

MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO

ISABEL CRISTINA ARISMENDI ESPINOSA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO

ISABEL CRISTINA ARISMENDI ESPINOSA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: NAPOLEÓN ORTIZ
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2004

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. LA SALUD EN COLOMBIA	3
2. EQUIPOS BIOMÉDICOS	7
2.1 UNIDAD DE CUIDADA INTENSIVO ADULTO	7
2.1.1 Cama de tres planos	7
2.1.2 Monitor de signos vitales	8
2.1.3 Ventilador	9
2.1.4 Bomba de infusión	10
2.1.5 Electrocardiógrafo	11
2.1.6 Marcapasos interno transitorio	12
2.2 UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO NEONATAL	13
2.2.1 Incubadora cerrada neonatal	13
2.2.2 Lámpara de calor radiante o incubadora abierta neonatal	13
2.2.3 Bomba de microperfusión	14
2.3 UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVA PEDIATRICA	14
2.3.1 Desfibrilador	15
2.3.2 Pulso oxímetro	15
2.4 SALA DE CIRUGÍA	16
2.4.1 Mesa de cirugía	16
2.4.2 Máquina de anestesia	16
2.4.3 Lámpara quirúrgica	17
2.4.4 Electrobisturí	18
2.4.5 Capnógrafo	18
2.5 SERVICIOS OBSTETRICOS	19
2.5.1 Monitor fetal	19
2.5.2 Ecógrafo	19
2.6 OTROS SERVICIOS	19
2.6.1 Rayos x	20
2.6.2 Procesadora de placas de rayos x	21
2.6.3 Centrífuga	22

2.6.4	Autoclave	22
2.6.5	Sistema de video endoscopia	23
2.6.6	Tensiometro	23
2.6.7	Equipo de órgano de los sentidos	23
2.6.8	Laringoscopio	23
3.	MODOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO BIOMÉDICO	24
3.1	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	24
3.2	CONCEPTOS BÁSICOS EN LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	24
3.3	FORMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	25
3.3.1	Mantenimiento correctivo	25
3.3.2	Mantenimiento preventivo	25
3.4	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPO BIOMÉDICO	26
3.5	SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO	26
3.5.1	Codificación	26
3.5.2	Estándares de mantenimiento	27
3.5.3	Registro de equipos	27
3.5.4	Orden de trabajo	27
3.5.5	Hoja de vida	27
3.5.6	Manuales de mantenimiento	27
3.6	SUBCONTRATACIÓN DEL MANTENIMIENTO	28
3.7	INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	28
3.8	GESTIÓN DE REPUESTOS	29
4.	MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO	30
4.1	MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS	31
4.1.1	Misión	31
4.1.2	Visión	31
4.1.3	Objetivos	31
4.2	INVENTARIO DE EQUIPO BIOMÉDICO	31
4.3	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	34
4.4	OUTSOURCING Y COMODATO	36
4.5	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO	37
4.6	SISTEMA DE INFORMACIÓN	38
4.6.1	Codificación	38
4.6.2	Estándares de mantenimiento	40
4.6.3	Procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo Centrífugas	42
4.6.3.1	Introducción	42
4.6.3.2	Seguridades y precauciones especiales	43
4.6.3.3	Test de inspección y funcionamiento	44

4.6.3.4	Test cuantitativo	46
4.6.3.5	Mantenimiento preventivo	47
4.6.3.6	Test de aceptación	47
4.6.4	Ficha técnica, hoja de vida, solicitud de servicio, orden de trabajo y reporte de servicio	48
4.7	GESTION DE INSUMOS Y REPUESTOS	61
4.8	INDICES DE GESTIÓN	61
4.9	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO	64
5.	CONCLUSIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cama eléctrica.	7
Figura 2. Diagrama de bloques cama eléctrica	8
Figura 3. Monitor de signos vitales.	8
Figura 4. Diagrama de bloques monitor signos vitales	9
Figura 5. Ventilador.	9
Figura 6. Sistema típico de un ventilador.	10
Figura 7. Bomba de Infusión.	10
Figura 8. Sistema de control bomba de infusión	11
Figura 9. Electrocardiógrafo.	11
Figura 10. Configuración electrodos.	12
Figura 11. Marcapasos interno transitorio.	12
Figura 12. Incubadora cerrada neonatal.	13
Figura 13. Incubadora abierta neonatal.	14
Figura 14. Bomba de microperfusión.	14
Figura 15. Desfibrilador.	15
Figura 16. Pulso oxímetro.	15
Figura 17. Mesa de cirugía.	16
Figura 18. Máquina de anestesia.	16
Figura 19. Subsistemas máquina de anestesia.	17
Figura 20. Lámpara quirúrgica de dos satélites.	17
Figura 21. Electrobisturí.	18
Figura 22. Funcionamiento del electrobisturí.	18
Figura 23. Capnógrafo.	18
Figura 24. Monitor fetal.	19
Figura 25. Producción de rayos X.	20
Figura 26. Equipo de Rayos X Portátil.	20
Figura 27. Procesadora de Placas de Rayos X.	21
Figura 28. Sistema interno de la procesadora	21
Figura 29. Centrífuga.	22
Figura 30. Rotor fijo y móvil.	22
Figura 31. Esterilizador a vapor.	22
Figura 32. Sistema de video endoscopia.	23
Figura 33. Diagrama del Modelo Gerencial Propuesto.	30
Figura 34. Ubicación del Mantenimiento de Equipo Biomédico en la Organización.	31
Figura 35. Diagrama de Sistema de Información.	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Indicadores Oferta de Servicios de Salud y Seguridad Social	4
Tabla 2. Formato de Inventario.	33
Tabla 3. Puntos por Criterio.	35
Tabla 4. Nivel de Prioridad.	35
Tabla 5. Ejemplo de Programación de Mantenimientos.	38
Tabla 6. Código de Servicio o Unidad.	38
Tabla 7. Codificación para Equipos.	39
Tabla 8. Codificación Insumos, Repuestos de Equipo Biomédico y Equipos y Consumibles de Taller.	40
Tabla 9. Ficha técnica.	47
Tabla 10. Hoja de vida.	48
Tabla 11. Solicitud de servicio.	49
Tabla 12. Orden de trabajo.	49
Tabla 13. Reporte de servicio.	50

INTRODUCCIÓN

El crecimiento global en la innovación de soluciones técnicas como soporte de la medicina, ha desencadenado un importante avance en la investigación biomédica a nivel mundial, además del gran crecimiento de las instituciones prestadores de servicios en salud en nuestro país generando la necesidad de mejorar la calidad, la eficiencia y la eficacia en la prestación de servicios de salud. En gran medida la Tecnología Biomédica apoya el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, siendo de vital importancia que exista confiabilidad en el funcionamiento de los Equipos Biomédicos, factor ligado directamente al mantenimiento.

El mantenimiento desarrollado en la mayoría de los Equipos Biomédicos durante mucho tiempo se realizaba solo cuando se presentaban correctivos y sin ningún registro histórico, hasta el año 2002 por exigencia del Ministerio de Salud¹ se empezó a implementar las hojas de vida de equipos y el registro de mantenimientos preventivos realizados. Esta implementación no se ha realizado bajo el enfoque de mejoramiento de calidad, eficiencia y eficacia del servicio prestado por la institución.

Tradicionalmente, la mayor parte de las decisiones sobre equipos biomédica han sido tomadas por personas no calificadas; tales decisiones requieren información sobre la efectividad de la nueva tecnología, su cumplimiento de acuerdo al diseño, efectos producidos y conservación del mismo bajo una política de mantenimiento adecuada. Hasta bien avanzado el siglo veinte, esa información en Colombia se obtuvo en gran medida, mediante la observación empírica y sin políticas fuertes que llevaran a buen termino la puesta en marcha y funcionamiento de los equipos.

Las personas más interesadas en una buena gestión en el mantenimiento de equipo biomédico son los dueños de las instituciones de salud, porque les representa un menor costo sobre lo relacionado a los equipos maximizándose su funcionamiento; a los doctores porque pueden estar seguros que los equipos que están utilizando son confiables; los pacientes porque tendrán un mejor diagnostico, tratamiento, prevención y control de las enfermedades.

¹Decreto numero 2309 de 2002 Por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud.

De aquí nace el desarrollo de un modelo gerencial para el mantenimiento de equipo biomédico basado en las estrategia gerenciales de mantenimiento existentes, con el fin de optimizar los procesos en mantenimiento en las instituciones prestadores de servicios en salud, mejorando el servicio prestada por ellas y haciéndolas competitivas.

Para desarrollar un buen modelo es necesario conocer los equipos en su funcionamiento y tecnología, conocer y manejar los modelos de gestión en mantenimiento aplicables a ellos, generando así el modelo gerencial para la puesta en marcha de la gestión de mantenimiento.

1. LA SALUD EN COLOMBIA

La Atención de Salud se define como el conjunto de servicios que se prestan al usuario en el marco de los procesos propios del aseguramiento, así como de las actividades, procedimientos e intervenciones asistenciales en las fases de promoción y prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación que se prestan a toda la población.²

La Ley 100 de 1993 «por la cual se crea el sistema de Seguridad Social Integral³» establece una legislación nueva sobre Seguridad Social para Colombia, con énfasis en el Sistema General de Pensiones en el Libro Primero, en el Sistema General de Seguridad Social en Salud en el Libro Segundo, en el Sistema General de Riesgos Profesionales en el Libro Tercero y en Servicios Sociales Complementarios en el Libro Cuarto.

La reforma en salud en Colombia a partir de la Ley 100 se orientó en 3 direcciones: la desmonopolización de la seguridad social en salud para los trabajadores del sector privado, al brindarle a todos los asalariados la opción de elegir la entidad que les preste el servicio de salud; la presencia del sector privado como opción adicional al Instituto de Seguros Sociales y la aparición de un sector subsidiado que se sustenta en la creación de un Fondo de Solidaridad y Garantía, y que brinda aseguramiento a la población pobre del país.

Los principios generales de la Ley, expresados en el Capítulo 1, Artículo 2, establecen «el servicio público esencial de seguridad social se prestará con sujeción a los principios de eficiencia, universalidad, solidaridad, integralidad, unidad y participación.» Además, en el Artículo 153 establece los fundamentos del servicio público de salud, y define que los patrones rectores del Sistema General de Seguridad Social en Salud son equidad, obligatoriedad, protección integral,

²Decreto 2309 de 2002. Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud. Título I, artículo 3.

³Congreso de Colombia. Ley 100 de 1993. Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones. Bogotá, diciembre 23 de 1993

libre elección, autonomía de instituciones, descentralización administrativa, participación social, concertación y calidad⁴.

Los Indicadores en Oferta de Servicios de Salud y Seguridad Social⁵ nos dan un número de la cantidad de pacientes que permanentemente se atienden e las instituciones de salud en Colombia, además de la cantidad de personal médico por cada mil habitantes, observando que ni la totalidad de la población posee servicio en salud, además que el personal medico no es el suficiente o esta mal distribuido.

Tabla 1. Indicadores Oferta de Servicios de Salud y Seguridad Social

COBERTURAS DE SERVICIOS DE SALUD		
Atención Prenatal	Consulta atendida por médico	86,90%
	Consulta atendida por enfermera	3,90%
	Promedio de Visitas prenatales	6
	Madres que recibieron vacuna antitetánica	87,70%
Atención del Parto	Parto Institucional	93%
	Proporción de partos atendidos por médico	91,30%
	Proporción de partos atendidos por enfermera	0,70%
	Proporción de partos atendidos por auxiliar de enfermería	1%
	Proporción de partos atendidos por promotora	0,50%
	Proporción de partos atendidos por parteras	3,80%
Usuarías de algún método de planificación familiar	En unión	77%
	Sin unión	84%
	Rurales	75%
	Urbanas	78%
Razón de egresos hospitalarios por 1000 habitantes en el 2000 [20]		123
Número de establecimientos de atención ambulatoria [21]	Total	33.029,00
	Sector	
	Público	5.427
	Sector Privado	276

⁴Luis Alberto Tafur Calderón, M.D. El sistema de salud de Colombia después de la Ley 100, Colombia Médica 1996; 27: 44-7

⁵<http://www.paho.org>, Indicadores 2002

RECURSOS HUMANOS EN SALUD (Estimaciones para 2002) [20]	
Razón de médicos por 1000 habitantes	1,35
Razón de enfermeros profesionales por 1000 habitantes	0,55
Razón de odontólogos por 1000 habitantes	0,78
Razón de personal de enfermería no universitario por 1000 habitantes	1,82
Número de médicos egresados por año	2273
Número de enfermeros profesionales egresados por año	886

[20] Ministerio de Salud: II Encuentro Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades Crónicas (ENFREC II) y III Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB III). 1998

[21] Ministerio de Salud. Inventario IPS ambulatoria, 2001

La Ley contempla aspectos de calidad en la prestación de los servicios, aspectos que hasta ahora algunas entidades de salud han considerado tangencialmente pero que implican inversiones en equipos al obligar a la modernización, así como a la adecuación de las instalaciones y a la capacitación y educación continua del personal⁶.

Con el nuevo sistema en salud en Colombia nacen las Entidades Promotoras de Salud y las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. Las Entidades Promotoras de Salud EPS, son las entidades responsables de la afiliación y el registro de los afiliados y del recaudo de sus cotizaciones, por delegación del Fondo de Solidaridad y Garantía. Su función básica será organizar y garantizar, directa o indirectamente, la prestación del Plan de Salud Obligatorio a los afiliados.⁷

Las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud IPS prestan los servicios de salud en su nivel de atención correspondiente a los afiliados y beneficiarios adscritos a las EPS's⁸, cumpliendo así con el Plan de Salud obligatorio. Sus

⁶Luis Alberto Tafur Calderón, M.D. El sistema de salud de Colombia después de la Ley 100, Colombia Médica 1996; 27: 44-7

⁷Ley 100 de 1993. Título III, artículo 177.

⁸Ley 100 de 1993. Título II, artículo 185.

actividades consisten principalmente en la atención a pacientes bajo la supervisión directa de personal médico y paramédico, comprendiendo en general servicios de laboratorios, instalaciones técnicas, radiología, anestesiología, urgencias, alimentación en caso de hospitalización, etc.

