



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“Desarrollo del Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autores**

**Álvaro Andrés Campoverde Palacios**

**Javier Santiago Román López**

**Director:**

**Ing. Esteban Javier Mora Tola**

**CUENCA, ECUADOR**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis principalmente a la perseverancia que existe en mí, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A todo mi hogar, Papá, Mamá y Hermanos, por no dejar de creer en mí, por motivarme a seguir hacia adelante.

A Vitek S.A.S. porque a lo largo de los años me ha dado la oportunidad de hacer lo que me gusta.

Y, finalmente, a los que no pensaron que lo lograría, ahora me tienen de colega.

Cada uno hace su camino, su historia y aprovecha su momento.

*Javier Santiago Román López.*

Dedico mi tesis a mis padres por el amor y el apoyo que siempre me han dado, a mis hermanas por siempre animarme y motivarme a seguir adelante, y sobre todo a mi Elohim por darme la inteligencia, la sabiduría y la fuerza para lograr mis objetivos.

*Álvaro Andrés Campoverde Palacios.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Papá, mamá y hermanos solo puedo decir ¡gracias por todo! nunca me han fallado.

A todos los que fueron mis profesores, hubieron buenos y malos, pero de todos aprendí, qué se debe y qué no se debe hacer, gracias por ser ejemplo.

*Javier Santiago Román López.*

A mi padre, a mi madre y a mis hermanas porque fueron y son mi apoyo incondicional, y gracias al más importante en mi vida, mi Elohim, por siempre estar presente en mi vida tanto en los buenos como en los malos momentos y darme la fuerza para ser cada día mejor.

*Álvaro Andrés Campoverde Palacios.*

**Desarrollo del Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos**

En este trabajo se aborda a la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos como una actividad mal ejecutada en el sistema sanitario hospitalario del Ecuador y que se busca solventar a través de la propuesta de un manual aplicado a la realidad nacional. Este manual se ha desarrollado a partir de 3 aspectos principales: técnico, económico y funcional, para los 13 equipos seleccionados para el presente trabajo. Estos equipos fueron seleccionados según su categoría (terapéutico, diagnósticos, analítico y de apoyo) para tener una mejor visualización del grado de importancia y así poder realizar un mantenimiento adecuado para garantizar el buen servicio en el área de la salud.

**Palabras clave:** Equipos Biomédicos, Gestión de mantenimiento, Calibración, Bitácora

.....  
Ing. Esteban Mora  
**Director del trabajo de titulación**

.....  
Javier Santiago Román López  
**Autor**

.....  
Álvaro Andrés Campoverde Palacios  
**Autor**

## **Desarrollo del Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos**

### **Abstract**

#### **Development of the Biomedical Equipment Maintenance Management Manual**

This work addresses the management of biomedical equipment maintenance as a poorly executed activity within Ecuador's hospital health system, which the proposed manual aims to rectify by applying it to the national context. The manual has been developed based on three main aspects: technical, economic, and functional, focusing on the 13 selected pieces of equipment for this study. These pieces of equipment were chosen according to their category (therapeutic, diagnostic, analytical, and support) to better assess their level of importance and thus perform appropriate maintenance to ensure proper service in the healthcare sector.

**Keywords:** Biomedical Equipment, Maintenance Management, Calibration, Logbook

.....  
Ing. Esteban Mora  
**Director**

.....  
Javier Santiago Román López  
**Author**

.....  
Álvaro Andrés Campoverde Palacios  
**Author**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Desarrollo del Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos .....	II
Abstract .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	I
ÍNDICE DE ANEXOS.....	I
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1 Motivación de la investigación .....	1
1.2 Problemática.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo general .....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Metodología .....	2
1.5 Organización del trabajo .....	3
Capítulo 2 Estado del arte .....	4
2.1 Introducción .....	4
2.2 Contratación .....	4
2.2.1 Sector público.....	4
2.2.1.1 Compras públicas .....	4
2.2.1.2 Procesos de compra.....	4
2.2.1.3 Ínfima cuantía.....	6
2.2.1.4 Subasta inversa.....	6
2.2.2 Sector privado.....	9
2.2.3 Gestión de mantenimiento actual .....	10
2.2.3.1 Normativa vigente.....	11

Capítulo 3	Gestión de mantenimiento.....	15
3.1	Introducción .....	15
3.2	Mantenimiento preventivo .....	15
3.2.1	Desgaste de los componentes.....	15
3.3	Mantenimiento correctivo .....	16
3.4	Metrología.....	16
3.5	Ajuste .....	16
3.6	Verificación.....	16
3.7	Calibración biomédica .....	16
3.8	Plan de mantenimiento.....	17
3.9	Manual del fabricante.....	21
3.10	Tiempo operativo .....	21
3.11	Administrativo .....	21
3.12	Bitácora .....	22
Capítulo 4	Manual de mantenimiento de equipos terapéuticos .....	24
4.1	Introducción .....	24
4.2	Desfibrilador .....	24
4.2.1	Cuerpo del equipo .....	25
4.2.2	Periféricos, piezas y partes .....	26
4.2.3	Instalación del equipo.....	26
4.2.4	Ubicación.....	26
4.2.5	Conexión a la red eléctrica .....	27
4.2.6	Bitácora .....	28
4.2.7	Plan de mantenimiento para el desfibrilador .....	28
4.2.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	31
4.2.8.1	Mantenimiento preventivo .....	31
4.2.8.2	Mantenimiento correctivo .....	31
4.2.8.3	Pruebas de funcionamiento .....	32
4.2.9	Revisión física .....	33

4.2.10	Revisión tarjetas y batería.....	33
4.2.11	Certificados de calibración .....	34
4.2.12	Informes de mantenimiento .....	34
4.3	Mesa quirúrgica.....	34
4.3.1	Cuerpo del equipo .....	35
4.3.2	Periféricos, piezas y partes .....	35
4.3.3	Instalación del equipo.....	35
4.3.4	Ubicación.....	36
4.3.5	Conexión a la red eléctrica .....	36
4.3.6	Bitácora .....	37
4.3.7	Plan de mantenimiento para la mesa quirúrgica.....	37
4.3.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	40
4.3.9.1	Mantenimiento preventivo .....	40
4.3.9.2	Mantenimiento correctivo .....	40
4.3.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	41
4.3.9	Revisión física .....	41
4.3.10	Revisión tarjetas y batería.....	41
4.3.11	Certificados de calibración .....	41
4.3.12	Informes de mantenimiento .....	41
4.4	Termocuna.....	42
4.4.1	Cuerpo del equipo .....	42
4.4.2	Periféricos, piezas y partes .....	43
4.4.3	Instalación del equipo.....	43
4.4.4	Ubicación.....	43
4.4.5	Conexión a la red eléctrica .....	44
4.4.6	Bitácora .....	44
4.4.7	Plan de mantenimiento para la termocuna.....	44
4.4.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	47
4.4.9.1	Mantenimiento preventivo .....	48
4.4.9.2	Mantenimiento correctivo .....	48
4.4.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	48
4.4.9	Revisión física .....	49
4.4.10	Revisión tarjetas y batería.....	49
4.4.11	Certificados de calibración .....	49
4.4.12	Informes de mantenimiento .....	49
4.5	Ventilador/Soporte ventilatorio.....	50
4.5.1	Cuerpo del equipo .....	50
4.5.2	Periféricos, piezas y partes .....	51

4.5.3	Instalación del equipo.....	52
4.5.4	Ubicación.....	52
4.5.5	Conexión a la red eléctrica .....	53
4.5.6	Bitácora .....	53
4.5.7	Plan de mantenimiento para ventiladores.....	54
4.5.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	57
4.5.9.1	Mantenimiento preventivo .....	57
4.5.9.2	Mantenimiento correctivo .....	57
4.5.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	58
4.5.10	Revisión física.....	58
4.5.11	Revisión tarjetas y batería.....	58
4.5.12	Certificados de calibración .....	58
4.5.13	Informes de mantenimiento .....	59
4.6	Máquina de anestesia .....	59
4.6.1	Cuerpo del equipo .....	60
4.6.2	Periféricos, piezas y partes .....	60
4.6.3	Instalación del equipo.....	62
4.6.4	Ubicación.....	62
4.6.5	Conexión a la red eléctrica .....	62
4.6.6	Bitácora .....	63
4.6.7	Plan de mantenimiento para máquina de anestesia .....	63
4.6.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	66
4.6.9.1	Mantenimiento preventivo .....	66
4.6.9.2	Mantenimiento correctivo .....	67
4.6.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	67
4.6.10	Revisión física.....	68
4.6.11	Revisión tarjetas y batería.....	68
4.6.12	Certificados de calibración .....	68
4.6.13	Informes de mantenimiento .....	69
4.7	Electrobisturí .....	69
4.7.1	Cuerpo del equipo .....	70
4.7.2	Periféricos, piezas y partes .....	70
4.7.3	Instalación del equipo.....	70
4.7.4	Ubicación.....	71
4.7.5	Conexión a la red eléctrica .....	71
4.7.6	Bitácora .....	71
4.7.7	Plan de mantenimiento para el electrobisturí .....	72
4.7.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	74
4.7.9.1	Mantenimiento preventivo .....	75

4.7.9.2	Mantenimiento correctivo .....	75
4.7.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	75
4.7.10	Revisión física.....	75
4.7.11	Revisión tarjetas y batería.....	75
4.7.12	Certificados de calibración .....	76
4.7.13	Informes de mantenimiento .....	76
4.8	Sillón odontológico .....	76
4.8.2	Cuerpo del equipo .....	77
4.8.3	Periféricos, piezas y partes .....	78
4.8.4	Instalación del equipo.....	78
4.8.5	Ubicación.....	78
4.8.6	Conexión a la red eléctrica .....	79
4.8.7	Conexión de agua .....	79
4.8.10	Conexión de aire .....	80
4.8.11	Bitácora.....	80
4.8.12	Plan de mantenimiento del sillón odontológico .....	80
4.8.13	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo.....	84
4.8.13.1	Mantenimiento preventivo .....	84
4.8.13.2	Mantenimiento correctivo .....	84
4.8.13.3	Pruebas de funcionamiento .....	85
4.8.14	Revisión física.....	85
4.8.15	Revisión tarjetas y batería.....	85
4.8.16	Certificados de calibración .....	85
4.8.17	Informes de mantenimiento .....	86
Capítulo 5	Manual de mantenimiento de equipos de diagnóstico .....	87
5.1	Introducción .....	87
5.2	Monitor multiparámetro .....	87
5.2.1	Cuerpo del equipo .....	88
5.2.2	Periféricos, piezas y partes .....	88
5.2.3	Instalación del equipo.....	89
5.2.4	Ubicación.....	89
5.2.5	Conexión a la red eléctrica .....	89
5.2.6	Bitácora .....	90
5.2.7	Plan de mantenimiento para monitor multiparámetro .....	90
5.2.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	93
5.2.9.1	Mantenimiento preventivo .....	93
5.2.9.2	Mantenimiento correctivo .....	94

5.2.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	94
5.2.10	Revisión física.....	94
5.2.11	Revisión tarjetas y batería.....	94
5.2.12	Certificados de calibración .....	95
5.2.13	Informes de mantenimiento .....	96
5.3	Electrocardiograma .....	96
5.3.1	Cuerpo del equipo .....	97
5.3.2	Periféricos, piezas y partes .....	97
5.3.3	Instalación del equipo.....	97
5.3.4	Ubicación.....	97
5.3.5	Conexión a la red eléctrica .....	97
5.3.6	Bitácora .....	98
5.3.7	Plan de mantenimiento para el ECG.....	98
5.3.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	101
5.3.9.1	Mantenimiento preventivo .....	101
5.3.9.2	Mantenimiento correctivo .....	102
5.3.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	102
5.3.10	Revisión física.....	102
5.3.11	Revisión tarjetas y batería.....	102
5.3.12	Certificados de calibración .....	102
5.3.13	Informes de mantenimiento .....	103
Capítulo 6	Manual de mantenimiento de equipos analíticos .....	104
6.1	Introducción .....	104
6.2	Microscopios .....	104
6.2.1	Cuerpo del equipo .....	105
6.2.2	Periféricos, piezas y partes .....	105
6.2.3	Instalación del equipo.....	106
6.2.4	Ubicación.....	106
6.2.5	Conexión a la red eléctrica .....	106
6.2.6	Bitácora .....	106
6.2.7	Plan de mantenimiento para microscopio.....	107
6.2.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	110
6.2.9.1	Mantenimiento preventivo .....	110
6.2.9.2	Mantenimiento correctivo .....	110
6.2.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	110
6.2.10	Revisión física.....	110
6.2.11	Revisión tarjetas y baterías .....	111

6.2.12	Certificados de calibración .....	111
6.2.13	Informes de mantenimiento .....	111
6.3	Centrifugadora.....	111
6.3.1	Cuerpo del equipo .....	112
6.3.2	Periféricos, piezas y partes .....	113
6.3.3	Instalación del equipo.....	113
6.3.4	Ubicación.....	113
6.3.5	Conexión a la red eléctrica .....	113
6.3.6	Bitácora .....	114
6.3.7	Plan de mantenimiento para centrifugadora .....	114
6.3.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	117
6.3.9.1	Mantenimiento preventivo .....	117
6.3.9.2	Mantenimiento correctivo .....	118
6.3.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	118
6.3.9	Revisión física .....	118
6.3.10	Revisión tarjetas y batería.....	118
6.3.11	Certificados de calibración .....	118
6.3.12	Informes de mantenimiento .....	118
Capítulo 7	Manual de mantenimiento de equipos apoyo.....	120
7.1	Introducción .....	120
7.2	Autoclave .....	120
7.2.1	Cuerpo del equipo .....	121
7.2.2	Periféricos, piezas y partes .....	122
7.2.3	Instalación del equipo.....	122
7.2.4	Ubicación.....	122
7.2.5	Conexión a la red eléctrica .....	123
7.2.6	Bitácora .....	123
7.2.7	Plan de mantenimiento para autoclave .....	123
7.2.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	126
7.2.9.1	Mantenimiento preventivo .....	126
7.2.9.2	Mantenimiento correctivo .....	127
7.2.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	127
7.2.9	Revisión física .....	127
7.2.10	Revisión tarjetas y baterías .....	127
7.2.11	Certificados de calibración .....	127
7.2.12	Informes de mantenimiento .....	128

7.3	Compresor .....	128
7.3.1	Cuerpo del equipo .....	129
7.3.2	Periféricos, piezas y partes .....	129
7.3.3	Instalación del equipo.....	130
7.3.4	Ubicación.....	130
7.3.5	Conexión a la red eléctrica .....	130
7.3.6	Bitácora .....	131
7.3.7	Plan de mantenimiento para compresor .....	131
7.3.8	Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo .....	134
7.3.9.1	Mantenimiento preventivo .....	134
7.3.9.2	Mantenimiento correctivo .....	134
7.3.9.3	Pruebas de funcionamiento .....	135
7.3.9	Revisión física .....	135
7.3.10	Revisión tarjetas y batería.....	135
7.3.11	Certificados de calibración .....	135
7.3.12	Informes de mantenimiento .....	135
Capítulo 8	Conclusiones y recomendaciones .....	136
8.1	Conclusiones .....	136
8.2	Recomendaciones.....	136
8.3	Bibliografía .....	137
ANEXOS:	.....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Captura de la tabla de Montos de Contratación según tipo de Proceso 2024...	5
Figura 2.2 Portal de Ínfimas cuantías.....	6
Figura 2.3 Resumen numérico de la subasta.....	8
Figura 2.4 Resumen gráfico de la subasta.....	9
Figura 2.5 Decreto Ejecutivo Nro. 1515 .....	13
Figura 2.6 Acuerdo Ministerial 0224 - 2018.....	14
Figura 3.1 Frecuencia de mantenimiento de todos los equipos muestreados. ....	19
Figura 3.2 Vida útil estimada de todos los equipos muestreados. ....	20
Figura 4.1 Desfibrilador. ....	25
Figura 4.2 Pantalla del equipo y puerto para paletas. ....	25
Figura 4.3 Paletas y Batería. ....	26
Figura 4.4 Coche de paro que se encuentra en la estación de enfermería del Hospital José Félix Valdivieso. ....	27
Figura 4.5 Modo auto test. ....	32
Figura 4.6 Pantalla de auto test de funcionamiento .....	32
Figura 4.7 Pantalla test botonería.....	33
Figura 4.8 Mesa quirúrgica. ....	34
Figura 4.9 Componentes mesa quirúrgica.....	35

Figura 4.10 Mesa de quirófano desmontada las piñneras y sin el tablero de operaciones. .....	35
Figura 4.11 Termocuna. ....	42
Figura 4.12 Termocuna vista frontal y panel de control .....	43
Figura 4.13 Pantalla, botonería y puertos periféricos del ventilador. ....	50
Figura 4.14 Componentes del ventilador. ....	51
Figura 4.15 Servo válvulas del ventilador.....	51
Figura 4.16 Válvula inspiratoria y espiratoria.....	52
Figura 4.17 Máquina de anestesia. ....	59
Figura 4.18 Componentes internos externos de una máquina de anestesia. ....	60
Figura 4.19 Componentes del canister. ....	61
Figura 4.20 Celda de oxígeno. ....	61
Figura 4.21 Pulmones artificiales.....	61
Figura 4.22 Electrobisturí.....	69
Figura 4.23 Parte interna del electrobisturí. ....	70
Figura 4.24 Periféricos del electrobisturí. ....	70
Figura 4.25 Sillón odontológico.....	77
Figura 4.26 Partes del sillón odontológico.....	78
Figura 4.27 Periféricos del sillón odontológico. ....	78
Figura 5.1 Monitor multiparámetro.....	87

Figura 5.2 Parte frontal y trasera del monitor. ....	88
Figura 5.3 Puertos de periféricos del monitor multiparámetros.....	89
Figura 5.4 Revisión interna y de funcionamiento del monitor. ....	95
Figura 5.5 Electrocardiograma.....	96
Figura 5.6 Lectura de signos vitales en el electrocardiograma por medio del uso del cable de 12 derivaciones. ....	97
Figura 6.1 Microscopio.....	104
Figura 6.2 Piezas y partes del microscopio.....	105
Figura 6.3 Pantalla y parte interna del microscopio.....	105
Figura 6.4 Centrifugadora.....	112
Figura 6.5 Tarjeta electrónica de la centrifugadora.....	113
Figura 7.1 Autoclave.....	121
Figura 7.2 Autoclave abierta.....	122
Figura 7.3 Parte interna de la autoclave.....	122
Figura 7.4 Compresor.....	128
Figura 7.5 Bomba del compresor.....	129
Figura 7.6 Mangueras del compresor.....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación de equipos médicos de acuerdo a su función. ....	15
Tabla 3.2 Muestreo de 10 equipos para la determinación de la frecuencia de mantenimiento.....	19
Tabla 3.3 Muestreo de 10 equipos para la estimación de la vida útil de los equipos médicos. ....	20
Tabla 4.1 Cálculo para el periodo de mantenimiento del desfibrilador. ....	28
Tabla 4.2 Cálculo del tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	29
Tabla 4.3 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	31
Tabla 4.4 Calculo de frecuencia de mantenimiento de una mesa quirúrgica.....	37
Tabla 4.5 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	38
Tabla 4.6 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	40
Tabla 4.7 Cálculo para el periodo de mantenimiento de la termocuna.....	45
Tabla 4.8 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	46
Tabla 4.9 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	47
Tabla 4.10 Cálculo para el periodo de mantenimiento de un ventilador. ....	54
Tabla 4.11 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	55
Tabla 4.12 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	56
Tabla 4.13 Cálculo para el periodo de mantenimiento de una máquina de anestesia.....	63
Tabla 4.14 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	64

Tabla 4.15	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	66
Tabla 4.16	Cálculo para el periodo de mantenimiento de un electrobisturí.....	72
Tabla 4.17	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	73
Tabla 4.18	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	74
Tabla 4.19	Cálculo para el periodo de mantenimiento de un sillón odontológico.....	81
Tabla 4.20	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	82
Tabla 4.21	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	83
Tabla 5.1	Cálculo para el periodo de mantenimiento de un monitor multiparámetro. ...	90
Tabla 5.2	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	91
Tabla 5.3	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	93
Tabla 5.4	Cálculo para el periodo de mantenimiento de un electrocardiograma.....	98
Tabla 5.5	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	100
Tabla 5.6	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	101
Tabla 6.1	Cálculo para el periodo de mantenimiento de un microscopio.....	107
Tabla 6.2	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	108
Tabla 6.3	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	109
Tabla 6.4	Cálculo para el periodo de mantenimiento de una centrifugadora.....	115
Tabla 6.5	Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	116
Tabla 6.6	Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	117

Tabla 7.1 Cálculo para el periodo de mantenimiento de una autoclave.....	124
Tabla 7.2 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	125
Tabla 7.3 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	126
Tabla 7.4 Cálculo para el periodo de mantenimiento de un compresor.....	131
Tabla 7.5 Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo. ....	132
Tabla 7.6 Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.....	134

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario de Requerimiento.....	140
Anexo 2. Simulador de Signos Vitales. ....	141
Anexo 3. Simulador de Pacientes.....	142
Anexo 4. Analizador de Desfibrilador .....	143
Anexo 5. Analizador de Gases.....	144
Anexo 6. Analizador de Oxígeno.....	145

Álvaro Andrés Campoverde Palacios

Javier Santiago Román López

Trabajo de Graduación

Ing. Esteban Mora Tola

Julio, 2024

## **Desarrollo del Manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos**

### **Capítulo 1 Introducción**

#### **1.1 Motivación de la investigación**

En este estudio se plantea desarrollar un manual de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, basado en la documentación del Ministerio de Salud Pública del Ecuador para los procesos de mantenimiento en las diferentes instituciones del país. El manual propuesto se enfoca en los aspectos técnicos, económicos y funcionales.

