen diferentes propuestas para mejorar la gestión realizada en el Hospital Naval Almirante NEF, donde actualmente desarrollan mantenciones a más de 2000 equipos médicos, utilizando un software como herramienta de apoyo para registrar los datos obtenidos de mantenciones preventivas como correctivas.*

*Se propone como objetivo general desarrollar una estrategia de mantenimiento con el objetivo de mejorar y entregar un Servicio de calidad a los pacientes del Hospital Almirante NEF Viña del Mar, a través de la gestión de los equipos médicos existentes en el Servicio de Salud, optimizando la disponibilidad y confiabilidad de su funcionamiento. Para ello se realiza un Protocolo de manejo de prioridades para estandarizar el desarrollo de las mantenciones de equipos médicos del Hospital Naval. También se propone la clasificación del estado del equipo en el software de mantenimiento, con el fin de cuantificar y mejorar la gestión.*

*Para cumplir con el objetivo de esta tesis, se debe describir como se realizan los procesos de mantenimiento hoy en día, para así encontrar las diferentes situaciones donde se requiera de una priorización de mantenimiento. Por otro lado es muy relevante el registro de los datos de una forma cuantitativa, para ello se propone seleccionar la clasificación del estado del equipo. Se realizo un estudio previos de varios indicadores, donde se eligió los más relevantes para esta investigación. Se realizó una breve explicación de la utilización de los indicadores y el por qué de su elección.*

*Con la metodología utilizada se logró hacer un protocolo de priorización descrito por fases, donde describen cuáles son los pasos a realizar para la utilización de esta estrategia, para ello se eligieron dos Servicios del Hospital creando tablas de priorización en cada caso encontrado durante las mantenciones diarias. Además se encontrará tablas descriptivas de cada indicador seleccionado, donde se explican cómo se debe utilizar y qué podemos medir con los resultados obtenidos. Estos indicadores se pueden analizar diariamente, semanal, semestral o al año, dependiendo del propósito y objetivos de la gestión del mantenimiento.*

*Se concluyó mediante la propuesta diseñada que los indicadores cuantifican ineficiencias, y además nos ayudan a prever de alertas tempranas en función a los resultados esperados, como también indican el mejoramiento continuo al realizar buenas decisiones con datos actualizados. Para una evaluación más exhaustiva del desempeño de la gestión del mantenimiento se pueden incorporar más indicadores con el objetivo de aumentar la disponibilidad de equipos, mejorar la calidad del Servicio, cumplir con la demanda del Hospital, mejorar productividad, reducir costos, entre otros.*

.

## Tabla de contenido


**1. Introducción ..... 13**
**1.1. Objetivo general: ..... 13**
**1.2. Objetivos específicos: ..... 13**

**2. Problemática ..... 14**
**2.1. Problemática general ..... 14**
**2.2. Problemática específica ..... 14**

**3. Estado del arte ..... 14**
3.1.1. Gestión de equipo médico ..... 15
3.1.2. Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana. ..... 16
3.1.3. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. ..... 17

**4. Desarrollo de la propuesta ..... 19**
**4.1. Estudio Marco teórico ..... 19**
4.1.1. Estrategia de mantenimiento ..... 19
4.1.2. Gestión del mantenimiento ..... 20
4.1.3. Mantenimiento preventivo ..... 21
4.1.4. Mantenimiento correctivo ..... 21
4.1.5. Modelo de priorización de mantenimiento ..... 22
4.1.6. MCC (mantenimiento centrado en la confiabilidad) ..... 23
4.1.7. Ciclo de vida de tecnología ..... 23
4.1.8. CMMS (Computer Maintenance Management Software) ..... 23
4.1.9. Indicadores de gestión ..... 24
4.1.10. Clasificación por riesgo del equipamiento médico ..... 24
**4.2. Metodología general. ..... 25**
**4.3. Estrategia de priorización de mantenimiento ..... 26**
4.3.1. Proceso de mantenimiento preventivo. ..... 26
4.3.2. Proceso de mantenimiento correctivo. ..... 27
4.3.3. Situaciones en un mantenimiento. ..... 28
4.3.4. Propuesta de estrategia de priorización. ..... 29
4.3.5. Modelo de priorización de mantenimiento. ..... 29
4.3.6. Consideraciones para el protocolo de priorización. ..... 30
**4.4. Estrategia de uso de software con gestión de estados ..... 31**
4.4.1. Propuesta de estrategia de uso de software con gestión de estados. ..... 31
**4.5. Propuesta de estrategia de mejora continua a través de indicadores ..... 32**
4.5.1. Propuesta de elección de los indicadores. ..... 33

**5. Resultados ..... 34**
**5.1. Resultados obtenidos ..... 34**
5.1.1. Propuesta de documento para Estrategia de priorización de mantenimiento. ..... 34
5.1.2. Propuesta de estrategia de uso de software con gestión de estados. ..... 37

5.1.3. Propuesta estrategia de mejora continua con la utilización de indicadores. 37
5.1.4. Propuesta de participantes en la gestión del mantenimiento. 39
**5.2. Validación del producto obtenido 40**
**6. Discusión 40**
**7. Conclusiones 41**
**8. Referencias Bibliográficas 42**
**9. Anexos 43**
**9.1. ANEXO 1: Distribución de tipos de equipos en cada Servicio o Unidad, Hospital Naval Almirante NEF (2014) 43**
**9.2. ANEXO 2: Imágenes del sistema de mantenimiento utilizado en el Hospital Naval Almirante NEF (2014) 45**
**9.3. ANEXO 3: Horas de trabajo designadas para mantenimiento preventivo en cada Servicio o Unidad del Hospital Naval Almirante NEF (2014). 46**
**9.4. ANEXO 4: Proceso de mantenimiento preventivo utilizado actualmente en el Hospital Naval Almirante NEF (2014). 48**
**9.5. ANEXO 5: Proceso de mantenimiento correctivo utilizado actualmente en el Hospital Naval Almirante NEF (2014). 49**
**9.6. ANEXO 6: Documento de validación, Hospital Naval Almirante NEF (2014). 50**
**9.7. ANEXO 7: Clasificación de importancia del servicio en que se encuentra el equipo médico del Hospital Naval. 51**

# Estrategias de Mantenimiento en el Hospital Naval Almirante NEF

Paola Viviana Calisto Cid
Escuela de Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso, Chile

***Palabras claves:*** *Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, gestión del mantenimiento, ciclo de vida de tecnología.*

## 1. Introducción

La atención de la Salud de las personas en Chile, involucra tanto al Servicio público como al privado, donde realizan o contribuyen a la ejecución de las acciones de promoción, protección, rehabilitación y recuperación de la Salud.

Para entregar una atención de calidad al paciente y cumplir con todas sus necesidades se debe considerar diferentes factores, tales como: la agilidad en el tiempo de espera de la atención, información clara y confiable al paciente, equipo multidisciplinario de especialistas en el área de la Salud, inherente a ello la disponibilidad integral e inmediata de los equipos médicos.

Es relevante un análisis exhaustivo en la realización de mantención preventiva y correctiva de los equipos médicos, considerando los factores que puedan afectar a confiabilidad, seguridad y disponibilidad de los equipos médicos.

Considerando que el equipamiento médico juega un rol importante en el apoyo de los procesos clínicos (tratamiento, diagnóstico, rehabilitación, entre otros), se hace necesario implantar nuevas estrategias que consideren organizar, dirigir y controlar para mejorar el estado actual del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval Almirante NEF.

Éste es un Hospital de alta complejidad que cuenta con 2.157 equipos médicos distribuidos en distintos Servicios y/o unidades (ANEXO 1) éstos están bajo la responsabilidad del Departamento de Ingeniería Biomédica. Debido a la cantidad de equipos se hace urgente generar un plan estratégico efectivo y eficaz, considerando la priorización del mantenimiento, los estados de los equipos e indicadores de eficiencia y disponibilidad.

### 1.1. Objetivo general:

Mejorar la calidad del Servicio a los pacientes del Hospital Almirante NEF Viña del Mar, a través de una nueva estrategia de mantenimiento de los equipos médicos existentes en el Hospital.

### 1.2. Objetivos específicos:

(1) Realizar un protocolo de manejo de prioridades para estandarizar el desarrollo de las mantenciones de equipos médicos del Hospital Naval.

(2) Agregar el estado del equipo médico en el software de mantenimiento actualmente existente en el Hospital Naval Almirante NEF. De esta forma utilizar los datos para estadísticas y tener una mejora continua de los resultados obtenidos.

(3) Utilizar indicadores de disponibilidad y eficacia en el cumplimiento del programa de mantenimiento, controlando los procesos de mantenimiento y aplicar mejora continua.

## 2. Problemática

### 2.1. Problemática general

La nueva estrategia pretende cubrir las falencias detectadas en el Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval Almirante NEF, en cuanto su planificación, producción y control de los equipos médicos.

En la investigación realizada se observó ausencia de información relevante del equipo médico, inexistencia de protocolos establecidos para mantenimiento del equipamiento y la no utilización de indicadores de disponibilidad y eficiencia.

### 2.2. Problemática específica

La actual estrategia utilizada en el Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval Almirante NEF de Viña del Mar, consta de mantenimientos respaldados por un sistema informático, el que lleva el control de los equipos médicos dentro del Hospital. Este programa (ANEXO 2), maneja el inventario y los trabajos realizados en los equipos como reparaciones y mantenciones preventivas.

Cada operación realizada, es registrada en el software de mantenimiento como: síntoma, diagnóstico, estado (operativo, de baja, no operativo) y solución. Existe también, un ítem de repuestos que en la actualidad se ejecuta a través de una solicitud escrita.

Hoy se encuentran registrados 54 equipos no operativos, de un total de 2.157 equipos médicos. También existen equipos médicos, que se externalizan para su mantenimiento.

A través de la investigación realizada surge la necesidad de incorporar:

a) Un protocolo de manejo de prioridades al momento de enfrentarse a situaciones imprevistas, donde exista una coordinación con cada Servicio y/o Unidad del Hospital.

b) Considerar, datos concretos del equipo en una forma cuantificable y veraz, de manera que estos sean una herramienta apropiada para mejorar lo existente.

c) Existencia de indicadores en el Sistema Informático

Al no cumplir con lo anterior descrito, se provocan efectos tales como: Disminución en la disposición de los equipos médicos, ausencia de parámetros de control de disponibilidad y eficiencia de mantenimiento, para observar el comportamiento en el tiempo.

Actualmente no hay un protocolo que permita priorizar el mantenimiento de unos equipos sobre otros.

## 3. Estado del arte

Debido al aumento e incorporación de nuevos equipos médicos, de los cuales dependen los Servicios Prestadores de la Salud, cumpliendo el objetivo de otorgar una calidad adecuada en el Servicio.

Se requiere incorporar el Servicio Técnico de los equipos médicos, dentro los establecimientos Prestadores de Salud, donde es necesario incorporar la organización, planificación y control de éstos a través de una estrategia de mantenimiento. A continuación se presentan estudios realizados del tema.

A continuación se presentan los siguientes trabajos sobre el tema de mantenimiento de equipos médicos:

1. Gestión del equipo médico, CENETEC 2008.
2. Planteamiento del programa de mantenimiento para infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria Boliviana 2013.
3. Propuesta de un modelo de gestión del mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo, Revista Chilena de Ingeniería 2013.

### 3.1.1. Gestión de equipo médico

Para comprender la distribución de roles dentro de la administración de las tecnologías médicas en el Servicio de Salud, se debe considerar el diagrama 1.

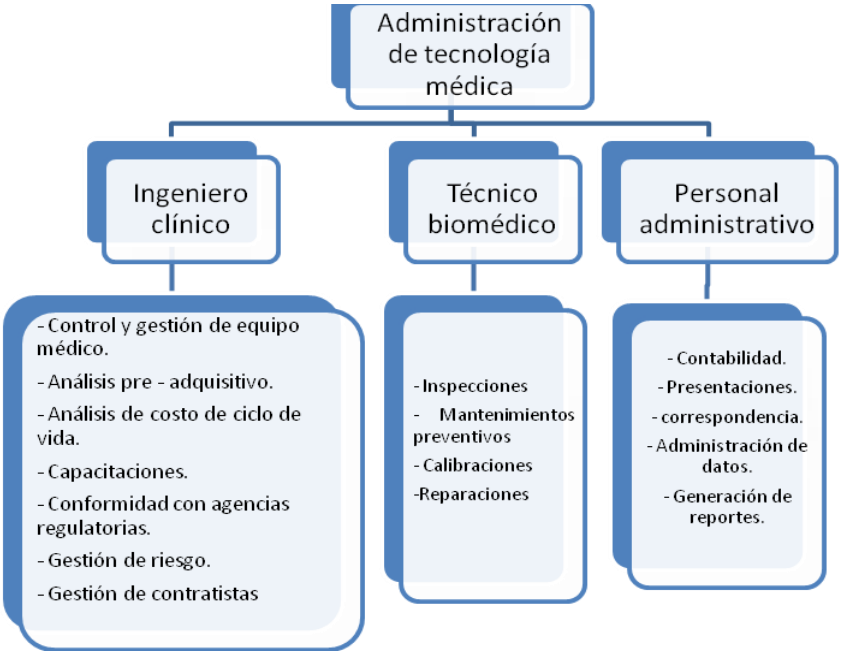



***Diagrama 1:*** Administración de tecnología médica dentro de la organización, *CENETEC 2008*.

Según CENETEC, "para obtener una correcta gestión se especifica la estructura que adopta la administración del mantenimiento, donde se focaliza en el mejoramiento continuo a través de indicadores y metas propuestas por el grupo de trabajo. Además se utiliza un software que es la herramienta de apoyo para ordenar de una forma estructurada todos los datos. Sus funcionalidades están ligadas 100% a los indicadores que se utilizan para el mejoramiento de la gestión son las siguientes":

- Administración de Equipo Médico.
- Planeación Estratégica del Equipamiento.
- Calidad y Seguridad / Gestión de Riesgo.
- Estándares y Agencias Regulatorias.
- Evaluación de Contratistas y Proveedores.