Dentro de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud se encuentran las Clínicas, Centros de Salud y Centrales de Urgencias. Cada una de estas instituciones cuenta con una infraestructura y dotación hospitalaria adecuada para poder prestar un servicio de calidad. Las instituciones públicas y privadas en las cuales el valor de los contratos suscritos con la nación o las entidades territoriales representen más del treinta por ciento (30 %) de sus ingresos totales, deberán destinar como mínimo el 5 % del total de su presupuesto a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria⁹. Dentro de la dotación hospitalaria se encuentran los Equipos Biomédicos.

⁹Ley 100 de 1993. Título II, artículo 189.

2. EQUIPOS BIOMÉDICOS

Se entiende por Equipo Biomédico todo aparato o maquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, mecánicas y/o híbridas; desarrollado para realizar las actividades de prevención, diagnostico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.¹⁰

En el decreto numero 2309 de 2002 que define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en la Atención en Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud, en su anexo técnico 1, resolución 1439, numeral 3 define los estándares de dotación y mantenimiento mínimos, obligatorios por servicio.

Dentro de esta dotación se encuentran los Equipos Biomédicos, en seguida nombrare los más importantes, explicando su funcionamiento y sus partes de acuerdo a su distribución por servicios.

2.1 UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO ADULTO

Esta unidad atiende a los pacientes críticos adultos, se encuentra dividida en cubículos, cada uno debe tener los siguientes equipos:

2.1.1 Cama de tres planos

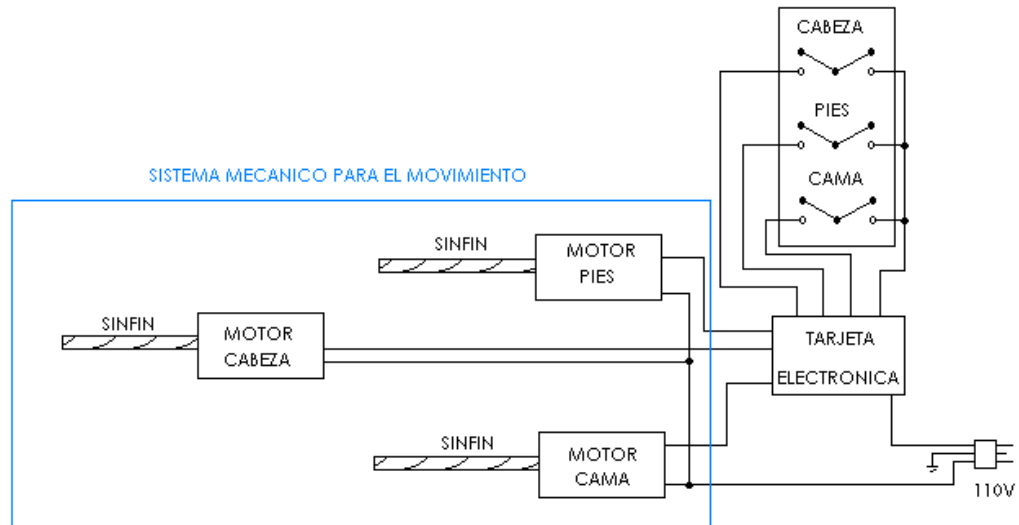
La cama de tres planos o cama eléctrica (ver Fig. 1) es una cama la cual tiene tres movimientos realizados con motores por medio de un sistema mecánico. Subida y bajada de la cama completa, subida y bajada de la zona de la cabeza y por ultimo, subida y bajada de la zona de los pies. Por lo general tiene un control de mano con pulsadores o interruptores que dan la señal a la tarjeta electrónica que controla los motores para realizar los movimientos (ver Fig. 2).

Figura 1. Cama Eléctrica



¹⁰ Decreto 1769 de 1994, artículo 5.

Figura 2. Diagrama de bloques cama eléctrica



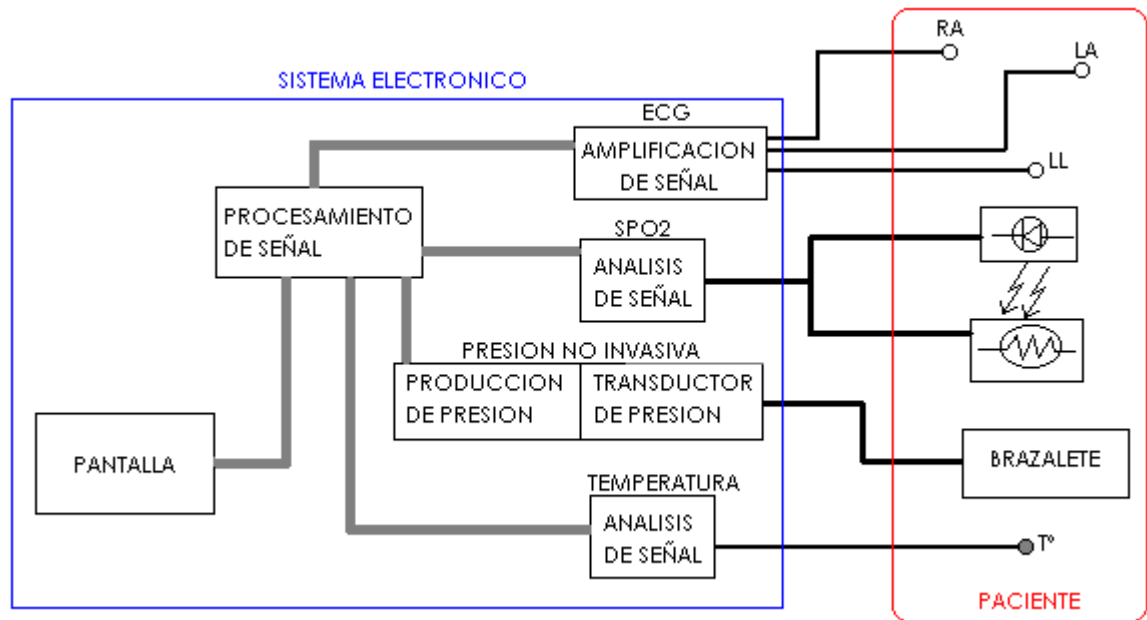
2.1.2 Monitor de signos vitales (ver Fig. 3)

Es un sistema electrónico de monitoreo fisiológico que mide y muestra las formas de onda o datos numéricos de varios parámetros, que incluyen electrocardiografía, rata respiratoria, presión sanguínea invasiva y no invasiva, temperatura corporal, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y en ocasiones gases respirados; por medio de electrodos y dispositivos que traducen la señal fisiológica a eléctrica, procesando estas señales electrónicamente para mostrarlas numérica y gráficamente (ver Fig. 4).

Figura 3. Monitor de Signos Vitales



Figura 4. Diagrama de bloques monitor signos vitales



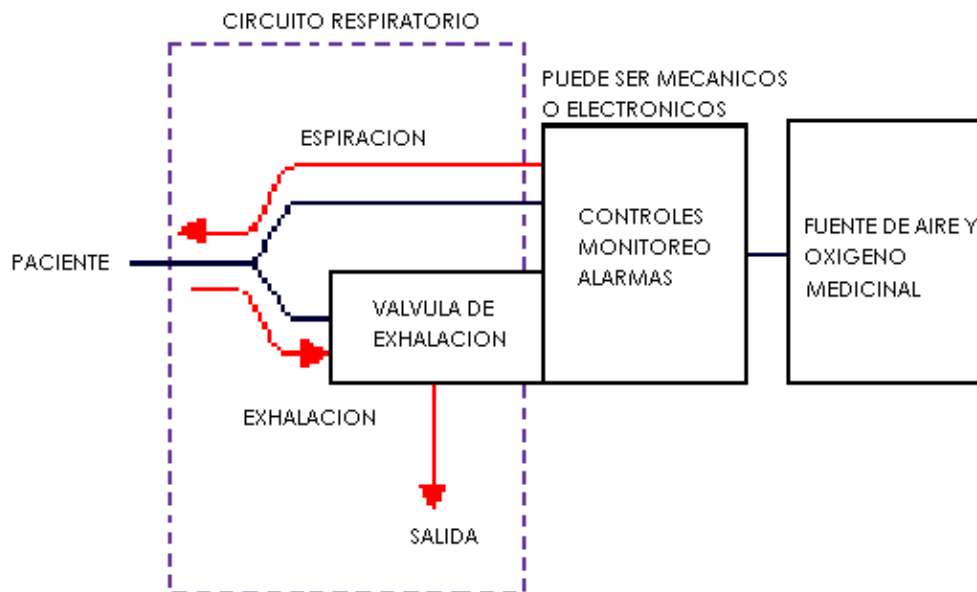
2.1.3 Ventilador

El ventilador (ver Fig. 5) provee soporte ventilatorio temporal o asistencia respiratoria a pacientes que no pueden respirar por si solos. Un ventilador típicamente consiste de un circuito respiratorio flexible, un sistema de control electrónico y mecánico, una entrada de gases (oxígeno y aire medicinal), monitoreo y alarmas (ver Fig. 6).

Figura 5. Ventilador.



Figura 6. Sistema típico de un ventilador¹¹.



2.1.4 Bomba de infusión

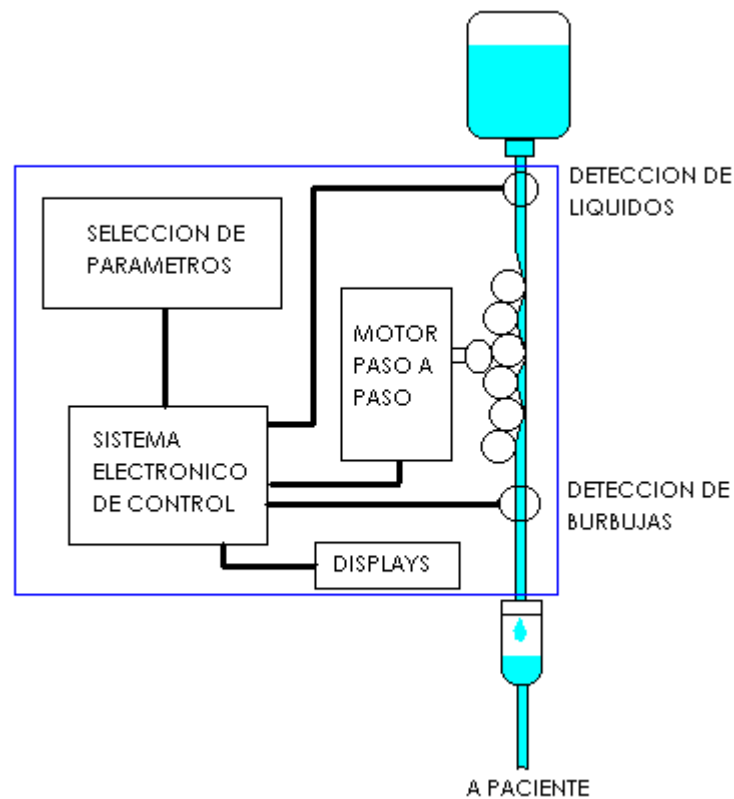
Una bomba de infusión (ver Fig. 7) libera líquidos a través de un catéter, el cual es regulado por un sistema electrónico y mecánico. El catéter es cerrado o abierto por movimientos de rodillos manejados por un motor paso a paso, que depende de la dosificación seleccionada por el usuario, además de detectar cuando el líquido a terminado y si hay burbujas de aire dentro del sistema, todo controlado electrónicamente, figura 8.

Figura 7. Bomba de Infusión



Figura 8. Sistema de control bomba de infusión

¹¹ ECRI. Healthcare product comparison system. CD informativo.



2.1.5 Electrocardiógrafo

Un electrocardiógrafo detecta las actividades del corazón y reproduce un gráfico grabado como respuesta de un voltaje en el tiempo. Este equipo tiene un sistema electrónico que detecta los pequeños impulsos eléctricos en milivoltios por medio de electrodos y los amplifica para dibujarlos en la curva de electrocardiografía (ver Fig. 9). Los electrodos tienen dos configuraciones para la toma de la señal, electrodos bipolares y los precordiales, conectados como en la figura 10. Este equipo es compartido para toda la unidad.

Figura 9. Electrocardiógrafo.

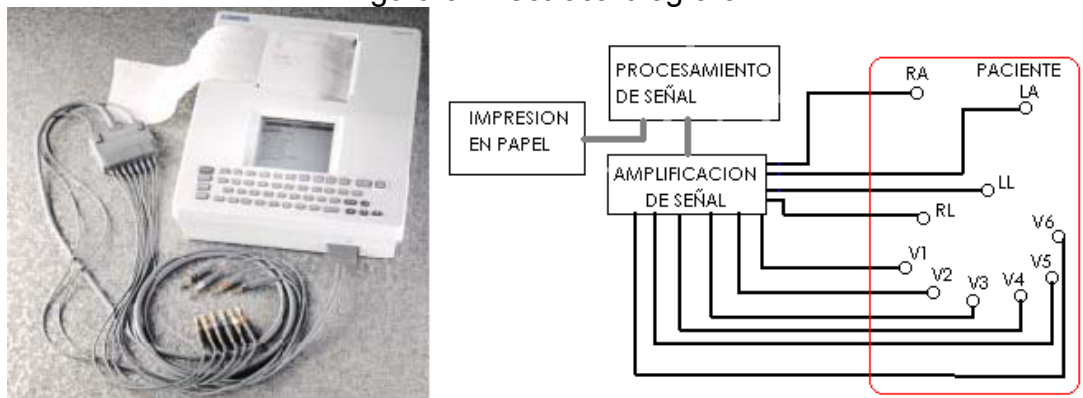
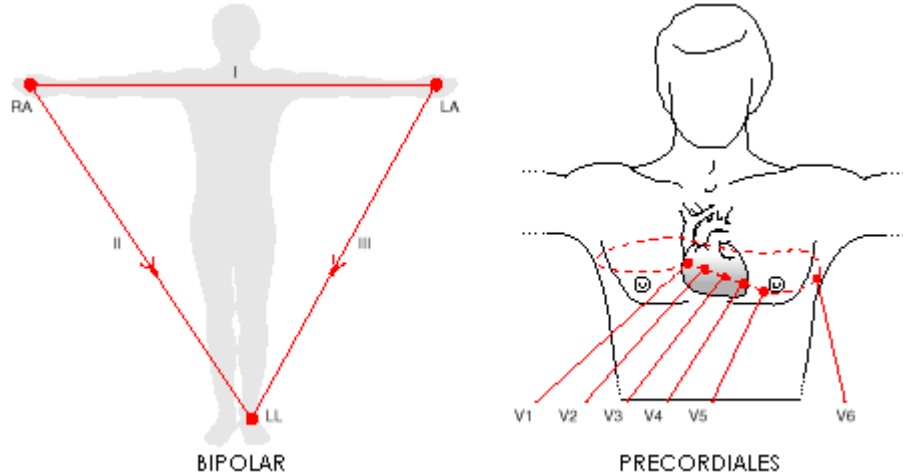