#### **Aspecto técnico**

Analizar los protocolos de mantenimiento y los repuestos desde el punto de vista electrónico, basado en bitácoras, pruebas de funcionamiento, certificados de calibración y vida útil. Se incluye un trabajo con estadísticas según la cantidad de usuarios del equipo, el desgaste de periféricos, consumibles y piezas sujetas a cambios indicadas por el fabricante.

#### **Aspecto económico**

Analizar costos fijos y variables, provisión de recursos económicos, depreciación y reposición del equipo.

#### **Aspecto funcional**

Apoyo en el diagnóstico, análisis de la tecnología vigente, tiempo útil real, tiempo muerto y errores (calibración).

#### **1.2 Problemática**

En 2018, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, luego de la publicación del decreto 1515 del año 2013, implementó un manual de Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos con el carácter de obligatorio.

La gestión de mantenimiento de equipos médicos en el país, tanto para instituciones públicas como para privadas, se ha venido manejando de manera independiente y

desordenada debido a que no existe personal que se ocupe de llevar esta gestión en áreas descentralizadas por las siguientes razones:

- Al no contar con el personal interno, no se llevan registros por parte de la institución, exceptuando los mantenimientos contratados de manera externa.
- Los mantenimientos no cumplen con las frecuencias necesarias que los equipos necesitan.
- La falta de conocimiento, por parte de los delegados, genera un mantenimiento pobre o defectuoso ya que, al no ser afín al área técnica, se desconocen los procesos.
- Las bitácoras de mantenimiento no se encuentran disponibles para la verificación de mantenimientos o daños anteriores.
- La reposición de equipos y/o repuestos tarda demasiado, ya que no se estructura en el POA (Plan Organizacional Anual).
- No se encuentra correspondencia con los activos fijos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un manual de mantenimiento de equipos biomédicos que incluyan los aspectos técnicos, económicos y funcionales.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Establecer el estado del arte y marco teórico sobre el mantenimiento de equipos biomédicos, desde las perspectivas técnica, económica y funcional.
- Proponer protocolos de mantenimiento de 13 tipos de equipos biomédicos.
- Realizar el levantamiento del estado actual de los 13 equipos biomédicos propuestos.
- Generar un documento de buenas prácticas en el mantenimiento de equipos biomédicos.

### **1.4 Metodología**

- Para el desarrollo del manual extendido se utiliza el método experimental; además, se toma como referencia la ejecución de procesos de mantenimiento ejecutados en las instituciones públicas de libre acceso en el portal del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), con el fin de desarrollar un protocolo con el mayor rendimiento y eficiencia.
- El agendamiento para la gestión de mantenimientos preventivos se realiza con la ayuda de los métodos bibliográfico y experimental en base a mantenimientos que se han realizado durante el desarrollo de este trabajo, ya que es preciso conocer los patrones que maneja cada uno de los equipos,

así como también tomar las acciones correspondientes en la fecha programada.

- La optimización de los procesos se realiza exclusivamente con el método experimental, debido a que, una vez levantada la información, se buscará aplicar a cada uno de los equipos enlistados su respectivo protocolo de mantenimiento.

## 1.5 Organización del trabajo

**Capítulo 2:** Se presenta el estado del arte; aquí se detalla la situación actual de los modelos utilizados a nivel del sector público y privado para la gestión de mantenimiento y sus protocolos preventivos/correctivos.

**Capítulo 3:** Está dedicado a la definición de gestión de mantenimiento y sus componentes individuales.

**Capítulo 4:** Se centra en el mantenimiento de los siguientes equipos, **desfibriladores - mesa quirúrgica - termocuna - ventiladores-máquina de anestesia – electrobisturí – sillón odontológico**, correspondientes a la categoría terapéuticos, donde se abordarán paso a paso las actividades de mantenimiento para cada equipo.

**Capítulo 5:** Se aborda el mantenimiento de los siguientes equipos, **monitor multiparámetro – electrocardiograma (ECG)**, correspondientes a la categoría de diagnóstico, donde se detallarán paso a paso las actividades de mantenimiento para cada equipo.

**Capítulo 6:** Se presenta el mantenimiento de los siguientes equipos, **microscopios – centrifugadora**, correspondientes a la categoría analíticos, donde se abordarán paso a paso las actividades de mantenimiento para cada equipo.

**Capítulo 7:** Se detalla el mantenimiento de los siguientes equipos, **autoclave – compresor**, correspondientes a la categoría apoyo, donde se abordarán paso a paso las actividades de mantenimiento para cada equipo.

**Capítulo 8:** Está dedicado al análisis de los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones para la correcta implementación del manual.

## **Capítulo 2 Estado del arte**

### **2.1 Introducción**

En este capítulo se analizan los procesos actuales para la ejecución de mantenimiento preventivo/correctivo, tanto en el sector público como privado. También se amplía la información disponible desde los modelos de contratación hasta la ejecución del servicio.

### **2.2 Contratación**

El proceso de mantenimiento está directamente relacionado al sistema económico que maneja la entidad de salud que brinda el servicio, se diferencia en el Ecuador por los modelos públicos y privados.

#### **2.2.1 Sector público**

##### **2.2.1.1 Compras públicas**

El Sistema Nacional de Compras Públicas (SNCP) está compuesto por el Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador (SOCE) mejor conocido como portal de compras públicas, éste a su vez está regulado por el SERCOP, responsable de desarrollar y administrar las condiciones de la contratación pública a nivel nacional.

##### **2.2.1.2 Procesos de compra**

Los procesos de compras públicas están divididos según el monto de contratación y tipo de contratación, ya sea de bien o servicio.

**Figura 2.1**

Captura de la tabla de Montos de Contratación según tipo de Proceso 2024.

	Coeficientes del PIE / LOSNCP		PIE 2024	
<b>Presupuesto Inicial del Estado para el 2024</b>			33.296.819.775,31	
<b>BIENES Y SERVICIOS NORMALIZADOS</b>				
Catalogo Electrónico		Sin limite de monto		
Subasta Inversa	0,0000002	Mayor a	6.659,36	
Ínfima Cuantía	0,0000002	Menor o igual a	6.659,36	
<b>BIENES Y SERVICIOS NO NORMALIZADOS</b>				
Menor Cuantía	0,0000002	Inferior a	66.593,64	
Cotización	Entre 0,0000002 y 0,000015	Entre	66.593,64	499.452,30
Licitación	0,000015	Mayor a	499.452,30	
<b>OBRAS</b>				
Menor Cuantía	0,0000007	Inferior a	233.077,74	
Cotización	Entre 0,0000007 y 0,000003	Entre	233.077,74	998.904,59
Licitación	0,000003	Mayor a	998.904,59	
Precio Fijo	0,0000007	Mayor a	233.077,74	
<b>CONSULTORÍA</b>				
Contratación Directa	0,0000002	Menor o igual a	66.593,64	
Lista Corta	0,000015	Mayor a - Menor a	66.593,64	499.452,30
Concurso Público	0,000015	Mayor o igual a	499.452,30	

Fuente: Servicio Nacional de Contratación Pública, 2024.

De acuerdo con la tabla 2.1, los procesos más utilizados en el servicio de mantenimientos de equipos son por subasta inversa si el valor a contratar es mayor a \$ 6.659,36 USD, en caso de ser menor se aplica el modelo de ínfima cuantía.

### 2.2.1.3 Ínfima cuantía

En el proceso de compra por ínfima cuantía, la entidad contratante publica la necesidad de bien o servicio en el portal de necesidades de contratación (figura 2.2), para la respectiva recepción de proformas, las cuales sirven como estudio de mercado para seleccionar el valor económico más conveniente para la contratación del servicio. (Servicio Nacional de Contratación Pública, s.f.)

#### Figura 2.2

Portal de Ínfimas cuantías.

Tipo de Necesidad	Código Necesidad de Contratación	Fecha de Publicación	Provincia - Cantón	Descripción del Objeto de compra	Estado de la Necesidad	Fecha límite para la entrega de proformas	Entidad Contratante	Dirección de Entrega	Contacto
Ínfimas Cuantías	NIC-1760004060001-2023-00032	2023-08-31 14:35:00	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS - SANTO DOMINGO	¿MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE AUDIO, VIDEO Y STREAMING DEL SALÓN LEGISLATIVO Y SALÓN DE LA CIUDAD RAMÓN CHERREZ CHÁVEZ DEL GAD MUNICIPAL DE	En Curso	2023-09-05 14:35:00	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO	EL SERVICIO SERÁ IMPLEMENTADO EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO UBICADO EN LA AVENIDA QUITO Y TULCÁN, DE LUNES A VIERNES EN EL HORARIO DE 08:00 A 12:00 Y DE 13:00 A 17:00	Funcionario Encargado: ING. MERCY MOYA Email: mercy_moya@hotmail.com

Fuente: Servicio Nacional de Contratación Pública, 2023.

### 2.2.1.4 Subasta inversa

En este proceso se deben cumplir ciertos requerimientos implantados por la institución pública que solicita el servicio, llamados términos de referencia (TDR), donde se incluye la cantidad de equipos, número de visitas, experiencia del oferente, personal capacitado y demás condiciones particulares que el sector público crea conveniente.

Lamentablemente el servicio solicitado, la mayoría de los casos, no está acorde a las necesidades institucionales ya que se establecen un número de visitas sin considerar la frecuencia de uso de los equipos. Por falta de conocimiento, se solicita mantenimiento de instrumental o mobiliario que no corresponde a la clasificación del equipamiento o la

información de la cantidad de equipos pertenecientes a la institución no corresponde a la cantidad real de equipos solicitada.

La calificación de participantes corresponde a la comisión técnica del área afín al servicio solicitado, propuesta por la entidad contratante a través del TDR. En caso de que la información se encuentre levantada con inconsistencias, la comisión técnica se ve obligada a calificar participantes con experiencia limitada que, al no contar con un manual de gestión y clasificación de equipos, termina en la participación de una gran cantidad de oferentes que no cumplen con las condiciones adecuadas para realizar el mantenimiento preventivo/correctivo, lo cual conlleva a la reducción drástica del presupuesto al momento de la subasta, lo que provoca que el servicio adquirido sea deficiente. Como consecuencia, desemboca en el deterioro de los equipos en lugar de extender correctamente su vida útil.

Luego que los participantes han sido calificados, presentan su oferta inicial para ingresar en la puja (figura 2.3), la cual se ha definido con anterioridad la fecha, hora, tiempo de duración y valor mínimo de variación en porcentaje correspondiente al precio inicial. El ganador resultante de la subasta procede a ser adjudicado y firmar el contrato para su ejecución. En la figura 2.3, se observa un ejemplo de una subasta ya finalizada en donde se aprecia la hora y las empresas que realizaron la puja para la contratación del servicio mientras que en la figura 2.4 se puede observar la misma subasta, pero de forma gráfica.

Para la ejecución del contrato se designa un administrador, el cual es el representante de la máxima autoridad, con quien se coordina las actividades de mantenimiento. Muchas de las veces el administrador no se encuentra familiarizado con los protocolos de mantenimiento o no es afín al área técnica, lo cual impide que se fiscalicen de manera correcta los servicios contratados.

**Figura 2.3**  
Resumen numérico de la subasta.

Proceso de Contratación	
Entidad Contratante	DIRECCION DISTRITAL 20D01 - SAN CRISTOBAL - SANTA CRUZ - ISABELA - SALUD
Objeto de Proceso de Contratación	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMEDICOS QUE DEBERÁ INCLUIR ACCESORIOS Y REPUESTOS, PARA LOS 9 ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE LA DIRECCIÓN DISTRITAL 20D01 SAN CRISTOBAL – SANTA CRUZ- ISABELA – SALUD EN EL MARCO DEL PROYECTO DE PREVENCIÓN DEL EMBARAZO EN NIÑAS Y ADOLESCENTES
Código	SIE-DD20D01-2022-03
Variación Mínima Oferta	5.00 %
Tipo de Variación	Precio total

Detalle del Proceso de Contratación	
Tipo de Compra	Servicio
Presupuesto Referencial Total (Iva)	NO DISPONIBLE
Tipo de Contratación	Subasta Inversa Electrónica
Forma de Pago	Anticipo: 0%; Solicitud Contra Entrega:100.00%; Detalle de Pago:
Plazo de Entrega	90 días
Vigencia de Oferta	90 días
Correo electrónico de Preguntas	xxxxxxxxxxx@gmail.com
Estado del Proceso	Por Adjudicar
Descripción	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO DE EQUIPOS BIOMEDICOS QUE DEBERÁ INCLUIR ACCESORIOS Y REPUESTOS, PARA LOS 9 ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE LA DIRECCIÓN DISTRITAL 20D01 SAN CRISTOBAL – SANTA CRUZ- ISABELA – SALUD EN EL MARCO DEL PROYECTO DE PREVENCIÓN DEL EMBARAZO EN NIÑAS Y ADOLESCENTES

Detalle: Bienes / Obras /Servicios					
Categoría	Bien/Obra/Servicio	Cant.	Unidad Medida	Precio Ref. Unitario	SubTotal
871540012	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION DE EQUIPO DE MEDICINA	1	Unidad	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE
<b>Total:</b>					<b>NO DISPONIBLE</b>

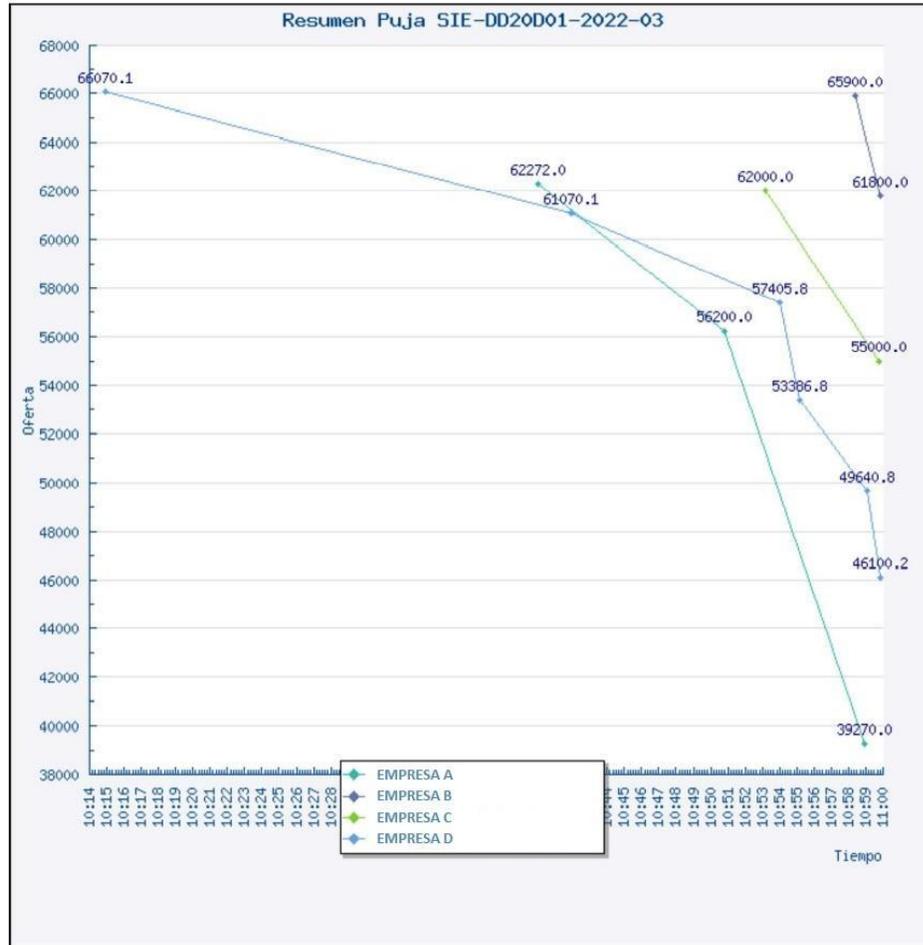
**Resumen de Puja**

EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C	EMPRESA D
USD 39,270.00	USD 61,800.00	USD 55,000.00	USD 46,100.20
hora:10:58:54	hora:10:59:49	hora:10:59:44	hora:10:59:52
USD 56,200.00	USD 65,900.00	USD 62,000.00	USD 49,640.80
hora:10:50:49	hora:10:58:22	hora:10:53:11	hora:10:59:03
USD 62,272.00	USD 69,575.00	USD 69,578.00	USD 53,386.80
hora:10:39:59	hora:10:47:02	hora:09:46:34	hora:10:55:10
USD 69,000.00			USD 57,405.80
hora:08:37:29			hora:10:54:02
			USD 61,070.05
			hora:10:41:53
			USD 66,070.05
			hora:10:14:55
			USD 69,579.99
			hora:14:40:39

Fuente: Servicio Nacional de Contratación Pública, 2022.

**Figura 2.4**  
Resumen gráfico de la subasta.

Gráfico



Fuente: Servicio Nacional de Contratación Pública, 2022.

### 2.2.2 Sector privado

En este modelo de contratación se elimina el portal de compras, teniendo la institución privada su cartera de proveedores con los cuales se permiten solicitar proformas de los servicios requeridos, adjudicando al que a ellos les parezca más conveniente.

El problema de este modelo es que se rigen por solucionar problemas puntuales, el mantenimiento preventivo/correctivo no es analizado de manera correcta ya que, de la misma manera que en el sector público, se ha venido realizando de forma desordenada y empírica. En el sector privado, cada institución establece sus propias políticas de servicio,

aunque al ser prestadores de servicios y depender del ingreso económico independiente al Estado. En algunos casos si se implementan contratos de mantenimiento anual estableciendo un número estándar de visitas tal cual como en el sector público.

### **2.2.3 Gestión de mantenimiento actual**

En la actualidad, sector público y privado están regidos por normativas establecidas por el Ministerio de Salud y decretos presidenciales, sin embargo, cada entidad maneja de manera autónoma los programas de mantenimiento para los equipos pertenecientes a sus diferentes servicios, manejando contratos con visitas pre establecidas acorde al presupuesto y a la fecha de contratación. En el sector público los procesos de mantenimiento se realizan sin planificación temporal, para poder ejecutar el presupuesto de las partidas asignadas a mantenimiento y repuestos, la mayor parte de procesos son iniciados a lo largo del año fiscal sin tener un programa financiero plurianual. Esto implica que los proveedores se ven limitados a ejecutar el número de visitas de mantenimiento en el número de meses restantes del año fiscal, es decir, si el contrato fue firmado en el mes de junio, incluyendo tres visitas, se deberá ejecutar una de ellas cada 2 meses. Si a todo eso se le suma que se finiquita el año fiscal alrededor del 20 de diciembre de cada año, los mantenimientos se ven reducidos a ejecutarse acorde a la parte contractual y no se ajusta a lo que realmente necesita cada equipo por planificación. Adicionalmente, el historial (bitácora de mantenimiento) de cada equipo no se registra adecuadamente, ya que en la mayor parte de instituciones aún se lleva de manera física los reportes de contratos y los informes anteriores de mantenimiento no se encuentran disponibles en el momento de la visita de mantenimiento, con lo que se arrastra la deficiencia de información cada vez que se contrata a un nuevo proveedor.