- Programa Capacitación / Educación Continua.
- Requisición de Servicio y órdenes de Trabajo.
- Inspección y Mantenimiento Preventivo.
- Reparaciones y Mantenimiento Correctivo.

Además el autor agrega que con el uso de indicadores y la gestión a través del software se puede obtener como valor agregado: mayor reconocimiento, personal motivado, tranquilidad de tomar decisiones basada en evidencia, facilidad para justificar presupuestos, crecimiento del Departamento, establecer sistema contable preciso, comunicar efectivamente resultados, tomar acciones correctivas apropiadas, registrar y procesar transacciones, procedimientos estandarizados, y benchmarking. Donde sus beneficios serán los que se muestran en el diagrama 2 (*CENETEC 2008*).

| | |
|---|---|
| Inversión | • Retorno de inversión x 10. |
| Planeación | • Tranquilidad de tomar desiciones transparentes basadas en evidencia. |
| Mantenimiento | • +25% Reducción de Costos.<br>• + 70% Reducción de reparaciones. |
| Equipo médico | • +40% Reduccion baja operativa |
| Órdenes de trabajo | • +40% índice de trabajos completados exitosamente. |
| Historial del equipo | • Prevención incidentes y eventos. |
| Control de inventarios | • +30% Reducción de inventario. |
| Laboral | • +25% productividad. |
| Calidad | • Reportes para auditorias internas y agencias regulatorias. |

**Diagrama 2:** curso-taller región sur de ingeniería clínica, *CENETEC 2008*.

### 3.1.2. Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana.

La tesis llamada Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana propone que el mantenimiento en una entidad hospitalaria tiene como objetivos estratégicos:

- Proporcionar pautas para elegir dispositivos con tecnologías actuales y competitivas.
- Posibilitar la modernización y actualización arquitectónica de acuerdo con los requerimientos y las normativas.
- Administrar efectivamente los elementos físicos, para obtener provecho económico.
- Dar cumplimiento satisfactorio a los equipos de soporte médico para cumplir con los estándares asistenciales y superar la expectativa de los usuarios.

Y además postula que todos los equipos que dan apoyo hospitalario deben estar regidos bajo un programa de mantenimiento, el cual debe tener tres factores claves:

- **Inventario:** Tipo y cantidad de dispositivos médicos que el hospital debe registrar y cuales se incluyen específicamente en el programa de mantenimiento.
- **Metodología:** Identificación del método que se adoptara para realizar el mantenimiento a los equipos incluidos en el programa.
- **Recursos:** Recursos financieros, materiales y humanos disponibles para el programa.

La realización de estos tres factores se debe dar con el mayor entendimiento del contexto operacional de la entidad hospitalaria, conociendo muy bien su realidad y comprendiendo la proyección en el futuro y los Servicios que se desean priorizar y fortalecer. Se entiende también que la mala formulación de uno de estos parámetros, afecta considerablemente el fin último del programa de mantenimiento (Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana, 2013).

Los autores en el desarrollo de esta tesis observan que existen varias metodologías para evaluar, reparar y prolongar la vida de los equipos de apoyo hospitalario, y estas se rigen por muchos aspectos, que determinan cuál es la alternativa más viable para el programa de mantenimiento, puede ser el caso de establecer convenios con los fabricantes, en el que este otorgue una pronta y ágil solución ante sucesos que puedan afectar el correcto funcionamiento del equipo. Otra forma de dar soporte a los equipos, cuando la intervención no sea especializada debido a la complejidad del elemento, es tener partes de reemplazo en el almacén de equipos y ante cualquier eventualidad tener un personal apto para dar cambio.

En dicho documento se expone que para efectuar acciones de mantenimiento se debe tener en cuenta (Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana, 2013):

1. Dar solicitud de mantenimiento.
2. Contar un formato de reporte y otro de entrega del Servicio hecho a satisfacción.
3. Hacer una solicitud y reporte de los repuestos y materiales utilizados.
4. Tener la hoja de vida completa y actualizada de todos los equipos.

"La asignación de recursos es complicada, cuando se tiene poca o ninguna información de los equipos, porque no se puede proyectar la vida útil de los elementos y por ende las partes de recambio que se deben adquirir no se hacen con fundamentos claros, sino con supuestos operativos. Esta condición se puede agravar cuando se pierde el contacto de los proveedores, cuando se eligen modelos que pocos técnicos conocen o que tienen poca disponibilidad en el mercado". Según los autores de la tesis "Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana".

El escenario ideal para la asignación de recursos parte del conocimiento total del equipo adquirido, donde la fecha de compra y las condiciones de entrega son conocidas previamente. Es claro que la selección de un equipo debe ser consecuente con las características requeridas, debido a que no es satisfactorio tener toda la información de un equipo, que es inadecuado para la labor que fue adquirida, porque puede exceder las condiciones de uso, aumentando considerablemente su costo, o estando muy por debajo de lo requerido, en ambos casos es complicado hacer un análisis de proyección de fallas y más complicado aún saber que repuestos se deben mantener. Por lo anterior, hay un capital inicial para la compra del activo y otro para su manutención. (Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana, 2013).

### 3.1.3. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo.

En la revista Chilena de Ingeniería se presenta un modelo para la gestión integral del mantenimiento, teniendo en consideración la característica de mejora continua en el tiempo. El modelo a presentar se compone de siete principales etapas, las cuales deben desarrollarse progresivamente según el escenario actual de la organización, haciendo énfasis en la gestión y optimización sostenida en el tiempo de procesos asociados a la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Adicionalmente, el modelo presentado complementa herramientas de apoyo para el desarrollo e implementación de las etapas (Diagrama 3), y características operacionales reales, las cuales podrían afectar el desempeño de la unidad de mantenimiento.

En éste documento se exponen las etapas del modelo suponiendo que la organización ya gestiona el mantenimiento de la siguiente forma.

- **Etapa 1**: Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento: En primer lugar, y como paso previo a cualquier actividad, es necesario realizar una evaluación de la situación inicial o existente en relación a la gestión del mantenimiento.
- **Etapa 2:** Una vez que se han definido los objetivos, las responsabilidades y se ha diseñado una estrategia de mantenimiento, resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a su criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema (objetivos del negocio).
- **Etapa 3:** Realizada la jerarquización de los activos físicos de la planta en función de su criticidad (equipos críticos, semi-críticos y no críticos), el siguiente paso debe ser la realización de una inspección técnica-visual a detalle de todos los equipos clasificados como críticos para la planta. Los equipos semi-críticos serán inspeccionados someramente, con un menor nivel de detalle mientras que a los activos no críticos no será estrictamente necesario asignarles recursos de inspección dado que su impacto en el sistema, en caso de falla, no es significativo y, por tanto, a los equipos no críticos se les permitirá operar hasta que tenga lugar la falla.
- **Etapa 4:** El diseño de los planes de mantenimiento preventivo se puede dividir en dos partes fundamentales: La información y la decisión.
- **Etapa 5:** En esta etapa se debe realizar una programación detallada de todas las actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades de producción en la escala temporal y el coste de oportunidad para el negocio durante la ejecución de las tareas. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el impacto en la producción. La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto ($<$ 1 año), medio (1-5 años) y largo plazo ($>$ 5 años).
- **Etapa 6:** La ejecución de las actividades de mantenimiento (una vez diseñadas, planificadas y programadas tal y como se ha descrito en apartados anteriores) debe ser evaluada y las desviaciones controladas para perseguir continuamente los objetivos de negocio y los valores estipulados para los KPIs de mantenimiento seleccionados por la organización. El control de la ejecución permite realimentar y optimizar el diseño de los planes de mantenimiento mejorando de este modo su eficacia y eficiencia.

**Diagrama 3:** Descripción de las etapas del modelo de gestión de mantenimiento propuesto, *Revista chilena de ingeniería, 2013*.

- **Etapa 7:** La gran cantidad de variables que se deben manejar a la hora de estimar los costos reales de un activo a lo largo de su vida útil, generan un escenario de alta incertidumbre. A menudo el costo total del sistema de producción no es visible, en particular aquellos costos asociados con: la operación, el mantenimiento, las pruebas de instalación, la formación del personal, entre otros. El costo del ciclo de vida se determina identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), calculando el costo de estas funciones y aplicando los costos apropiados durante toda la extensión del ciclo de vida. Un análisis de costos de ciclo de vida resulta necesario para una óptima adquisición de nuevos equipos (reemplazo o nueva adquisición), ya que pone de manifiesto todos los costos asociados con un activo (además del precio de adquisición), permitiendo a la gerencia desarrollar predicciones con mayor precisión.

Otro aspecto importante en el modelo propuesto es el entrenamiento técnico e implicación del personal a todos los niveles dentro de la organización. La participación activa y comprometida de todo el personal involucrado en el área del mantenimiento será un factor crítico para el éxito y mejora continua. La información capturada de las diferentes unidades del proceso debe estar completa y debe permitir su interpretación y análisis (Revista chilena de ingeniería, 2013).

## 4. Desarrollo de la propuesta

### 4.1. Estudio Marco teórico

#### 4.1.1. Estrategia de mantenimiento

"Conjunto de acciones planeadas para identificar, recopilar, desarrollar e implementar una óptima gestión del mantenimiento de los activos y/o sistemas de una empresa". (SAP, 2015).

SAP define estrategia de mantenimiento como las normas para la secuencia del trabajo de mantenimiento planificado. Las estrategias de mantenimiento contienen información de programación general y, por lo tanto, se pueden asignar a tantos planes de mantenimiento y tantas hojas de ruta para mantenimiento como sea necesario. Una estrategia de mantenimiento contiene paquetes de mantenimiento en los cuales se define la información siguiente:

- El ciclo en el que debería realizarse el trabajo individual (por ejemplo, cada dos meses, cada 5.000 km, cada 500 horas de funcionamiento).
- Otros datos que influyan en la programación.

"Las estrategias de mantenimiento son opcionales. Si se desea realizar en su empresa un mantenimiento preventivo simple para el cual sólo se deba especificar un ciclo de mantenimiento, pueden utilizarse los planes de ciclo individual. Por otro lado, se utilizan planes de estrategia para mostrar ciclos de mantenimiento complejos." (The Best-Run Businesses Run SAP).

> "Los dispositivos médicos son bienes con un efecto directo sobre la vida humana. Exigen una inversión considerable y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento. Por lo tanto, es importante contar con un programa de mantenimiento adecuadamente planificado y gestionado, para que los equipos médicos de un centro de salud sean fiables y estén disponibles cuando se los necesita para procedimientos diagnósticos y para el tratamiento y seguimiento de los pacientes. Además, un programa de este tipo prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión" (OMS, 2012).

### 4.1.2. Gestión del mantenimiento

"Corresponde a la planificación y realización de actividades metódicas de apoyo para el personal encargado de evaluar y tomar decisiones sobre la tecnología, manteniendo operativo el equipamiento. Su objetivo es controlar y dirigir programas de mantenimiento, a través de software especializados para ello. Este software facilita la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para la organización. El mantenimiento de los equipos médicos se puede dividir en dos principales categorías: inspección y mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo." (OMS 2012).

La OMS define el término inspección como a las actividades programadas que son necesarias para asegurar que un equipo funciona correctamente. Incluye las inspecciones de funcionamiento y las inspecciones de seguridad. Estas actividades se realizan junto con el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo o la calibración, pero también se pueden realizar de manera independiente, como actividad programada en intervalos definidos dependiendo del equipamiento.

La planificación del mantenimiento forma parte de un trabajo más amplio para establecer un programa integral de mantenimiento de la tecnología sanitaria (MTS). Este proceso incluye un examen de los factores clave, como se muestra en la diagrama 4. El reto para los planificadores es equilibrar estos factores para elaborar un programa de mantenimiento apropiado y costo eficaz acorde con la situación, según la OMS.

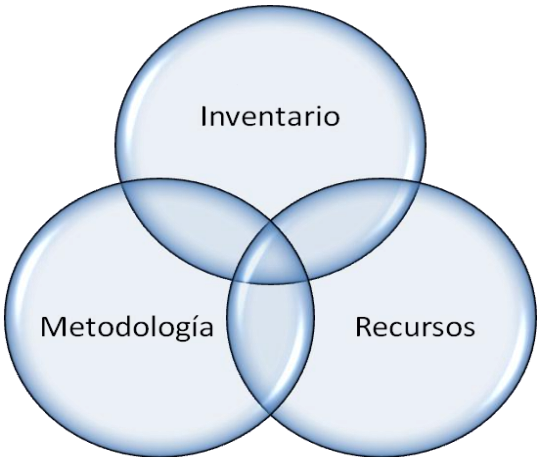


Diagrama de Pareto del 1 para mantenimiento OMS 2012

1. **Inventario:** Tipo y cantidad de dispositivos médicos que el Hospital debe registrar. Donde se incluyen en el programa de mantenimiento.
2. **Metodología:** Identificación del método que se adoptará para realizar el mantenimiento a los equipos incluidos en el programa.
3. **Recursos:** Recursos financieros, materiales y humanos disponibles para el programa.