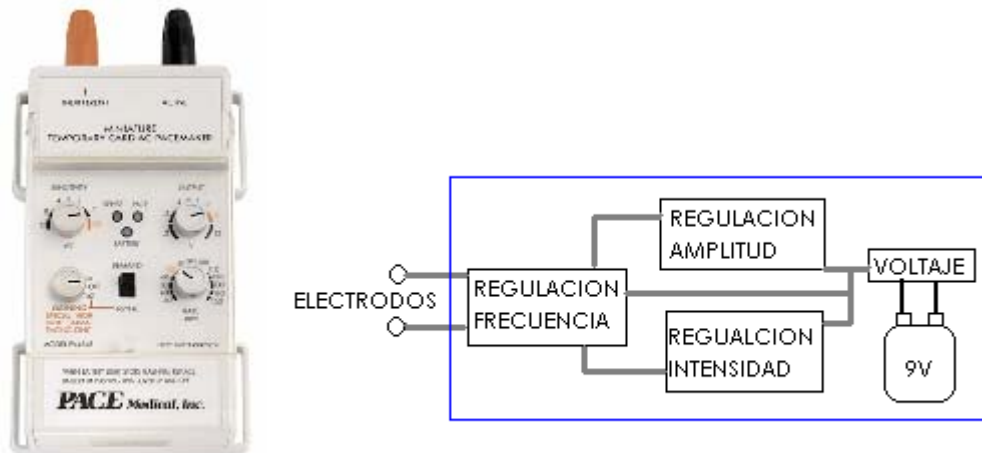
Figura 10. Configuración electrodos.¹²



2.1.6 Marcapasos interno transitorio

Un marcapasos interno transitorio (ver Fig. 11) es usado para la estimulación temporal del corazón produciendo las contracciones cuando el nodo sinusal no funciona apropiadamente o cuando el corazón tiene un desorden conductivo. El equipo genera impulsos eléctricos por medio de un sistema electrónico con una fuente de voltaje de 9 voltios regulando la amplitud, intensidad y frecuencia de la salida a través de un electrodo. Este equipo es compartido para toda la unidad.

Figura 11. Marcapasos Interno Transitorio.



¹² ECRI. Healthcare product comparison system. CD informativo.

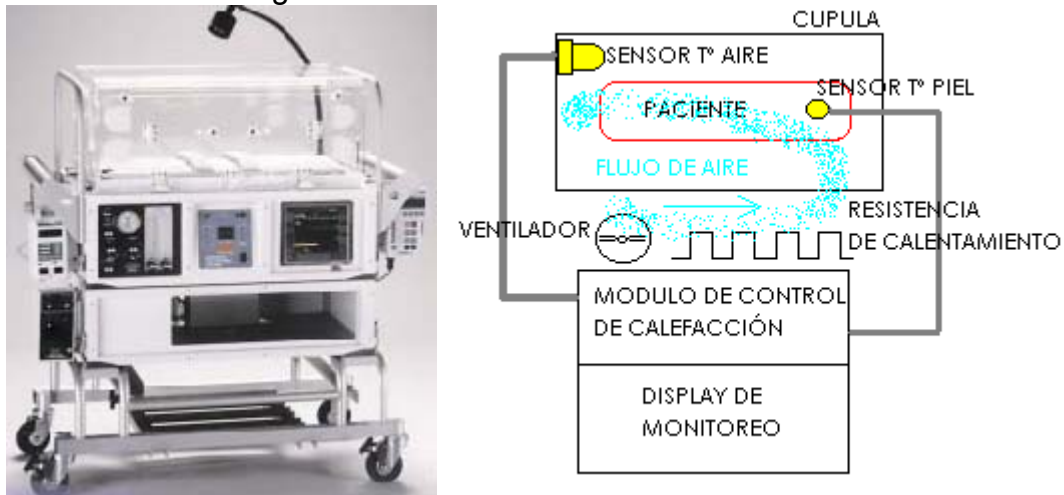
2.2 UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO NEONATAL

Esta unidad atiende a los pacientes críticos neonatales (recién nacidos), se encuentra dividida en cubículos, cada uno además de tener monitor de signos vitales, ventilador, bomba e infusión, electrocardiógrafo y marcapasos interno, debe tener los siguientes equipos:

2.2.1 Incubadora cerrada neonatal

Una incubadora cerrada neonatal (ver Fig. 12) provee un ambiente cerrado y controlado que calienta al bebe por circulación de aire caliente sobre la piel. El calor es adsorbido por el cuerpo por la conducción de los tejidos y la convección de la sangre. Un sistema electrónico de sensado del aire o de la piel del paciente mantiene regulada la temperatura dentro de la incubadora, una resistencia y un motor con una hélice mantiene la circulación de aire caliente.

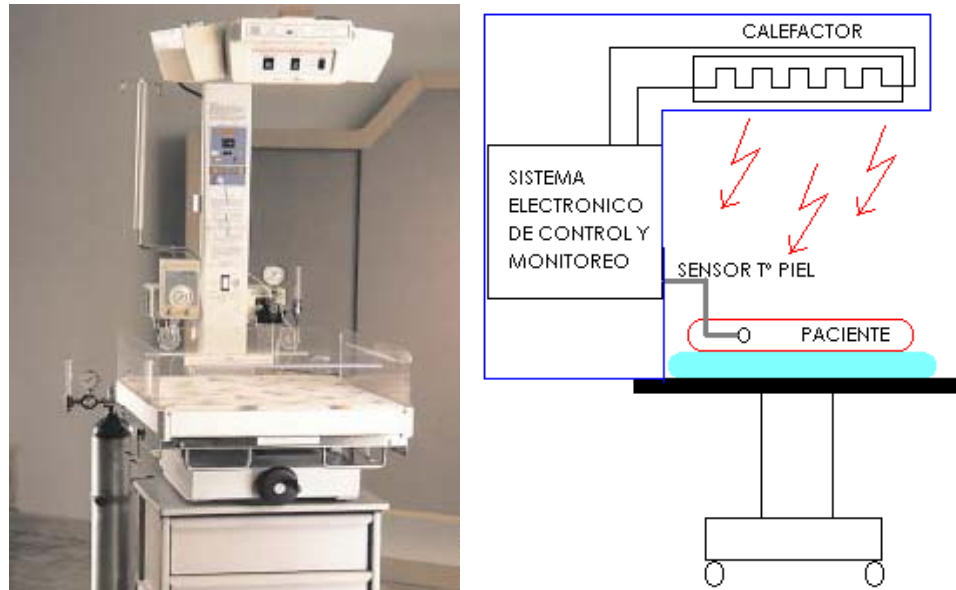
Figura 12. Incubadora Cerrada Neonatal.



2.2.2 Lámpara de calor radiante o incubadora abierta neonatal

Esta incubadora (ver Fig. 13) es normalmente usada para proveer soporte térmico para recién nacidos, quienes requieren constante intervención médica o necesiten intervenciones quirúrgicas en ambientes no fríos. Una resistencia de calentamiento que se encuentra en la parte superior de la incubadora, es controlada por un sistema electrónico que por medio de un sensor de piel mide la temperatura del bebe y regula el calentamiento por radiación.

Figura 13. Incubadora Abierta Neonatal.



2.2.3 Bomba de microperfusión

Una bomba de microperfusión administra fluidos intravenosos como antibióticos, anestesia regional, medicamentos antiarrítmicos y agentes quimioterapéuticos. Este equipo asegura una alta exactitud del volumen liberado a pequeños volúmenes de potentes agentes farmacológicos. Es controlado por un sistema electrónico que regula un motor paso a paso para dar la dosis seleccionada (ver Fig. 14).

Figura 14. Bomba de Microperfusión.



2.3 UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVO PEDIÁTRICA

Esta unidad atiende a los pacientes críticos pediátricos, se encuentra dividida en cubículos los cuales tienen: cama de tres planos, monitor de signos vitales, ventilador y bomba de infusión, además para toda la unidad tiene los siguientes equipos electrocardiógrafo, marcapasos, analizador de gases arteriales y los siguientes:

2.3.1 Desfibrilador

Un desfibrilador (ver Fig. 15) es un equipo el cual realiza un descarga de energía eléctrica, la cual es transmitida por el cuerpo al corazón para activar su ritmo cardiaco. El equipo contiene por lo general dos condensadores con capacidad para almacenar altas cargas de energía que son aprovechadas para la descarga que necesita sobre el paciente, se tienen un circuito electrónico para regular la cantidad de la carga a almacenar y a descargar según el peso del paciente. Por lo general el equipo también posee la función de monitorizar la curva de electrocardiografía.

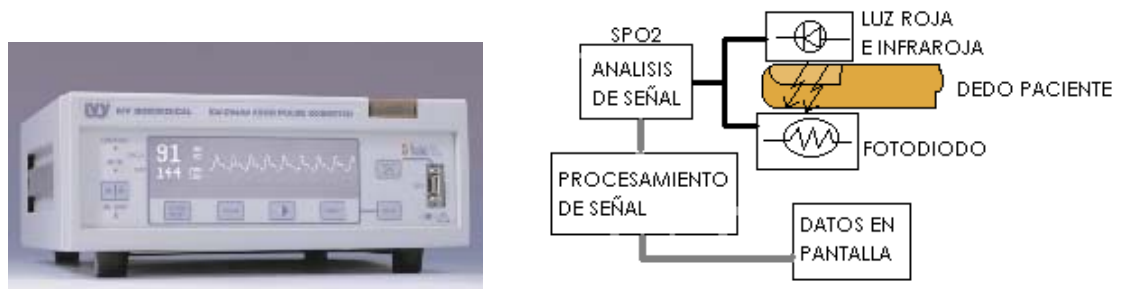
Figura 15. Desfibrilador.



2.3.2 Pulso oxímetro

El equipo (ver Fig. 16) mide el porcentaje de oxígeno presente en la sangre y la frecuencia de pulso. La información se presenta en forma numérica o en forma de onda en un display. La medición la hace por diferencia de longitud de onda de una fuente de luz roja e infrarroja, en un sistema electrónico que analiza esta diferencia y muestra el porcentaje de oxígeno presente en la sangre el paciente y la frecuencia cardiaca dependiendo la información obtenida.

Figura 16. Pulso Oxímetro.



2.4 SALA DE CIRUGÍA

Es el lugar donde se practican los procedimientos quirúrgicos, además de compartir con las demás salas de cirugía el desfibrilador, cada una debe tener:

2.4.1 Mesa de cirugía

La mesa de cirugía (ver Fig. 17) proporciona una superficie elevada que soporta el cuerpo del paciente durante los procedimientos quirúrgicos, estabilizando la posición del paciente y dándose una exposición óptima del campo quirúrgico. Las mesas de cirugía tienen los siguientes movimientos: trendelembur, reverso de trendelembur, lateral, ascendente, descendente y movimientos de cada sección (cabeza, cuerpo y piernas). Estos movimientos pueden ser mecánicos, hidráulicos y eléctricos con controles manuales o electrónicos.

Figura 17. Mesa de Cirugía.



2.4.2 Máquina de anestesia

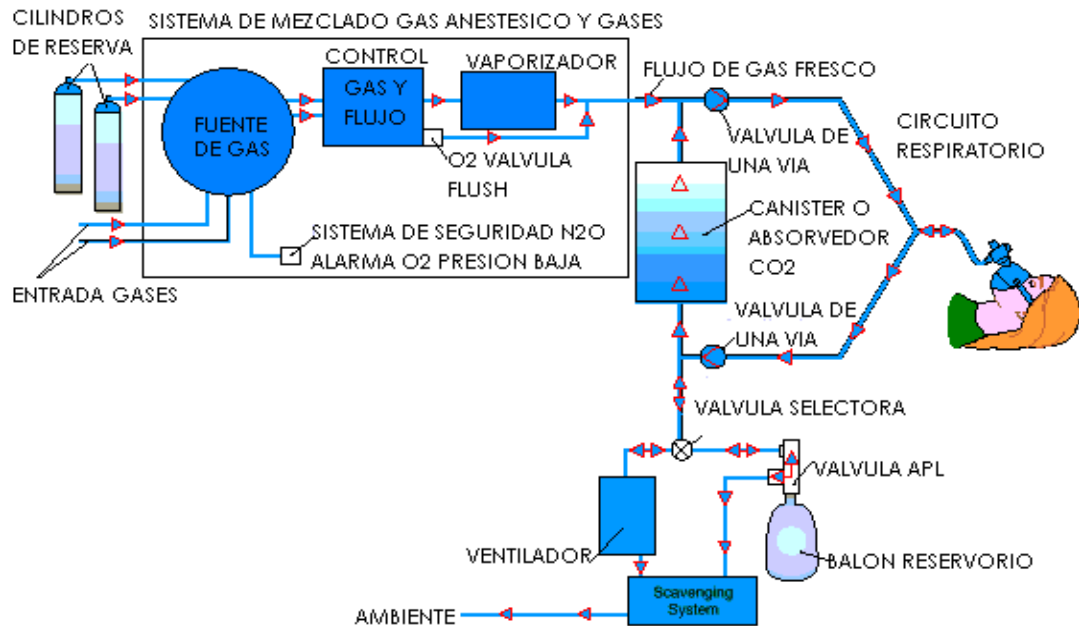
La máquina de Anestesia (ver Fig. 18) es un respirador usado para liberar gases anestésicos de inhalación durante los procesos quirúrgicos que requieran anestesia general.

Figura 18. Máquina de Anestesia.



Tiene cuatro subsistemas: sistema de mezcla de gases (oxígeno, aire medicinal, N₂O) y anestesia (vaporizadores), sistema respiratorio, ventilador y sistema evacuación de gases, accesorio a ellos esta la monitorización; como vemos en la figura 19.

Figura 19. Subsistemas Maquina de Anestesia.



2.4.3 Lámpara cirúrgica

La lámpara cirúrgica (ver Fig. 20) ilumina el lugar o campo quirúrgico para óptima visualización de pequeños objetos de bajo contraste a varios puntos de incisión y cavidades del cuerpo, reduciendo sombras y minimizando la distorsión del color. Opera en periodos extendidos de tiempo sin radiación excesiva de calor que pueda causar disconformidad o el secado de los tejidos en el lugar de la cirugía. Tiene un sistema eléctrico para manejar la intensidad y mecánico para los movimientos y frenado.