La planificación de mantenimiento preventivo/correctivo es prácticamente inexistente, la documentación que pertenece a cada equipo no se encuentra actualizada, la identificación de los bienes (número de serie, marca y modelo) es nula o defectuosa por parte del departamento de activos fijos.

En el sector privado, como política institucional, el mantenimiento se maneja comúnmente con carácter correctivo antes que el preventivo. Si bien existen excepciones, estos

consideran contratos anuales de mantenimiento con visitas preestablecidas, cumpliendo el mínimo de requisitos para obtener los permisos que los habilitan a seguir funcionando.

### **2.2.3.1 Normativa vigente**

El 15 de mayo de 2013 se firmó el decreto presidencial N° 1515, Resolución Nro. RE-INCOP-2013-0000085, la cual indica la vigencia tecnológica de los equipos incluidos en las categorías:

1. Equipos Informáticos.
2. Equipos de Impresión.
3. Vehículos.
4. Equipos Médicos.

Los cuales no pueden dejar de prestar servicios por falta de mantenimiento, detallados en los artículos 5, 6 y 7.

**Artículo 5.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIODICO** El mantenimiento preventivo periódico de los bienes deberá comprender el soporte técnico regular o periódico, los insumos, partes, piezas y todas las acciones necesarias para garantizar el perfecto estado de funcionalidad del bien de conformidad con las recomendaciones establecidas en los manuales del fabricante, para lo cual se observará la periodicidad con la que este mantenimiento deberá ejecutarse o el tiempo que se establezca de conformidad con la norma que para el efecto expida la Entidad rectora de la Contratación Pública en el Ecuador, según establece la Ley, en el caso de no haber indicación del fabricante. (Gobierno Electrónico del Ecuador, 2013)

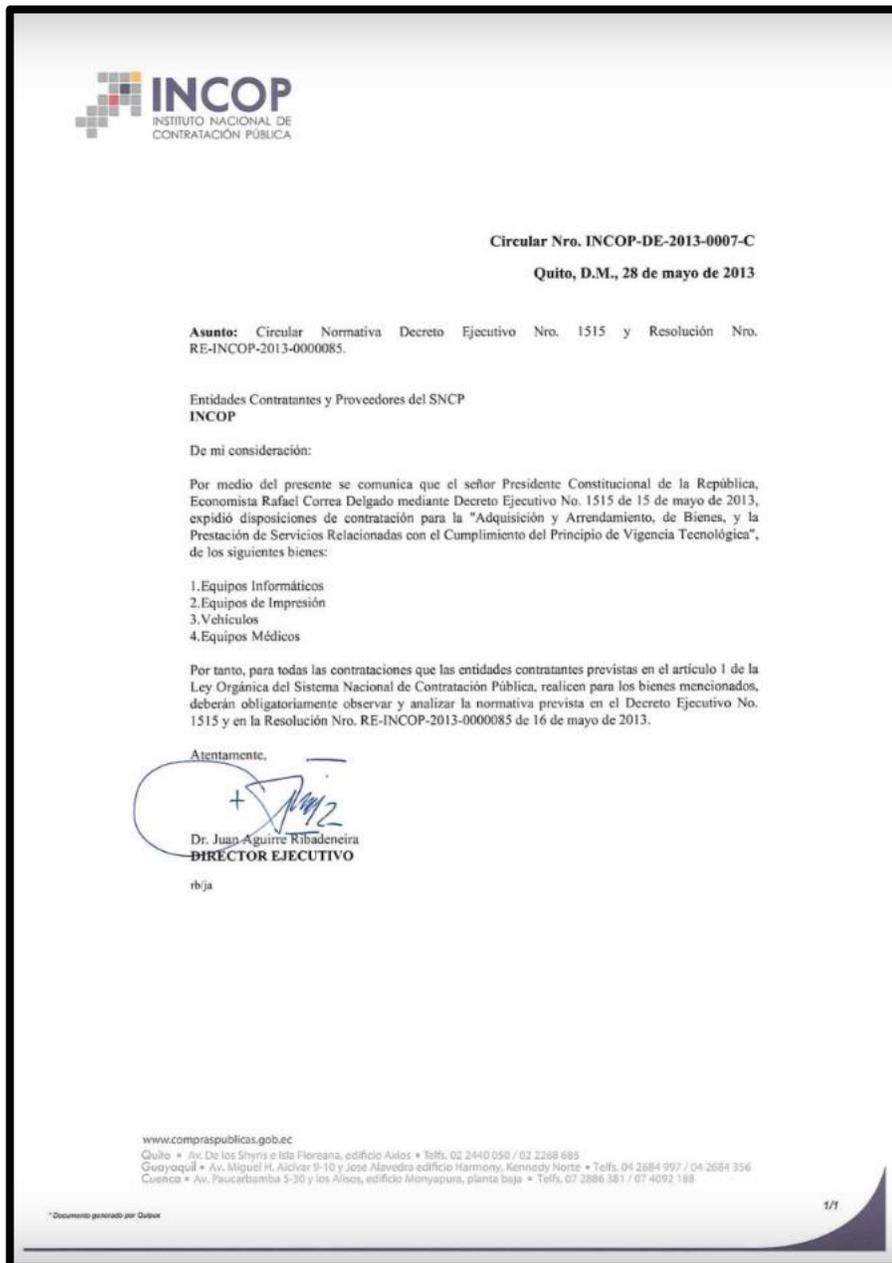
**Artículo 6.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO** El mantenimiento correctivo de los bienes debe comprender la reparación inmediata del bien en caso de daño o defecto de funcionamiento, la provisión e instalación de repuestos, accesorios, piezas o partes, así como la oportunidad de ejecutar todas las acciones necesarias para garantizar su funcionalidad y operatividad, incluyendo su reposición temporal. (Gobierno Electrónico del Ecuador, 2013)

**Artículo 7.- EXTENSIONES DEL MANTENIMIENTO** En el caso específico de la adquisición de los bienes, el mantenimiento deberá considerarse y

programarse para la vida útil, establecida en la garantía técnica; en los casos de arrendamiento o contratación del servicio, éste se considerará y programará a lo largo del plazo contractual. (Gobierno Electrónico del Ecuador, 2013)

Para la reposición del bien en aplicación de la garantía técnica y de las estipulaciones previstas en el contrato, la extensión del mantenimiento deberá contemplar las mismas condiciones que las del bien que haya sido reemplazado. (Gobierno Electrónico del Ecuador, 2013)

**Figura 2.5**  
Decreto Ejecutivo Nro. 1515

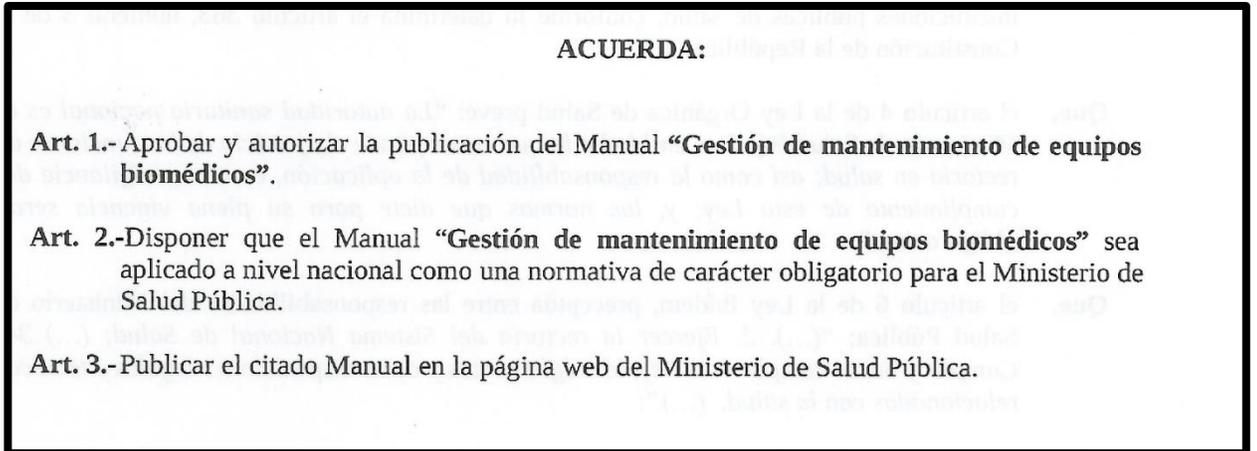


Fuente: Instituto Nacional de Contratación Pública, 2013.

El 1 de junio del 2018, en el acuerdo ministerial 0224, se aprobó y publicó el manual “Gestión de Mantenimiento de Equipos Biomédicos” donde se aplicó a nivel nacional como carácter obligatorio.

**Figura 2.6**

*Acuerdo Ministerial 0224 - 2018.*



Fuente: Herrera, 2018.

En el manual de gestión de mantenimiento se establecen los procesos para la ejecución de mantenimiento preventivo/correctivo, en el cual constan normativas para la clasificación y ponderación del estado actual de los equipos de manera general para calcular la frecuencia de mantenimiento.

## Capítulo 3 Gestión de mantenimiento

### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla el proceso para ejecutar correctamente el mantenimiento de un equipo biomédico, gestionar la documentación que avala su proceso y distinguir entre el mantenimiento preventivo, correctivo y calibración.

Se clasifican los equipos según su aplicación y nivel de complejidad en base a la literatura consultada.

**Tabla 3.1**

*Clasificación de equipos médicos de acuerdo a su función.*

Clase	Función del Equipo
Terapéuticos	Soporte de vida
	Cirugía y cuidados intensivos
	Terapia física y tratamiento
Diagnóstico	Monitorización de cirugía y cuidados intensivos
	Control fisiológico adicional y diagnostico
Analíticos	Análisis de laboratorio
	Accesorios de laboratorio
	Computadoras y afines
Apoyo	Relacionados al paciente y otros

Fuente: Tamayo et al., 2018.

### 3.2 Mantenimiento preventivo

En el proceso de extender la vida útil de un equipo, se debe identificar piezas y partes que, sin haber comprometido el funcionamiento del equipo, han sufrido desgaste normal por el uso de los mismos; el cambio anticipado de esos componentes se denomina mantenimiento preventivo.

#### 3.2.1 Desgaste de los componentes

Los equipos tienen diferentes componentes, los cuales se identifican como repuestos de piezas/partes y periféricos. Por diferentes factores todos estos componentes presentan deterioro a través de su vida útil que pueden ser por desgaste mecánico, químico o

actualización de software o firmware. Cada equipo debe ser analizado individualmente para determinar su cambio, ya sea por indicación del fabricante o cálculo de la frecuencia de mantenimiento preventivo.

### **3.3 Mantenimiento correctivo**

Cuando un equipo presenta un daño, ya sea mínimo o severo, que le impide funcionar de la manera para la cual fue diseñado, la intervención para la corrección del error se denomina mantenimiento correctivo.

Siempre que se ha intervenga un equipo, para corregir sus desperfectos, se debe pasar por un proceso de verificación o calibración, dependiendo el caso.

### **3.4 Metrología**

El diccionario define a metrología como la ciencia que estudia los sistemas de pesas y medidas. El proceso de verificación de una medida fisiológica (ECG, presión no invasiva (PNI), saturación de oxígeno (SPO2), frecuencia cardíaca, etc.) en el estado actual de un equipo, comparando con un equipo patrón, es una parte integral del proceso de gestión de mantenimiento, para lo cual se debe estar claro con las diferencias entre lo que se llama un ajuste y una calibración. (Real Academia Española, s.f.)

### **3.5 Ajuste**

De manera errónea se llama coloquialmente “calibración de equipo” a la acción de modificar, por métodos externos, los parámetros que determinan una medida resultante. Sin embargo, aplicando correctamente la terminología esto es un *ajuste* de parámetros, con lo cual se quiere que el equipo pase el proceso de certificación de calibración. (Real Academia Española, s.f.)

### **3.6 Verificación**

Con un equipo externo o con el modo de servicio de cada equipo se puede verificar el correcto funcionamiento del equipo.

### **3.7 Calibración biomédica**

La calibración de un equipo es determinar por métodos estadísticos el error absoluto, error relativo y la incertidumbre de los resultados entregados por el equipo que mide parámetros

fisiológicos, físicos y químicos; determinando la exactitud y precisión del mismo comparando con un equipo patrón o reactivos de fondo escala mayor al equipo medido. (Real Academia Española, s.f.)

### **3.8 Plan de mantenimiento**

Para determinar el plan de mantenimiento del equipo se analizan los parámetros de desgaste principales en los que intervienen varios factores a considerar.

En este trabajo se ha considerado cuatro frecuencias de mantenimiento (anual, semestral, trimestral y mensual) donde se utilizan los doce meses del año como una constante de partida para cada equipo dependiendo de las horas de uso al día, antigüedad del equipo, número de operadores, estado actual, exposición al medio ambiente, elementos sujetos a desgaste mecánico y caducidad de elementos internos. Se asigna una escala numérica de cero al cuatro en donde la menor puntuación hace referencia a una frecuencia de mantenimiento menor (figura 3.1).

De la misma manera se calcula la vida útil real del equipo considerando adicionalmente a los parámetros antes mencionados, la exposición a agentes químicos (limpieza, desinfección, solventes y reactivos) utilizados en el equipo. Se consideraron 3 niveles de desgaste por parte de este tipo de exposición (abrasivo, medio y ninguno) a las cuales se les asignó valores únicos, siendo el “4” una alta exposición, el “2” la media de éste y cero en caso de no existir ninguna. Se establece como límite de vida útil 10 años ya que contablemente se deprecian los equipos de más larga duración con tecnología vigente. Se toma anualmente la antigüedad del equipo, donde se estima que pueden tener una vida útil de 3 a 5 años más, sin superar los 10 años que contablemente se consideran o que se discontinúen las piezas de repuesto por parte del fabricante del equipo (figura 3.2).

Se propone como ejemplo para el cálculo de frecuencia de mantenimiento y vida útil, un equipo que se encuentra en bodega. Este equipo cumple con el mínimo puntaje, por lo tanto se le asigna un mantenimiento preventivo anual donde se debe considerar la caducidad de elementos internos para su reemplazo en caso de que éste se necesite usar y esté 100% operativo, la vida útil se extenderá hasta los 10 años si permanece en bodega hasta su reemplazo por depreciación.

Si bien existen equipos repetidos en diferentes zonas de una casa de salud, la frecuencia de mantenimiento y vida útil varía dependiendo del área en la cual estos están prestando servicio. Para estructurar el plan de mantenimiento, en este manual se analizan parámetros cuantitativos y cualitativos (horas de uso al día, antigüedad del equipo, número de operadores, estado actual del equipo, exposición al medio ambiente, elementos sujetos a desgaste mecánico y caducidad de elementos internos), los cuales determinan el periodo en el cual cada equipo es sometido a mantenimiento (tabla 3.1).

Para la extensión de la vida útil se consideró los mismos parámetros para la frecuencia de mantenimiento más uno adicional, la exposición a agentes químicos (tabla 3.2).

Se tomaron 10 muestras por cada tipo de equipo, se les empleó estas pruebas y se obtuvo como resultado las frecuencias y vida útil planteadas.

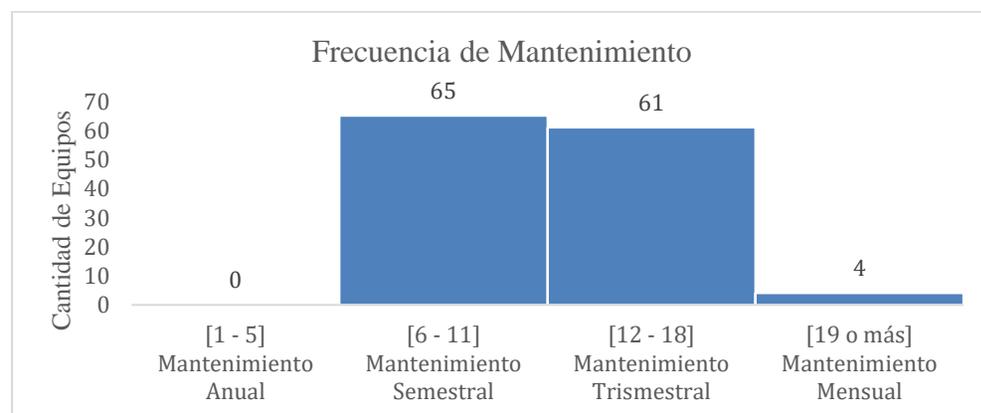
**Tabla 3.2**

Muestreo de 10 equipos para la determinación de la frecuencia de mantenimiento.

Equipos Revisados	Puntaje Frecuencia de Mantenimiento										Promedio
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9	Equipo 10	
Desfibrilador	6	8	8	9	7	8	6	8	9	9	<b>7,8</b>
Mesa quirúrgica	13	11	11	11	13	14	13	18	12	11	<b>12,7</b>
Termocuna	21	18	19	17	14	16	22	18	18	20	<b>18,3</b>
Ventilador	15	12	14	16	18	17	16	12	12	18	<b>15</b>
Máquina de anestesia	15	16	13	17	16	15	14	17	18	16	<b>15,7</b>
Electrobisturí	7	6	6	6	6	7	8	8	8	9	<b>7,1</b>
Sillón Odontológico	11	10	11	11	10	12	13	14	18	11	<b>12,1</b>
Monitor Multiparametro	17	15	14	16	17	17	18	16	17	15	<b>16,2</b>
Electrocardiograma (ECG)	10	11	14	12	11	11	10	9	10	11	<b>10,9</b>
Microscopio	8	8	8	7	7	6	8	8	9	6	<b>7,5</b>
Centrifugadora	13	14	13	13	12	15	15	15	12	12	<b>13,4</b>
Autoclave	10	11	10	10	11	12	12	11	10	11	<b>10,8</b>
Compresor	11	10	10	10	11	12	11	10	11	10	<b>10,6</b>

**Figura 3.1**

Frecuencia de mantenimiento de todos los equipos muestreados.



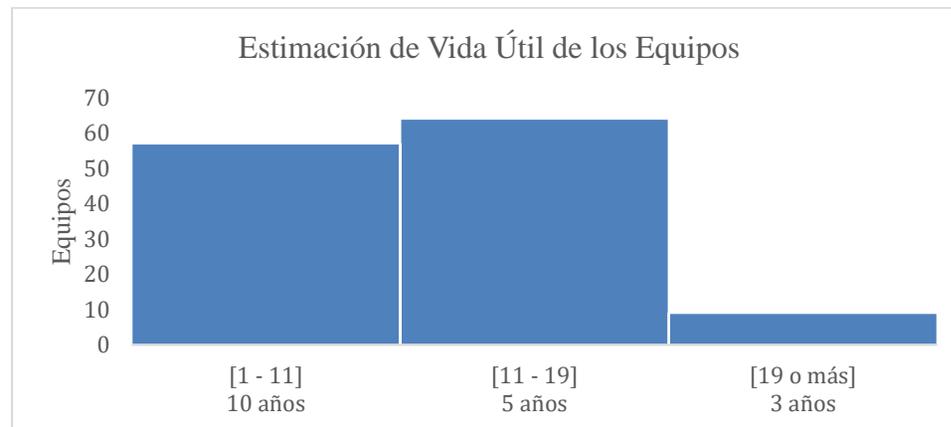
**Tabla 3.3**

Muestreo de 10 equipos para la estimación de la vida útil de los equipos médicos.

Equipos Revisados	Puntaje para Vida Útil										Promedio
	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8	Equipo 9	Equipo 10	
<i>Desfibrilador</i>	6	8	8	9	7	8	6	8	9	9	<b>7,8</b>
<i>Mesa quirúrgica</i>	13	11	11	11	13	14	13	18	12	11	<b>12,7</b>
<i>Termocuna</i>	23	20	23	19	16	18	22	20	22	22	<b>20,5</b>
<i>Ventilador</i>	15	12	14	16	18	17	16	12	12	18	<b>15</b>
<i>Máquina de anestesia</i>	15	16	13	17	16	15	14	17	18	16	<b>15,7</b>
<i>Electrobisturí</i>	7	6	6	6	6	7	8	8	8	9	<b>7,1</b>
<i>Sillón Odontológico</i>	11	10	11	11	10	12	13	14	18	11	<b>12,1</b>
<i>Monitor Multiparametro</i>	19	17	16	20	19	19	20	18	19	17	<b>18,4</b>
<i>Electrocardiograma (ECG)</i>	10	11	14	12	11	11	10	9	10	11	<b>10,9</b>
<i>Microscopio</i>	8	8	8	7	7	6	8	8	9	6	<b>7,5</b>
<i>Centrifugadora</i>	15	16	15	15	14	17	17	19	14	14	<b>15,6</b>
<i>Autoclave</i>	12	15	14	12	13	14	14	13	12	13	<b>13,2</b>
<i>Compresor</i>	11	10	10	10	11	12	11	10	11	10	<b>10,6</b>

**Figura 3.2**

Vida útil estimada de todos los equipos muestreados.