El inventario se debe registrar por el personal y actualizar cada vez que cambie el estado de un equipo, si este se da de baja o se compra uno nuevo, si está en espera de repuesto, o si fue enviado al proveedor, entre otros. Y con esta información formar el historial del equipo.

La metodología está dada por la forma de trabajo del establecimiento, existen diversos métodos para implementar la gestión del mantenimiento. Para ellos se necesita del inventario y los recursos, para saber cómo se realizará, quién lo hará y que cosas se harán si existen sucesos inesperados. También se debe tener en cuenta las dificultades que se pueden presentar para conseguir las piezas de los equipos que no se encuentren el Servicio o por limitaciones de presupuesto, dificultades de adquisición, etc.

Dentro de los recursos se pueden identificar los recursos de tipo financiero, materiales (lugar de trabajo, equipos de medición y herramientas, insumos, repuestos, manuales de uso, etc.) y humanos. (Organización mundial de la Salud, 2012)

### 4.1.3. Mantenimiento preventivo

LA OMS expone que el mantenimiento preventivo es una serie de actividades programadas realizadas en un equipo en específico, para tener su operatividad y disponibilidad al 100%. Estas actividades están relacionadas con inspecciones periódicas, realizando limpieza, lubricación, ajuste, cambio de accesorios, comprobación de parámetros de funcionamiento. Y sus objetivos son reducir la frecuencia y gravedad de las averías en los equipos, incrementar su vida útil, reducir los costos asociados a fallas inesperadas, incrementar las condiciones de seguridad para el personal asociado al equipo y aumentar la calidad del Servicio.

Por lo general es el fabricante el que establece los procedimientos e intervalos entre cada mantenimiento. En casos especiales, el usuario puede modificar la frecuencia de acuerdo con las condiciones del medio donde se utiliza según la OMS, 2012.

### 4.1.4. Mantenimiento correctivo

“Proceso para restaurar la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. Estas fallas se detectan cuando el usuario informa sobre problemas en el dispositivo, y es enviado al proveedor o al Departamento de Ingeniería Biomédica, dependiendo de la falla y el convenio asociado al equipo. El Técnico responsable del equipo en específico verifica el desperfecto y determina su origen. Luego procede con el mantenimiento correctivo aplicando los conocimientos especializados disponibles en la institución hasta obtener su funcionalidad con los parámetros normales que indica el fabricante. Finalmente se debe realizar la inspección de funcionamiento y seguridad, en algunos casos es necesario volver a calibrar el equipo. Una vez completada esta tarea, el equipo puede volver al Servicio para utilizarlo en la atención de los pacientes” (Organización Mundial de la Salud, 2012).

### 4.1.5. Modelo de priorización de mantenimiento

La priorización es una técnica de gestión para poder optimizar los recursos al elegir un equipo antes que a otro, para realizar su mantenimiento preventivo. Existen diversos modelos de priorización realizados por diferentes autores en distintas épocas y contextos. Métodos para discernir inclusión de equipos. Algunos modelos pueden estar basados en el riego, en la misión del Servicio de Salud, en el mantenimiento, en los recursos, entre otros.

En el año 2010 en Jordania se realizó un trabajo sobre una herramienta de apoyo a la priorización de mantenciones, titulado "Un sistema de gestión sanitaria inteligente: un nuevo enfoque en el trabajo de orden de priorización de mantención de equipos médicos". En dicho trabajo, se expone la carencia de sistemas de priorización objetivos que presenta el país. Lo que se presenta como solución a dicho problema es un software llamado EQUIMEDCOMP, el cual se diseñó para lograr avances importantes en la gestión del mantenimiento. Este modelo utiliza para la priorización de las órdenes de trabajo en función al cálculo de un índice de prioridad de cada solicitud, además se incluye un módulo para la optimización del mantenimiento preventivo y calidad de los equipos. Para desarrollar este software se analizaron 6 factores como, función del equipo, lugar de instalación, distancia del sustituto más cercano y tasa de utilización del equipo, tiempo transcurrido desde la solicitud, importancia del hospital del equipo que ha fallado. (Hambi & Oweis, 2010).

Con los 6 factores descritos anteriormente se desarrolla un algoritmo matemático que calcula un nivel de prioridad a través de la suma ponderada de los factores, lo cual se realizó en un hospital de Jordania, calculando la prioridad para 28 órdenes de trabajo que correspondían al trabajo de 4 días, demostrando su eficiencia, presento sensibilidad real ante la evolución de las fallas de los equipos, aumentando la disponibilidad y fiabilidad de ellos. Este sistema servirá como programa para la gestión de mantención en los departamentos de Servicios médicos, dando soluciones cuantitativas (Hambi & Oweis, 2010).

En el año 2012, se publicó "Clasificación de Equipos médicos: método y apoyo la toma de decisiones basada en lógica paraconsistente", donde relaciona la priorización y clasificación del equipamiento médico. Este trabajo presenta una metodología para la clasificación del equipamiento médico basado en el análisis del mantenimiento correctivo, complementándose con la lógica paraconsistente, lo que permite una mejora en la toma de decisiones basándose en información objetiva. Los equipos clasificados como problemáticos deben ser identificados, lo que permitirá estrategias especificar para su mantenimiento. Se utilizará la paraconsistencia lógica, que proporciona una cuantificación de las inconsistencias. Para desarrollar este trabajo se realizaron diversas hipótesis, como por ejemplo los encargados de la gestión están entrenados, no existen problemas con la ubicación de los equipos, los recursos son manejados adecuadamente (Oshiyama & Bassani, 2012).

Determinación de prioridades basada en la misión: Esta metodología descansa sobre la pregunta: ¿Qué dispositivos son los más importantes para la mayor parte de la atención de los pacientes? Por ejemplo, si las prioridades del hospital fueran atender a las personas con VIH y a las embarazadas y a sus hijos, los equipos que se usen para prestar esta atención serían prioritarios. (OMS, 2012).

Determinación de prioridades basada en el mantenimiento: Con este método se analiza qué dispositivos tienen una capacidad considerable de hacer daño a un paciente si no funcionan correctamente y posibilidades importantes de no funcionar correctamente sin el adecuado nivel de IMP. Quedan excluidos de esta categoría los dispositivos para los cuales no se ha demostrado beneficio alguno de los procedimientos de IMP programados. (OMS, 2012).

Determinación de prioridades basada en el riesgo: Un método utilizado para establecer prioridades de mantenimiento es asignar la prioridad más alta a los equipos con más posibilidades de causar lesiones al paciente si fallan. Para clasificar los dispositivos según la prioridad de mantenimiento, e identificar a los de riesgo tan bajo que

no lo precisan, es necesario un enfoque sistemático. Durante 20 años, la Joint Commission for the Accreditation of Healthcare Organizations ha exigido un enfoque basado en el riesgo para la determinación de prioridades de mantenimiento de equipos médicos (OMS, 2012).

### 4.1.6. MCC (mantenimiento centrado en la confiabilidad)

"Es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. El MCC sirve de guía para identificar actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional realizado por un equipo multidisciplinario. Esta metodología demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las formas en que pueden dejar de cumplirse tales funciones y sus causas, las consecuencias de las fallas funcionales y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación." (Moubray, 2000).

### 4.1.7. Ciclo de vida de tecnología

Todos los equipos médicos tienen un ciclo de vida, que consta en la cantidad de años donde el equipo cumplirá con su funcionalidad, siendo operativo, siempre y cuando se le realicen diversas acciones propuestas por el fabricante. Se define el concepto de Ciclo de Aplicación de la Tecnología (CAT) como el proceso de incorporación y de disposición de una tecnología en un sistema de Servicio de Salud. Este ciclo (diagrama 5) es específico para cada Tecnología y los procesos involucrados definen las principales funciones de las unidades encargadas del manejo de ésta, según Luis Vilcahuamán, Rossana Rivas (2006).

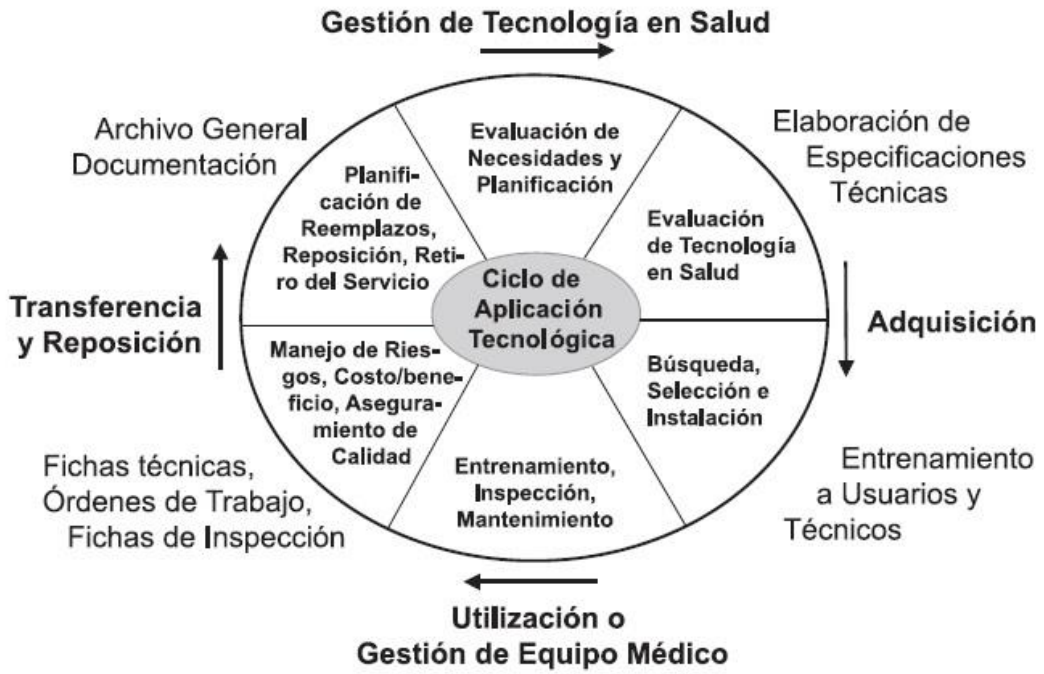



**Diagrama 5**: Ciclo de la tecnología, *Luis Vilcahuamán, Rossana Rivas, 200*

### 4.1.8. CMMS (Computer Maintenance Management Software)

"El objetivo de CMMS es gestionar de forma eficiente el mantenimiento de las instalaciones y maquinaria optimizando la utilización de los recursos disponibles (equipos y herramientas, recursos humanos, materiales) con el menor costo posible. Los procesos integrados del sistema proporcionan a los responsables de mantenimiento un control exhaustivo sobre todas las instalaciones y equipamiento, desde su adquisición hasta el fin de su vida útil. Mejora enormemente la capacidad de una empresa para gestionar y realizar el seguimiento de las solicitudes de reparación, los operarios asignados y los materiales o repuestos empleados." (Deister software, 2014)

Deister expone que el software dispone de un sistema de planificación dinámica para crear y administrar las órdenes de trabajo en base al mantenimiento preventivo, a la inspección y al mantenimiento correctivo. Todos los aspectos relativos a los trabajos realizados sobre un activo se registran a través de los partes de Trabajo.

- Registro de tiempos: tiempo de respuesta, horas de cada operario, tiempo de máquina parada así como otros datos definibles por los usuarios.
- Registro de costos: De las horas-hombre, de los repuestos y de los materiales.
- Distribución de costos: Los operarios que registran los datos en el parte, pueden asignar fácilmente las horas-hombre y los costos de repuestos y materiales a un cliente, a una planta, a un Departamento de Ingeniería Biomédica, a un centro de costos o a cualquier agrupación definida por el usuario.
- Registro de causas. El sistema admite que el usuario defina sus propios códigos de causas, de fallos y de acciones correctivas, específicas para cada tipo de activo.

"Los planificadores tienen a su disposición una información muy completa: plan de trabajo, distribución por periodos de los costos, horas-hombre, materiales, análisis de fallos frecuentes, etc. Pueden consultar rápidamente las órdenes abiertas utilizando cualquier campo como filtro de búsqueda. También pueden organizar la visualización de la información: por ejemplo, ver todas las órdenes o solamente las órdenes asignadas a un determinado operario." (Deister software, 2014)

### 4.1.9. Indicadores de gestión

"Se conoce como indicador de gestión a aquel dato que refleja cuáles fueron las consecuencias de acciones tomadas en el pasado en el marco de una organización. La idea es que estos indicadores sienten las bases para acciones a tomar en el presente y en el futuro." (Bi consultores, 2014).

"Es importante que los indicadores de gestión reflejen datos veraces y fiables, ya que el análisis de la situación, de otra manera, no será correcto. Por otra parte, si los indicadores son ambiguos, la interpretación será complicada." (Bi consultores, 2014).

"Lo que permite un indicador de gestión es determinar si un proyecto o una organización están siendo exitosos o si están cumpliendo con los objetivos. El líder de la organización es quien suele establecer los indicadores de gestión, que son utilizados de manera frecuente para evaluar desempeño y resultados." (Bi consultores, 2014).

### 4.1.10. Clasificación por riesgo del equipamiento médico

Todos los equipos tienen una clasificación por riesgo para el paciente, en alto, medio y bajo.

Los de riesgo alto suponen un riesgo inminente para el paciente en caso de falla, aquí están los desfibriladores, ventiladores, monitoreo de signos vitales, etc.