Figura 20. Lámpara cirúrgica de dos satélites.



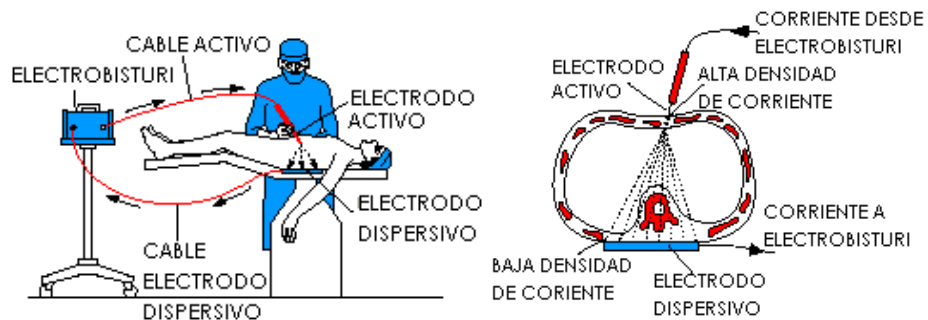
2.4.4 Electro bisturí

El electro bisturí (ve Fig. 21) es utilizado para cortar y coagular tejido celular. EL equipo produce corrientes a frecuencias mayores de 100 kHz, esta corriente genera calor en el tejido. La salida es por medio de una pequeña superficie (electrodo activo) que hace contacto con el área a ser cortada y el retorno por una superficie grande (electrodo neutro) el cual proporciona una trayectoria de retorno a las corrientes de altas frecuencias en los tejidos del cuerpo evitando efectos físicos, como se observa en la figura 22.

Figura 21. Electro bisturí.



Figura 22. Funcionamiento del electro bisturí.



2.4.5 Capnógrafo

El capnógrafo (ver Fig. 23) es un monitor de gas exhalado que mide la presión parcial de CO_2 (PCO_2) presente en la muestra tomada y la concentración medida a final de una exhalación (ETCO_2). La medida la hace por espectroscopia de adsorción infrarroja y por medio de un sistema electrónico lo muestra en forma numérica o en forma de onda.

Figura 23. Capnógrafo.



2.5 SERVICIOS OBSTETRICOS

Esta unidad atiende a las pacientes embarazadas. Los equipos utilizados en esta área son:

2.5.1 Monitor fetal

EL monitor fetal (ver Fig. 24) es un equipo electrónico que da información numérica y grafica de la frecuencia cardiaca del feto y la actividad uterina para ayuda del personal clínico. La frecuencia cardiaca fetal la detecta por medio de un transductor de ultrasonido y la actividad uterina por un transductor de presión.

Figura 24. Monitor fetal.



2.5.2 Ecógrafo

El ecógrafo muestra imágenes de dos dimensiones de tejido blando para exámenes abdominales y gineco/obstetricos. El equipo utiliza un transductor con uno o mas elementos piezoeléctricos que convierte una señal eléctrica en energía ultrasónica que se transmite por los tejidos, es refractada por estos, el transductor lo reconvierte en señal eléctrica y se dibuja la grafica en la pantalla.

2.6 OTROS SERVICIOS

Encontramos los servicios de Rayos X , Laboratorio Clínico, esterilización, endoscopia. A continuación nombrare alguno de los equipos utilizados en estas áreas:

2.6.1 Rayos x

Este equipo genera un haz de rayos X a la cual es expuesto las partes del cuerpo humano y una placa en donde por adsorción se dibuja los tejidos del área expuesta. Este equipo utiliza un sistema electrónico de control y eléctrico de alto voltaje sobre un tubo de generación de rayos X, excitando al cátodo para que produzca una reacción en el ánodo de Tungsteno produciéndose así el haz de rayos X sobre el paciente, ver figura 25. Hay equipos fijos y portátiles como el de la figura 26.

Figura 25. Producción de rayos X.

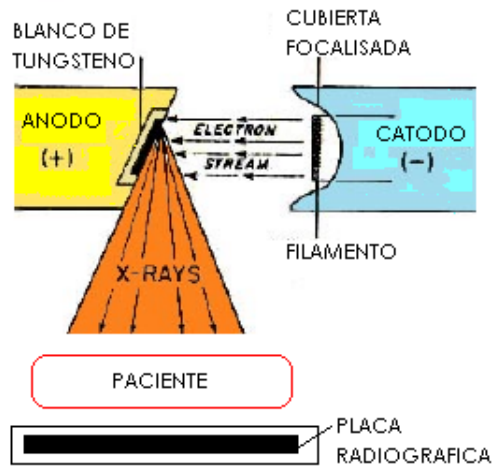


Figura 26. Equipo de Rayos X Portátil



2.6.2 Procesadora de placas de rayos x

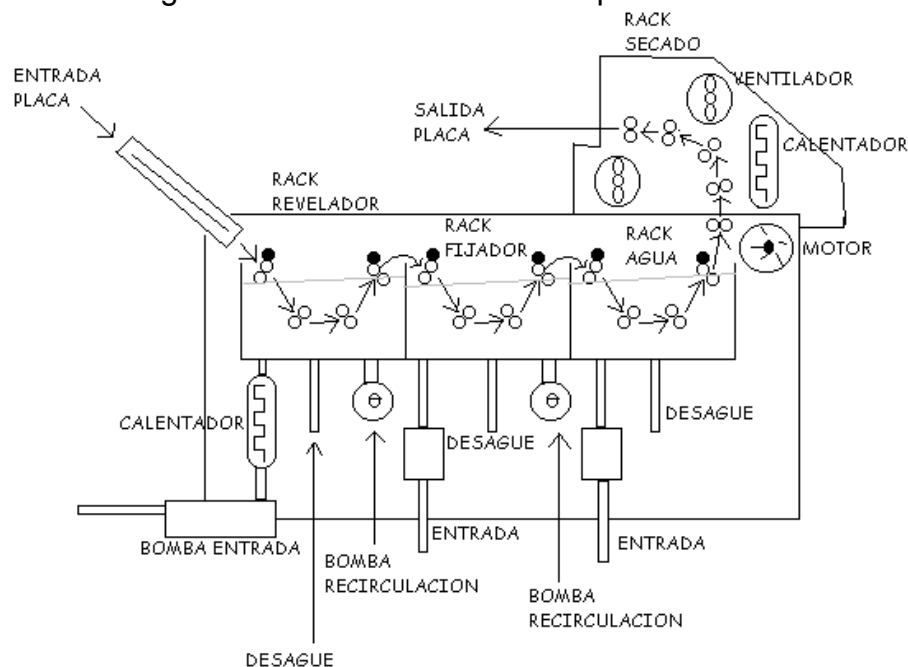
Este equipo (ver Fig. 27) revela las placas que han sido expuestas ha rayos X. Por medio de un proceso mecánico controlado electrónicamente, la placa pasa por unos procesos de revelado, fijado, lavado y secado.

Figura 27. Procesador de placas de Rayos X.



La placa que ha sido expuesta a rayos X pasa por un proceso de revelado, este liquido debe estar regulado aproximadamente a 35°C para eliminar el cloruro de plata que no fue expuesto; luego pasa por el fijador en donde el fijado las partículas de plata; luego por agua para ser limpiadas y finalmente por un rack de aire caliente para su secado. Los líquidos deben estar en constante recirculación para evitar suciedad y grumos de partículas, ver figura 28.

Figura 28. Sistema interno de la procesadora.



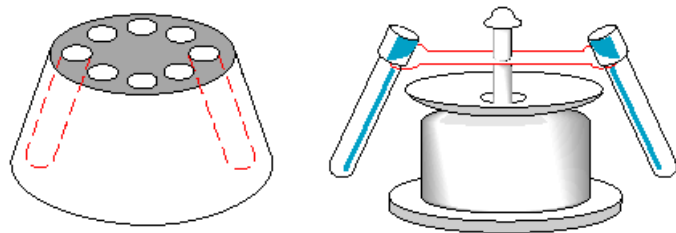
2.6.3 Centrífuga

La centrífuga (ver Fig. 29) aplica la fuerza centrípeta para separar partículas suspendidas en líquidos o para separar líquidos de diferentes densidades. El equipo tiene un sistema eléctrico que regula el tiempo y la velocidad seleccionada del motor, el rotor debe generar o tener una angulación por las fuerzas que se presentan como vemos en la figura 30.

Figura 29. Centrífuga.



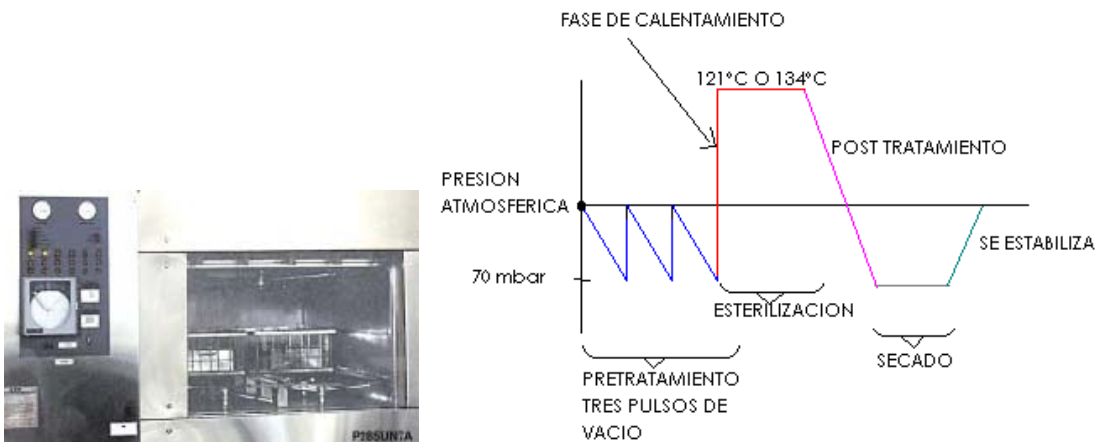
Figura 30. Rotor fijo y móvil.



2.6.4 Autoclave

También llamado esterilizador (ver Fig. 31) limpia y esteriliza el instrumental y ropa que se haya contaminado con sangre y otras sustancias. Existen cuatro sistemas de esterilización: por vapor de agua, por plasma, formaldehído y oxido de etileno. Todos utilizan un sistema de control electrónico o eléctrico, con electro válvulas y tuberías de conducción. En la figura vemos el proceso que se lleva a cabo en los esterilizadores a vapor.

Figura 31. Esterilizador a vapor.



2.6.5 Sistema de video endoscopia

El sistema de video endoscopia (ver Fig. 32) da una imagen real del interior del cuerpo humano durante procedimientos endoscópicos de diagnóstico y terapéuticos, permitiendo el almacenamiento y manipulación electrónica de la imagen. Los principales componentes de la detección de la imagen son los endoscopios, adaptador de la cámara, procesador de video y fuente de luz de fibra óptica.

Figura 32. Sistema de video endoscopia.



2.6.6 Tensiometro

Este equipo se utiliza para tomar la presión arterial, es netamente mecánico. Se utiliza principalmente en los consultorios.

2.6.7 Equipo de órgano de los sentidos

El médico utiliza este equipo para verificar los sentidos de la vista y el oído, por medio de una luz focalizada a través de un lente.

2.6.8 Laringoscopio

Este equipo se utiliza para observar la garganta en la intubación de un paciente, por medio de una luz focalizada.

3. MODOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO BIOMÉDICO

En las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud se tiene por objetivo principal la atención a pacientes en condiciones satisfactorias de calidad y seguridad. Por esta razón es necesario aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los Equipos Biomédicos que se encuentren en estas instituciones.

3.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

- Optimizar la confiabilidad del Equipo Biomédico.
- Asegurar que el Equipo Biomédico sea mantenido en buen estado.
- Asegurar rápidas reparaciones de emergencia del equipo para asegurar la máxima disponibilidad.
- Mejorar el servicio en donde se encuentre el Equipo Biomédico por medio de modificaciones, extensiones o equipo adicional.
- Capacitar al personal de mantenimiento en habilidades específicas de mantenimiento.
- Asesorar y apoyar la adquisición, instalación y operación de Equipo Biomédico¹³

3.2 CONCEPTOS BÁSICOS EN LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para conseguir la implementación y el desarrollo de normas de mantenimiento con una estructura organizacional eficiente, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Efectuar una división razonable y clara de las líneas de autoridad, evitando entrecruzamientos.
- Las líneas verticales de autoridad y de responsabilidad deben ser tan cortas como sea posible, es decir, evitar niveles cuya única función sea recibir una información de arriba y transmitirla abajo.
- Mantener la cantidad óptima de personal que informen a una solo individuo.
- Adecuar una organización de estructura flexible que sea revisada periódicamente para ponerla a tono con los cambios de personal y de las condiciones.¹⁴

¹³ BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, UIS, 2003

¹⁴ GONZALES, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. UIS, 2002

3.3 FORMAS DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se entiende por gestión del mantenimiento, la realización de tareas encaminadas a determinar, organizar y administrar los recursos del mantenimiento, con el objeto de lograr la más alta disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Dentro del mantenimiento de Equipo Biomédico encontramos las siguientes formas de gestión:

3.3.1 Mantenimiento correctivo

Es el que se realiza cuando un equipo es sometido a reparación hasta corregir su defecto. Hay dos clases de correctivos:

- No planificado: es cuando el equipo a funcionado hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función, se somete a reparación por emergencia hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelve a tener una falla y así sucesivamente. Esta clase de mantenimiento es justificable si el equipo no se halla en un servicio crítico.
- Planificado: es cuando es visualizado por inspección, también se denomina proactivo.

3.3.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en el mantenimiento, inspección y calibración realizado sobre el equipo en forma planificada y programada encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas del equipo o daños mayores que afecten su vida útil.

El mantenimiento preventivo debe ser el producto de una programación, para que esta sea eficiente el ingeniero de mantenimiento debe seguir los siguientes pasos:

- Conocer y estudiar los objetivos de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud para definir los del mantenimiento.
- Conocer a fondo los equipos bajo su cuidado y las necesidades y planes del servicio.
- Conocer y tener en cuenta las capacidades y habilidades del personal a su servicio y del que opera el equipo.
- Programar los cursos de adiestramiento de personal, necesarios.
- Establecer los controles requeridos e indispensables para que el plan se cumpla.
- Estudiar y evaluar periódicamente los beneficios, dificultades y fracasos del programa cumplido.
- De acuerdo con la evaluación obtenida del programa, afinar, corregir o modificar el plan fijado inicialmente.