Dentro de la elaboración del plan de mantenimiento se debe recopilar información específica proporcionada por diferentes fuentes internas que manejan distintos aspectos del funcionamiento del equipo. Acorde a la información recolectada, se han dividido en los siguientes aspectos:

- Manual del Fabricante.
- Tiempo Operativo.
- Administrativo.

### **3.9 Manual del fabricante**

Parte integral de la instalación correcta del equipo es conocer a los elementos internos/externos o accesorios, determinados por la fábrica, a reemplazar en un tiempo establecido. Análogamente al funcionamiento de un carro, los primeros años de vida útil del equipo se harán los mantenimientos en la casa comercial mientras dure la garantía. Se lleva un control por parte del personal interno de la institución de los cambios y/o procesos de verificación (mantenimiento preventivo/correctivo) para cada equipo según lo que indique su manual.

### **3.10 Tiempo operativo**

En esta parte de la elaboración del plan de mantenimiento se estructura una encuesta estadística al personal que maneja el equipo en cada área específica, se puede recurrir al departamento de estadística o archivo para complementar la información requerida. Aquí se establece la calificación para implementar en la matriz de frecuencia de mantenimiento, asignando parámetros cuantitativos a la información proporcionada por el personal.

Es necesario solicitar información de ingreso del equipo al departamento de activos fijos, con la finalidad de determinar la vida útil del equipo, garantías y certificados adicionales (anexo 1).

### **3.11 Administrativo**

El personal responsable de la gestión de mantenimiento se encarga de consolidar la información proporcionada por las diferentes áreas, estructurar la matriz de frecuencia, armar la bitácora y retroalimentar la gestión financiera para la asignación de fondos.

### 3.12 Bitácora

La gestión documental del proceso de mantenimiento se denomina bitácora del equipo, en la cual debe tener a detalle todos sus documentos correspondientes, enumeramos en el orden específico de acuerdo a la cronología en la cual se van generando:

1. **Copia de factura de compra.** - Respalda el ingreso como activo a la institución y su propiedad, método de verificación de tiempo de garantía.
2. **Actas de entrega y recepción.** - Respalda el ingreso a la institución de un equipo 100% operativo.
3. **Certificados de ingreso.** - Respalda el origen del equipo, Certificaciones de Calidad (*International Standardization Organization (ISO)*, *Technischer Überwachungs-Verein (TÜV)*, *Food and Drug Administration (FDA)*, *Conformité Européene (CE)*) y Certificados de Calibración.
4. **Informes de mantenimiento de la casa comercial.** - Informes firmados por personal propio de la empresa fabricante que realiza el mantenimiento durante la vigencia de la garantía, donde consten los repuestos cambiados y su valor comercial.
5. **Plan de mantenimiento anual.** - Acorde al cálculo de la frecuencia de mantenimiento según el uso, recomendaciones del fabricante y contratos de mantenimiento.
6. **Informes de mantenimiento.** - Informes de mantenimiento periódico acorde al plan de mantenimiento anual firmados por los responsables de la ejecución del mismo, donde consten fechas, repuestos, facturas y qué tipo de mantenimiento se realizó.
7. **Certificados de calibración.** - Luego de un mantenimiento correctivo es indispensable y mandatorio realizar una calibración del equipo, debido a que se reemplazan piezas y partes que podrían modificar los parámetros de medida originales de fábrica. Certificados anuales actualizados.
8. **Actas de salida e ingreso del equipo.** - En caso de tener la necesidad que el equipo sea transportado a un lugar fuera de la institución (Mantenimiento Correctivo, Préstamo o Traslado).

- 9. Actas de baja del equipo.** - Cuando ha culminado su vida útil, ya sea de manera contable u operativa o se haya trasladado de manera definitiva, se levantará un acta de que el equipo cesó sus funciones en la institución y su respectivo egreso.

## **Capítulo 4 Manual de mantenimiento de equipos terapéuticos**

### **4.1 Introducción**

Los equipos médicos de clase terapéutica se enfocan en el contacto directo con el paciente, con diferentes niveles invasivos, niveles de riesgo y función específica, teniendo como principales funciones las siguientes:

- Soporte vital
- Cirugía
- Cuidados intensivos
- Tratamiento y terapia física

Para este trabajo se han escogido los siguientes equipos que pertenecen a esta clasificación:

- Desfibrilador.
- Mesa Quirúrgica.
- Termocuna.
- Ventilador.
- Máquina de Anestesia.
- Electrobisturí.
- Sillón Odontológico.

### **4.2 Desfibrilador**

El equipo que se muestra en la figura 4.1 es utilizado para la reanimación en personas que han sufrido un paro cardíaco por diferentes patologías clínicas, accidentes físicos (estrés, accidentes de tránsito, deportivos), intoxicaciones (químicos, drogas, alcohol, cafeína); monitorizando continuamente el ritmo cardíaco del paciente en paro, emitiendo un pulso de corriente continua al corazón para tratar de que retome su ritmo normal. (National Hearth, Lung and Blood Institute, 2023)

**Figura 4.1**  
*Desfibrilador.*



Por su función específica y su ubicación, se ha clasificado como un equipo de **alto nivel invasivo, alto riesgo**. Utilizado como soporte vital en la realización de cirugías y en cuidados intensivos. Las partes de este equipo de reanimación cardíaca se detallan a continuación.

#### 4.2.1 Cuerpo del equipo

Aquí se encuentra ubicada la pantalla, botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación (figura 4.2).

**Figura 4.2**  
*Pantalla del equipo y puerto para paletas.*



a)

b)

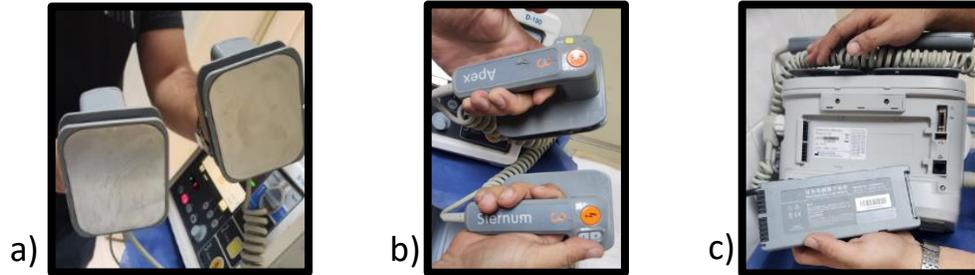
a) Botonería y pantalla del desfibrilador. b) Ubicación en donde se colocan las paletas.

### 4.2.2 Periféricos, piezas y partes

Paletas, cables periféricos para monitorización ECG, cable de alimentación eléctrica, batería (figura 4.3).

**Figura 4.3**

*Paletas y Batería.*



- a) Superficie de contacto de las Paletas. b) Botón de carga y descarga de las paletas. c) Batería del desfibrilador.

### 4.2.3 Instalación del equipo

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### 4.2.4 Ubicación

El equipo tiene que instalarse de manera accesible para su uso en caso de necesitarlo, debidamente sujeto a su lugar correspondiente en el coche de paro, ya que es un equipo de reanimación y necesita ser trasladado hacia el paciente (figura 4.4). O a su vez en un lugar fijo el cual no impida el acceso del operario al paciente.

**Figura 4.4**

*Coche de paro que se encuentra en la estación de enfermería del Hospital José Félix Valdivieso.*



#### **4.2.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra y el uso de un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés) por lo que se siguen los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### 4.2.6 Bitácora

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### 4.2.7 Plan de mantenimiento para el desfibrilador

La tabla 4.1 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un desfibrilador ubicado en la sala de hospitalización, con una frecuencia de uso mínima, debido a que las patologías que se manejan no representan un alto nivel de riesgo, vida útil (tabla 4.2) y listado de repuestos (tabla 4.3) de un desfibrilador son los siguientes:

**Tabla 4.1**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento del desfibrilador.*

Equipo: Desfibrilador		
Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	2
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	1
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	

	Regular = 2 Malo = 3	
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	0
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	1
<b>Puntaje Total:</b>		<b>6</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral 12 a 18 Mantenimiento trimestral 19 a 25 Mantenimiento Mensual	<b>Desfibrilador estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>

**Tabla 4.2**  
*Cálculo del tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	1
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2 8 a 10 años = 3	2

	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	
	2 a 5 = 2	1
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	
	Bueno = 1	1
	Regular = 2	
Exposición a agentes químicos	Malo = 3	
	Ninguna = 0	
	Medio = 2	2
Exposición al medio ambiente.	Abrasivos = 4	
	Ninguna = 0	
	Medio = 2	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Intemperie = 4	
	Ninguna = 0	
	Bajo = 1	0
Caducidad de elementos internos	Medio = 2	
	Alto = 3	
	No tiene = 0	
	Anual = 1	1
<b>Puntaje Total:</b>	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
		<b>8</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Desfibrilador tendrá una vida útil de 10 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.3***Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Sensor ECG	Cambio	6 meses	\$ 500,00	2	1	\$ 1.000,00
Batería	Cambio	2 años	\$ 300,00	0,5	1	\$ 150,00
						\$ 1.150,00

#### **4.2.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo**

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

##### **4.2.8.1 Mantenimiento preventivo**

Se realizan pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de cable de monitorización ECG anual.
- Cambio de cable o paletas (en caso de ser necesario).

##### **4.2.8.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

### 4.2.8.3 Pruebas de funcionamiento

Como se muestra en las figuras 4.5 - 4.6 y 4.7, la mayor parte de los desfibriladores tienen un modo *auto test*, en el cual se comprueba la botonería, modos de funcionamiento y pruebas de descarga.

**Figura 4.5**  
*Modo auto test.*



**Figura 4.6**  
*Pantalla de auto test de funcionamiento*

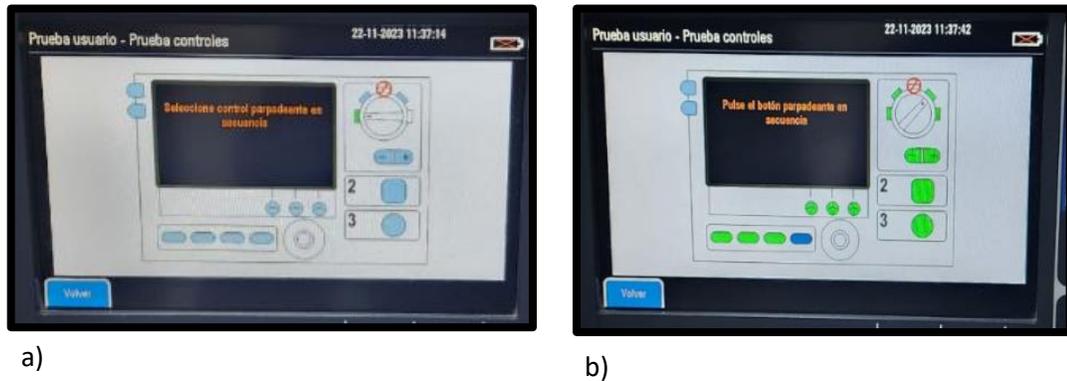


a)

b)

c)

a) Inicio de prueba de funcionamiento de las paletas del desfibrilador. b) Tiempo regresivo para activar la carga. c) Barra de carga del desfibrilador.

**Figura 4.7***Pantalla test botonería*

Prueba de funcionamiento de botonería del desfibrilador: a) Antes de presionar los botones. b) Después de presionar los botones.

También se puede utilizar un analizador de desfibrilador para verificar su correcto funcionamiento (Anexo 4).

#### 4.2.9 Revisión física

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (paletas de descarga, cable de monitorización ECG, electrodos) y batería, en el cual no debe haber cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### 4.2.10 Revisión tarjetas y batería

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías, generalmente en los modelos actuales son de montaje externo en la parte posterior del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas placa de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés), donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

#### 4.2.11 Certificados de calibración

En caso de ser necesario se realizarán pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo patrón con un fondo escala mayor al del equipo a calibrar, se tomarán 10 lecturas donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

#### 4.2.12 Informes de mantenimiento

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

### 4.3 Mesa quirúrgica

El equipo que se muestra en la figura 4.8 es utilizado en cirugía, mayor y menor, para que el paciente repose durante ésta y brinde seguridad al médico al momento de tratarlo. Esta mesa o cama de quirófano, consta de partes móviles y otras que pueden ser desacopladas permitiendo al médico posicionarlo según sea requerido. (Advanced Instrumentations, 2018).

**Figura 4.8**  
*Mesa quirúrgica.*



Por su función específica y ubicación, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado en intervenciones quirúrgicas (cirugías).

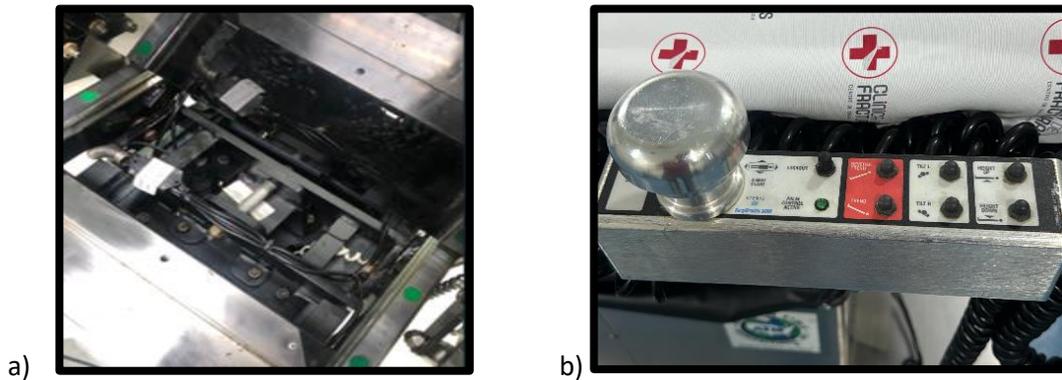
Las partes de este equipo quirúrgico se detallan a continuación.

### 4.3.1 Cuerpo del equipo

Aquí se encuentra ubicado el soporte principal o base, donde se aloja la botonería, puertos para periféricos y accesorios, motores, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación, columna principal de altura móvil y tablero de operaciones (figura 4.9 a y b).

**Figura 4.9**

*Componentes mesa quirúrgica.*



a) Motores de la mesa de quirófano. b) Control de mando de la mesa quirúrgica.

### 4.3.2 Periféricos, piezas y partes

Pierneras rectas y angulares para parto (figura 4.10), soporte para brazos, sujetador de cabeza, almohadillas anti estática, cable de alimentación eléctrica y batería.

**Figura 4.10**

*Mesa de quirófano desmontada las pierneras y sin el tablero de operaciones.*



### 4.3.3 Instalación del equipo

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. En el caso de un quirófano se

realiza la planificación para el flujo de pacientes, ubicación de equipos, instalaciones eléctricas y de gases medicinales. Adicionalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

#### **4.3.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera central en el quirófano con espacio de circulación en todas las direcciones de manera ergonómica, debidamente nivelado a su lugar correspondiente, evitando deslizamientos y cables de alimentación atravesados.

#### **4.3.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, en el caso del quirófano se deben tomar en cuenta condiciones especiales como transformadores de aislamiento, tableros de distribución eléctrica anti explosivos de grado médico, vinil antiestático, tomacorrientes de grado médico con tapas impermeables, tomas de oxígeno, de aire comprimido y de vacío debidamente aisladas, conexión de UPS a los tableros principales como *bypass* y conexión a un generador auxiliar. Luego de verificar todo lo anterior, se siguen los siguientes pasos:

1. Colocación de tomacorrientes de grado médico con tapa impermeable y conexión a tierra sobre vinil anti estático en el piso del quirófano, a la menor distancia para la alimentación de la mesa de operaciones, evitando tener cables innecesarios que obstruyan la circulación del personal médico.
2. Lectura de datos técnicos en la placa del equipo.
3. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un regulador de voltaje o UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
4. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal, entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal de neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de que el quirófano no tenga su propio UPS, instalar uno externo y verificar que entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### 4.3.6 Bitácora

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a en la información previamente levantada se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### 4.3.7 Plan de mantenimiento para la mesa quirúrgica

La tabla 4.4 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una mesa de operaciones ubicada en un quirófano, con una frecuencia de uso media, vida útil (tabla 4.5) y listado de repuestos (tabla 4.6) de una mesa quirúrgica son los siguientes:

**Tabla 4.4**

*Calculo de frecuencia de mantenimiento de una mesa quirúrgica.*

Equipo: Mesa Quirúrgica		
Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	4
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	

	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	1
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	1
<b>Puntaje Total:</b>		<b>11</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral 12 a 18 Mantenimiento trimestral 19 a 25 Mantenimiento Mensual	<b>Mesa Quirúrgica estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>

**Tabla 4.5**  
*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	1
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2	4

	8 a 10 años = 3 + 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	2
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	1
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0 Medio = 2 Abrasivos = 4	2
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	1
<b>Puntaje Total:</b>		<b>13</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años 12 a 18 = 5 años 19 o más = 3 años	<b>Mesa Quirúrgica tendrá una vida útil de 5 años</b>

**Tabla 4.6***Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Almohadilla	Cambio	Cada 3 años	\$ 250,00	0,33	1	\$ 83,33
Cambio de Aceite (Si tiene motores con aceite)	Cambio	Anual	\$ 130,00	1	1	\$ 130,00
						\$ 213,33

#### **4.3.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo**

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

##### **4.3.9.1 Mantenimiento preventivo**

Se realizan pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de cable de control de mando.
- Cambio de almohadillas antiestáticas.

##### **4.3.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo para luego realizar el cambio o reparación de ellas.

Para este tipo de equipo no es necesario un certificado de calibración ya que no mide parámetros fisiológicos ni está en contacto directamente con el paciente.

#### **4.3.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Se comprueba el movimiento de todas las posiciones y la botonería de la mesa de operaciones, modos de funcionamiento, bloqueo de llantas y seguros, verificación del funcionamiento de piezas y partes adicionales.

#### **4.3.9 Revisión física**

Se verifica el estado físico de la mesa de operaciones, desgaste de los accesorios metálicos, almohadillas antiestáticas, motores, botoneras, cables de poder, recubrimiento del tablero de operaciones, revisión de hendiduras donde se podría acumular fluidos corporales y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### **4.3.10 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo desconectado en un área de trabajo adecuado, se procede a desconectar las baterías, generalmente en los modelos actuales son de montaje externo en la parte inferior de la columna principal del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (fluidos, sulfato en los conectores, polvo, cables de conexión en mal estado).

#### **4.3.11 Certificados de calibración**

El equipo no necesita certificados de calibración ya que no entrega ningún parámetro fisiológico.

#### **4.3.12 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

#### 4.4 Termocuna

El equipo de la figura 4.11 utilizado en caso de partos prematuros. Éste permite al neonato desarrollarse aislado, en un ambiente cuya temperatura, humedad, oxígeno y otras condiciones específicas controladas, sirven para simular el vientre de la madre, sin tener que perder el contacto visual. (Dräger Medical, 2002)

**Figura 4.11**  
*Termocuna.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **medio nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado como soporte vital en las áreas de neonatología y cuidados intensivos.

Las partes de este equipo de hospitalización se detallan a continuación.

##### 4.4.1 Cuerpo del equipo

En las figuras 4.12 se muestra donde se encuentra ubicada la cama, niquelina, ventilador, cúpula, botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, filtros de aire, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

**Figura 4.12***Termocuna vista frontal y panel de control*

a)



b)



c)



d)

a) Cúpula (parte frontal). b) Cúpula (parte trasera). c) Pantalla y botonería. d) Puertos de periféricos de la termo cuna.

#### **4.4.2 Periféricos, piezas y partes**

Sensor de temperatura (piel), sensor de temperatura (aire), lámpara de fototerapia (varía según el modelo), balanza (varía según el modelo), cable de alimentación eléctrica y batería.

#### **4.4.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

#### **4.4.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera central en el cubículo y deberá contar con el espacio suficiente para la circulación en todas las direcciones de manera ergonómica, debidamente nivelado a su lugar correspondiente, evitando deslizamientos y cables de alimentación atravesados.