Los de riesgo medio no suponen riesgo directo para el paciente, pero, en forma indirecta pueden afectar las decisiones clínicas del paciente. Aquí están todos los equipos de apoyo al diagnóstico de imagenología y laboratorio, ECG, Centrífugas, electrocardiógrafos, inyectoras de medios de contraste, etc.

Los de riesgo bajo no suponen riesgo para el paciente. Aquí están las camas eléctricas, termómetros electrónicos, fuentes de luz, microscopios, etc.

Esta clasificación es realizada por el Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval

4.2. Metodología general.

Para cumplir con los objetivos planteados se desarrolla una metodología a seguir, donde se describen una secuencia de tareas que se deben realizar. Con cada una de ellas se obtendrá un producto final, que en conjunto resolverán la problemática planteada en esta investigación formando una estrategia actualizada para el Departamento de Ingeniería Biomédica.

A continuación se propone la siguiente metodología con el fin de cumplir con el objetivo general, enfocándose en cada objetivo específico.

| Estrategia 1: Priorización de mantenimiento | Estrategia 2: Uso de software de mantenimiento con gestión de estados. | Estrategia 3: Mejora continua a través de indicadores. |
|---|---|---|
| Investigar y describir el proceso de mantenimiento preventivo. | Realizar una lista con los posibles estados de un equipo. | Realizar un estudio de indicadores con las posibles mejoras que se puedan realizar al evaluar cada uno de ellos. |
| Investigar y describir el proceso de mantenimiento correctivo. | | Elegir los indicadores más adecuados, para cumplir con el objetivo general y con ello tener una mejora continua en la gestión del equipamiento. |
| Realizar una lista de diferentes situaciones que se pueden encontrar los Técnicos y donde sea necesario tener una priorización de la realización del trabajo. | | Descripción de cada indicador y el por qué de su uso en la gestión del mantenimiento. |
| Realizar propuesta de modelo de priorización y consideraciones respectivas. | | |

**Tabla 1:** Metodología para desarrollar la estrategia de mantenimiento

Para lograr el objetivo general planteado en el presente trabajo de título, se desarrollaron diversas actividades, con el fin de entregar herramientas efectivas para mejorar la gestión del mantenimiento en el Hospital Naval, a través de una nueva estrategia de mantenimiento.

En la propuesta se consideran tres estrategias:

1. Estrategia de priorización de mantenimiento.
2. Estrategia de uso de software con gestión de estados.
3. Estrategia de mejora continua a través de indicadores.

4.3. Estrategia de priorización de mantenimiento

**Diagrama 6**: Metodología para protocolo de priorización

4.3.1. Proceso de mantenimiento preventivo.

Para desarrollar esta actividad, se realizó una visita al Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval, donde se le preguntó a cada Técnico que describieran el proceso de mantenimiento preventivo desde que recibían la planificación hasta la entrega 100% operativo del equipo al Servicio respectivo. Antes de describir el proceso es muy importante mencionar que la planificación la realiza el Jefe del Servicio Técnico anualmente, donde ésta se va entregando semanalmente a los Técnicos dependiendo de la carga de trabajo asignada a cada Técnico (Ver ANEXO 3) en función al Servicio asignado. Y esta planificación además se entrega anualmente a cada Servicio, para que exista una coordinación previa sobre las fechas de mantenimiento. Los trabajos asignados para cada Técnico corresponden 4 horas en la mañana que corresponden a la planificación preventiva y 4 horas en la tarde de reparaciones que se presentan en el momento.

**Mantenimiento preventivo**

1. Recepción de planificación semanal.

2. Verificación de los equipos de la planificación semanal en el sistema de mantención, observando su ubicación.
3. Obteniendo la ubicación del equipo, verificar la disponibilidad del equipo para realizar el mantenimiento.
4. Si el equipo no se encuentra disponible para el mantenimiento se re calendariza éste con el encargado del Servicio técnico
5. .Si el equipo está disponible para mantenimiento se retira del Servicio en el cual pertenece.
6. Ya teniendo el equipo médico en el Departamento de Ingeniería Biomédica se verifica si el equipo se encuentra en el tiempo de garantía.
7. Si el equipo se encuentra en garantía, se llama al proveedor y se agenda el mantenimiento.
    a. Al llegar la fecha acordada se realiza el mantenimiento preventivo por el técnico externo.
    b. Luego se revisa el informe y estado final del equipo.
    c. Verificación de parámetros descritos por el fabricante.
8. Si el equipo NO se encuentra en garantía, se busca el manual técnico y de usuario del equipo médico.
    a. Verificación de parámetros obtenidos anteriormente en la hoja de medición del equipo.
    b. Realización del protocolo descrito por el manual, cambiando piezas y accesorios si es necesario.
    c. Se verifica si el equipo se encuentra en correcto funcionamiento con los parámetros correspondientes.
9. Se incorpora el mantenimiento realizado al sistema informático de mantenciones.
10. Se entrega el equipo al Servicio que corresponde, firmando un documento de recibo conforme.

**Consideraciones:** Las mantenciones de los equipos externalizados son coordinadas con la empresa correspondiente al equipo, y se elige una fecha de mantenimiento coordinando con el Servicio previamente.

Al realizar el flujo de trabajo específicamente en el retiro del equipo en el Servicio, se le informa al Suboficial a cargo del Servicio y se le entrega un tiempo estimativo del regreso del equipo.

Al momento de ingresar los datos obtenidos del equipo; como el síntoma, diagnóstico, solución y estado final (operativo, no operativo y por qué no está operativo); antes de ello se debe elegir en el software si se tratará de una mantenimiento o reparación. Al elegir el mantenimiento se podrá acceder a la hoja de mediciones y una pauta de mantenimiento general por equipo. Siempre se debe verificar la funcionalidad y seguridad eléctrica con los simuladores adecuados a cada equipo y registrar los datos obtenidos.

Cuando se encuentra un error en el equipo médico inspeccionado, se considera un nuevo trabajo, en este caso un mantenimiento correctiva, y ésta se debe planificar para realizarla en el mismo momento o postergarla para el mismo día u otro si es necesario.

Luego con la información entregada se realizó el esquema del proceso de Mantenimiento Preventiva (Ver ANEXO 4) y se validó posteriormente con el Jefe del Servicio del Hospital Naval Almirante NEF Viña del Mar.

Se utiliza el protocolo de priorización sólo cuando ocurren las situaciones adversas descritas anteriormente en esta investigación.

### 4.3.2. Proceso de mantenimiento correctivo.

El proceso de mantenimiento correctivo puede transcurrir en cualquier hora del día. Independiente de esto se realiza el siguiente proceso (Ver ANEXO 5).

El tiempo utilizado va variando dependiendo de la problemática detectada y de la complejidad del equipo médico. Existen dos modalidades para la recepción del equipo, la primera es que el equipo es entregado en el Departamento de Ingeniería Biomédica o que el Técnico a cargo del Servicio lo retire y pueda solucionar el problema en el Servicio.

Existen diferentes formas de ingreso para las solicitudes de reparación de equipo, a través de mail, llamado telefónico, documento escrito y de forma personal. Estas solicitudes pueden llegar directamente al Jefe de Técnicos ó al Técnico o al Jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica.

**Mantenimiento Correctivo**

1. Se recibe la solicitud de reparación del equipo médico.
2. Se observa si se tienen otras tareas para utilizar el protocolo de priorización de mantenimiento.
3. Se retira el equipo del Servicio correspondiente o es recibido en el Departamento de Ingeniería Biomédica.
4. Ya teniendo el equipo médico en el Departamento de Ingeniería Biomédica se verifica si el equipo se encuentra en el tiempo de garantía.
5. Si el equipo se encuentra en garantía, se llama al proveedor y se agenda el mantenimiento.
    a. Al llegar la fecha acordada se realiza el mantenimiento preventivo por el técnico externo.
    b. Luego se revisa el informe y estado final del equipo.
    c. Verificación de parámetros descritos por el fabricante.
6. Si el equipo NO se encuentra en garantía, se busca el manual técnico y de usuario del equipo médico.
7. Realización de un diagnóstico rápido.
8. Buscar el error y la solución en el manual.
9. Evaluar si el error es solucionable por el técnico.
10. Si el técnico puede solucionar el error, se realiza el mantenimiento de acuerdo al manual.
11. Si el técnico no puede solucionar el error se contacta al proveedor y coordinan la fecha para el mantenimiento correctivo.
    a. Al llegar la fecha acordada se realiza el mantenimiento correctivo
12. Verificar parámetros correspondientes al equipo y parámetros de seguridad eléctrica.
13. Ingresar los datos obtenidos en el sistema informático de mantenimiento.
14. Se entrega el equipo al Servicio que corresponde, firmando un documento de recibo conforme.

### 4.3.3. Situaciones en un mantenimiento.

Existen diferentes situaciones adversas que pueden variar la jornada de trabajo, interrumpiendo así el programa diario y semanal. Estas interrupciones pueden depender de la disponibilidad del equipo, de la carga de trabajo del Técnico, la no disponibilidad del Técnico del proveedor o Servicio contratado. A continuación se presenta un listado de situaciones que alteran la planificación de mantenimiento preventivo.

- Asignación de más de un equipo en la jornada de mantenimiento preventivo planificada.
- Estar en la jornada de la mañana realizando mantenimiento preventivo y el equipo a utilizar no está disponible.

- Ir a retirar el equipo al Servicio correspondiente para mantenimiento preventivo y en este Servicio se encuentran uno o más a equipos que fallaron recientemente.
- Realizando un mantenimiento preventivo en la mañana y que llegue uno ó más de un equipo con falla.
- Realizando mantenimiento preventivo y encontrarse con falla en el equipo.

### 4.3.4. Propuesta de estrategia de priorización.

Para realizar una propuesta de priorización se observaron diferentes factores que podrían influir en la toma de decisiones. Estos parámetros son la cantidad de equipos de un mismo tipo disponibles en el Servicio, otro punto importante es si el equipo es crítico para el paciente, por ejemplo si es de soporte vital, o interrumpe algún procedimiento, si se le realizará un mantenimiento preventivo o correctivo.

Para poder priorizar un equipo se debe evaluar también en el contexto que se encuentra estas priorizaciones. Para ellos se utilizan los casos analizados anteriormente.

Para el diseño de esta propuesta se va aplicar solamente a dos Servicios por motivos de facilitar el estudio y donde se podrá estandarizar en los otros Servicios o Unidades del Hospital Éstos se escogieron debido a su prioridad dentro del Hospital.

Para ello se utilizará de ejemplo la categorización de equipos médicos utilizada por Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital. El resto de los Servicios con su categorización se encuentran el Anexo 1.

| **Cod.** | **Servicio** | **G1** | **G2** | **G3** | **G4** | **G5** | **G6** | **G7** | **G8** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ANESTESIA | 0 | 69 | 6 | 1 | 41 | 1 | 0 | 102 |
| 2 | CENTRO QUIRÚRGICO | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 102 | 3 | 110 |

**Tabla 2:** Servicios seleccionados del Hospital Naval Almirante NEF

Donde los grupos son:
G1: Balanzas
G2: Monitoreo
G3: Desfibriladores
G4: Ecógrafo y equipos de RX
G5: Ventilación y Anestesia
G6: Audio y video
G7: Microscopio
G8: Otros.

### 4.3.5. Modelo de priorización de mantenimiento.

El modelo de priorización del mantenimiento es una propuesta que considera tres factores: la importancia del Servicio en donde se encuentra el equipo médico, disponibilidad y tipo de mantenimiento que se le debe realizar.

Estos factores se valorizan del 1 al 3, donde finalmente se ponderarán para obtener un valor final, que será decisivo para realizar la priorización del mantenimiento.

Éste factor está enfocado en el mantenimiento a través de la misión según la OMS. En este caso se consideran los Servicios más críticos del Hospital en función a la clasificación por riesgos de los equipos médicos.

| Importancia del Servicio (I.S) | |
|---|---|
| Nivel de importancia | Valor |
| Muy importante | 3 |
| Importante | 2 |
| Moderadamente importante | 1 |

Tabla 3: Valorización importancia del Servicio

La importancia del Servicio (Tabla 3) en que se encuentra el equipo médico se realiza en función a la necesidad e importancia de él dentro del Hospital. (Ver Anexo 7).

| Cantidad disponible del equipo (C.D) | |
|---|---|
| Cantidad de equipos | Valor |
| Menor 4 equipos | 3 |
| Entre 4 y 10 equipos | 2 |
| Mayor a 10 equipos | 1 |

Tabla 4: Valorización de cantidad de equipos médicos

La cantidad de equipos deben ser del mismo tipo, para ello se utiliza la categorización utilizada en el Anexo 1.

| Mantenimiento (M) | |
|---|---|
| Tipo de Mantenimiento | Valor |
| Mantenimiento Correctivo que interrumpe un procedimiento médico | 3 |
| Mantenimiento preventivo | 2 |
| Mantenimiento correctivo | 1 |

Tabla 5: Valoración según tipo de mantenimiento

$$\text{Valor final} = L.S + C.D + M$$

Obteniendo el valor final de cada equipo se comparan y se prioriza el equipo que tenga mayor valor y así sucesivamente. El ejemplo con los Servicios seleccionados se encuentran en el documento de estrategias de priorización.

### 4.3.6. Consideraciones para el protocolo de priorización.

Se debe considerar que para realizar el protocolo de priorización se deben clasificar los equipos, según parámetros realizados por el Hospital Naval. Con la observación realizada de la clasificación de los equipos, se puede inferir la clasificación de la prioridad de cada Servicio.