3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPO BIOMÉDICO

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los equipos sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). El análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales inesperados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de un servicio o unidad para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado. Un equipo crítico se puede identificar porque:

- Su paro interrumpe el flujo normal del servicio.
- Causa problemas ambientales.
- Desperdicia energía.
- Su paro ocasiona demoras en la atención del paciente.
- Es costoso de mantener.
- Requiere reparaciones frecuentes.
- Sus repuestos son difíciles de conseguir.

3.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO

Una excelente gestión para el mantenimiento de Equipo Biomédico solo puede ser posible con una excelente sistema de información que lo apoye. Porque, además de asegurar el dato preciso en el instante oportuno, es fuente para el análisis estadístico y obtención de los indicadores de gestión y costos del sistema de mantenimiento; facilita la presentación de informes y contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

Todo sistema de organización e información necesita establecer el nivel al cual se piensa manejar la información. Por ejemplo: a la gerencia seguramente no le interesa saber cuales son las ordenes de trabajo para hoy, pero si cuanto se ha invertido en repuestos y mantenimientos externos y cual es el equipo que más a participado en ello; para el ingeniero de mantenimiento tal vez lo más importante sea realizar diagnósticos certeros sobre el estado de un equipo.

Los elementos de un sistema de información necesarios para el mantenimiento de Equipo Biomédico son:

3.5.1 Codificación

Establecer un código para los Equipos Biomédicos, los servicios o unidades y los insumos y repuestos, es una necesidad para la organización del mantenimiento.

3.5.2 Estándares de mantenimiento

Son las actividades básicas de inspección y mantenimiento preventivo que se realizan en cada equipo con determinada frecuencia. Cuando el sistema de información esta automatizado estas actividades deben ser codificadas.

3.5.3 Registro de equipos

Es el documento que identifica, ubica y describe completamente el equipo. Se llama también ficha técnica, lo ideal es que este registro contenga toda la información técnica del equipo que sea útil para las actividades el mantenimiento.

3.5.4 Orden de trabajo

Es la planificación y programación de un mantenimiento para un equipo. Se generan de dos maneras: por una solicitud de servicio o por la emisión según la programación de mantenimiento.

3.5.5 Hoja de vida

En ella se hace la recopilación histórica de los trabajos de mantenimiento realizados a los equipos. Sirve de puente entre la acción del mantenimiento y el diagnostico y análisis de fallas. Para que este documento tenga éxito en la gestión del mantenimiento es necesario una permanente actualización y utilización, de lo contrario se vuelve letra muerta. La política fundamental del registro en la hoja de vida es: registrar solamente lo prioritario, pues de lo contrario se llenan registros con información inservible.

3.5.6 Manuales de mantenimiento

Los manuales de mantenimiento comunican los procedimientos y adiestran al personal en las técnicas para el manejo de nuevos equipos. Tipos de manuales:

- Manuales de procedimientos: describe los métodos para llevar a cabo tareas específicas, contiene ilustraciones, formatos, formularios de organización y diagramas de flujo para seguir los procedimientos de las rutinas administrativa.
- Manuales de organización: determina las obligaciones de las personas, sus cargos dentro de la organización y delimita su autoridad y responsabilidad para evitar interferencias con otras dependencias y duplicación posible de esfuerzos.
- Manuales de instrucciones: contiene las disposiciones vigentes en la institución, escribiendo lo que hay que hacer en cada caso para que las personas actúen de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes.

- Manuales técnicos: contienen una descripción de los equipos. Instrucciones para su preparación inicial, su funcionamiento, su operación, mantenimiento y reparación. Contienen también una lista de piezas con sus posibles problemas. Debe ser suministrados por el fabricante.

3.6 SUBCONTRATACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La subcontratación de algunos mantenimientos a proveedores mas especializados, permite mayor efectividad en servicio y poder orientar los esfuerzos a otras necesidades. Para la subcontratación debemos plantearnos que funciones del servicio se va externalizar, analizando con especial cuidado aquellas que supongan una planificación estratégica o tengan directas repercusiones en la seguridad y la calidad de la asistencia.¹⁵ Los puntos a tener en cuenta a la hora de una subcontratación son:

- Contacto y comunicación
- Duración del contrato
- Objetivos y parámetros bien definidos
- Mucha información

3.7 INDICADORES DE GESTION DEL MANTENIMIENTO

Los indicadores de gestión facilitan la evaluación de las actividades del mantenimiento, permiten la toma de decisiones y establecimiento de metas, ayuda en la creación de informes concisos y específicos formado con tabla de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.¹⁶

Los principales objetivos que se buscan con los índices de gestión del mantenimiento pueden ser:

- Precisar aquellos indicadores de gestión, que no involucren factores exógenos y que de alguna manera sean una medida de la eficiencia del mantenimiento.
- Indicar los objetivos del mantenimiento y evaluar los resultados de su rendimiento midiendo sus progresos hacia los objetivos.
- Localizar los puntos que necesitan mayor atención.
- Motivar e incentivar al personal de mantenimiento para mejorar su trabajo.

¹⁵ LEJEUNE, Joaquin, ROMAN, José. Externalización o Outsourcing Hospitalario : Electromedicina. En: Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Vol. XXI, No. 3 Julio-Septiembre 2000. pp 95-105.

¹⁶ TAVARES, Augusto. Administración moderna del mantenimiento. 2003

3.8 GESTION DE REPUESTOS

La prontitud o justo a tiempo en la entrega de los insumos y repuestos requeridos y el nivel mínimo razonable de existencia de estos, hacen la excelencia de la gestión de repuestos.

La filosofía administrativa indica que el nivel de inventarios debe ser cero; desde el punto de vista del mantenimiento, se debe mantenerse un nivel mínimo de existencia de repuestos, de conformidad con la velocidad de aprovisionamiento, para que la gestión de los mantenimientos pueda realizarse oportuna y económicamente. Es la búsqueda del equilibrio entre el costo de tener el repuesto y no tenerlo.¹⁷

¹⁷ GONZALEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. UIS, 2002

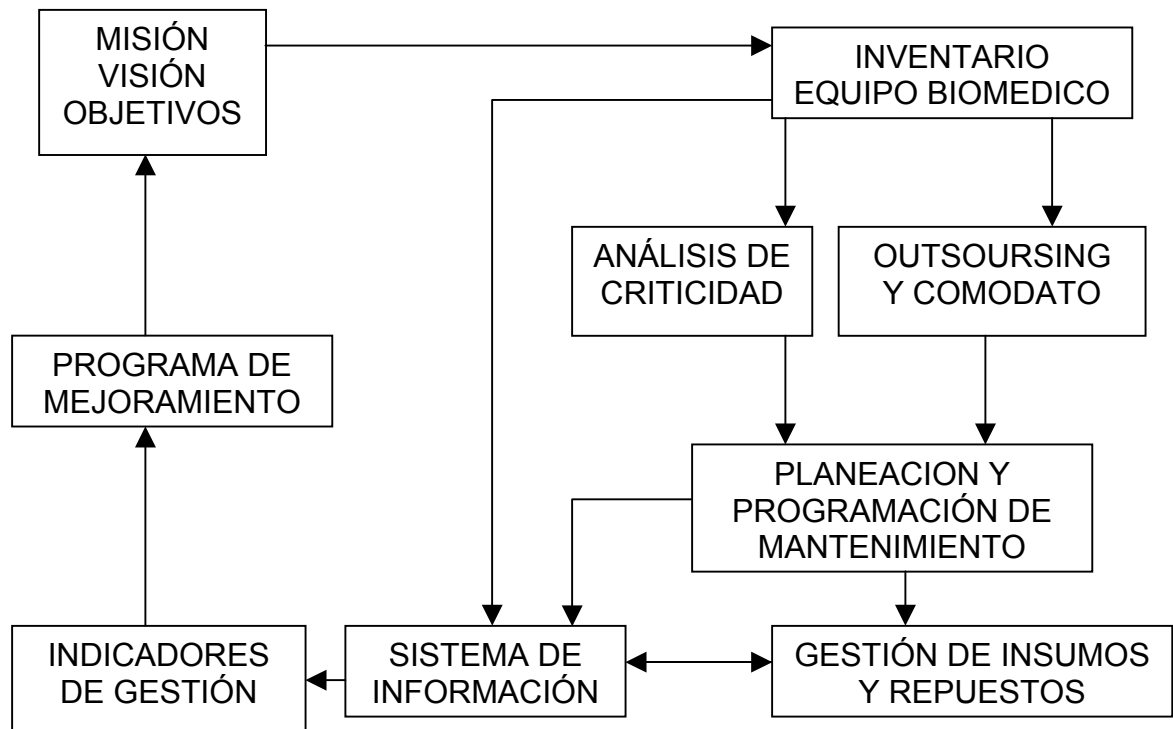
4. MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO

El Modelo Gerencial para el Mantenimiento de Equipo Biomédico que presento a continuación permite un sistemático y ordenado desarrollo, control y dirección de un programa de mantenimiento para el equipo Biomédico garantizando su operación segura a máximas prestaciones y a costo efectivo.

Seguir manteniendo una gestión de mantenimiento correctivo de emergencia, presenta un gran malestar entre los pacientes y especialistas médicos por los retrasos que se producen en los procedimientos.

Con el modelo gerencial se propone disminuir estos mantenimientos correctivos de emergencia y establecer un programa de mantenimiento con todos sus registros y que sea capaz de hacer mejoramiento continuo.

Figura 33. Diagrama del Modelo Gerencial propuesto.

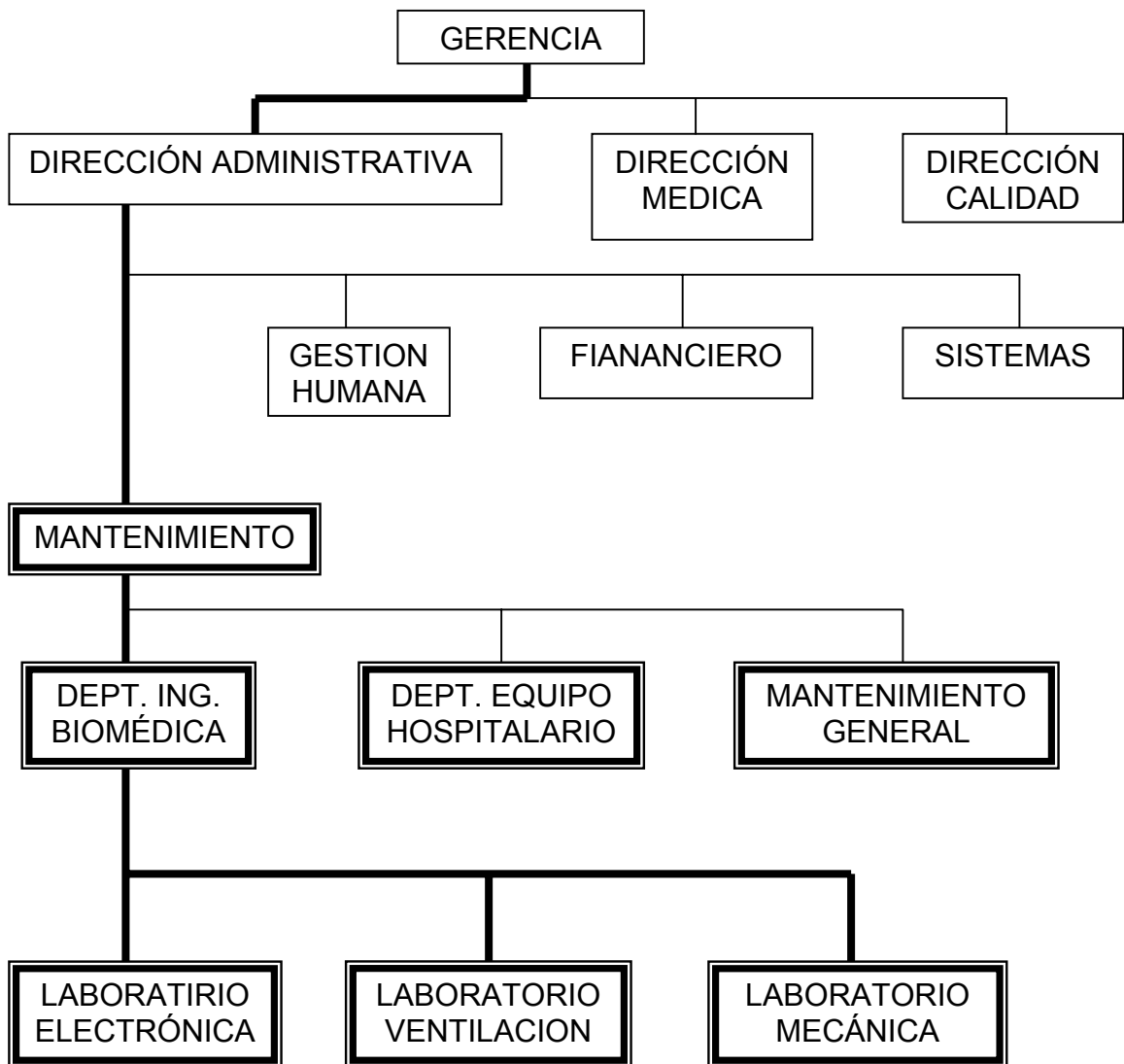


En la figura 33 se plantea un diagrama para el desarrollo del Modelo Gerencial para el Mantenimiento de Equipo Biomédico. Su desarrollo está planteado como sigue:

4.1 MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

Es necesario saber la ubicación del Departamento de Ingeniería Biomédica dentro de la Institución Prestadora de Salud. La organización propuesta es la siguiente:

Figura 34. Ubicación del Mantenimiento de Equipo Biomédico en la organización.



4.1.1 Misión

La misión del departamento de Ingeniería Biomédica es entregar la satisfacción al médico y al paciente de tener los equipos biomédicos disponibles, con la garantía de que estarán en buen estado hasta el siguiente mantenimiento programado.

Además de garantizar a la institución la prestación de sus servicios bajo los más altos niveles de calidad, confiabilidad, eficiencia y transparencia económica.

4.1.2 Visión

Entregar el mejor servicio de mantenimiento de Equipo Biomédico soportado por una gestión excelente.