#### **4.4.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra y el uso de UPS por lo que se siguen los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### **4.4.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

#### **4.4.7 Plan de mantenimiento para la termocuna**

La tabla 4.7 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una termocuna ubicada en la sala de neonatología, con una frecuencia de uso alta, debido a que los partos prematuros son más comunes y con diferentes patologías que requieren el ingreso del paciente al equipo, vida útil (tabla 4.8) y listado de repuestos (tabla 4.9) de una termocuna son los siguientes:

**Tabla 4.7**  
Cálculo para el periodo de mantenimiento de la termocuna.

<b>Equipo: Termocuna</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	4
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	4
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	3
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	3
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Cumplimientos de garantías	Malo = 3	-
	NO TOCAR	
	Ninguna = 0	
Exposición al medio ambiente.	Medio = 2	0
	Intemperie = 4	
	Ninguna = 0	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Bajo = 1	2
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	3
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>19</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral	<b>Termocuna estará sujeto a un mantenimiento mensual</b>

12 a 18 Mantenimiento  
trimestral19 a 25 Mantenimiento  
Mensual**Tabla 4.8***Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	4
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2 8 a 10 años = 3 + 10 años = 4	4
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	3
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	3
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0 Medio = 2 Abrasivos = 4	2
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2

	No tiene = 0	
	Anual = 1	
Caducidad de elementos internos	Semestral = 2	3
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>21</b>
	0 a 11 = 10 años	
<b>Vida Útil Promedio</b>	12 a 18 = 5 años	<b>Termocuna tendrá una vida útil de 3 años</b>
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.9**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Sensor de Temperatura	Cambio	3 meses	\$ 120,00	4	1	\$ 480,00
Sensor de Oxígeno	Cambio (Depende el Modelo)	1 año	\$ 350,00	1	1	\$ 350,00
Batería	Cambio	2 años	\$ 120,00	0,5	1	\$ 60,00
Filtros de aire	Cambio	3 meses	\$ 35,00	4	1	\$ 140,00
Mangueras de Aire y Oxígeno	Revisión de Fugas (cambio de ser necesario)	2 años	\$ 290,00	0,5	1	\$ 145,00
Colchón	Cambio	2 años	\$ 180,00	0,5	1	\$ 90,00
Niquelinas	Cambio (En caso de DAÑO)	5 años	\$ 800,00	0,2	1	\$ 160,00
						\$ 1.425,00

#### 4.4.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### **4.4.9.1 Mantenimiento preventivo**

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento.

- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de sensor de temperatura (piel) cada 3 meses.
- Cambio sensor de oxígeno (depende el modelo).
- Cambio de mangueras de O2 y aire (depende el modelo).
- Cambio de filtros de aire cada 3 meses.
- Cambio de colchón cada 2 años o de ser necesario antes.
- Niquelina (en caso de ser necesario).

#### **4.4.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

#### **4.4.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Las termocunas miden diferentes temperaturas (como la del aire y el corporal) dentro de la cúpula las cuales deben ser probadas y verificar su correcto funcionamiento. Para ello se necesitan dispositivos que confirmen su exactitud. Para el caso de la verificación de la medición de la temperatura dentro de la cúpula es recomendable colocar termómetros de prueba en diferentes puntos de ésta para comprobar su precisión, ya que estos equipos deben estar plenamente calibrados (certificados de calibración actualizados por una entidad competente diferente a la empresa que realiza el mantenimiento).

#### **4.4.9 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (sensores de temperatura, lámparas de fototerapia), (no debe haber cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos), batería, mangueras sin fugas, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### **4.4.10 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías, generalmente en los modelos actuales son de montaje externo en la parte posterior del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

#### **4.4.11 Certificados de calibración**

Las termocunas deben ser probadas con varios dispositivos que midan las diferentes temperaturas dentro de la cúpula y en diferentes puntos. Para lograr esto se necesita dispositivos de medición con un fondo escala mayor al del equipo a examinar. Se tomarán 10 lecturas, donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

#### **4.4.12 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## 4.5 Ventilador/Soporte ventilatorio

El equipo de la figura 4.13 es utilizado en pacientes con dificultad para respirar por sí mismos. El método consiste en introducir una sonda (tubo endotraqueal) por la boca o nariz, atravesando por la tráquea. La máquina empieza a bombear y aspirar el aire de los pulmones de manera periódica simulando la inhalación y exhalación, ayudando de esta manera a respirar al paciente por medio de este equipo. (Newport Medical Instruments)

**Figura 4.13**

*Pantalla, botonería y puertos periféricos del ventilador.*



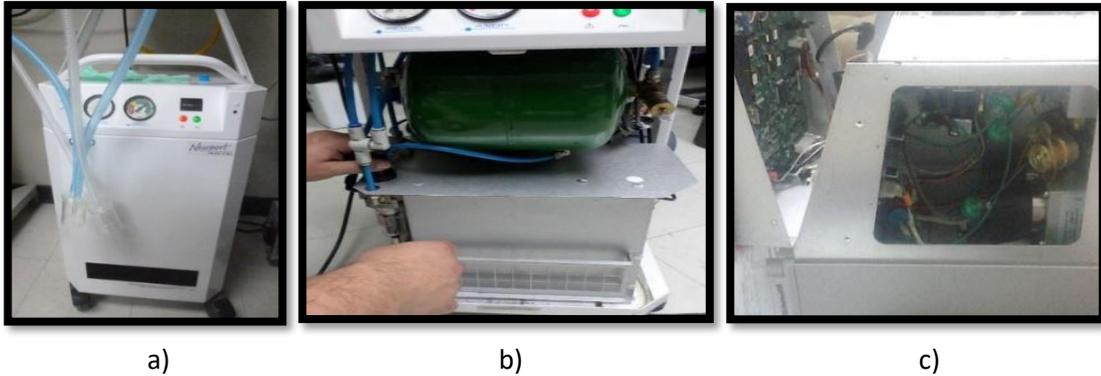
Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **alto nivel invasivo, alto riesgo**. Utilizado como soporte vital en el área de cuidados intensivos.

Las partes de este equipo de ventilación para soporte vital se detallan a continuación.

### 4.5.1 Cuerpo del equipo

En las figuras 4.14 se encuentra ubicada la pantalla, botonería, sensor de oxígeno, sensor de flujo, toma de ingreso de aire comprimido y oxígeno, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

**Figura 4.14**  
*Componentes del ventilador.*



a) Base y cubierta del compresor. b) Compresor. c) Tarjeta electrónica.

También cuentan con servo válvulas (figura 4.15) que permiten el control del ingreso y de salida del aire el cual se puede observar en la siguiente imagen.

**Figura 4.15**  
*Servo válvulas del ventilador.*



#### 4.5.2 Periféricos, piezas y partes

Válvula inspiratoria (figura 4.16), válvula espiratoria, circuito de paciente, nebulizador, filtros higroscópicos, cable de alimentación eléctrica y batería.

**Figura 4.16**

*Válvula inspiratoria y espiratoria.*



### **4.5.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Al ser un equipo altamente invasivo la seguridad debe ser óptima, de la misma manera que en el quirófano, para lo cual se debe tener conexión a un UPS y al generador de respaldo de energía eléctrica, revisión de la acometida de aire y oxígeno con sus respectivos reguladores de presión que serán colocados en la presión nominal que indique el fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **4.5.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su uso en el área que ha sido designado, las cuales pueden ser:

- Unidad de Cuidados intensivos (UCI).
- Sala de recuperación (quirófano).
- Emergencia.
- Neonatología.

Las instalaciones de aire comprimido y oxígeno deben estar debidamente aisladas, con tubería de cobre y tomacorrientes de grado médico.

Acceso libre en todas las direcciones de manera ergonómica para el personal médico en caso de eventos fortuitos que necesiten maniobras de reanimación, acceso al coche de paro, unidad de cuidados intensivos, desfibrilador o traslado de emergencia del paciente.

#### **4.5.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### **4.5.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### 4.5.7 Plan de mantenimiento para ventiladores

La tabla 4.10 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un ventilador de soporte vital ubicada en la sala de hospitalización, con una frecuencia de uso media, debido a que las diferentes patologías que no requieren el ingreso del paciente al equipo, vida útil (tabla 4.11) y listado de repuestos (tabla 4.12) de un ventilador son los siguientes:

**Tabla 4.10**  
*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un ventilador.*

Equipo: Ventilador de Soporte Vital		
Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	2
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	2
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Cumplimientos de garantías	Malo = 3	0
	NO TOCAR	
	Ninguna = 0	
Exposición al medio ambiente	Medio = 2	0
	Intemperie = 4	
	Ninguna = 0	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Bajo = 1	2
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	3

	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>13</b>
	1 a 5 mantenimiento Anual	
	6 a 11 mantenimiento Semestral	
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	12 a 18 Mantenimiento trimestral	<b>Ventilador de Soporte Vital estará sujeto a un mantenimiento trimestral</b>
	19 a 25 Mantenimiento Mensual	

**Tabla 4.11**

*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
	1h a 4h = 1	
	5h a 8h = 2	
Horas de uso al día	9h a 12h = 3	2
	+12h = 4	
	1 a 4 años = 1	
	5 a 7 años = 2	
Antigüedad del Equipo	8 a 10 años = 3	2
	+ 10 años = 4	
	1 = 1	
	2 a 5 = 2	
Nº Operadores	6 a 10 = 3	2
	+ de 10 = 4	
	Garantía = 0	
	Bueno = 1	
Estado actual del equipo	Regular = 2	2
	Malo = 3	
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	2

	Medio = 2	
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0	
	Medio = 2	0
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	
	Bajo = 1	
	Medio = 2	2
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	
	Anual = 1	
	Semestral = 2	3
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>15</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Ventilador de Soporte Vital tendrá una vida útil de 5 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.12**

*Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Sensor de Flujo Reutilizable	Cambio	3 meses	\$ 100,00	4	1	\$ 400,00
Sensor de Oxígeno	Cambio	1 año	\$ 390,00	1	1	\$ 390,00
Válvula exhalatoria	Cambio	6 meses	\$ 120,00	2	1	\$ 240,00
Batería	Cambio	2 años	\$ 300,00	0,5	1	\$ 150,00
Filtros de aire	Cambio	3 meses	\$ 50,00	4	1	\$ 200,00
Trampas de agua (Filtros de Ingreso de aire y O2)	Cambio	1 año	\$ 65,00	1	1	\$ 65,00
Circuito de paciente Reutilizable	Cambio	3 meses	\$ 60,00	4	1	\$ 240,00
Mangueras de Aire y Oxígeno	Revisión de Fugas (cambio de ser necesario)	2 años	\$ 8,00	0,5	1	\$ 4,00

Vasos de Humidificador	Cambio	1 año	\$ 120,00	1	1	\$ 120,00
						\$ 1.809,00

#### 4.5.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

##### 4.5.9.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Sensor de flujo cada 3 meses (reutilizables).
- Sensor de oxígeno cada año.
- Membrana de la válvula exhalatoria cada 6 meses.
- Filtros higroscópicos cada 3 meses (reutilizables o descartables).
- Trampas de agua de ingreso de gases medicinales cada año.
- Manguera de aire y oxígeno cada 2 años (incluye acoples de pared).
- Cambio de batería cada 2 años.

Nota: Los filtros descartables se deben utilizar uno por cada paciente.

##### 4.5.9.2 Mantenimiento correctivo

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realizan el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

#### **4.5.9.3 Pruebas de funcionamiento**

La mayor parte de los ventiladores tienen un modo *auto test*, en el cual se comprueba la botonería, modos de funcionamiento, pruebas de fugas en el circuito de paciente con un pulmón artificial, también con la ayuda de un equipo externo (Anexo 6) se mide la concentración de oxígeno (FIO<sub>2</sub>) y se realizan pruebas al 21% (es la concentración normal de oxígeno en el aire), al 50% y al 95%. Se verifican el funcionamiento de los modos de ventilación: por presión y por volumen, sincrónicos y asincrónicos.

#### **4.5.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (válvula exhalatoria e inspiratoria, sensor de flujo), circuito de paciente, mangueras de alimentación sin cuarteaduras ni cables expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### **4.5.11 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías y se verifica el estado actual midiendo el voltaje y observando que no se encuentre deteriorada (hinchada y/o sulfatada en los bornes de conexión). Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torqs), con el cuidado respectivo se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

#### **4.5.12 Certificados de calibración**

Los ventiladores deben ser probados con varios dispositivos que miden diferentes parámetros (FIO<sub>2</sub>, volumen, presión y flujo de aire) a través del circuito del paciente y en diferentes modos de ventilación para verificar su precisión, estos equipos deben estar plenamente calibrados (certificados de calibración actualizados por una entidad competente diferente a la empresa que realiza el mantenimiento), tomando 10 lecturas donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

#### 4.5.13 Informes de mantenimiento

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

#### 4.6 Máquina de anestesia

El equipo de la figura 4.17 es utilizado en cirugías (mayores y menores) y en procedimientos ambulatorios endoscópicos. Consta de un sistema de dispositivos que sirven para monitorear y controlar la entrega y administración del aire, oxígeno y fármacos anestésicos en pacientes. (Dräger Medical, 2007)

**Figura 4.17**

*Máquina de anestesia.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **alto nivel invasivo, alto riesgo**. Utilizado como soporte vital en la realización de cirugías.

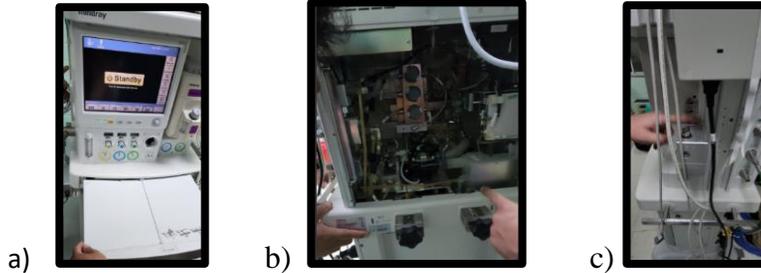
Las partes de este equipo de anestesia general se detallan a continuación.

### 4.6.1 Cuerpo del equipo

En las figuras 4.18 se encuentra ubicada la pantalla, botonería, flujómetros, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

**Figura 4.18**

*Componentes internos externos de una máquina de anestesia.*

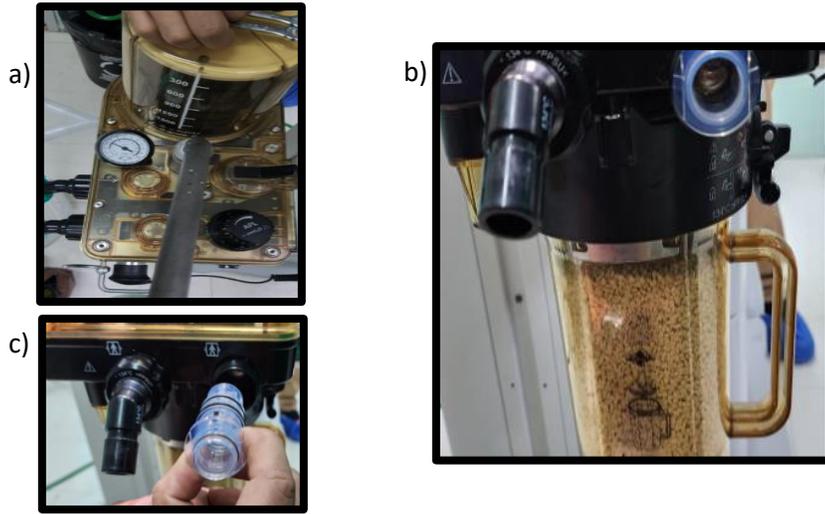


a) Pantalla y botonería. b) Tarjetas electrónicas y mangueras. c) Cable de poder.

### 4.6.2 Periféricos, piezas y partes

En la figura 4.29-a se muestra el canister y depósito de cal, la cajonera, ingreso de aire, oxígeno y óxido nitroso, ventilador tanques de gases medicinales, circuito de paciente, monitor multiparámetro, sensor de oxígeno (figura 4.20), sensor de flujo (inspiratorio y espiratorio figura 4.20- bc), filtros higroscópicos, pulmones artificiales (figura 4.21), cables periféricos para monitorización ECG, cable de alimentación eléctrica y batería.

**Figura 4.19**  
*Componentes del canister.*

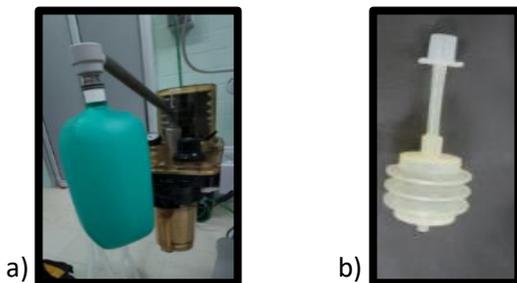


a) Canister. b) Filtro de cal. c) Sensores inspiratorio y espiratorio.

**Figura 4.20**  
*Celda de oxígeno.*



**Figura 4.21**  
*Pulmones artificiales.*



a) Adulto. b) Neonatal.

### **4.6.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. En el caso de un quirófano, se realiza la planificación para los flujos de pacientes, ubicación de equipos, instalaciones eléctricas, gases medicinales, revisión de la acometida de aire y oxígeno con sus respectivos reguladores de presión los cuales serán colocados en la presión nominal que indique el fabricante. Se verifican los parámetros que se detallan a continuación.

### **4.6.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera lateral a la mesa de operaciones en el quirófano con espacio de circulación en todas las direcciones de manera ergonómica, debidamente nivelado a su lugar correspondiente, evitando deslizamientos y cables de alimentación atravesados.

### **4.6.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, en el caso del quirófano se deben tomar en cuenta condiciones especiales como transformadores de aislamiento, tableros de distribución eléctrica anti explosivos grado médico, vinil antiestático, tomacorrientes grado médico con tapas impermeables, tomas de oxígeno, aire comprimido y vacío debidamente aisladas, conexión de UPS a los tableros principales como *bypass* y conexión a generador auxiliar, luego de verificar todo lo anterior se sigue los siguientes pasos:

1. Colocación de tomacorrientes grado médico con tapa impermeable y conexión a tierra sobre el vinil anti estático en el piso de quirófano a la menor distancia para la alimentación de la mesa de operaciones, evitando tener cables innecesarios que obstruyan la circulación del personal médico.
2. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
3. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la

placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.

4. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### 4.6.6 Bitácora

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### 4.6.7 Plan de mantenimiento para máquina de anestesia

La tabla 4.13 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una máquina de anestesia ubicada en un quirófano, con una frecuencia de uso media, debido a que las cirugías son programadas, vida útil (tabla 4.14) y listado de repuestos (tabla 4.15) de una máquina de anestesia son los siguientes:

**Tabla 4.13**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de una máquina de anestesia.*

<b>Equipo: Máquina de Anestesia</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	2

	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	3
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	2
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	3
<b>Puntaje Total:</b>		<b>14</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral 12 a 18 Mantenimiento trimestral 19 a 25 Mantenimiento Mensual	<b>Máquina de Anestesia estará sujeto a un mantenimiento trimestral</b>

**Tabla 4.14**  
*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-

Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	2
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	3
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	2
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	2
	Medio = 2	
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	2
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	3
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>16</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Máquina de Anestesia tendrá una vida útil de 5 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.15***Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Sensor de Flujo	Cambio	4 meses	\$ 100,00	3	1	\$ 300,00
Sensor de Oxígeno	Cambio	1 año	\$ 350,00	1	1	\$ 350,00
Fuelle	Cambio	1 año	\$ 120,00	1	1	\$ 120,00
Batería	Cambio	2 años	\$ 350,00	0,5	1	\$ 175,00
Filtros de aire	Cambio	3 meses	\$ 50,00	4	1	\$ 200,00
Trampas de agua (Filtros de Ingreso de aire y O2)	Cambio	1 año	\$ 50,00	1	1	\$ 50,00
Circuito de paciente Reutilizable	Cambio	3 meses	\$ 220,00	4	1	\$ 880,00
Mangueras de Aire y Oxígeno	Revisión de Fugas (cambio de ser necesario)	2 años	\$ 50,00	0,5	1	\$ 25,00
Cal para Canister	Cambio	3 meses	\$ 80,00	4	1	\$ 320,00
						\$ 2.420,00

#### **4.6.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo**

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

##### **4.6.9.1 Mantenimiento preventivo**

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Sensor de flujo cada 4 meses.
- Sensor de oxígeno cada año.
- Fuelle cada año.
- Filtros de aire cada 3 meses.
- Trampas de agua (filtros de ingreso de aire y O<sub>2</sub>) cada año.
- Circuito de paciente reutilizable cada 3 meses.
- Mangueras de aire y oxígeno cada 2 años.
- Cal para canister cada 3 meses.
- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de cable de monitorización ECG anual.