Actualmente en el Hospital Naval los equipos se clasifican en base al riesgo para el paciente, en equipos de alto riesgo, de riesgo medio y bajo riesgo. Donde los equipos de alto riesgo se consideran como un riesgo inminente para el paciente en caso de falla. En esta clasificación se encuentran los desfibriladores, ventiladores, monitoreo de signos vitales, entre otros.

Los equipos médicos de riesgo medio no exponen al paciente a un riesgo directo, pero, en forma indirecta pueden afectar las decisiones clínicas del paciente. Aquí están todos los equipos de apoyo al diagnóstico de imagenología y laboratorio, ECG, centrífugas, electrocardiógrafos, inyectoras de medios de contraste, entre otros. Y por último los equipos de bajo riesgo para el paciente son aquellos que no intervienen en la Salud del paciente, pero aún así son utilizados de manera externa al paciente. En esta categoría se encuentran camas eléctricas, termómetros electrónicos, fuentes de luz, microscopios, entre otros.

## 4.4. Estrategia de uso de software con gestión de estados

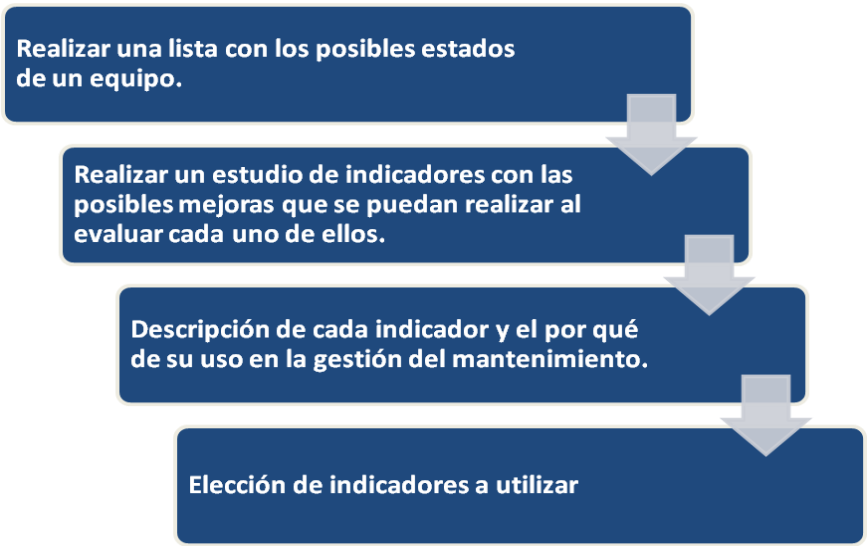



**Diagrama 7:** Metodología utilizada para la propuesta de indicadores

### 4.4.1. Propuesta de estrategia de uso de software con gestión de estados.

Al hacer un mantenimiento preventivo o correctivo, el equipo tiene un estado inicial y un estado final en donde se encuentra actualmente. Es muy importante saber el estado del equipo para tener un registro, si el equipo cambia de estado y cuanto tiempo pertenece en el mismo. La cuantificación de la cantidad de estados en que se encuentran los equipos sirve para tener un catastro de cuantos equipos se consideran disponibles y cuánto no lo están. Se debe considerar en el software utilizado para mantención esta clasificación estándar de los estados para mejorar la estrategia de utilización de software de mantenimiento. La clasificación de los estados es la siguiente:

- Disponible
- No disponible, esperando repuesto.
- No disponible, esperando mantenimiento correctivo externa.
- No disponible, espera de mantenimiento correctivo.
- Otros

Al saber la cantidad de equipos médicos no disponibles y la causa de ésta, se pueden tomar decisiones prácticas para el cambio de estado a disponible. Como por ejemplo, tener presente que se está esperando un repuesto y de esta forma consultar constantemente la llegada de este. Como también tener mejores convenios de mantenimiento externo, con la disminución del tiempo de espera y calidad de Servicio. Estos datos también son utilizados en los indicadores de disponibilidad en la gestión del mantenimiento.

Se utiliza un criterio llamado otros, a todos los estados que no son encasillados en la otra clasificaciones nombradas, ya que de esa forma los datos adquiridos en cada clasificación son 100% lo indicado. Por ejemplo un equipo que no esté disponible porque aún no se encuentra en el Servicio que corresponde.

4.5. Propuesta de estrategia de mejora continua a través de indicadores

Hay variables muy importantes en la gestión del equipamiento médico, donde una de ellas es la disponibilidad del equipo en todo momento, la confiabilidad de su funcionamiento y por último la disminución de los costos en la mantenimiento.

Existen diversos métodos y técnicas para el mantenimiento, donde utilizando los indicadores se podrán realizar cambios y siempre realizar una mejora continua del trabajo ejecutado.

Para establecer estas variables de efectividad de mantenimiento, se deberá ver diferentes factores que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. (Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento, Álvarez Corrales, Diego Fernando, Soto Ortega, Carlos José, 2009).

1. La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Este se define como la probabilidad de que un equipo esté operativo y disponible. La disponibilidad depende de la frecuencia de fallas, del tiempo que demore en volver a estar disponible.
2. Fiabilidad es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente sus funciones, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones del equipo.

El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los equipos, para ello se utiliza lo que se denomina la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas caracteriza la fiabilidad del equipo.

Para poder evaluar la disponibilidad y fiabilidad, existen diversas variables a considerar. Con esta información se puede realizar un diagnóstico a través de ecuaciones matemáticas para la evaluación de los resultados.

Existen los "índices clase mundial" aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis "índices clase mundial", cuatro son los que se refieren al análisis de la gestión de equipos y dos a la gestión de costos, de acuerdo con las siguientes relaciones, según el Ingeniero Lourival Augusto Tavares:

- **Tiempo Medio Entre Fallas**: Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.
- **Tiempo medio para reparación:** Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado. Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.
- **Tiempo Medio Para la Falla:** Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado. Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices tiempo medio para la falla y tiempo medio entre fallas. El primer índice (TMPF) es calculado para ítems que no son reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF) es calculado para ítems que son reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto, los dos índices son mutuamente exclusivos, o sea, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro, para ítems iguales. (Ingeniero Lourival Augusto Tavares, 2000).

- **Disponibilidad de Equipos**: Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros Servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado. La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad.

El índice de Disponibilidad también es identificado como "Performance o Desempeño de Equipos" y, para ítems de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado.

Una vez definidos los cuatro índices "clase mundial" para la gestión de equipos, presentamos los dos restantes, aplicados en la gestión de costos.

- **Costo de Mantenimiento por Facturación:** Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado. Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son normalmente procesados por la sección de contabilidad de la empresa.
- **Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición**: Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición). Su resultado se recomienda ser acompañado por un gráfico lineal o de superficie, con la indicación de su variación, en por lo menos los doce últimos meses.

### 4.5.1. Propuesta de elección de los indicadores.

Al equipamiento médico del Hospital Naval se le realiza un tipo de mantenimiento enfocado en la confiabilidad del equipo, es por esto que realizan las mantenciones descritas por el fabricante y además pruebas de seguridad eléctrica, cumplimiento los parámetros específicos del equipo en cuestión. Pero además es muy relevante considerar la disponibilidad de estos en cada Servicio, para poder entregar una atención de calidad al paciente.

Considerando lo anterior, se eligen diferentes parámetros que deben ser incorporados en el software de mantenimiento, para poder obtener indicadores enfocados a la mantenimiento en función a su disponibilidad y observar la progresión que estos equipos tienen en el tiempo.

Se debe tener en cuenta que su disponibilidad estará asociada 100% a su confiabilidad, debido al tipo de mantenimiento que se realizan a los equipos médicos del Hospital Naval.

Los indicadores evaluarán si las estrategias utilizadas están siendo efectivas, si no lo son se deben mejorar y realizar un plan de acción para obtener un resultado positivo en la siguiente evaluación.

| Parámetros | Indicadores | Cálculo | Medición |
|---|---|---|---|
| Cant. Equipo con mantenimiento | % cobertura mantenimiento preventivo | ∑ Equipos con mantenimiento preventiva/ ∑equipos programados | Eficacia |
| Cant. Equipos programados | | | |
| Número de equipos con falla | Tiempo medio entre fallas | (∑equipos con mantenimiento correctiva * ∑horas utilizadas en las mantenciones correctivas)/∑ fallas | Disponibilidad |
| Horas hombre mantenimiento correctiva de esos equipos | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| N° de fallas de esos equipos | | | |
| Cant. Equipos no disponible espera repuesto | Cantidad de equipos no disponibles | ∑(Eq. No disponible espera de repuesto + Eq. No disponible espera de mantenimiento externa + Eq. No disponible espera de mantenimiento correctiva) | Disponibilidad |
| Cant. Equipos no disponible espera mantenimiento externa | | | |
| Cant. Equipo no disponibles espera mantenimiento correctiva | | | |

**Tabla 6**: Indicadores con los parámetros correspondientes

Los parámetros son los datos que deben ser ingresados en el sistema informático de forma numérica. Estos son utilizados en diferentes indicadores que medirán la disponibilidad y eficiencia de la planificación preventiva. La cantidad de equipos disponibles y no disponibles se obtienen a través del campo de selección de estado del equipo, como también la cantidad de fallas en un mismo equipo que se encuentra cuantificado por la selección si es reparación o mantenimiento.

Para la obtención del tiempo medio entre fallas, los datos obtenidos deben ser del mismo período de tiempo.

## 5. Resultados

### 5.1. Resultados obtenidos

Los documentos generados son una herramienta primordial para realizar el protocolo de prioridades, en donde se identifican las diferentes causas que generan la necesidad de una priorización en la mantención de los equipos médicos. Con esto se desarrolló un escrito con cada paso a seguir para realizar el protocolo de priorización.

Al desarrollar la metodología se obtuvieron los diagramas de mantenimiento correctivo y preventivo, donde se utilizarán como estrategia en el mantenimiento guiando el desarrollo de cada proceso (Ver anexo 4 y 5).

#### 5.1.1. Propuesta de documento para Estrategia de priorización de mantenimiento.

Para la utilización del protocolo se debe realizar una capacitación previa a los usuarios de este documento. En esta capacitación debe explicarse de una forma breve y concisa cómo se debe utilizar y además llevar a cabo cada procedimiento descrito. La estrategia de priorización de mantenimiento está diseñada para ser utilizada por los técnicos del Departamento de Ingeniería Biomédica al momento de realizar mantenciones preventivas y correctivas.

**FASE 1:** Se identifican todos los Servicios y equipos existentes. Se debe estar informado del funcionamiento general y complejidad de cada equipo, como también la importancia de éste en el Servicio y la criticidad en el paciente y además el riesgo que se pueda tener si éste falla.

**FASE 2:** Tener en cuenta cuál es el proceso que se realiza en cada mantenimiento, sea preventivo o correctivo. (Ver anexo 4 y 5).

**FASE 3:** Identificar los Servicios involucrados y el equipo específico a trabajar.

En esta fase existen cinco casos diferentes donde se debe priorizar un mantenimiento antes que otro. Se utiliza el modelo de priorización propuesto. Se utilizará una planilla donde se encuentran las tablas de valorización 3, 4 y 5. Se le asigna valores a cada factor dependiendo del equipo médico y su situación. En la planilla se muestra el valor final para comprar la priorización con los otros equipos médicos.

$$\text{Valor final} = L.S + C.D + M$$

**Caso 1:** En este caso la valorización del tipo de mantenimiento y la importancia del Servicio en el Hospital es el mismo, es por ello que la prioridad se enfoca en la disponibilidad de equipos de un mismo tipo en el Servicio. En el caso que la cantidad de equipos sea el mismo en cada tipo, la elección de la prioridad está a cargo del Técnico que realiza el mantenimiento preventivo. El valor de L.S es 3 y el valor de M es 2 para todos los equipos en estos dos casos.

| **Ejemplo** Caso 1: Más de un equipo asignado para mantenimiento preventiva | | | |
|---|---|---|---|
| **Anestesia** | Valor final | **Centro Quirúrgico** | Valor final |
| Monitor | 6 | Balanza | 8 |
| Desfibrilador | 7 | Rayos | 8 |
| Ecógrafo | 8 | Audio y video | 6 |
| Anestesia y ventilación | 6 | Microscopio | 6 |
| Audio y video | 8 | | |

**Tabla 7**: Valorización Caso 1: Anestesia/ Centro quirúrgico

| **Ejemplo** Caso 1: Más de un equipo asignado para mantenimiento preventiva | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Anestesia** | **Centro Quirúrgico** | | | |
| | Balanza | Rayos | Audio y video | Microscopio |
| Monitor | Balanza | Rayos | No aplica | No aplica |
| Desfibrilador | Balanza | Rayos | Desfibrilador | Desfibrilador |
| Ecógrafo | No aplica | No aplica | Ecógrafo | Ecógrafo |
| Anestesia y ventilación | Balanza | Rayos | No aplica | No aplica |
| Audio y video | No aplica | No aplica | Audio y video de anestesia | Audio y video |

**Tabla 8:** Caso 1: Anestesia/ Centro quirúrgico.

En la tabla 8 el mantenimiento e importancia del equipo es el mismo, la diferencia de prioridad en este caso lo hace la cantidad de equipos disponibles en cada caso.