4.1.3 Objetivos

- Suministrar el mantenimiento de equipo con los niveles de calidad y confiabilidad para el cumplimiento de los objetivos e toda la institución.
- Proporcionar un manejo seguro y funcional, mediante el mantenimiento adecuado de todos los equipos.
- Proporcionar la documentación esencial y necesaria de todos los equipos.
- Minimizar la cantidad de tiempo para generar y archivar la documentación de mantenimiento de todos los equipos.
- Optimizar los recursos y procedimientos con el fin de reducir los costo en el mantenimiento e equipo biomédico
- Establecer y aplicar índices de gestión y sistemas de medición consistentes que permitan mostrar a la institución con buena precisión y transparencia la magnitud y el valor real de los servicios suministrados.

4.2 INVENTARIO DE EQUIPO BIOMÉDICO

Para iniciar una buena gestión en mantenimiento de Equipo Biomédico es necesario saber la ubicación, los manuales y la cantidad del equipo biomédico en la institución.

Para esto se requiere de un formato de toma de datos par el inventario inicial del Equipo Biomédico. La tabla 2 muestra el modelo de tomas de datos para el inventario:

Tabla 2. Formato de inventario

INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD INVENTARIO DE EQUIPO BIOMÉDICO					LOGO
EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	SERVICIO	UBICACIÓN
MONITOR SIGNOS VITALES	GENERAL ELECTRIC	DASH 3000	HJ1758	UCI ADULTO	CUBICULO 3
CAMA ELECTRICA	HILL ROM	840	12C58	HOSPITAIZACIÓN	HABITACION 302
REALIZADO POR:			RECIBIDO POR:		

El formato será registrado con el nombre del equipo, marca, modelo y serie que esta anotada en la placa de fabricación; se anotara la unidad o servicio en el que se encuentra y la ubicación dentro del servicio.

Se anotara el nombre y cargo la persona que realice el inventario y será recibido por el jefe del departamento de Ingeniería Biomédica.

4.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El diseño del análisis de criticidad para Equipo Biomédico se realiza con el propósito específico de servir como herramienta efectiva para llevar a cabo la gestión de mantenimiento de equipo. El análisis de criticidad que se plantea a continuación se orienta a riesgo.

El análisis de criticidad orientado a riesgo se basa en la asignación de prioridad a partir de una evaluación integral de cada equipo. Pueden haber equipos que por su bajo nivel de riesgo no se incluyan en un programa de mantenimiento preventivo y sean atendidas por inspección rutinarias o a solicitud del usuario o en mantenimiento correctivo solamente.

Para diferenciar cada equipo biomédico atendiendo el riesgo que el presenta, se debe asignar a cada equipo un valor o índice de criticidad, que dependerá del nivel de prioridad **P**.

Para el cálculo del nivel de prioridad **P**, los criterios escogidos son los siguientes:

- Función del equipo: el papel del equipo en el cuidado del paciente.
- Aplicación clínica: considera los resultados sobre el paciente o usuario ante una falla del equipo; el riesgo físico asociado con la aplicación clínica.
- Incidentes del equipo o historia de falla: se evalúa por los usuarios del equipo, jefes de la unidad o servicio y personal del departamento de ingeniería biomédica a partir de una programación a fin de suministrar una base de datos para determinar tendencias y requisitos. Hay equipos que se pueden eliminar del plan de mantenimiento si su historia sugiere que no requiere de estos servicios.¹⁸

La ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$P = E + A + F$$

La asignación de puntos por criterios, sería como se muestra en la tabla 3.

El nivel de prioridad **P** nos da los requisitos del mantenimiento los cuales varían con el tipo de equipo. Algunos equipos tales como los ventiladores, máquinas de anestesia y equipos similares requieren mantenimiento preventivo. Equipos como los monitores fisiológicos necesitan solamente que sea comprobado su funcionamiento y su seguridad, inspección. Equipos como las bombas de infusión y algunos equipos de laboratorio están en comodato.

¹⁸ RODRÍGUEZ, Ernesto, MIGUEL, Ángel, SÁNCHEZ, M. C. Gestión de Mantenimiento para Equipo Médico. En: II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana, Cuba. 2000

Tabla 3. Puntos por criterio

FUNCIÓN DEL EQUIPO	E
EQUIPO DE APOYO A LA VIDA	9
EQUIPO DE TRATAMIENTO Y FISIOTERAPIA	7
EQUIPO PARA MONITOREO DE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y EL DIAGNOSTICO	4
ANÁLISIS DE LABORATORIO	3
ACCESORIOS DEL ALBORATORIO	2
OTROS EQUIPOS RELACIONADOS CON EL PACIENTE	1
APLICACIÓN CLÍNICA	A
PUEDE PRODUCIR LA MUETE AL PACIENTE	5
PUEDE PRODUCIR DAÑO AL PACIENTE U OPERADOR	4
TERAPIA INAPROPIADA O FALSO DIAGNOSTICO	2
RIESGO MINIMO	1
HISTORIAL DE FALLAS	F
ADICIONAR UN PUNTO POR CADA CORRECTIVO EN LOS ULTIMOS 6 MESES	1 POR CADA CORRECTIVO

Tabla 4. Nivel de prioridad

REQUERIMIENTOS DE MANTENIMEINTO	P
PREVENTIVO	≥ 11
INSPECCIÓN	ENTRE 5 Y 10
CORRECTIVO	≤ 4

Realicemos un ejemplo con una Maquina de Anestesia:

$$E = 9 \quad A = 4 \quad F = 1$$

$$P = E + A + F = 14$$

El nivel de prioridad es 14 quiere decir que necesita un mantenimiento preventivo.

Otro ejemplo con un monitor de signos vitales:

$$E = 4 \quad A = 2 \quad F = 0$$

$$P = E + A + F = 6$$

El nivel de prioridad es 6 quiere decir que necesita un mantenimiento de inspección.

Otro ejemplo con un Equipo de Órgano de los Sentidos:

$$E = 1 \quad A = 1 \quad F = 0$$

$$P = E + A + F = 2$$

El nivel de prioridad es 2 quiere decir que necesita un mantenimiento correctivo.

4.4 OUTSOURCING Y COMODATO

Grandes empresas de suministros médicos últimamente han utilizado una nueva modalidad para la venta de sus productos llamada Comodato. En esta sistema la empresa da en préstamo los Equipos Biomédicos y lo que paga la institución son los consumibles que utilice tal equipo. La empresa es la encargada de desarrollar el mantenimiento de estos equipos.

El papel que debe desarrollar el Departamento de Ingeniería Biomédica en el comodato es velar que sí se realicen los mantenimientos programados por la empresa y tener toda la información concerniente al equipo y sus mantenimientos.

Los equipos que se encuentran en esta modalidad son algunos de análisis de laboratorio, bombas de infusión y vaporizadores de las maquinas de anestesia.

El outsourcing para Equipo Biomédico se llevaría a cabo para aquellos equipos con tecnología muy avanzada o para los cuales no se tenga la herramienta ni laboratorios adecuados para su mantenimiento. Por lo general los equipos que entran en este grupo son tomógrafos, sistemas de endoscopia, resonancia magnética, en ocasiones equipos de rayos X, etc.

Los puntos a tener en cuenta para estas dos modalidades son:

- Participar activamente en la celebración de estos contratos para el asesoramiento.

- Conocer la empresa que presta el servicio, sus laboratorios, sus recomendaciones, stock de repuestos, etc.
- Tener manuales de usuario de los equipos en comodatos y además e los servicios para los de outsorsing.
- Tener ficha técnica y hoja de vida de los equipos en la institución.
- Tener el cronograma anual de los mantenimientos de cada uno de los equipos.

4.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO

La planeación del mantenimiento de Equipo Biomédico se desarrolla para saber los estándares de mantenimiento que se utilizaran para cada mantenimiento, saber que herramientas, insumos o repuestos se necesitaran.

Ella distribuirá de acuerdo al nivel de prioridad del análisis de criticidad los mantenimientos a realizar a cada uno de los equipos, de acuerdo a:

- Mantenimiento preventivo: normalmente incluye inspecciones periódicas de instrumentos y equipos, haciendo las tareas de limpieza, lubricación y calibración, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, que pudieran fallar, alterando el estado operacional del equipo antes de la próxima inspección. Este se realianza con una rigurosidad periódica.
- Inspección: se realiza una verificación para comprobar que el equipo esta completamente operacional dentro de los limites especificados y es seguro.
- Mantenimiento correctivo: es cuando el equipo a funcionado hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función, se somete a reparación por emergencia hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelve a tener una falla.

Los procedimientos para el mantenimiento deben ser obtenidos a partir del fabricante y/o agencias especializadas. Los contenidos y las frecuencias de cada un de los procedimientos para el mantenimiento, no son estándares sino modelos sujetos a una adecuación particular en cada institución.

La programación de los mantenimientos se realizara de la siguiente forma:

- Los mantenimientos preventivos serán realizados mensualmente.
- Las inspecciones se realizaran dependiendo el servicio en donde se encuentre el equipo.

Al organizar la programación de los mantenimientos se debe concertar con los jefes de los servicios o unidades para escoger la fecha y la hora más adecuadas para realizarlos.

Se generara un cuadro con las fechas en las cuales se realizaran los mantenimientos por servicio y e tendrá una lista con los equipos a realizar un preventivo o inspección, según el ejemplo tabla 5.

Tabla 5. Ejemplo de programación de mantenimientos.

Ejemplo de programación de mantenimientos:																				
	ENERO																			
SERVICIO	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
UCI ADULTO																				
UCI NEONATO																				
SALA DE CIRUGIA 1																				

UCI ADULTO	MTTO.	
EQUIPO	PV.	INS.
VENTILADOR	X	
CAMA ELECTRICA		X
MONITOR SIGNOS VITALES		X
DESFIBRILADOR	X	

4.6 SISTEMA DE INFORMACIÓN

El sistema de información para el mantenimiento de Equipo Biomédico se desarrolla a partir de los datos del equipo, la solicitud del servicio y la planeación de los mantenimientos preventivos. En la figura 35 vemos el esquema del sistema de información que diseñe para este modelo gerencial

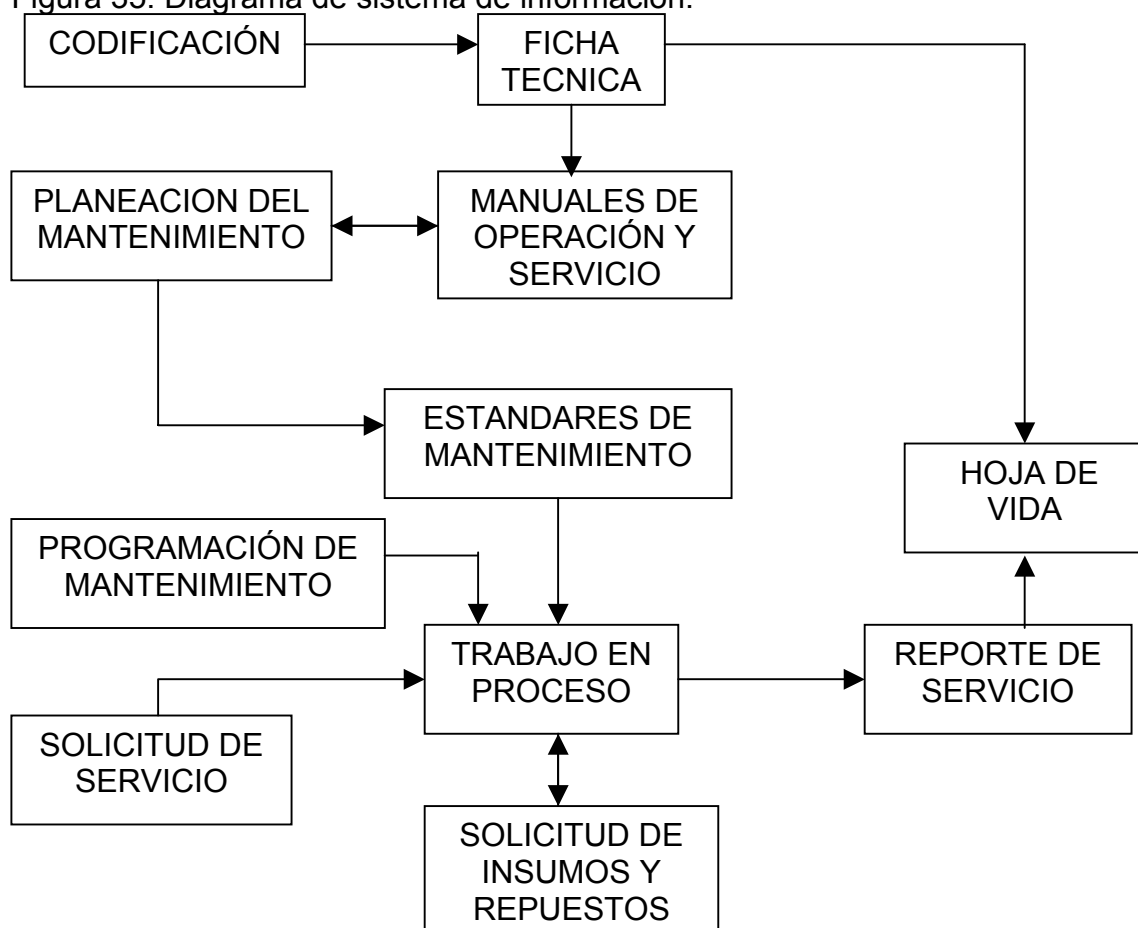
4.6.1 Codificación

Se colocara una codificación numeral a los servicios o unidades según la tabla 6.

Tabla 6. Código de servicio o unidad.

SERVICIO	CODIGO
UCI ADULTO	01
UCI NEONATAL	02
UCI PEDIÁTRICA	03
HOSPITALIZACIÓN	04
SALA DE CIRUGÍA	05
CONSULTA EXTERNA	06
URGENCIAS	07
SALA DE PARTOS	08
GINECO/OBSTETRICIA	09
QUIMIOTERAPIA	10

Figura 35. Diagrama de sistema de información.



La codificación para los equipos se hará de la misma manera, como se muestras en la tabla 7.

Tabla 7. Codificación para equipos.

EQUIPO	CODIGO
BOMBA DE INFUSIÓN	001
BOMBA DE MICROPERFUSIÓN	002
CAMA ELECTRICA	003
DEFIBRILADOR	004
ELECTROCARDIOGRAFO	005
INCUBADORA NEONATAL ABIETA	006
INCUBADORA NEONATAL CERRADA	007
LARINGOSCOPIO	008
MAQUINA DE ANESTESIA	009
MARCAPASOS INTERNO TRANSITORIO	010
MESA DE CIRUGIA	011
MONIOTR DE NIBP	012

Tabla 8. Codificación insumos, repuestos de equipo biomédico y equipo y consumibles taller.