#### **4.6.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

#### **4.6.9.3 Pruebas de funcionamiento**

La mayor parte de las máquinas de anestesia tienen un modo *auto test*, en el cual se comprueba la botonería, modos de funcionamiento, pruebas de fugas en el circuito de paciente con un pulmón artificial, con la ayuda de un equipo externo se mide el flujo de oxígeno (Anexo 6) en cantidad de litros/minuto que es lo que indican en el flujómetro.

Con la ayuda de equipos externos se mide los siguientes parámetros:

- Concentración de oxígeno (FIO<sub>2</sub>) se realizan pruebas al 21% (es la concentración normal de oxígeno en el aire), al 50% y al 95%.
- Se verifican el funcionamiento de los modos de ventilación: por presión y por volumen, sincrónicos y asincrónicos.

- Se verifica también la concentración de gas anestésico liberado por el vaporizador (sevorane, desflurane, N<sub>2</sub>O o cualquier otro gas anestésico que se utilice) con analizador de gases (Anexo 5).

#### **4.6.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (válvula exhalatoria e inspiratoria, sensor de flujo), circuito de paciente, mangueras de alimentación sin cuarteaduras, revisión del canister, estado de la cal (que no se encuentre totalmente de color morado), cables expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y todo lo que previamente en la bitácora no se ha notificado.

#### **4.6.11 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías y se verifica el estado actual midiendo el voltaje y observando que no se encuentre deteriorada (hinchada y/o sulfatada en los bornes de conexión). Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), con el cuidado respectivo se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

#### **4.6.12 Certificados de calibración**

Los ventiladores deben ser probados con varios dispositivos que miden diferentes parámetros (FIO<sub>2</sub>, volumen, presión, concentración de gases anestésicos y flujo de aire) a través del circuito del paciente y en diferentes modos de ventilación para verificar su precisión, estos equipos deben estar plenamente calibrados (certificados de calibración actualizados por una entidad competente diferente a la empresa que realiza el mantenimiento), se deberán tomar 10 lecturas donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

#### 4.6.13 Informes de mantenimiento

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

#### 4.7 Electrobisturí

El equipo mostrado en la figura 4.22 utilizado en cirugías para cortar o coagular tejidos. Este equipo transforma la corriente alterna de baja frecuencia en alta frecuencia, la cual deberá viajar a través del cuerpo del paciente (corriente diatérmica) partiendo de la placa de electrodo hasta el punto de contacto con el electrobisturí, de esta manera aumenta la temperatura de las células que se encuentran en ese punto y realicen el corte o coagulación sin que afecte la corriente al resto del cuerpo. (Valleylab, 2008)

**Figura 4.22**  
*Electrobisturí.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo **alto nivel invasivo, alto riesgo**. Utilizado en la realización de cirugías.

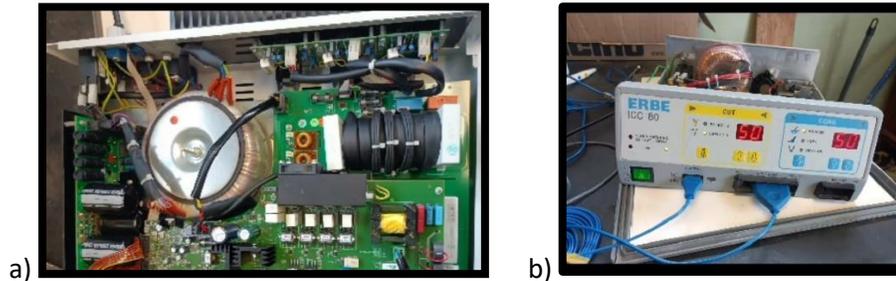
Las partes de este equipo de corte y coagulación se detallan a continuación.

### 4.7.1 Cuerpo del equipo

Como se muestra en la figura 4.23 se encuentra ubicada la botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

**Figura 4.23**

*Parte interna del electrobisturí.*



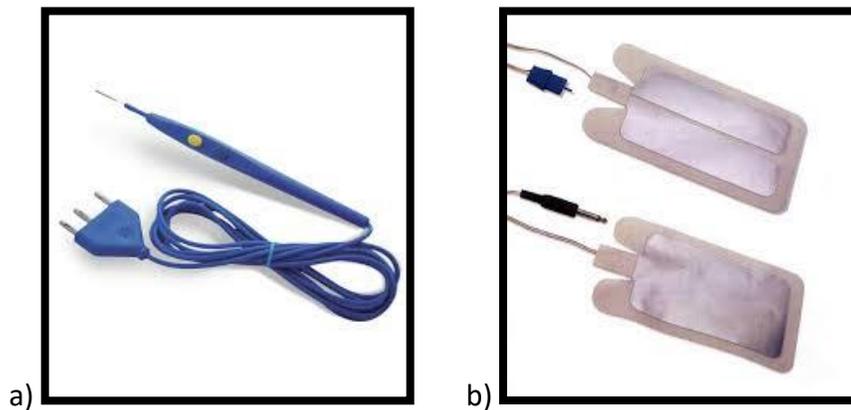
a) Tarjeta electrónica del electrobisturí. b) Puertos del electrobisturí.

### 4.7.2 Periféricos, piezas y partes

Placa, mango descartable de corte y coagulación, pedal y cable de alimentación eléctrica figura 4.24.

**Figura 4.24**

*Periféricos del electrobisturí.*



a) Mango descartable de corte y coagulación. (Balphin Medical's, s.f.) b) Placa de electrodo. (American Lenox S.A., s.f.)

### 4.7.3 Instalación del equipo

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Se verifican los parámetros que se detallan a continuación.

#### **4.7.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su uso en caso de necesitarlo. Se lo encuentra en los quirófanos, ya que es un equipo que realiza corte y coagulación en las cirugías.

#### **4.7.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado médico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra y el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### **4.7.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### 4.7.7 Plan de mantenimiento para el electrobisturí

La tabla 4.16 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un electrobisturí ubicado en un quirófano, con una frecuencia de uso media, debido a que las cirugías son programadas, vida útil (tabla 4.17) y listado de repuestos (tabla 4.18) de un electrobisturí son los siguientes:

**Tabla 4.16**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un electrobisturí.*

<b>Equipo: Electrobiturí</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Cumplimientos de garantías	Malo = 3	-
	NO TOCAR	
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	0
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
Caducidad de elementos internos	Alto = 3	1
	No tiene = 0	

	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>7</b>
	1 a 5 mantenimiento Anual	
	6 a 11 mantenimiento Semestral	
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	12 a 18 Mantenimiento trimestral	<b>Electrobisturí estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>
	19 a 25 Mantenimiento Mensual	

**Tabla 4.17**

*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
	1h a 4h = 1	
	5h a 8h = 2	
Horas de uso al día	9h a 12h = 3	2
	+12h = 4	
	1 a 4 años = 1	
	5 a 7 años = 2	
Antigüedad del Equipo	8 a 10 años = 3	1
	+ 10 años = 4	
	1 = 1	
	2 a 5 = 2	
Nº Operadores	6 a 10 = 3	2
	+ de 10 = 4	
	Garantía = 0	
	Bueno = 1	
Estado actual del equipo	Regular = 2	1
	Malo = 3	

Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	2
	Medio = 2	
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	0
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	1
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>9</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Electrobisturí tendrá una vida útil de 10 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.18**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Lápices reutilizables	Cambio	6 meses	\$ 125,00	2	1	\$ 250,00
Placa de electrodo	Cambio	Cada 10 pacientes	\$ 130,00	Nº pacientes/10	1	\$ 130,00
						\$ 380,00

#### 4.7.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### **4.7.9.1 Mantenimiento preventivo**

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de lápices desechables (cada paciente).
- Cambio de placa de electrodo cada 10 pacientes.

#### **4.7.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

#### **4.7.9.3 Pruebas de funcionamiento**

En el caso del electrobisturí, para realizar las pruebas del funcionamiento, se necesita un “anализador de potencia” en donde se verifica el correcto funcionamiento del equipo.

#### **4.7.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (placa de electrodo, mango descartable), sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no han sido notificados previamente en la bitácora.

#### **4.7.11 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a revisar la tarjeta electrónica se debe utilizar las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, Llaves torqs), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

En este tipo de equipo por lo general no cuentan con batería por la potencia que manejan.

#### **4.7.12 Certificados de calibración**

En caso de ser necesario se realizará pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo patrón con fondo escala mayor, se tomarán 10 lecturas donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

#### **4.7.13 Informes de mantenimiento**

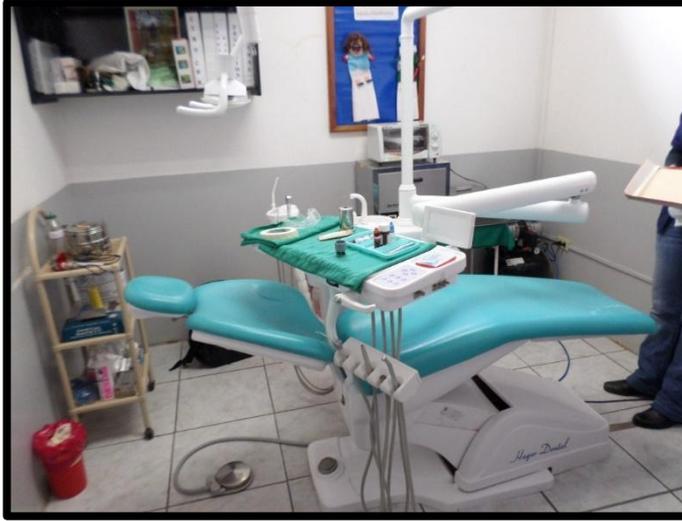
Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento. Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

### **4.8 Sillón odontológico**

En la figura 4.25 se muestra el equipo utilizado en procedimientos de restauraciones odontológicas, maxilofaciales y cirugías menores correspondientes a la salud bucal. (GNATUS)

**Figura 4.25**

*Sillón odontológico.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado en la realización de cirugías ambulatorias.

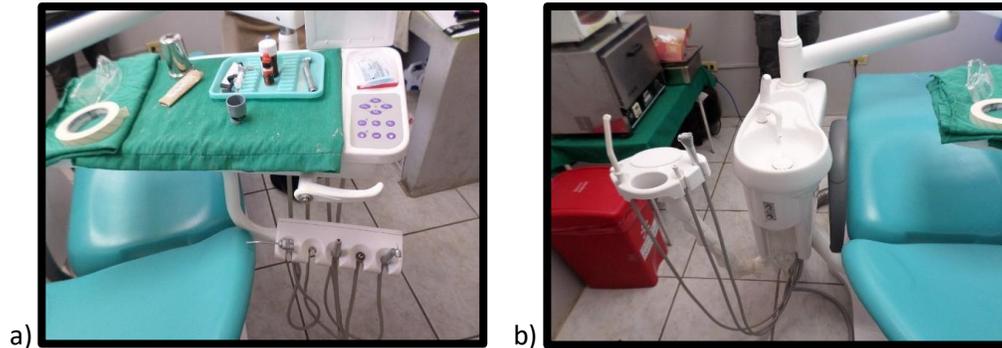
Las partes de este equipo de diagnóstico y tratamiento oral se detallan a continuación.

#### **4.8.2 Cuerpo del equipo**

Aquí se encuentra ubicada el sillón, tri o cuadri modular, escupidera, lampara de luz fría, puertos para periféricos y accesorios (figura 4.26), fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

**Figura 4.26**

*Partes del sillón odontológico.*



a) Tri modular. b) Escupidera.

### 4.8.3 Periféricos, piezas y partes

Jeringuilla triple, succionador, turbina, micromotores y cable de alimentación eléctrica (figura 4.27).

**Figura 4.27**

*Periféricos del sillón odontológico.*



Jeringuilla triple, micromotor y turbina.

### 4.8.4 Instalación del equipo

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### 4.8.5 Ubicación

El equipo tiene que ubicarse de manera central dentro de su cubículo para su uso, con espacio suficiente para la circulación del personal y del paciente en todas las direcciones

ya que el profesional de la salud necesitara espacio para maniobrar durante la cirugía, moviéndose tanto él como al paciente.

#### **4.8.6 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

#### **4.8.7 Conexión de agua**

Para la instalación de la conexión de agua se debe considerar los siguientes puntos:

1. Tubería de termofusión o roscable debidamente aislada para la conexión con la toma de agua con su respectiva llave de paso independiente para cada sillón.
2. La manguera de entrada de agua debe ser de 8mm de grosor.
3. La tubería del desagüe debe ser de 2 a 3 in. En caso de tener una succión externa debe ser de 3 in.
4. La manguera que va a la tubería del desagüe debe ser de entre ½ in a ¾ in.

5. La tubería debe ser instalada dentro de paredes y pisos para no obstruir el paso de personas u obstaculizar los equipos que se encuentren en el lugar.
6. El desagüe debe estar debidamente instalado para que exista una correcta inclinación y finalmente, luego de colocar las mangueras que llevan a este, sellarlo con espuma de poliuretano para que no salgan malos olores.

#### **4.8.10 Conexión de aire**

Para la instalación de la conexión de aire se debe considerar los siguientes puntos:

1. La fuente de aire o compresor debe ser ubicado en un lugar ventilado o caso contrario, instalar ventiladores que disipen el calor generado por el motor. En algunas versiones los motores ya cuentan con cabina insonorizada y ventiladores.
2. La manguera de la entrada de aire debe ser de 8 mm de grosor y no ser mayor de 20 m de largo para que genere pérdidas de presión por distancia.
3. Se debe instalar un regulador de presión en el cual se lo debe posicionar en 80 psi o la presión nominal que indica el equipo.

#### **4.8.11 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

#### **4.8.12 Plan de mantenimiento del sillón odontológico**

La tabla 4.19 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un sillón odontológico ubicado en un consultorio particular, con una frecuencia de uso media, debido a que las cirugías son programadas, vida útil (tabla 4.20) y listado de repuestos (tabla 4.21) de un sillón odontológico son los siguientes:

**Tabla 4.19***Cálculo para el periodo de mantenimiento de un sillón odontológico.*

<b>Equipo: Sillón Odontológico</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Cumplimientos de garantías	Malo = 3	0
	NO TOCAR	
	Ninguna = 0	
Exposición al medio ambiente.	Medio = 2	0
	Intemperie = 4	
	Ninguna = 0	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Bajo = 1	2
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos.	No tiene = 0	1
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>9</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral	<b>Sillón Odontológico estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>

12 a 18 Mantenimiento  
trimestral19 a 25 Mantenimiento  
Mensual**Tabla 4.20***Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	2
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2 8 a 10 años = 3 + 10 años = 4	1
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	2
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	1
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0 Medio = 2 Abrasivos = 4	2
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2

	No tiene = 0	
	Anual = 1	1
Caducidad de elementos internos.	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>11</b>
	0 a 11 = 10 años	
<b>Vida Útil Promedio</b>	12 a 18 = 5 años	<b>Sillón Odontológico tendrá una vida útil de 10 años</b>
	19 o más = 3 años	

**Tabla 4.21**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Mangueras de acometida (8mm)	Cambio	2 años	\$ 2,45	0,5	1	\$ 1,23
Mangueras internas	Cambio	2 años	\$ 3,00	0,5	1	\$ 1,50
Jeringuilla triple	Cambio	1 año	\$ 35,00	1	1	\$ 35,00
Manguera y acople de piezas de mano	Cambio	1 año	\$ 35,00	1	1	\$ 35,00
Holder soporte de piezas de mano	Cambio	1 año	\$ 45,00	1	1	\$ 45,00
Foco de luz fría	Cambio	De ser necesario	\$ 10,00	1	1	\$ 10,00
Filtros para succión	Cambio	1 año	\$ 38,00	1	1	\$ 38,00
Filtros de ingreso de agua y aire	Cambio	1 año	\$ 50,00	1	1	\$ 50,00
Reóstato (Pedal de activación)	Cambio	1 año	\$ 56,00	1	1	\$ 56,00
Válvulas clipart.	Cambio	2 años	\$ 52,00	0,5	1	\$ 26,00
Válvulas reguladoras de agua.	Cambio	De ser necesario	\$ 45,00	1	1	\$ 45,00

Electro válvulas	Cambio	De ser necesario	\$ 25,00	1	1	\$ 25,00
						\$ 367,73

#### 4.8.13 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

##### 4.8.13.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de mangueras de acometida (8mm) cada 2 años.
- Cambio de mangueras internas cada 2 años
- Cambio jeringuilla triple cada año.
- Cambio de manguera y acople de piezas de mano cada año.
- Cambio de holder soporte de piezas de mano en caso de ser necesario.
- Revisión de presiones internas del sillón.
- Revisión de motores de corriente continua de 24v y sensores de posición.
- Cambio de foco de luz fría cada año. (depende el modelo).
- Limpieza y cambio de filtros para succión.
- Limpieza y cambio de filtros de ingreso de agua y aire cada año.
- Cambio de reóstato (pedal de activación) cada 2 años.
- Revisión y cambio de ser necesario válvulas clipart.
- Revisión y cambio de ser necesario válvulas reguladoras de agua.
- Revisión y cambio de ser necesario electro válvulas dispensadoras de agua.
- Cambio de sellos de silicón en el desagüe.

##### 4.8.13.2 Mantenimiento correctivo

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo y se realiza el cambio de ellas. En el caso de la lampará

de foto curado se deberá verificar su correcto funcionamiento con un dispositivo medidor de intensidad de luz en  $W/cm^2$ .

#### **4.8.13.3 Pruebas de funcionamiento**

Se revisa la presión de ingreso, el flujo de agua, el bloqueo de los holders hacia las piezas de mano, activación del reóstato, luz fría de iluminación, irrigación, revisión de botonería y posiciones del sillón, pruebas con piezas de mano y ajuste del flujo agua.

#### **4.8.14 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, tapizado, estructura metálica que no tenga oxido, cable de alimentación, sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni se encuentren expuestos, botonería funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### **4.8.15 Revisión tarjetas y batería**

Se eleva el sillón a la posición más alta con el respaldo vertical y se procede a desconectar las baterías en caso de tener respaldo eléctrico, generalmente en los modelos actuales se encuentra internamente en la parte inferior del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), con el cuidado respectivo se desmonta los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado). Revisamos que no exista filtraciones de agua que puedan afectar las tarjetas.

#### **4.8.16 Certificados de calibración**

El equipo al no emitir medidas fisiológicas no requiere certificados de calibración. En el caso de la lámpara de foto curado, se verifica con un medidor de intensidad de luz teniendo como mínimo  $600 W/cm^2$  para que cumpla con su función. Sin embargo, no es necesario emitir un certificado.

#### **4.8.17 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## Capítulo 5 Manual de mantenimiento de equipos de diagnóstico

### 5.1 Introducción

Los equipos médicos utilizados para el diagnóstico se enfocan en monitorizar y/o revelar información sobre el estado en el cual se encuentra el paciente, con diferentes niveles invasivos, niveles de riesgo y función específica; teniendo como principales funciones las siguientes:

- Monitorización de cirugía
- Cuidados intensivos
- Control fisiológico adicional y diagnóstico

Para este trabajo, se han escogido los siguientes equipos que pertenecen a esta clasificación:

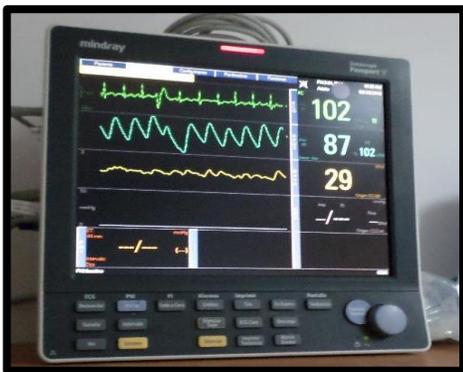
- Monitor Multiparámetro.
- Electrocardiógrafo.

### 5.2 Monitor multiparámetro

El equipo mostrado en la figura 5.1 utilizado para medir los signos vitales del paciente y conocer su estado. Los parámetros medidos son el ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria, presión arterial, saturación de oxígeno, entre otros. (CRITICARE SYSTEMS, INC., 2004).