**Tabla 9:** Valorización Caso 1: Anestesia/ Anestesia

| **Ejemplo** Caso 1: Más de un equipo asignado para mantenimiento preventiva | | | |
|---|---|---|---|
| **Anestesia** | Valor final | **Anestesia** | Valor final |
| Monitor | 6 | Monitor | 6 |
| Desfibrilador | 7 | Desfibrilador | 7 |
| Ecógrafo | 8 | Ecógrafo | 8 |
| Anestesia y | 6 | Anestesia y ventilación | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ventilación | | | |
| Audio y video | 8 | Audio y video | 8 |



| Caso 1: Más de un equipo asignado para mantenimiento preventiva | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Anestesia** | **Anestesia** | | | | |
| | Monitor | Desfibrilador | Ecógrafo | Anestesia y ventilación | Audio y video |
| Monitor | No aplica | Desfibrilador | Ecógrafo | No aplica | Audio y video |
| Desfibrilador | Desfibrilador | No aplica | Ecógrafo | Desfibrilador | Audio y video |
| Ecógrafo | Ecógrafo | Ecógrafo | No aplica | Ecógrafo | No aplica |
| Anestesia y ventilación | No aplica | Desfibrilador | Ecógrafo | No aplica | Audio y video |
| Audio y video | Audio y video | Audio y video | No aplica | Audio y video | No aplica |

**Tabla 10:** Caso 1: Anestesia/ Anestesia.

**Caso 2:** Se realiza mantenimiento en la jornada de la mañana y el equipo no se encuentra disponible. En este caso se debe reprogramar el mantenimiento preventivo que estaba calendarizado y coordinar con el Servicio la nueva fecha de mantenimiento.

**Caso 3**: Retirar el equipo al Servicio correspondiente para mantenimiento preventivo y en este Servicio se encuentran uno o más a equipos que fallaron recientemente.

En este caso el valor de la importancia del Servicio es el mismo para cualquier equipo, la prioridad dependerá de la disponibilidad de equipo y el tipo de mantenimiento.

**Caso 4**: Mantenimiento preventivo en la jornada de la mañana y uno o más equipos con mantenimiento correctivo no programado.

En este caso la priorización depende de los tres factores descritos en el modelo.

Al igual que en el caso anterior se debe verificar si el equipo que presentó falla esta interrumpiendo algún procedimiento, si esto fuese así se le asigna valor 3 en el mantenimiento. Además ver la cantidad de equipos disponibles en el Servicio al cual corresponda y por último la importancia del Servicio dentro del Hospital.

**Caso 5:** Hacer mantenimiento preventivo y encontrarse con falla en el equipo. En este caso se debe realizar el mantenimiento correctivo del equipo inmediatamente si es que el Técnico está capacitado para solucionar el problema. Si no, se coordina un mantenimiento con un Técnico externo.

**FASE 5:** Ya teniendo el equipo a priorizar, se re calendariza la otra u otras solicitudes. Registrando la fecha de mantenimiento.

**Recomendaciones:** Se propone este protocolo de priorización utilizando como criterio la importancia del Servicio, la disponibilidad y tipo de mantenimiento. Este protocolo puede ser variado dependiendo los factores que puedan existir en el momento de realizarlo. Se recomienda registrar los cambios que se realizan en la priorización para ver los resultados que puedan variar a futuro. Para comprobar esos cambios se realiza análisis con indicadores que demuestren el comportamiento en el tiempo.

### 5.1.2. Propuesta de estrategia de uso de software con gestión de estados.

El uso de software de mantenimiento usado actualmente deberá incorporar un campo llamado Estado del equipo, donde se podrá seleccionar solo una clasificación del estado de éste.
La clasificación de los estados es la siguiente:

- Disponible
- No disponible, esperando repuesto.
- No disponible, esperando mantenimiento correctiva externa.
- No disponible, espera de mantenimiento correctiva.
- Otros

Al saber la cantidad de equipos médicos no disponibles y la causa de ésta, se pueden tomar decisiones prácticas para el cambio de estado a disponible. Como por ejemplo, tener presente que se está esperando un repuesto y de esta forma consultar constantemente la llegada de este. Como también tener mejores convenios de mantenimiento externo, con la disminución del tiempo de espera y calidad de Servicio. Estos datos también son utilizados en los indicadores de disponibilidad en la gestión del mantenimiento.

Se utiliza un criterio llamado otros, a todos los estados que no son encasillados en la otra clasificaciones nombradas, ya que de esa forma los datos adquiridos en cada clasificación son 100% lo indicado. Por ejemplo un equipo que no esté disponible porque aún no se encuentra en el Servicio que corresponde.

### 5.1.3. Propuesta estrategia de mejora continua con la utilización de indicadores.

Para la utilización de todos los indicadores se debe tener presente la frecuencia en la cual se quiere analizar los resultados. Es por ello que se requiere contar con el valor del indicador real y el deseado, con el fin de ver la proyección de los resultados en el tiempo. Para la utilización de estos indicadores se proponen como ejemplo algunos valores, estos deben ser coherentes con los objetivos del Departamento de Ingeniería Biomédica.

| **Indicador de Eficiencia** | |
|---|---|
| **Nombre** | Porcentaje de cobertura de mantenimiento preventivo |
| **Cálculo** | $\sum$ Equipos con mantenimiento preventivo/ $\sum$equipos programados |
| **Unidad (porcentaje)** | % |
| **Comportamiento esperado** | Creciente |
| **Fuente de información** | Planificación anual y programa de mantenimiento |
| **Frecuencia en la toma de datos** | Diaria |
| **Valor actual** | 85% |
| **Meta** | 100% |
| **Frecuencia de análisis** | Semestral |
| **Responsable de análisis** | Encargado de gestión del mantenimiento |

**Tabla 11:** Indicador de eficiencia.

El indicador de eficiencia representa el progreso del programa de mantenimiento preventivo en los tiempos determinados, al utilizarlo se podrá observar el cumplimiento de las metas propuestas a comienzo de año. Además ayudará a controlar la evolución de cada Servicio en función a la planificación anual, por lo tanto es muy importante la utilización de éste para la gestión del mantenimiento porque analiza de forma macro las mantenciones preventivas en su progresión. El uso de este indicador evaluará si los procesos de mantenimiento son útiles para realizar un mantenimiento exhaustivo.

| **Indicador de Disponibilidad** | |
|---|---|
| **Nombre** | Tiempo medio entre fallas |
| **Cálculo** | (∑equipos con mantenimiento correctivo * ∑horas utilizadas en las mantenimientos correctivos)/∑ fallas |
| **Unidad (horas)** | Horas |
| **Comportamiento esperado** | Creciente |
| **Fuente de información** | Programa de mantenimiento |
| **Frecuencia en la toma de datos** | Diaria |
| **Valor actual** | Depende del Servicio |
| **Meta** | Depende del Servicio |
| **Frecuencia de análisis** | Trimestral |
| **Responsable de análisis** | Encargado de gestión del mantenimiento |

**Tabla 12:** Indicador de disponibilidad

Para realizar el cálculo se considera la sumatoria de horas utilizadas en la reparación de la totalidad de equipos con mantenimiento correctivo en un tiempo determinado y el número de fallas de esos equipos en el mismo tiempo.

Se utiliza este indicador para verificar en cierta forma si las mantenciones que se han realizado en el equipo han sido adecuadas, ya que si este indicador disminuye constantemente nos indica que está disminuyendo rápidamente la vida del equipo médico. Además nos indica cuánto tiempo estuvo el equipo disponible entre una falla y otra, siempre tratando de aumentar esa brecha.

El estado del equipo es un dato que ayuda alarmar la disponibilidad de equipos dentro de un Servicio.

| **Indicador de Disponibilidad** | |
|---|---|
| **Nombre** | Equipos NO Disponibles |
| **Cálculo** | ∑ (Eq. No disponible espera de repuesto + Eq. No disponible espera de mantenimiento externa + Eq. No disponible espera de mantenimiento correctiva) |
| **Unidad (cantidad)** | Cantidad de equipos |
| **Comportamiento esperado** | Decreciente |
| **Fuente de información** | Programa de mantenimiento |
| **Frecuencia en la toma de datos** | Diario |
| **Valor actual (unidades)** | 30 |
| **Meta (unidades)** | 0 |
| **Frecuencia de análisis** | Mensual |
| **Responsable de análisis** | Encargado de gestión del mantenimiento |

**Tabla 13:** Indicador de disponibilidad

El indicador representado en la tabla 13 nos indica la cantidad de equipos no disponibles en el instante de la consulta. Si el resultado del análisis no cumple con lo esperado se debe alertar al equipo de Técnicos para verificar cual es la causa de ese valor. Para realizar el análisis de los resultados obtenidos se debe tener una ventana de gestión

(Tabla 14) en el sistema CMMS, que nos indica los indicadores con valores no deseados, donde se toman decisiones referentes a las estrategias que están fallando. Con las decisiones se crea un plan de acción para mejorar el mantenimiento.

De esta forma se obtiene una visión amplia de los datos obtenidos en un tiempo determinado para tomar decisiones correctas en función de la mejora de la gestión realizada.

**Tabla 14:** Propuesta de ventana de gestión.

| Ventana de gestión | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Indicador** | **Aspectos a mejorar** | **Resultado esperado** | **Plazo para obtener resultado** | **Actividades a realizar** | **Recursos que se utilizarán** |
| Cantidad de equipos no disponible | | | | | |

### 5.1.4. Propuesta de participantes en la gestión del mantenimiento.

Para la aplicación de las estrategias propuesta se propone una estructura de organización de roles con funciones determinadas. Toda la información generada en la gestión de mantenimiento debe estar registrada.

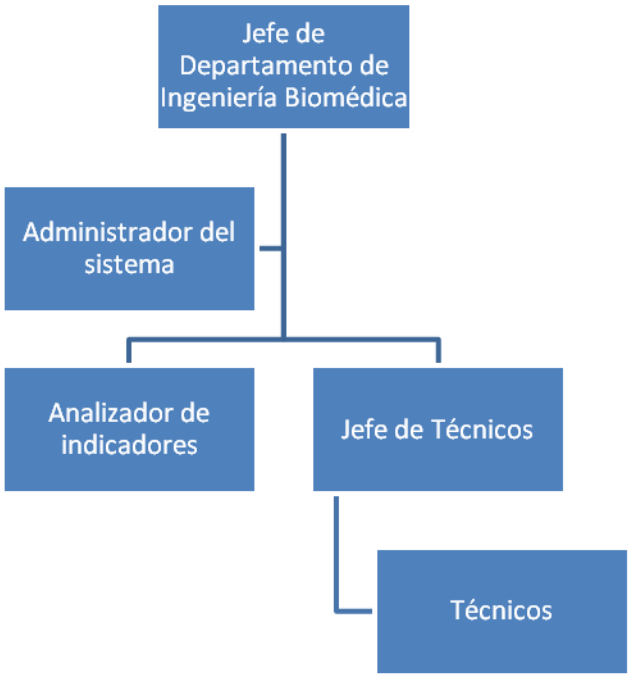



**Diagrama 8:** Organización de tareas específicas del mantenimiento

1. Administrador del sistema: tiene acceso a todas las funciones del sistema, pero no puede editar ni eliminar la base de datos. Él se ocupa de verificar su correcto funcionamiento.
2. Analizador de indicadores: tiene acceso a los datos registrados en el software de mantenimiento, lo que le permite realizar análisis y estadísticas de ellos.

3. Jefe de gestión: utiliza los valores entregados del análisis para la toma de decisiones. Ejecuta junto a su equipo de trabajo un plan de acción a seguir frente a las metas que aspira alcanzar.
4. Jefe de Técnicos: es el responsable de que las decisiones tomadas por el equipo de gestión se lleven a cabo y de que las tareas a realizar sean completadas por el equipo de Técnicos a su cargo.
5. Técnicos: deben registrar toda la información necesaria de los equipos médicos como procedimientos, horas trabajadas, requerimiento, estados, entre otras. Además deben cumplir con todas las tareas indicadas por su jefatura para mejorar la entrega del Servicio Técnico al Hospital.

5.2. Validación del producto obtenido

Ya obtenido el producto final se procedió a validar los documentos generados en este trabajo de título con Juan Villavicencio Jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval almirante NEF. En donde se encontró pertinente implementar las propuestas entregadas en el documento a contar del año 2015. (Anexo 6)

## 6. Discusión

El uso de protocolo de priorización es una herramienta necesaria para contribuir en la gestión del mantenimiento, al igual que el uso de indicadores y el registro actualizado de los datos.

La estrategia de priorización de mantenimiento puede variar dependiendo el establecimiento en que se aplique, tomando en cuenta diferentes factores como: el tipo de Establecimiento prestadores de Salud, la cantidad de equipos que se encuentran, la cantidad de técnicos disponibles para el mantenimiento, la misión del Establecimiento, entre

otros. En este caso para el desarrollo del protocolo de priorización se utilizaron solo dos Servicios del Hospital, ya que con ellos se podrá a futuro estandarizar el modelo de priorización con los otros Servicios.

La estrategia de utilizar un Sistema informático de mantenimiento con gestión de estados se deberá ejecutar en el Sistema informático existente o adquirir un sistema con las características anteriores y las características propuestas. La clasificación del estado es fundamental para controlar la disponibilidad de equipos.

La evaluación es un proceso continuo, donde uno de los factores relevantes para realizar esta actividad es la existencia de Recurso Humano predestinado para esta acción.

Para la mejora continua de las estrategias de mantenimiento se utilizan indicadores que cuantifican y detectando ineficiencias, y además nos ayudan a prever de alertas tempranas en función a los resultados esperados, con los que se tomarán diferentes decisiones de mejoramiento a través de un plan de acción.