EQUIPO BIOMÉDICO	
INSUMO	
INS001	BRAZALETE ADULTO DOS VÍAS
INS002	BOMBILLO 12 V 25 W COLIMADOR GENERAL ELECTRIC
INS003	BRAZALETE ADULTO UNA VÍA
INS004	SENSOR SPO2 ADULTO NELLCOR
INS005	SENSOR SPO2 NEONATAL DASH 3000
INS006	JUEGO X 6 CHUPAS PARA ECG
INS007	JUEGO X 4 PINZAS EXTREMIDADES PARA ECG
INS008	SENOSR DE TEMPERATURA PARA INCUBADORA C-100 AIR SHIELD
REPUESTO	
RP001	RESISTENCIA PARA ESTERILIZADOR GENTING CASTLE 122
RP002	TRANSDUCTOR DE FLUJO SERVO 900 SIEMENS
RP003	TOCOTRANSDUCTOR MONITOR FETAL HUNTLEIGH
RP004	PIÑON Parte No.2345 PROCESADORA MINIMED 90
RP005	PERILLA SELECCIÓN CARGA DESFOBRILADOR BURDICK MEDIC 5
TALLER	
EQUIPO	
EQ001	ANALIZADOR PARA VENTILACIÓN
EQ002	OSCILOSCOPIO
EQ003	GENERADOR DE ONDA
EQ004	SIMULADOR DE DESFIBRILADOR
CONSUMIBLES	
CS001	ROLLO DE SOLDADURA 1/2"
CS002	BARRA DE SILICONA FRIA GRUESA
CS003	PEGANTE INSTANTANEO
CS004	ACEITE LUBRICANTE

Para la codificación de insumos y repuestos de equipos biomédicos, y para los equipos y consumibles de taller se hace una codificación con letras, como vemos en la tabla 8.

4.6.2 Estándares de mantenimiento

Se diseña un formato para los mantenimientos preventivos e inspecciones de cada uno de los Equipos Biomédicos que estén dentro del programa de mantenimiento.

Se desarrolla un manual de procedimientos para la revisión de equipos, donde quedara reflejado el método de revisión para cada familia de equipos. Este Manual de Procedimientos ha de ser un documento vivo, de actualización permanente a medida que se producen nuevos cambios y exigencias.

4.6.3 Procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo Centrífugas

A continuación observamos un manual de procedimientos para el mantenimiento de una centrífuga, en el cual se hace una introducción al equipo con su descripción de funcionamiento, se exponen los peligros asociados al equipo, se dan recomendaciones, se escriben los equipos de prueba que se necesitaran para el mantenimiento y se hace un desglose de las partes a revisar el equipo.

4.6.3.1 Introducción. Descripción del equipo

Como característica principal usan la fuerza centrífuga para separar partículas suspendidas en un líquido o para separar líquidos de varias densidades. Estos líquidos pueden incluir fluidos corporales (sangre, suero, orina), reactivos comerciales, o combinaciones de los dos con otros aditivos. La centrifugación es usada hasta para el más simple preparado en un laboratorio clínico.

Existen tres clasificaciones generales de centrífugas: baja velocidad (≤ 6.000 rpm), alta velocidad (6.000 a 25.000 rpm), y súper alta velocidad (25.000 a 110.000 rpm). Estos tres modelos de centrífugas están disponibles en modelos de sobremesa y/o modelo de suelo, y algunos de estos equipos son unidades refrigeradas.

Por ejemplo, las centrífugas de hematocritos son centrífugas especializadas usadas en un departamento de Hematología para determinar un exacto volumen de las estructuras cristalinas o de pequeñas celdas de la sangre roja. La velocidad de una centrífuga de microhematocritos tiene un rango de 7.000 a 15.000 rpm.

- Existen ciertos peligros que vienen asociados con la utilización de centrífugas:

Los tubos utilizados pueden romperse, la rotura es más probable que ocurra si las instrucciones del fabricante no son seguidas, tales como el uso de tubos de tamaño no correcto y la no utilización de amortiguadores.

Los rotores pueden descolocarse o fallar, posiblemente por la pérdida de una tuerca de sujeción o el emplazamiento de un tubo desequilibrado; el fallo del rotor o de algún tubo puede resultar sobre el operador en una exposición a riesgos físicos o infecciosos. El operador puede dañarse mientras intenta disminuir o parar la velocidad del rotor con la mano. Por este motivo, la tapa del equipo no debería nunca ser abierta mientras el rotor está girando. Y si además existe una tapa de protección interna, usarla.

También existen riesgos cuando la centrífuga no esté funcionando; por ejemplo, cristales rotos, posiblemente contaminados con sangre, que pueden ser encontrados dentro de la centrífuga durante la limpieza o la inspección y mantenimiento preventivo.

Se debe cuidar que estén presentes las instrucciones de uso y mantenimiento, realizar la instalación y el montaje con las debidas medidas que garanticen la seguridad. Como mínimo las unidades deberían tener una tapa con enganche que prevenga a la centrífuga de ser abierta en el caso de un fallo mientras el rotor está dando vueltas.

Una seguridad de bloqueo, la cual permite a la tapa ser abierta sólo después que el rotor haya parado o alcanzado una velocidad muy baja, es preferible, que todas las nuevas unidades tengan esta característica.

- Recomendaciones definidas por los Institutos de Patología:

Limpiar y mantener adecuadamente todas las centrífugas. (Nota: contactar con el fabricante para que suministre la guía de este proceso, si el manual del operador no especifica la forma de limpieza y los agentes de desinfección. El uso continuado de algunas soluciones de desinfección (ej: 10% de hipoclorito de sodio) puede dañar el rotor y otros componentes de la centrífuga; asegurarse que tales soluciones pueden ser rebajadas con agua).

Revisar y anotar la exactitud del contador de tiempo mensualmente.

Revisar y anotar la exactitud del contador de velocidad (rpm) mensualmente (para uso crítico) o trimestralmente (para uso normal).

Revisar y anotar mensualmente la lectura dada por un tacómetro incorporado.

- Aparatos de Test y Fuentes.

- Llave para apretar las tuercas del rotor.
- Equipo analizador de seguridad eléctrica.
- Medidor de aislamiento a tierra.
- Cronómetro.
- Termómetro electrónico con exactitud a 0.5 °C (sólo para unidades refrigeradas).
- Tacómetro o fototacómetro.

4.6.3.2 Seguridades y Precauciones Especiales

Revisar con el personal del laboratorio antes de desarrollar cualquier mantenimiento o mandar la centrífuga al fabricante para ser reparada, que ésta esté adecuadamente descontaminada. Una centrífuga debería estar vaciada del todo antes que se vaya a realizar cualquier inspección (cristales rotos se podrían encontrar dentro, y estos estar contaminados con sangre. Además de poder existir sangre visible localizada sobre o dentro de la centrífuga).

Tener cuidado de no tocar un rotor que esté girando si existe un fallo interno, ni trabajar sobre el equipo con la tapa abierta. Nunca intentar parar el movimiento de un rotor con las manos o con un instrumento o herramienta.

Asegurarse que los tubos de la centrífuga están adecuadamente equilibrados y que la velocidad y la longitud de los tubos están en concordancia con las recomendaciones dadas por el fabricante sobre los tipos de tubos aptos para esa centrífuga. Si se usa un rotor con cubetas de balanceo, asegurarse que los tubos están colocados de acuerdo con las instrucciones del fabricante; los tubos largos (ej: 100 mm) colocados en los alojamientos internos más próximos al eje del rotor probablemente se romperán cuando el rotor haga que se balanceen las cubetas debido a la fuerza centrífuga.

Siempre se han de seguir las precauciones universales sobre centrifugación de sangre o fluidos corporales. Estas precauciones incluyen llevar guantes, mascarillas de protección, trajes o batas de laboratorio, y delantales de plástico.

Antes de comenzar la inspección de un equipo, leer cuidadosamente éste procedimiento de trabajo, las instrucciones del fabricante y el manual de uso. Estar seguro que se entiende como funciona el equipo y el significado de cada mando de control y los indicadores. También determinar si hay alguna inspección o proceso de mantenimiento preventivo sugerido por el fabricante. Si se detecta fallo en un equipo, éste deberá ser reparado o reemplazado antes de hacer la revisión del mantenimiento preventivo.

4.6.3.3 Test de Inspección y Funcionalidad

- *Chasis*. - Examinar el exterior del equipo, la limpieza y las condiciones físicas generales. Estar seguro que la carcasa esté intacta, que todos los accesorios estén presentes y firmes, y que no haya señales de líquidos derramados u otros abusos serios.

- *Montajes y Apoyos*. - Si el equipo está montado sobre una superficie (ej: mesa, mueble, encimera, etc.) o reposa sobre una estantería, revisar la integridad de la misma.

- *Enchufe de Red y Base de Enchufe*. - Examinar si está dañado el enchufe de red. Mover las clavijas para determinar si son seguras. Examinar el enchufe y su base para determinar que no falta ningún tornillo, que no está el plástico roto y que no hay indicios de peligro.

- *Cable de Red*. - Inspeccionar el cordón por si existe la posibilidad de daños. Si el cordón está dañado reemplazarlo por uno nuevo. Si el daño está cerca del principio o del final cortar el cable por la parte defectuosa, sanearlo y montarlo estando seguro que se conecta con la polaridad correcta.

- *Amarres contra tirones.* - Si el cable de red debe estar amarrado al equipo, y éste no lo está porque lo ha soltado el usuario, sujetar el cable al equipo para que el cable de red no pueda ser fácilmente movido. Examinar los amarres contra tirones a ambos lados de los extremos del cable de red. Estar seguro que ellos agarran al cordón con seguridad.

- *Interruptores y Fusibles.* - Si el equipo tiene un interruptor de corriente, revisarlo y ver que se mueve con facilidad. Si el equipo está protegido por un fusible externo, revisar su valor y modelo de acuerdo con la placa de características colocada sobre el chasis, y asegurarse que existe uno de repuesto.

- *Controles y Teclas.* - Antes de mover cualquier mando de control considerar la posibilidad de un uso clínico inapropiado o de un incipiente fallo del equipo. Grabar la posición de estos controles para volver a colocarlos en su posición al terminar la inspección. Examinar las condiciones físicas de todos los controles y teclas, que su montaje es seguro y sus movimientos correctos. Revisar que los mandos de control no han resbalado sobre sus ejes. En aquellos controles donde el programa debería parar en algún límite fijado, revisar que lo hacen y que lo hacen en el punto correcto. Revisar las teclas de membrana de daños (ej: uñas, marcas de bolígrafo, etc). Durante el curso de esta inspección, asegurarse de mirar todas teclas y mandos de control, y que todos funcionan de acuerdo con su función.

- *Motor, Rotor y Bomba.*- Revisar las condiciones físicas y el correcto funcionamiento de estos componentes. Revisar las escobillas, rodamientos y el bobinado del motor. Revisar las condiciones de las juntas de estanqueidad, de cierre y de hermeticidad. Revisar que el rotor pueda balancearse y que pueda girar sobre los rodamientos, revisar el dispositivo de sujeción del rotor contra la tirantez y el excesivo desgaste. (Nota: si se usa una centrífuga de ultra velocidad seguir el programa del fabricante sobre el deterioro del rotor. Esto debería estar descrito en el manual técnico). Limpiar y lubricar los componentes como es requerido y anotar en la hoja de protocolos la forma de la inspección (aunque no se debe rellenar este apartado hasta que no se hayan realizado todos los puntos de limpieza y lubricación). Si una centrífuga tiene una bomba de vacío o una bomba de difusión, revisar sus condiciones y desarrollar su mantenimiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante).

- *Indicadores y Displays.* - Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, medidores, galgas, y displays de visualización de la unidad. Estar seguros que todos los segmentos de un display digital se iluminan y funcionan adecuadamente.

- *Alarmas y Dispositivos para cortar la corriente.*- Provocar situaciones de alarma y verificar que todas las alarmas se activan. Las unidades refrigeradas deberían indicar cuándo la unidad está a la temperatura apropiada. Revisar el mecanismo de seguridad de cierre de puerta (o tapa) “*Interlock*”, que no se ha gastado y que

enclava la puerta con seguridad. El Interlock debería también parar al motor cuando la tapa (o puerta) está abierta o asegurar que la tapa se mantiene cerrada hasta que el rotor se haya parado. La centrifuga no debería comenzar a funcionar con la tapa abierta. Si la puerta puede ser abierta con el rotor girando a alta velocidad, revisar que está visible la correspondiente etiqueta indicadora, advirtiendo al operador de no abrir la tapa de la centrifuga durante esta operación. Si la tapa puede ser abierta mientras el rotor de la centrifuga gira a baja velocidad, las cubetas y el rotor deberían tener una tapa de protección interna. Reemplazar o modificar cualquier centrifuga que carezca de un sistema de enclavamiento de puerta o tapa. *¡No usar centrifugas que carezcan de puerta o tapa!*

- *Señales Audibles.* - Operar con el equipo para que se active alguna señal audible. Confirmar si el volumen es el apropiado y, que funciona el control de volumen, si lo tiene.

- *Etiquetado.* - Inspeccionar que estén todas las placas de características, etiquetas de advertencia, caracteres de conversión, tarjetas de instrucciones. Que todas ellas estén presentes y legibles.

- *Accesorios.* - Confirmar la presencia y las condiciones de los accesorios (ej: probar las cubetas, los alojamientos de los tubos). Chequear que cada alojamiento tiene un amortiguamiento. Si existe una tapa protectora para las cubetas o el rotor (tapa de seguridad interior) ver que son las adecuadas para ese modelo de centrifuga y que por rutina se usan; también asegurarse que las tapas de protección tienen una forma ajustada que sellan y enclavan bien en la cubeta.

- *Freno.* - Chequear la acción del freno mecánico o eléctrico. Cuando se aplica el freno (ej: pulsando el botón de Stop), la centrifuga debería desacelerar tranquilamente.

4.6.3.4 Test Cuantitativo

- *Test de Seguridad Eléctrica.* - Se procede de acuerdo con el procedimiento especial descrito para este efecto (en el requisito de cumplir la norma UNE 60601).