**Figura 5.1**

*Monitor multiparámetro.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado para la monitorización del paciente en cirugías y en cuidados intensivos.

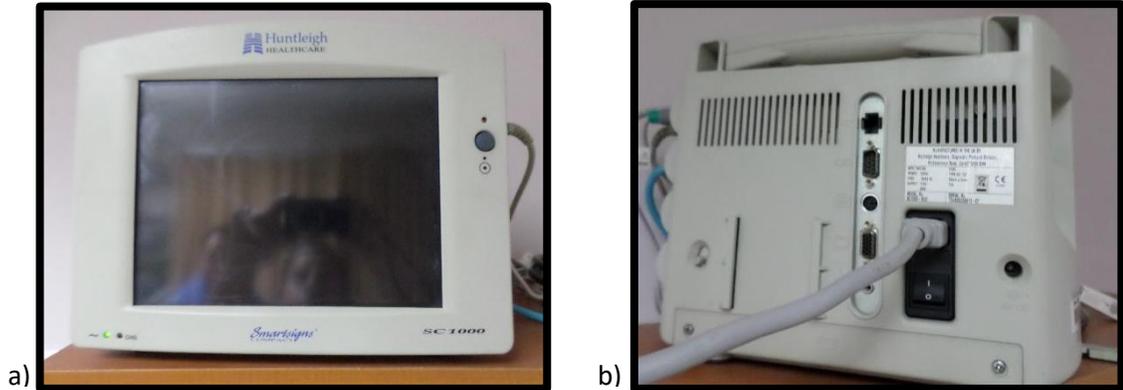
Las partes de este equipo de monitorización de signos vitales se detallan a continuación.

### 5.2.1 Cuerpo del equipo

Aquí se encuentra ubicada la pantalla, botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación (figura 5.2).

**Figura 5.2**

*Parte frontal y trasera del monitor.*



a) Botonería y pantalla. b) Puertos del monitor multiparámetro.

### 5.2.2 Periféricos, piezas y partes

Sensor de saturación SPO<sub>2</sub>, cables periféricos para monitorización ECG, manguera de conexión para presión no invasiva (NIP), cable de alimentación eléctrica y batería (figura 5.3).

**Figura 5.3**

*Puertos de periféricos del monitor multiparámetros.*



### **5.2.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **5.2.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su uso, el equipo ha sido diseñado para la monitorización dentro de un cubículo a lado del paciente, ya que es un equipo de monitorización continua que alerta al personal médico de las alteraciones fisiológicas con alarmas sonoras y visuales del sujeto.

### **5.2.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje

nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.

3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

### 5.2.6 Bitácora

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### 5.2.7 Plan de mantenimiento para monitor multiparámetro

La tabla 5.1 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un monitor multiparámetro ubicado en una sala de hospitalización, con una frecuencia de uso media, debido a que las cirugías son programadas, vida útil (tabla 5.2) y listado de repuestos (tabla 5.3) de un monitor multiparámetro son los siguientes:

**Tabla 5.1**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un monitor multiparámetro.*

Equipo: Monitor de Signos Vitales		
Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	3
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1

	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	3
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	3
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	2
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	3
<b>Puntaje Total:</b>		<b>15</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral 12 a 18 Mantenimiento trimestral 19 a 25 Mantenimiento Mensual	<b>Monitor de Signos Vitales estará sujeto a un mantenimiento trimestral</b>

**Tabla 5.2**

*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-

Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	3
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	3
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	3
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	2
	Medio = 2	
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente.	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	2
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	3
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>17</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Monitor de Signos Vitales tendrá una vida útil de 5 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 5.3***Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Sensor de Spo2	Cambio	6 meses	\$ 300,00	2	1	\$ 600,00
Sensor ECG	Cambio	6 meses	\$ 350,00	2	1	\$ 700,00
Sensor de Temperatura	Cambio	6 meses	\$ 120,00	2	1	\$ 240,00
Brazalete Presión no invasiva	Cambio	4 meses	\$ 35,00	3	1	\$ 105,00
Batería	Cambio	2 años	\$ 290,00	0,5	1	\$ 145,00
Adaptador de Capnografía (De ser necesario)	Cambio	3 meses	\$ 350,00	4	1	\$ 1.400,00
Módulo de Presión Invasiva (De ser necesario)	Cambio	1 año	\$ 350,00	1	1	\$ 350,00
						\$ 3.540,00

### 5.2.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### 5.2.9.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de cable de monitorización SPO2 cada 6 meses.
- Cambio de cable sensor de temperatura cada 6 meses.
- Cambio de cable de brazaletes NIP cada 6 meses.

- Cambio de cable de monitorización ECG
- Cambio de modulo capnógrafo cada 3 meses (en caso de ser un equipo de monitorización usado en conjunto con máquinas de anestesia o ventilación mecánica).
- Cambio de accesorios del módulo de presión invasiva con cada paciente (en caso de ser un equipo de monitorización que cuente con esta función) y el módulo total en caso de ser necesario.
- Cambio de cable de alimentación eléctrica (en caso de ser necesario).

#### **5.2.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realizan el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

#### **5.2.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Se debe realizar pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo simulador de paciente certificado (Anexo 2 y 3) para cada uno de los parámetros que el monitor registra.

#### **5.2.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos, batería, sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni se encuentren expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

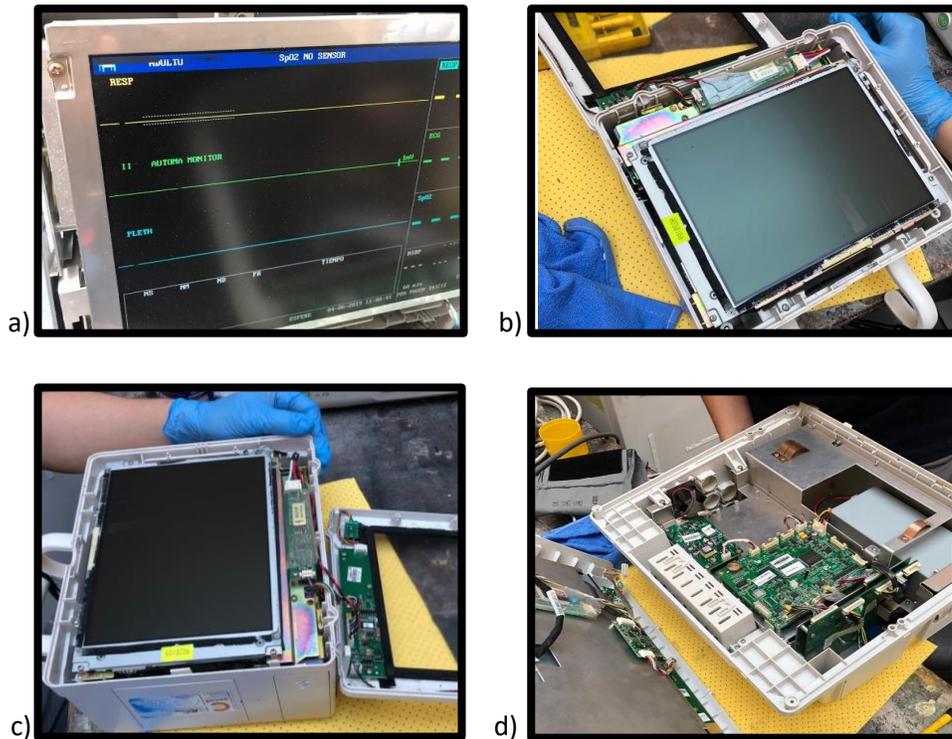
#### **5.2.11 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías, generalmente en los modelos actuales son de montaje externo en la parte posterior del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmonta los tornillos que mantienen sujeta

la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB (figura 5.4), donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

**Figura 5.4**

*Revisión interna y de funcionamiento del monitor.*



a) Monitor sin ruido. b) Pantalla desmontada vista 1. c) Pantalla desmontada vista 2. d) Tarjetas electrónicas del monitor.

**5.2.12 Certificados de calibración**

Se debe realizar pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo simulador de paciente certificado para cada uno de los parámetros que el monitor registra con un fondo escala mayor al equipo, se debe llevar a cabo en un ambiente controlado con los nuevos cables luego de cada cambio, se tomarán 10 lecturas para cada parámetro, donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

Emitiendo los respectivos certificados con hora, fecha y la empresa responsable de la verificación.

### 5.2.13 Informes de mantenimiento

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregará los repuestos antiguos para su posterior baja.

### 5.3 Electrocardiograma

El equipo de la figura 5.5 es utilizado para detectar y registrar las señales eléctricas emitidas por el corazón. Con este equipo se puede llevar un control de la salud del corazón e incluso reconocer síntomas de enfermedades cardíacas. (EDAN INSTRUMENTS, INC., 2011)

**Figura 5.5**  
*Electrocardiograma.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado para el control fisiológico y para diagnóstico.

Las partes de este equipo de monitorización cardíaca se detallan a continuación.

### 5.3.1 Cuerpo del equipo

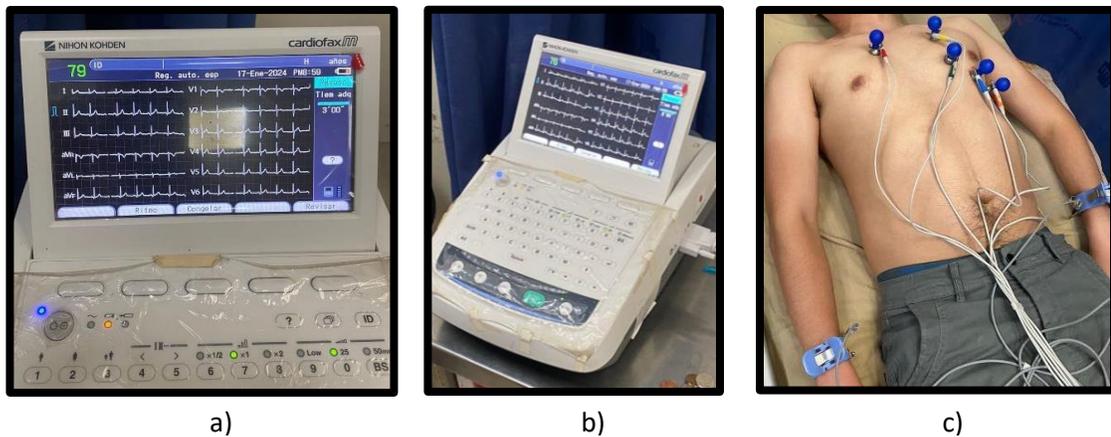
Aquí se encuentra ubicada la pantalla (en algunos modelos más modernos figura 5.6-a), botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación.

### 5.3.2 Periféricos, piezas y partes

Paletas, cables periféricos de 12 derivaciones ECG (figura 5.6-c), cable de alimentación eléctrica y batería.

**Figura 5.6**

*Lectura de signos vitales en el electrocardiograma por medio del uso del cable de 12 derivaciones.*



a) Pantalla ECG continuo. b) ECG vista completa. c) Cable de 12 derivaciones, precordiales y pinzas.

### 5.3.3 Instalación del equipo

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verificará en la instalación los siguientes parámetros:

### 5.3.4 Ubicación

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su uso en caso de necesitarlo, debidamente sujeto a su lugar correspondiente en el coche de transporte, o a su vez en un lugar fijo el cual no impida el acceso del operario al paciente.

### 5.3.5 Conexión a la red eléctrica

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe

para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

### **5.3.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### **5.3.7 Plan de mantenimiento para el ECG**

La tabla 5.4 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un electrocardiógrafo ubicado en una sala de emergencia, con una frecuencia de uso media, debido a que no todos los pacientes requieren este examen, vida útil (tabla 5.5) y listado de repuestos (tabla 5.6) de un electrocardiógrafo son los siguientes:

**Tabla 5.4**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un electrocardiograma.*

<b>Equipo: ECG</b>
--------------------

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	1
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2 8 a 10 años = 3 + 10 años = 4	2
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	2
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	1
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	1
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2 Trimestral = 3	1
<b>Puntaje Total:</b>		<b>8</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral 12 a 18 Mantenimiento trimestral 19 a 25 Mantenimiento Mensual	<b>ECG estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>

**Tabla 5.5***Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1 5h a 8h = 2 9h a 12h = 3 +12h = 4	1
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1 5 a 7 años = 2 8 a 10 años = 3 + 10 años = 4	2
Nº Operadores	1 = 1 2 a 5 = 2 6 a 10 = 3 + de 10 = 4	2
Estado actual del equipo	Garantía = 0 Bueno = 1 Regular = 2 Malo = 3	1
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0 Medio = 2 Abrasivos = 4	2
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0 Medio = 2 Intemperie = 4	0
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3	1
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0 Anual = 1 Semestral = 2	1

	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>	<b>10</b>	
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>ECG tendrá una vida útil de 10 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 5.6**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Batería	Cambio	2 años	\$ 70,00	0,5	1	\$ 35,00
Cable 12 Derivaciones (Incluye precordiales y pinzas)	Cambio	1 año	\$ 220,00	1	1	\$ 220,00
						\$ 255,00

### 5.3.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### 5.3.9.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de batería cada 2 años.
- Cambio de cable de monitorización ECG anual (en caso de ser necesario antes del año).

### **5.3.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas y finalmente se implementará la metrología con el fin de emitir un certificado que verifique su correcto funcionamiento.

Todo equipo que mida parámetros fisiológicos y ha pasado por un mantenimiento correctivo debe ser sometido a un proceso de calibración sin excepción.

### **5.3.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Se debe realizar pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo simulador de paciente certificado, se prueba la impresora térmica, se revisa las paletas y precordiales.

### **5.3.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, periféricos (paletas de descarga, cable de monitorización ECG, electrodos), batería, sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

### **5.3.11 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar las baterías, generalmente en los modelos actuales son de montaje externo en la parte posterior del equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmonta los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

### **5.3.12 Certificados de calibración**

Se debe realizar pruebas de funcionamiento con parámetros pre establecidos con un equipo simulador de paciente certificado donde registra los resultados con un fondo escala mayor al del equipo, se debe llevar a cabo en un ambiente controlado con los nuevos cables, luego de cada cambio, se tomarán 10 lecturas para cada parámetro de cada

derivación, donde se tabula el error absoluto y relativo, se determina la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando.

Emitiendo los respectivos certificados con hora, fecha y la empresa responsable de la verificación.

### **5.3.13 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## Capítulo 6 Manual de mantenimiento de equipos analíticos

### 6.1 Introducción

Los equipos médicos de clase analíticos brindan información detallada sobre las características químicas del material en cuestión, con diferentes niveles invasivos, niveles de riesgo y función específica, teniendo como principales funciones las siguientes:

- Análisis de Laboratorio
- Accesorios de Laboratorio
- Computadoras y Afines

Para este trabajo, se han escogido los siguientes equipos que pertenecen a esta clasificación:

- Microscopio.
- Centrifugadora.

### 6.2 Microscopios

En la figura 6.1 se muestra el equipo utilizado en laboratorios para observar objetos u organismos cuyo tamaño no son perceptibles para el ojo humano. (Real Academia Española, 2001)

**Figura 6.1**  
*Microscopio.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado como un instrumento para el análisis de laboratorio.

Las partes de este equipo para la observación de microorganismos se detallan a continuación.

### 6.2.1 Cuerpo del equipo

Aquí se encuentra ubicada el monocular o binocular, lentes del prisma, objetivos, focos, sujetador y placa de identificación (figura 6.2).

**Figura 6.2**

*Piezas y partes del microscopio.*

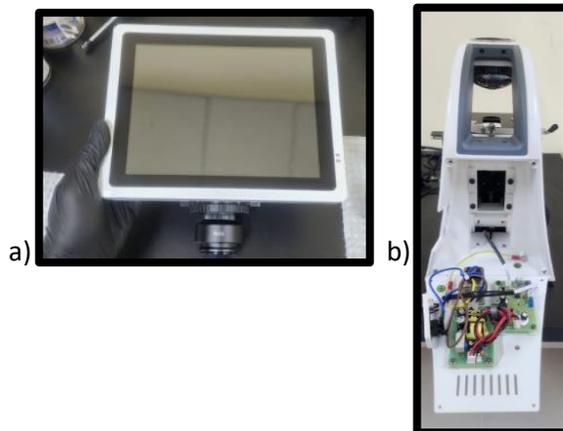


### 6.2.2 Periféricos, piezas y partes

En algunos equipos cuentan con: pantalla, botonería, puertos de periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y cable de alimentación eléctrica (figura 6.3).

**Figura 6.3**

*Pantalla y parte interna del microscopio.*



a) Pantalla del microscopio. b) Tarjeta electrónica del microscopio.

### **6.2.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **6.2.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su uso en caso de necesitarlo, debidamente colocado en una mesa en el laboratorio o el área que corresponda, ya que es utilizado para observar células, tejidos y microorganismos.

### **6.2.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

### **6.2.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad

de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### 6.2.7 Plan de mantenimiento para microscopio

La tabla 6.1 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a un microscopio ubicado en un laboratorio, con una frecuencia de uso media, debido a que no todos los exámenes requieren el uso de este equipo, vida útil (tabla 6.2) y listado de repuestos (tabla 6.3) de un microscopio son los siguientes:

**Tabla 6.1**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un microscopio.*

<b>Equipo: Microscopio</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	1
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Cumplimientos de garantías	Malo = 3	-
	NO TOCAR	
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	1
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	

Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	1
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	0
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>6</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual	<b>Microscopio estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>
	6 a 11 mantenimiento Semestral	
	12 a 18 Mantenimiento trimestral	
	19 a 25 Mantenimiento Mensual	

**Tabla 6.2**

*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	1
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	

	Regular = 2	
	Malo = 3	
	Ninguna = 0	
Exposición a agentes químicos	Medio = 2	2
	Abrasivos = 4	
	Ninguna = 0	
Exposición al medio ambiente	Medio = 2	1
	Intemperie = 4	
	Ninguna = 0	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Bajo = 1	1
	Medio = 2	
	Alto = 3	
	No tiene = 0	
Caducidad de elementos internos	Anual = 1	0
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>8</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Microscopio tendrá una vida útil de 10 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 6.3**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Foco	Cambio	2 años	\$ 45,00	0,5	1	\$ 22,50
Ópticas (De ser necesario)	Cambio	3 años	\$ 200,00	0,33	1	\$ 66,00
						\$ 88,50

### **6.2.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo**

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### **6.2.9.1 Mantenimiento preventivo**

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de foco anual.
- Cable de Alimentación (en caso de ser necesario).

#### **6.2.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas.

En este equipo no es necesario realizar un proceso de calibración ya que no realiza mediciones fisiológicas.

#### **6.2.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Se debe usar una placa que nos sirva de muestra para visualizar con el microscopio y verificar que se encuentre en óptimas condiciones.

#### **6.2.10 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo como son los lentes del prisma, objetivos, mono o binocular, cable de alimentación, periféricos (puertos USB, tarjeta microSD), en el cual no debe haber cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, pantalla funcional, pines de conexión completos de los periféricos, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

### **6.2.11 Revisión tarjetas y baterías**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se abre el compartimento del foco y de las tarjetas electrónicas. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torqs), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

En algunos equipos cuentan con batería.

### **6.2.12 Certificados de calibración**

En este equipo no hay calibración ya que el análisis de resultados es subjetivo al observador.

### **6.2.13 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## **6.3 Centrifugadora**

El equipo que se muestra en la figura 6.4 es utilizado para separar sus componentes a través de la fuerza centrífuga. Puede separar mezclas entre “líquido - líquido” o “líquido - sólido”. (Labnet International, 2017)

**Figura 6.4**  
*Centrifugadora.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado como un instrumento para el análisis de laboratorio.

Las partes de este equipo de separador de fluidos por decantación se detallan a continuación.

### **6.3.1 Cuerpo del equipo**

Aquí se encuentra ubicada la pantalla, botonería, motor, controlador de la velocidad, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación (figura 6.5).

**Figura 6.5**

*Tarjeta electrónica de la centrifugadora.*



### **6.3.2 Periféricos, piezas y partes**

Porta tubos y cable de alimentación eléctrica.

### **6.3.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **6.3.4 Ubicación**

Se verificará que el equipo se encuentre en un lugar con el suficiente espacio y que su superficie sea firme para evitar vibraciones y ruidos que pueden ser molestos. Estos equipos son colocados en laboratorios, ya que es un equipo que sirve para el análisis de fluidos.