Para una evaluación más exhaustiva del desempeño de la gestión del mantenimiento, se pueden incorporar más indicadores, más estados y más criterios de priorización con el objetivo de aumentar la disponibilidad de equipos, mejorar la calidad del Servicio, cumplir con la demanda del Hospital, mejorar productividad, reducir costos, entre otros. Pero al variar las estrategias se deberá hacer con precaución, debido que tales cambios podrían efectuarse de manera que se pierda la información histórica realizada hasta la fecha.

A pesar de que existe actualmente el uso de indicadores en casos específicos, como argumentos para la compra de un equipo nuevo, acreditación del Departamento de Ingeniería Biomédica, entre otros, es necesario el uso de indicadores para mejorar de forma continua la gestión del mantenimiento.

## 7. Conclusiones

Al generar una nueva estrategia de mantenimiento permite iniciar una mejora continua de la gestión que actualmente se está realizando en el Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Naval Almirante NEF Viña del Mar.

La priorización del mantenimiento conlleva a obtener una mayor eficiencia en cuanto a la disponibilidad de equipos, tener un mantenimiento oportuno y eficiente maximizando el recurso humano.

La gestión del mantenimiento mediante este método permite tener un mayor control de los trabajos a ejecutar en los equipos médicos.

El uso de un protocolo de prioridades basado en un modelo específico para este Hospital responde a las necesidades específicas de éste. Donde esta propuesta puede ser implementada en otras Unidades de otros Hospitales de similares características.

El uso de un software de gestión de estados permite el control de la disponibilidad de equipos de forma actualizada, alertando de los equipos que no están disponibles. De esta forma se toman decisiones que hagan cambiar de forma positiva el estado del equipo.

Se requiere analizar la operación de las tres estrategias propuesta durante un año, con el fin de observar los resultados obtenidos periódicamente y mejorar las estrategias con el fin de adquirir mejores resultados. Para éste análisis se utilizarán los indicadores propuestos como método evaluativo. La medición es un elemento importante para una gestión eficaz de la estrategia de mantenimiento.

## 8. Referencias Bibliográficas

Álvarez Corrales D., Soto Ortega C. (2009), Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento. Recuperado 4 de Noviembre 2014 de: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/828

Bi consultores, Recuperado 10 de Enero 2015 de: http://www.ierpsoftware.com/producto.html

Calle Sánchez A., Santiago Sánchez M. (2013), Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la clínica universitaria bolivariana. Recuperado 9 de Septiembre 2014 de: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1116/1/PLANTEAMIENTO%20DEL%20PROGRAMA%20DE%20MANTENIMIENTO%20PARA%20LA%20INFRAESTRUCTURA%20Y%20EQUIPOS%20GENERALE

CENETEC (2008), Curso-taller región sur de ingeniería clínica, Recuperado 19 de Octubre 2014 de: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/Curso_I_Clinica08/PDF/Med_tec.pdf

Deister software. Recuperado 19 de Octubre 2014 de: http://es.deister.net/es/solutions/business/ax-erp/cmms/

Hambi N., Oweis R. (2010). An intelligent healthcare management system: a new approach in work-orden prioritazation for medical equipment maintenance requests. Recuperado 15 de Diciembre 2014 de: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20703695

Lourival Tavares A. (2000), Administración moderna de mantenimiento. Recuperado 6 de Agosto 2014 de: http://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares

Moubray J. (2004), RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español. Asheville, North Carolina, USA. Recuperado 10 de Noviembre 2014 de: http://es.calameo.com/books/0020309093511136f04fe9

Organización mundial de la Salud (2012), Programa de mantenimiento de equipos médicos. Recuperado el 15 Septiembre de: http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243501536_spa.pdf?ua=1

Rodríguez E., Sánchez M., Miguel A., Tolkmitt F., Pozo E. (2003), Indicadores para el control de la gestión de equipos médicos. Recuperado 6 de Agosto 2014, de: http://www.hab2003.sld.cu/Articles/T_0067.pdf

SAP, The Best-Run Businesses Run SAP. Recuperado 10 de Enero 2015 de: https://help.sap.com/saphelp_46c/helpdata/es/3c/abaf72413911d1893d0000e8323c4f/content.htm.

Vilcahuamán L., Rivas R. (2006), Ingeniería Clínica y Gestión de Tecnología en Salud: Avances y Propuestas. Recuperado Agosto 2014 de: http://its.uvm.edu/PUCP_CENGETS/LIBRO-CENGETS-NOV2006.pdf

Viveros P., Stegmaier R., Kristjanpoller F., Barbera L., Crespo A. (2013), Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Recuperado 3 de Septiembre 2014 de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011

## 9. Anexos

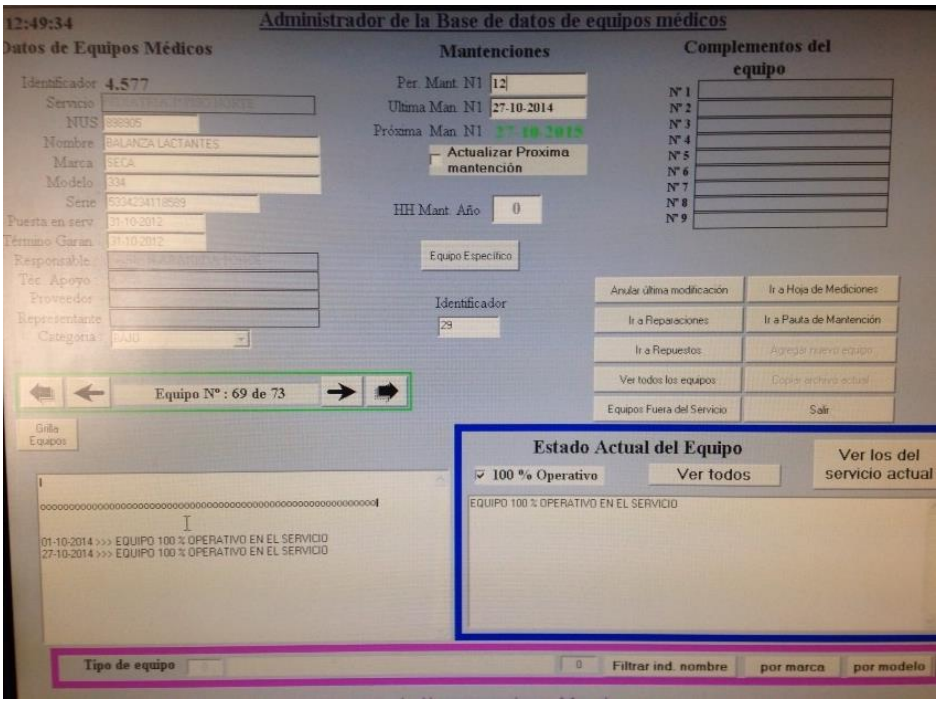
9.1. ANEXO 1: Distribución de tipos de equipos en cada Servicio o Unidad, Hospital Naval Almirante NEF (2014).

| Cod. | Servicio o Unidad | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ANATOMIA PATOLOGICA | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 9 | 24 |
| 2 | ANESTESIA | 0 | 69 | 6 | 1 | 41 | 1 | 0 | 102 |
| 3 | ANGIOGRAFÍA Y HEMODINAMIA | 0 | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| 4 | BANCO DE SANGRE | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 5 | CARDIOLOGÍA | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 30 |
| 6 | CENTRO QUIRÚRGICO | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 102 | 3 | 110 |
| 7 | CIRUGÍA | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 8 | RAYOS MÁXILO FACIAL | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 9 | CIRUGÍA MENOR | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 14 |
| 10 | MÁXILO FACIAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 11 | DERMATOLOGÍA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES | 0 | 0 | 1 | 15 | 0 | 3 | 0 | 6 |
| 13 | DIÁLISIS | 3 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |

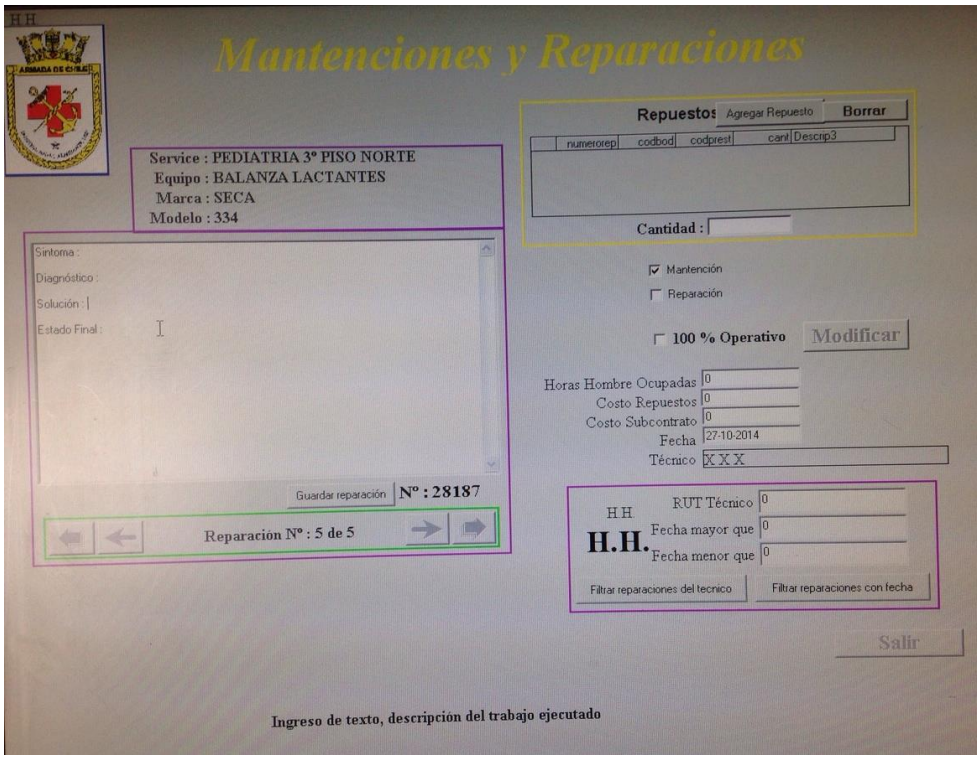
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | URGENCIA | 0 | 26 | 14 | 0 | 4 | 0 | 0 | 67 |
| 15 | ENDOSCOPÍA DIGESTIVA | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 34 | 0 | 39 |
| 16 | ENDOSCOPÍA NEUMOLÓGICA | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 10 |
| 17 | ENDOSCOPÍA UROLÓGICA | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 19 |
| 18 | ESTERILIZACIÓN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 19 | FARMACIA | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 20 | GINECOLOGÍA 2 SUR | 3 | 4 | 3 | 3 | 0 | 4 | 1 | 27 |
| 21 | HOSPITALIZACIÓN 2 NORTE | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 22 | PEDIATRIA 3 NORTE | 12 | 38 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| 23 | HOSPITALIZACIÓN 4º PISO | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| 24 | PENS PART CMA 5 NORTE | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 25 | HOSPITALIZACIÓN 6º PISO | 2 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 26 | PENSIONADO 7 PISO | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 27 | LABORATORIO | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 120 |
| 28 | MEDICINA GENERAL | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 29 | MEDICINA HIPERBÁRICA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 30 | MEDICINA NUCLEAR | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 31 | NEONATOLOGÍA | 1 | 11 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 50 |
| 32 | NEUMOLOGÍA | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 33 | NEUROLOGÍA | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 34 | OBSERVACIÓN Y REPOSO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 7 |
| 35 | OFTALMOLOGÍA | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 36 | ONCOLOGÍA 5 SUR | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 37 | OTORRINOLARINGOLOGÍA | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 38 |
| 38 | PSIQUIATRÍA | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 39 | REHABILITACIÓN | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 40 | SALA DE YESOS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 41 | UCI. CARDIOVASCULAR | 0 | 36 | 2 | 1 | 9 | 0 | 0 | 49 |
| 42 | UCI. GENERAL | 0 | 23 | 1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 68 |
| 43 | UCIM 3 SUR | 0 | 18 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 23 |
| 44 | CENTRO QUIRÚRGICO OBSTÉTRICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 45 | HALL D | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 46 | ATENCIÓN DOMICILIARIA | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 47 | RESONANCIA | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| 48 | RADIOTERAPIA | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 49 | CAPS VIÑA DEL MAR | 17 | 8 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 32 |
| 50 | CAPS VILLA ALEMANA | 12 | 6 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 53 |
| 51 | CAPS VALPARAISO | 13 | 13 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 64 |

Donde los grupos son:
G1: Balanzas
G2: Monitoreo
G3: Desfibriladores
G4: Ecógrafo y equipos de RX
G5: Ventilación y Anestesia
G6: Audio y video
G7: Microscopio
G8: Otros