- *Exactitud de Temperatura.* - Chequear el control de temperatura en las centrifugas refrigeradas usando un termómetro electrónico. Colocar la sonda del termómetro en el cuenco de la centrifuga cerca del sensor de control automático de temperatura. (Referirse a las especificaciones del fabricante para determinar dónde está localizado el sensor de control de temperatura). Cerrar la centrifuga, sellando la junta de estanqueidad sobre el cable del termómetro electrónico en cada programación de temperatura. Las lecturas no deberían diferir más allá de $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

- *Exactitud de Tiempo.*- Chequear el tiempo con un cronómetro. Una centrífuga no debería variar más de un ± 10 % el tiempo medido con respecto al programado. Dependiendo si se usan varios estados de regulación, este valor puede ser necesario escribirlo sobre la etiqueta de inspección (para observar si existe algún indicio de comportamiento irregular).

- *Exactitud de Velocidad.*- Determinar el rango de velocidades a las cuales la centrífuga es usada con una carga normal (ej: con el número de contenedores normalmente llenados). Programar la centrífuga con dos o tres velocidades, y verificar que se cumplen esas velocidades usando un tacómetro. Si una máquina tiene una cubierta opaca, referirse al manual técnico del fabricante para ver el modo de chequeo de la exactitud de velocidad. (Nota: un tacómetro de vibración de láminas puede ser usado con la mayoría de las centrífugas con cubiertas opacas). La velocidad medida no debería variar más de ± 10 % de la velocidad que es indicada por la máquina. (Nota: si las escobillas han sido cambiadas y bien colocadas, chequear las velocidades a distintas programaciones).

4.6.3.5 Mantenimiento Preventivo

- *Limpieza Exterior.*- Mantener el equipo limpio tanto exteriormente como interiormente.

- *Lubricación.*- Desarrollar la lubricación de componentes según las instrucciones del fabricante.

- *Sustitución de Escobillas, Freno, Junta de Estanqueidad y de Cierre.*- Si es necesario cambiar alguno de estos componentes referirse al manual técnico del fabricante.

- *Grupo de Frío.*- Debido a que muchas centrífugas han de funcionar con condiciones de temperatura determinadas, el sistema de enfriamiento debe mantenerse en buenas condiciones. Habrá que limpiar el polvo del radiador del evaporador, mantener el nivel adecuado del líquido refrigerante, etc.

- *Placas Electrónicas y Conectores.*- Por ser la acumulación de suciedad en las placas causa de muchas averías, éstas deben mantenerse limpias; de la misma forma, asegurarse que todos sus conectados están a ellas bien conectados.

4.6.3.6 Test de Aceptación

- *Seguridades de Puerta.*- Todas las centrífugas nuevas deberían tener una puerta o tapa con un sistema de cierre de seguridad que la prevenga de ser abierta mientras el rotor está girando a alta velocidad. Comprar únicamente aquellas centrífugas en las cuales el rotor se detiene completamente antes que la tapa pueda ser abierta y/o aquellos equipos que tienen una tapa protectora para

las cubetas o una tapa protectora interna para el rotor. En aquellas unidades que habiendo sido compradas se permite que la tapa o la puerta sean abiertas a baja velocidad deberían tener una tapa interna.

- *Seguridad de Imbalance.*- Muchas centrifugas modernas disponen de dispositivos para detectar el equilibrio del eje del rotor, por tanto, al ser otro elemento de seguridad, será bueno disponer, si es posible, de este tipo de centrifugas.

4.6.4 Ficha técnica, hoja de vida, solicitud de servicio y reporte de servicio

En la tabla 9 se muestra el diseño de un modelo de ficha técnica para los equipos biomédicos.

Tabla 9. Ficha Técnica.

INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD				LOGO
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO BIOMÉDICO				
INTITUCIÓN				CONSECUTIVO
EQUIPO		CODIGO		
MARCA		MODELO		
SERIE				
SERVICIO		CODIGO		
UBICACIÓN		COSTO		
FECHA DE INSTALACIÓN		FABRICANTE		
GARANTIA		REPRESENTANTE		
AÑO DE FABRICACIÓN				
PROPIEDAD				
COMODATO		ARRIENDO		PROPIO
DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO				
ACCESORIOS				
SERIE	DESCRIPCIÓN			
VOLTAJE		CORRIENTE		
POTENCIA		FRECUENCIA		
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO				
PESO				

Tabla 10. Hoja de vida.

En la tabla 11 se muestra el diseño de un modelo de solicitud de servicio para los equipos biomédicos, en el cual se registra los datos cuando se realiza el llamado del servicio por algún mal funcionamiento de los equipos, después de inspeccionar el daño se genera una orden de trabajo o simplemente se cancela porque no era relacionado con equipo biomédico.

En la tabla 13 se muestra el diseño de un modelo de reporte de servicio para los equipos biomédicos, en el cual se registra los datos que se realizaron en el mantenimiento.

Tabla 11. Solicitud de Servicio.

INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD				LOGO
SOLICITUD DE SERVICIO				
INSTITUCIÓN				CONSECUTIVO
FECHA				
UBICACIÓN		CODIGO		
DESCRIPCION DEL EQUIPO				☐ CONSECUTIVO ORDEN DE TRABAJO GENERADO
SERVICIO SOLICITADO				SOLICITUD CANCELADA ☐
SOLICITADO POR				
RECIBIDO POR				

Tabla 12. Orden de trabajo.

INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD				LOGO
ORDEN DE TRABAJO				
INSTITUCIÓN				CONSECUTIVO
TÉCNICO Y/O INGENIERO		FECHA		
EQUIPO		CODIGO		
MODELO		MARCA		
SERIE				
UBICACIÓN		CODIGO		
DESCRIPCIÓN TRABAJO A REALIZAR				
CODIGO	MANUALES			
CODIGO	HERRAMIENTAS			
CODIGO	REPUESTOS			
PERSONAL ANEXO				
REPORTE DE SERVICIO GENERADO			FECHA	
REALIZADO POR			REVISADO POR	

Tabla 13. Reporte de servicio.

INSTITUCIÓN PRESTADORA DE SERVICIOS DE SALUD				LOGO	
REPORTE DE SERVICIO					
INSTITUCIÓN				CONSECUTIVO	
FECHA					
EQUIPO		CODIGO			
MARCA		MODELO			
SERIE		INVENTARIO			
SOLICITUD DE SERVICIO No.					
HORAS REQUERIDAS					
TIPO DE MANTENIMIENTO					
PREVENTIVO				CORRECTIVO	
DIAGNOSTICO					
DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO					
REPUESTOS O INSUMOS					
CODIGO		DESCRIPCIÓN			
OBSERVACIONES					
DEPARTAMENTO TECNICO				CLIENTE	
NOMBRE				NOMBRE	
CARGO				CARGO	
FIRMA				FIRMA	

Cuando se genera una solicitud de servicio, el ingeniero revisa el equipo cancelando la solicitud o generando una orden de trabajo, esta genera un reporte de servicio, el cual debe ser verificado por el jefe de mantenimiento y luego registrado en la hoja de vida el equipo.

4.7 GESTION DE INSUMOS Y REPUESTOS

Toda institución e el departamento de compras lleva un record de las compras realizadas de insumos de los equipos biomédicos, tomando estas cantidades anualmente se puede desarrollar una convocatoria publica para la compra de estos insumos al año.

Se realiza una lista con la codificación de los insumos y se hace la invitación a cotizar a todas aquellas empresas que tengan estos insumos.

Se realizara una evaluación a cada una de las empresas que cotice, de acuerdo a estos puntos:

- Disponibilidad del insumo que cotiza.
- Organización de la empresa, para el envío de los insumos.
- Reputación en el sector, integridad, control, garantía.
- Experiencia en la venta de insumos, hoja de vida.
- Condición financiera, capacidad de asumir obligaciones fiancieras.
- Consideraciones administrativas, proyección, normalización, control, tiempos.¹⁹

4.8 INDICES DE GESTION

Los primeros índices que analizaremos son los de clase mundial, tres de ellos se refieren al análisis de gestión de equipos, que son los siguientes:

- Tiempo medio entre fallas- relación entre el producto del número de equipos de la misma línea (marca y modelo), por sus tiempos de operación programado y el numero total de falla detectadas en esos equipos, en el periodo observado.

$$TMEF = \frac{NOIT.HROP}{\sum NTMC}$$

Donde NOIT : numero e equipos e la misma línea
 HORP : tiempo de operación programado
 $\sum NTMC$: sumatoria de las fallas detectadas

- Tiempo medio para reparar – Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de equipos con falla y el número total de fallas detectadas en esos equipos, en el periodo observado.

¹⁹ TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Modulo de Organizaciones del Mantenimiento. Postgrado en Gerencia del Mantenimiento. UIS, 2003

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

Donde $\sum HTMC$: sumatoria del tiempo de intervenciones correctivas
 $NTMC$: Numero total de fallas detectadas

Este índice debe ser usado, para ítem en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

Debido a que dichos índices presentan un resultado promedio, su exactitud esta asociada a la cantidad de ítem observados y al periodo de observación. Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores.

- Disponibilidad de equipos - Relación entre la diferencia del numero de horas del periodo considerado (horas calendario) con el numero de horas de intervención por el personal de mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada línea de equipos observado y el numero total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{\sum (HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} \times 100$$

Donde $HCAL$: Horas del periodo considerado
 $HTMN$: Horas de intervención mantenimientos

La disponibilidad de un equipo representa el porcentaje del tiempo en que quedo a disponibilidad de la operación para desempeñar su actividad.

Los siguientes dos índices se refieren a la gestión de costos:

- Costos de mantenimiento – Relación entre el costo total anual de mantenimiento y el costo del periodo considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$$

Donde $CTMN$: Es el costo total anual
 $FTEP$: costo del periodo considerado

Este índice es de fácil calculo ya que los valores, tanto del numerador, son normalmente procesados por el departamento de contabilidad.

- 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)

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} \times 100$$

Donde CTMN : Costo total acumulado de mantenimiento X equipo
 VLRP : valor de compra de X equipo nuevo

Este índice debe ser calculado para los equipos mas importantes de la institución (que afectan la facturación, la calidad del servicios, la seguridad o al medio ambiente), ya que como fue indicado, es personalizado para el equipo y utiliza valores acumulados, lo que torna su procesamiento mas demorado que los demás, no justificando de esta forma ser utilizado para equipos secundarios.

Otros indicadores:

- Costos de mano de obra externa – Relación entre los gastos totales de mano de obra contratada (licitadas a otras empresas) y los gastos totales de mano de obra utilizada en los servicios, en el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum (CMOC + CMOP)} \times 100$$

Donde CMOC : Gastos totales de mano de obra contratados
 CMOP : Gastos de mano de obra propia

Este índice puede ser también calculado como: la relación entre los gastos con mano de obra contratada y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{CTMN} \times 100$$

Donde CMOC : Gastos totales de mano de obra contratados
 CTMN : Costo total del área e mantenimiento en el periodo considerado

En el calculo de este índice, pueden ser considerados todos los tipos de contratos: globales de mano de obra y otros.

4.9 PROGRAMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO

Después de tener nuestro informe de gestión, se analizan los indicadores observando los puntos más débiles a mejorar, se listan todos los posibles cuellos de botella que han hecho que ciertos indicadores no estén en el valor indicado, y se analizan las soluciones.

Se desarrolla un plan de mejoramiento para atacar los puntos mas débiles, desde personal, recursos, costos, etc., y que indiquen una mejora para los próximos informes de gestión.

5 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la monografía me fue dando cuenta que poco a poco nuevos temas se iban anexando a todo el modelo, observando que hay que dedicarle mucho tiempo y estudio al modelo para poderlo aplicar de una forma adecuada y esperando los mejores resultados. Lo principal que resaltaría sería:

- La gestión del mantenimiento de Equipo Biomédico nos da un respaldo enorme para el desarrollo de estrategias en el mejoramiento del mantenimiento y los datos necesarios para demostrar que el desarrollo de la gestión en el mantenimiento esta dando resultados.
- El desarrollar una estructura organizacional en el mantenimiento de equipo Biomédico ayuda a una buena gestión, minimizando las paradas de equipos y dando respuestas oportunas a mantenimiento de emergencia.
- Manteniendo un estricto control sobre la gestión del mantenimiento podemos estudiar y evaluar la vida útil de los equipos biomédicos, asegurando su perfecto estado, y la calidad de los servicios ofrecidos en los servicios o unidades en las instituciones.
- Con el Modelo Gerencial para el Mantenimiento de Equipo Biomédico se facilita la generación de indicadores de gestión para el seguimiento y control del mantenimiento.
- Los modos de gestión que se aplican al Mantenimiento de Equipo Biomédico son el mantenimiento preventivo, la inspección y el correctivo.
- El desarrollo del modelo gerencial aplicado a una institución de salud lleva un arduo trabajo y se necesita de mucho tiempo y dedicación para poder mostrar unos resultados satisfactorios a los clientes.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, UIS, 2003

Colombia. Ministerio de Salud. Decreto numero 2309 : Por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud. Bogotá, 2002.

Colombia. Ministerio de Salud. Decreto 1769 : Por el cual se reglamenta el artículo 90 del Decreto 1298 de 1984. Bogotá, 1994.

Congreso de Colombia. Ley 100 de 1993 : Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones. Bogotá, diciembre 23 de 1993.

ECRI. CD informativo : Healthcare product comparison system. Estados Unidos, 1999.

GONZALEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. UIS, 2002

LEJEUNE, Joaquin, ROMAN, José. Externalización o Outsourcing Hospitalario : Electromedicina. En: Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Vol. XXI, No. 3 Julio-Septiembre 2000. pp 95-105.

NEGROTTI, Armando, BENAİM, Salvador. Facility Management en Salud. Argentina, 1994.

Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Protocolos de Mantenimiento. Zaragoza-España, 1999.

RODRÍGUEZ, Ernesto, MIGUEL, Ángel, SÁNCHEZ, M. C. Gestión de Mantenimiento para Equipo Médico. En: II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana, Cuba. 2000

SÁNCHEZ, Edgar, BAUTISTA, José German. Propuesta de Modelo Gerencial para Planeación de Mantenimiento en el Sector Hotelero. UIS, 2003

TAFUR Calderón, Luis Alberto M.D. El sistema de salud de Colombia después de la Ley 100. En: Revista Colombia Médica. Vol. 27 1996; pp. 44-7.

TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Modulo de Organizaciones del Mantenimiento. Postgrado en Gerencia del Mantenimiento. UIS, 2003

TAVARES, Augusto. Administración moderna del mantenimiento. www.mantenimientomundial.com, 2003