9.2. ANEXO 2: Imágenes del sistema de mantenimiento utilizado en el Hospital Naval Almirante NEF (2014).

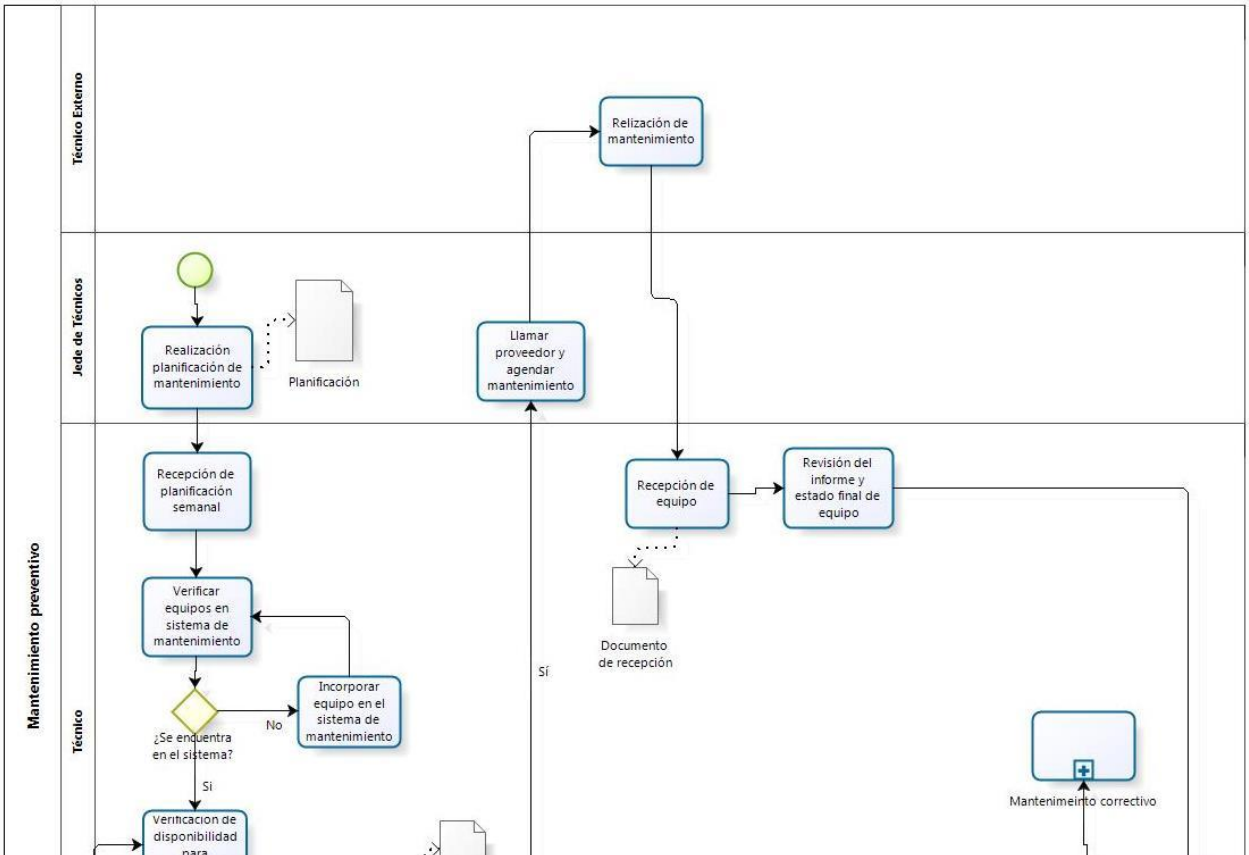



9.3. ANEXO 3: Horas de trabajo designadas para mantenimiento preventivo en cada Servicio o Unidad del Hospital Naval Almirante NEF (2014).

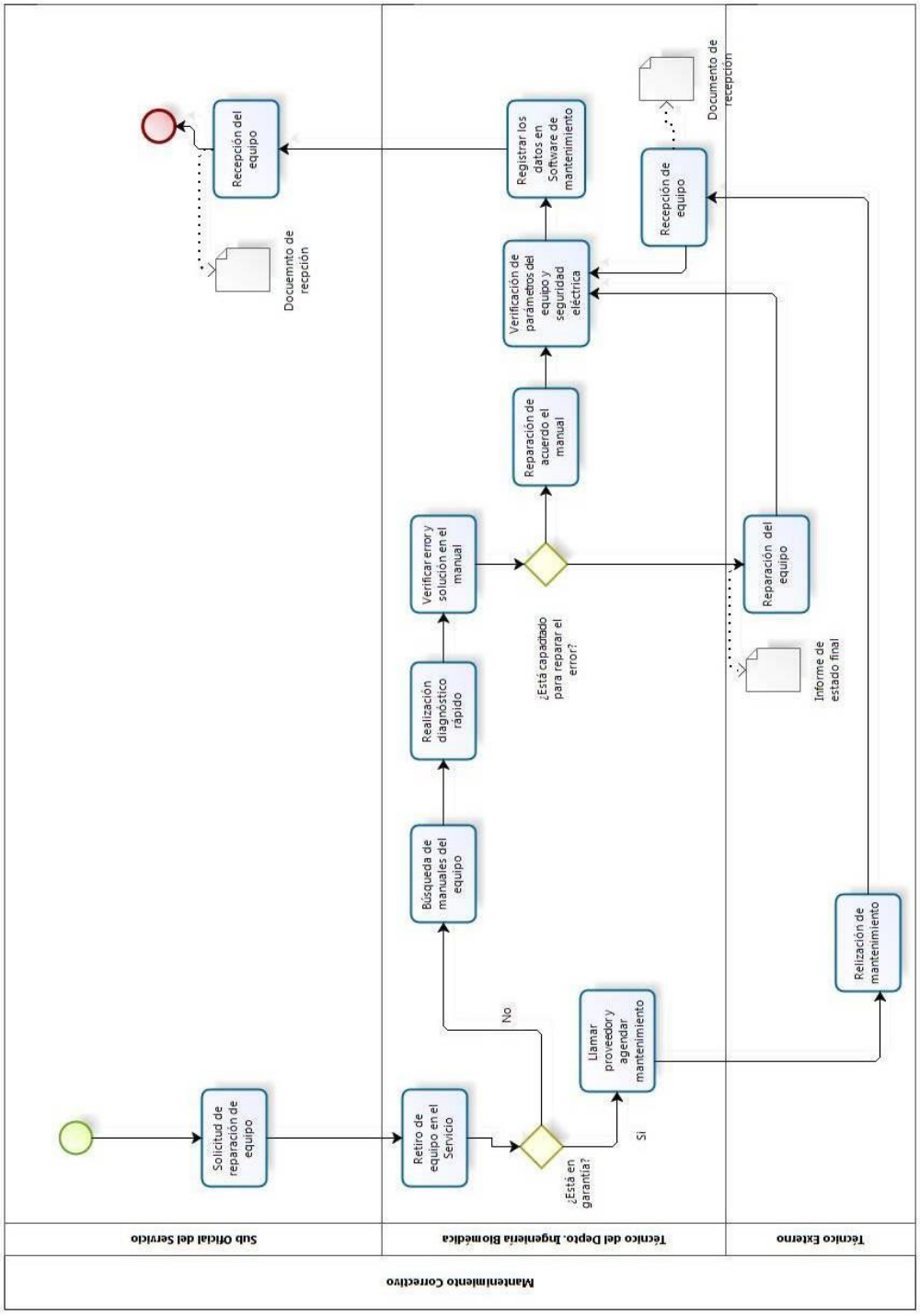
| Cod. | Servicio | Horas programación preventiva |
|---|---|---|
| 1 | ANATOMIA PATOLOGICA | 75 |
| 2 | ANESTESIA | 331 |
| 3 | ANGIOGRAFÍA Y HEMODINAMIA | 63 |
| 4 | BANCO DE SANGRE | 65 |
| 5 | CARDIOLOGÍA | 50 |
| 6 | CENTRO QUIRÚRGICO | 286 |
| 7 | CIRUGÍA | 9 |
| 8 | RAYOS MÁXILO FACIAL | 20 |
| 9 | CIRUGÍA MENOR | 26 |
| 10 | MÁXILO FACIAL | 39 |
| 11 | DERMATOLOGÍA | 3 |
| 12 | DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES | 65 |
| 13 | DIÁLISIS | 95 |
| 14 | URGENCIA | 159 |
| 15 | ENDOSCOPÍA DIGESTIVA | 107 |
| 16 | ENDOSCOPÍA NEUMOLÓGICA | 30 |
| 17 | ENDOSCOPÍA UROLÓGICA | 37 |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | ESTERILIZACIÓN | 7 |
| 19 | FARMACIA | 10 |
| 20 | GINECOLOGÍA 2 SUR | 78 |
| 21 | HOSPITALIZACIÓN 2 NORTE | 26 |
| 22 | PEDIATRIA 3 NORTE | 95 |
| 23 | HOSPITALIZACIÓN 4º PISO | 33 |
| 24 | PENS PART CMA 5 NORTE | 15 |
| 25 | HOSPITALIZACIÓN 6º PISO | 37 |
| 26 | PENSIONADO 7 PISO | 31 |
| 27 | LABORATORIO | 172 |
| 28 | MEDICINA GENERAL | 11 |
| 29 | MEDICINA HIPERBÁRICA | 5 |
| 30 | MEDICINA NUCLEAR | 26 |
| 31 | NEONATOLOGÍA | 117 |
| 32 | NEUMOLOGÍA | 26 |
| 33 | NEUROLOGÍA | 14 |
| 34 | OBSERVACIÓN Y REPOSO | 12 |
| 35 | OFTALMOLOGÍA | 74 |
| 36 | ONCOLOGÍA 5 SUR | 24 |
| 37 | OTORRINOLARINGOLOGÍA | 57 |
| 38 | PSIQUIATRÍA | 15 |
| 39 | REHABILITACIÓN | 82 |
| 40 | SALA DE YESOS | 4 |
| 41 | UCI. CARDIOVASCULAR | 143 |
| 42 | UCI. GENERAL | 145 |
| 43 | UCIM 3 SUR | 79 |
| 44 | CENTRO QUIRÚRGICO OBSTÉTRICO | 10 |
| 45 | HALL D | 9 |
| 46 | HALL A | 0 |
| 47 | ATENCIÓN DOMICILIARIA | 25 |
| 48 | RESONANCIA | 24 |
| 49 | RADIOTERAPIA | 10 |
| 50 | CAPS VIÑA DEL MAR | 73 |
| 51 | CAPS VILLA ALEMANA | 105 |
| 52 | CAPS VALPARAISO | 125 |

9.4. ANEXO 4: Proceso de mantenimiento preventivo utilizado actualmente en el Hospital Naval Almirante NEF (2014).



9.5. ANEXO 5: Proceso de mantenimiento correctivo utilizado actualmente en el Hospital Naval Almirante NEF (2014).




9.6. ANEXO 6: Documento de validación, Hospital Naval Almirante NEF (2014).

**Validación de documentos diseñados para el Hospital Naval Almirante NEF Viña del Mar**

Bajo el contexto de la tesis realizada, se proponen diferentes objetivos para mejorar la gestión del mantenimiento actual realizado en el Hospital. Para ello se debe validar los documentos realizados con el fin de verificar la conformidad o disconformidad de lo realizado.

A continuación debe seleccionar con una X el casillero que refleje mejor su opinión, en donde SI significa que está de acuerdo con los que presentado y NO que está disconforme con el desarrollo de la propuesta entregada

| | SI | NO |
|---|---|---|
| Está dispuesto en utilizar el diagrama de flujo de mantención preventiva | X | |
| Está dispuesto en utilizar el diagrama de mantención correctiva | X | |
| Implementaría el protocolo de priorización de mantención | X | |
| Implementaría el uso de los indicadores presentados | X | |

OBSERVACIONES:
Propuesta acedece y Resuelve los problemas Reales que se presentan en el Depto. Ing. Biomédica del Hospital
Implementación se dará inicio principios AÑO 2015 con alumnos pasantía.

ARMADA DE CHILE
HOSPITAL NAVAL ALMTE. NEF
JEFE BIOMEDICA

Nombre, cargo y firma.

JUAN VILLAVICENCIO E.
DEPTO. INGENIERÍA BIOMÉDICA
RUT. 9.367 974 - 1

Martes 19 de noviembre de 2014.

9.7. ANEXO 7: Clasificación de importancia del servicio en que se encuentra el equipo médico del Hospital Naval.

| Muy importante | Importante | Moderadamente importante |
|---|---|---|
| ANESTESIA | MÁXILO FACIAL | BANCO DE SANGRE |
| ANGIOGRAFÍA Y HEMODINAMIA | DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES | ANATOMIA PATOLOGICA |
| CARDIOLOGÍA | ENDOSCOPÍA DIGESTIVA | LABORATORIO |
| DIÁLISIS | ENDOSCOPÍA NEUMOLÓGICA | FARMACIA |
| URGENCIA | ENDOSCOPÍA UROLÓGICA | ESTERILIZACIÓN |
| GINECOLOGÍA 2 SUR | RAYOS MÁXILO FACIAL | SALA DE YESOS |
| HOSPITALIZACIÓN 2 NORTE | CIRUGÍA MENOR | |
| PEDIATRIA 3 NORTE | OBSERVACIÓN Y REPOSO | |
| PENS PART CMA 5 NORTE | DERMATOLOGÍA | |
| HOSPITALIZACIÓN 6º PISO | MEDICINA HIPERBÁRICA | |
| HOSPITALIZACIÓN 4º PISO | OFTALMOLOGÍA | |
| PENSIONADO 7 PISO | NEUMOLOGÍA | |
| MEDICINA GENERAL | NEUROLOGÍA | |
| NEONATOLOGÍA | REHABILITACIÓN | |
| MEDICINA NUCLEAR | OTORRINOLARINGOLOGÍA | |
| ONCOLOGÍA 5 SUR | ATENCIÓN DOMICILIARIA | |
| PSIQUIATRÍA | CENTRO QUIRÚRGICO | |
| UCI. CARDIOVASCULAR | CIRUGÍA | |
| UCI. GENERAL | HALL D | |
| UCIM 3 SUR | CENTRO QUIRÚRGICO OBSTÉTRICO | |
| RESONANCIA | RADIOTERAPIA | |