### **6.3.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.

2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.  
Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

### **6.3.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### **6.3.7 Plan de mantenimiento para centrifugadora**

La tabla 6.4 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una centrifugadora ubicado en un laboratorio, con una frecuencia de uso media, debido a que no todos los exámenes requieren el uso de este equipo, vida útil (tabla 6.5) y listado de repuestos (tabla 6.6) de una centrifugadora son los siguientes:

**Tabla 6.4***Cálculo para el periodo de mantenimiento de una centrifugadora.*

<b>Equipo: Centrifuga</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	3
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	2
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>11</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual 6 a 11 mantenimiento Semestral	<b>Centrifuga estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>

12 a 18 Mantenimiento  
trimestral19 a 25 Mantenimiento  
Mensual

**Tabla 6.5**  
*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	2
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
Exposición a agentes químicos	Malo = 3	2
	Ninguna = 0	
	Medio = 2	
Exposición al medio ambiente	Abrasivos = 4	0
	Ninguna = 0	
	Medio = 2	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Intemperie = 4	3
	Ninguna = 0	
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	

	No tiene = 0	
	Anual = 1	
Caducidad de elementos internos	Semestral = 2	2
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>13</b>
	0 a 11 = 10 años	
<b>Vida Útil Promedio</b>	12 a 18 = 5 años	<b>Centrifuga tendrá una vida útil de 5 años</b>
	19 o más = 3 años	

**Tabla 6.6**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Rodamientos	Cambio	2 años	\$ 25,00	0,5	1	\$ 12,50
Carbones del motor	Cambio	3 años	\$ 45,00	0,33	1	\$ 14,85
						\$ 27,35

### 6.3.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### 6.3.9.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de rodamientos del motor (en caso de ser necesario).
- Lubricación de rodamientos con grasa pesada anual.
- Cambio de carbones del motor (en caso de ser necesario).

### **6.3.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas.

En este equipo no es necesario realizar un proceso de calibración ya que no realiza mediciones fisiológicas.

### **6.3.9.3 Pruebas de funcionamiento**

En las centrifugadoras se verifica las RPM con una luz estroboscópica, el control de la velocidad y la interrupción del temporizador.

### **6.3.9 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, como es el estado actual del motor, cable de alimentación, sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, pantalla funcional, puerto de cable de alimentación, marcas de caídas y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

### **6.3.10 Revisión tarjetas y batería**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desarmar el equipo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

Estos tipos de equipos no suelen contar con batería.

### **6.3.11 Certificados de calibración**

En este equipo no es necesario la emisión de un certificado. En los informes de mantenimiento se detallará el desfase de la velocidad de la centrifugadora real con la establecida en el *set point*.

### **6.3.12 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del

mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## **Capítulo 7 Manual de mantenimiento de equipos apoyo**

### **7.1 Introducción**

Equipos utilizados para complementar un diagnóstico, una actividad terapéutica o un análisis del paciente. Estos equipos se encuentran en distintas áreas, ya sea para complementar un equipo (como un compresor a un sillón odontológico) o que ayude al paciente directamente (como una camilla de transporte). No son invasivos, con bajo nivel de riesgo y función específica:

- Equipos complementarios
- Relacionados al Paciente

Para este trabajo, se han escogido los siguientes que pertenecen a esta clasificación:

- Autoclave.
- Compresor.

### **7.2 Autoclave**

El equipo de la figura 7.1 utilizado para esterilizar instrumentos de los diferentes microorganismos a los que fueron expuestos. El esterilizador elimina, en seco, todas las formas de vida que se encuentren mientras que la autoclave lo hace usando vapor, además la autoclave, como su nombre lo indica, “auto bloquea” su puerta con el fin de que pueda soportar altas presiones mientras éste esteriliza. (Ministerio de Salud , 2002)

**Figura 7.1**

*Autoclave.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado para esterilizar instrumentos del laboratorio y del quirófano.

Las partes de este equipo de esterilización de instrumentos utilizando vapor de agua y presión se detallan a continuación.

### **7.2.1 Cuerpo del equipo**

Aquí se encuentra ubicada el compartimiento cilíndrico en donde se coloca los instrumentos a esterilizar con su respectiva compuerta, la pantalla, botonería, puertos para periféricos y accesorios, fuente de poder, tarjetas electrónicas y placa de identificación (figura 7.2).

**Figura 7.2**

*Autoclave abierta.*



### **7.2.2 Periféricos, piezas y partes**

Parrilla para la colocación de instrumentos y cable de alimentación eléctrica (figura 7.3).

**Figura 7.3**

*Parte interna de la autoclave.*



Parrilla para la colocación de instrumentos dentro del autoclave. (Antón Suministros Dentales, s.f.)

### **7.2.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independiendo de su complejidad, tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **7.2.4 Ubicación**

El equipo tiene que ubicarse de manera accesible para su fácil uso. Se lo coloca en laboratorios o en áreas de esterilización.

### **7.2.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V), deberá ser conectado con un UPS según la tolerancia en el valor de la placa.
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. En caso de necesitar un UPS, verificar que éste entregue el voltaje nominal regulado antes de conectar.

### **7.2.6 Bitácora**

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas, la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### **7.2.7 Plan de mantenimiento para autoclave**

La tabla 7.1 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una autoclave ubicado en un laboratorio, con una frecuencia de uso media, debido a que

no todos los exámenes requieren el uso de este equipo, vida útil (tabla 7.2) y listado de repuestos (tabla 7.3) de una autoclave son los siguientes:

**Tabla 7.1**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de una autoclave.*

<b>Equipo: Autoclave</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Puntaje</b>
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	3
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	2
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>10</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual	

6 a 11 mantenimiento  
Semestral12 a 18 Mantenimiento  
trimestral19 a 25 Mantenimiento  
Mensual**Autoclave estará  
sujeto a un  
mantenimiento  
semestral****Tabla 7.2***Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	1
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	2
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	2
	Medio = 2	
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	0
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	3
	Bajo = 1	

	Medio = 2	
	Alto = 3	
	No tiene = 0	
Caducidad de elementos internos	Anual = 1	2
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>12</b>
	0 a 11 = 10 años	
<b>Vida Útil Promedio</b>	12 a 18 = 5 años	<b>Autoclave tendrá una vida útil de 5 años</b>
	19 o más = 3 años	

**Tabla 7.3**

Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Empaques de puerta	Cambio	2 años	\$ 240,00	0,5	1	\$ 120,00
Electroválvulas	Cambio	3 años	\$ 60,00	0,33	1	\$ 19,80
O-rings	Cambio	1 año	\$ 3,00	1	1	\$ 3,00
						\$ 142,80

### 7.2.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### 7.2.9.1 Mantenimiento preventivo

Se aplica el siguiente protocolo realizando pruebas del estado de los componentes que pueden o necesitan ser reemplazados de manera que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento:

- Cambio de empaque de puertas.
- Cambio de electroválvulas.

- Cambio de o-rings.
- Cambio de cañerías y tubería de alimentación.

#### **7.2.9.2 Mantenimiento correctivo**

Se identifican las tarjetas electrónicas, piezas o partes que se encuentren disfuncionales con su respectiva marca y modelo, se realiza el cambio de ellas.

En este equipo se debe realizar un proceso de calibración ya que se debe verificar su correcta temperatura y que pueda cumplir con los parámetros de esterilización.

#### **7.2.9.3 Pruebas de funcionamiento**

Se verifica la temperatura y el tiempo de interrupción acorde a lo establecido en el *set point* con la ayuda de un termómetro y un cronometro respectivamente.

#### **7.2.9 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, mangueras de alimentación y de purga, sin cuarteaduras, cables expuestos, pantalla funcional, marcas de golpes, todo lo que previamente en la bitácora no se ha notificado.

#### **7.2.10 Revisión tarjetas y baterías**

Con el equipo en un área de trabajo adecuado y en una superficie dieléctrica, se procede a desconectar el equipo y abrirlo. Con las herramientas adecuadas, según sea el caso (destornilladores, llaves allen, llaves torks), se desmontan los tornillos que mantienen sujeta la carcasa, se revisa el estado actual de las tarjetas electrónicas PCB, donde se determina que no intervengan elementos externos (sulfato en los conectores, polvo y cables de conexión en mal estado).

#### **7.2.11 Certificados de calibración**

Se debe realizar pruebas de funcionamiento con parámetros de temperatura pre establecidos con un equipo con un fondo escala mayor al equipo de pruebas. Se debe llevar a cabo en un ambiente controlado, se tomarán 10 lecturas para cada parámetro donde se tabula el error absoluto y relativo determinando la exactitud y precisión en la que el equipo está trabajando. Emitiendo los respectivos certificados con hora, fecha y la empresa responsable de la verificación.

### 7.2.12 Informes de mantenimiento

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

### 7.3 Compresor

El equipo que se muestra en la figura 7.4 utilizado para suministrar aire comprimido a otros que lo ameriten para su correcto funcionamiento por medio de un sistema neumático. Un ejemplo es el caso del sillón odontológico, que necesita aire comprimido para el funcionamiento de las turbinas y micromotores, transformándose el compresor en un equipo de apoyo para el sillón. (GNATUS, s.f.)

**Figura 7.4**  
*Compresor.*



Por su función específica, se ha clasificado como un equipo de **bajo nivel invasivo, bajo riesgo**. Utilizado como apoyo para equipos con sistema neumático.

Las partes de este equipo de suministro de presión de aire se detallan a continuación.

### 7.3.1 Cuerpo del equipo

Aquí se encuentra ubicada el tanque, bomba de aire, regulador de aire, acoples, llave de paso tanto para el suministro de aire como para la purga, fuente de poder y placa de identificación (figura 7.5).

**Figura 7.5**

*Bomba del compresor.*



### 7.3.2 Periféricos, piezas y partes

Manguera de conexión para la emisión del aire comprimido, manguera de purga y cable de alimentación eléctrica (figura 7.6).

**Figura 7.6**

*Mangueras del compresor.*



### **7.3.3 Instalación del equipo**

Todo equipo, independientemente de su complejidad tiene que haber sido instalado inicialmente acorde a las especificaciones del fabricante. Normalmente se verifica en la instalación los parámetros que se detallan a continuación.

### **7.3.4 Ubicación**

Se verificará que el equipo se encuentre ubicado en una zona con ventilación o caso contrario que cuenten con ventiladores que ayuden a disipar el calor.

### **7.3.5 Conexión a la red eléctrica**

Todos los equipos eléctricos o electrónicos de grado medico son susceptibles a las variaciones eléctricas, por lo que se debe verificar el voltaje de la toma eléctrica que existe para cada equipo, el correcto estado de la conexión a tierra, el uso de UPS por lo que se sigue los siguientes pasos:

1. Lectura de los datos técnicos en la placa del equipo.
2. Revisión del voltaje en la de red eléctrica con el multímetro o voltímetro en posición de corriente alterna, se verifica la medida de voltaje entre los dos terminales planos del tomacorriente, el conector plano corto del tomacorriente corresponde a la fase y el largo al neutro. Si existe diferencia entre el voltaje nominal y los datos técnicos de la placa el equipo (Placa = 110V -Multímetro = 127V).
3. Revisión de la toma a tierra con el multímetro o voltímetro se verifica el valor entre el terminal de fase y el terminal circular (tierra), si el valor es cercano al voltaje nominal entonces la toma a tierra está correctamente instalada.

Entre el terminal neutro y el terminal de tierra debe existir un voltaje cercano a 0 para verificar una correcta instalación de tierra. Este equipo nunca debe ser conectado a un UPS debido a que es una carga inductiva y el momento del arranque genera picos de corriente, además de que no tiene ninguna tarjeta PCB que proteger.

### 7.3.6 Bitácora

Antes de realizar cualquier intervención en el equipo, se debe revisar el historial de mantenimiento al cual se ha sometido, el historial de piezas y partes cambiadas la cantidad de reportes de daños fortuitos que el equipo haya presentado previo al mantenimiento, el estado actual del equipo y los años de antigüedad.

En base a la información previamente levantada, se procede a aplicar el protocolo de mantenimiento que se detalla a continuación.

### 7.3.7 Plan de mantenimiento para compresor

La tabla 7.4 muestra los cálculos para la frecuencia de mantenimiento que pertenecen a una centrifugadora ubicado en un laboratorio, con una frecuencia de uso media, debido a que no todos los exámenes requieren el uso de este equipo, vida útil (tabla 7.5) y listado de repuestos (tabla 7.6) de un compresor son los siguientes:

**Tabla 7.4**

*Cálculo para el periodo de mantenimiento de un compresor.*

Equipo: Compresor		
Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Mantenimiento según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	3
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
N° Operadores	1 = 1	1
	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	1
	Bueno = 1	
	Regular = 2	
	Malo = 3	

Cumplimientos de garantías	NO TOCAR	-
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	2
	Medio = 2	
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	3
	Bajo = 1	
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	0
	Anual = 1	
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>11</b>
<b>Frecuencia del Mantenimiento Preventivo</b>	1 a 5 mantenimiento Anual	<b>Compresor estará sujeto a un mantenimiento semestral</b>
	6 a 11 mantenimiento Semestral	
	12 a 18 Mantenimiento trimestral	
	19 a 25 Mantenimiento Mensual	

**Tabla 7.5**

*Cálculo para el tiempo de vida útil aproximado del equipo.*

Parámetros	Consideraciones	Puntaje
Vigencia tecnológica	Cumplir según decretos y manuales nacionales e internacionales	-
Vida útil según el fabricante	CUMPLIR LO QUE DICE FABRICA	-
Horas de uso al día	1h a 4h = 1	3
	5h a 8h = 2	
	9h a 12h = 3	
	+12h = 4	
Antigüedad del Equipo	1 a 4 años = 1	1
	5 a 7 años = 2	
	8 a 10 años = 3	
	+ 10 años = 4	
Nº Operadores	1 = 1	1

	2 a 5 = 2	
	6 a 10 = 3	
	+ de 10 = 4	
Estado actual del equipo	Garantía = 0	
	Bueno = 1	1
	Regular = 2	
	Malo = 3	
Exposición a agentes químicos	Ninguna = 0	
	Medio = 2	0
	Abrasivos = 4	
Exposición al medio ambiente	Ninguna = 0	
	Medio = 2	2
	Intemperie = 4	
Elementos sujetos a desgaste mecánico	Ninguna = 0	
	Bajo = 1	3
	Medio = 2	
	Alto = 3	
Caducidad de elementos internos	No tiene = 0	
	Anual = 1	0
	Semestral = 2	
	Trimestral = 3	
<b>Puntaje Total:</b>		<b>11</b>
<b>Vida Útil Promedio</b>	0 a 11 = 10 años	<b>Compresor tendrá una vida útil de 10 años</b>
	12 a 18 = 5 años	
	19 o más = 3 años	

**Tabla 7.6***Listado de repuestos incluidos en el plan de mantenimiento.*

Consumibles	Consideraciones y Acciones	Duración del Consumible	Precio Referencial Unitario	Cantidad Anual	Número de Equipos	Precio Referencial Total
Empaques del pistón	Cambio	2 años	\$ 120,00	0,5	1	\$ 60,00
Filtros de aire	Cambio	1 año	\$ 35,00	1	1	\$ 35,00
						\$ 95,00

### 7.3.8 Protocolo de mantenimiento preventivo/correctivo

Luego de haber realizado la revisión de la bitácora y el estado del equipo con las respectivas pruebas de funcionamiento, se procede a determinar si el mantenimiento será preventivo o correctivo.

#### 7.3.9.1 Mantenimiento preventivo

Aplicamos el siguiente protocolo donde paso a paso vamos verificando los componentes a reemplazar de manera en la que el equipo extienda su vida útil acorde al plan de mantenimiento.

- Cambio de manguera anual.
- Cambio de acoples anual.
- Cambio de llave de paso (en caso de ser necesario).
- Cambio de empaques de la bomba de aire cada 2 años.

#### 7.3.9.2 Mantenimiento correctivo

Se identifican las piezas o partes que se encuentren disfuncionales y se realiza el cambio de ellas.

En este equipo se debe verificar la presión nominal con la ayuda de un manómetro luego del mantenimiento sin necesidad de emitir un certificado de calibración, ya que el rango

de tolerancia de este equipo es más amplio que en otros equipos de precisión y considerando también que es un equipo que no está en contacto directo con el paciente.

#### **7.3.9.3 Pruebas de funcionamiento**

En este equipo se debe medir la presión del compresor con un manómetro externo, comprobar si existen fugas observando si el equipo se enciende o no con la llave de paso del suministro de aire comprimido cerrada. Se verifica que el regulador de aire comprimido marque la misma presión que el manómetro externo.

#### **7.3.9 Revisión física**

Se verifica el estado físico del cuerpo del equipo, cable de alimentación, mangueras, llave de paso, acoples, regulador de aire comprimido, estado del tanque, empaques de la bomba de aire, sin cuarteaduras en la superficie de los cables ni que se encuentren expuestos, marcas de golpes y factores que no se han notificado previamente en la bitácora.

#### **7.3.10 Revisión tarjetas y batería**

Por lo general, este equipo no cuenta con tarjetas electrónicas ni baterías.

#### **7.3.11 Certificados de calibración**

No es necesario calibración, en el informe final se detallará la presión nominal en la que se estableció el compresor verificado con un manómetro.

#### **7.3.12 Informes de mantenimiento**

Se detalla el tipo de mantenimiento realizado al equipo, reporte fotográfico, el protocolo de mantenimiento, área donde se encuentra el equipo, personal responsable del mantenimiento, custodio del equipo, repuestos de piezas y partes, observaciones, facturas de los repuestos, firmas de responsabilidad del mantenimiento (entrega/recepción) y tres copias correspondientes al custodio del equipo, encargado de gestión de mantenimiento y técnico que realizó el mantenimiento.

Se entregarán los repuestos antiguos para su posterior baja.

## **Capítulo 8 Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

La gestión de mantenimiento es un área que involucra aspectos administrativos financieros correlacionados con el área de ingeniería, de esta manera se entiende que, si un equipo se encuentra levantado correctamente su plan de mantenimiento, facilita la planificación presupuestaria desde su ingreso hasta la baja del equipo.

Realizando las actualizaciones de información técnica luego de cada visita programada en el plan de mantenimiento se evita la compra innecesaria de repuestos, aplicación de garantías y actualización de certificados de calibración, mejorando la eficiencia de los fondos invertidos en la contratación del servicio.

Al mantener actualizadas las bitácoras de cada equipo, se facilita el cruce de información con las demás áreas que requieran manejar datos específicos de cada equipo, con lo que se podrá tomar decisiones administrativo financieras en la depreciación para reposición, baja del equipo o a su vez cambios de ubicaciones en el aspecto operativo acorde a las necesidades de la institución que brinda los servicios de salud.

Operativamente el equipo prestará el mejor servicio para el área que ha sido adquirido, con la fiabilidad que los parámetros que maneja están acordes a lo que el fabricante indica, validados con las pruebas de funcionamiento y respaldados con los certificados de calibración actualizados, trasladando esa seguridad al personal de la salud y por ende al usuario final que sería el paciente.

### **8.2 Recomendaciones**

El proceso de gestión de mantenimiento puede ser aplicado en equipos existentes en la institución o de nuevo ingreso. Se recomienda un trabajo en conjunto ya que facilita el registro en activos fijos y manejo de custodios el momento de la codificación para su identificación.

Actualización acorde a las tecnologías de la información disponibles para cada institución, es decir que la información recopilada debe ser almacenada de la manera más eficiente para que cada bitácora sea lo más accesible posible.

### 8.3 Bibliografía

Advanced Instrumentations. (Febrero de 2018). *Mesa de Operaciones Manual OT - 30*.  
Obtenido de <https://advanced-inst.com/wp-content/uploads/2019/12/OT-30-Spa.pdf>

American Lenox S.A. (s.f.). *PLACAS UNIVERSALES PARA ELECTROBISTURI*.  
Obtenido de <http://www.americanlenox.com/web/cirugia/accesorios-para-electro/>

Antón Suministros Dentales. (s.f.). *Partes del autoclave*. Obtenido de  
<https://www.antonsl.es/blog/partes-del-autoclave/>

Balphin Medical´s. (s.f.). *MANGO ELECTROBISTURI CON COMANDOS HUATONG*.  
Obtenido de <https://balphin.com/producto/mango-electrobisturi-con-comandos-huatong/>

CRITICARE SYSTEMS, INC. (2004). *Scholar III - Modelo de la Serie 507ELC2 - Manual del Operador*.

Dräger Medical. (2002). *Caleo Incubadora neonatal*.

Dräger Medical. (2007). *Instrucciones de uso Fabius plus*.

EDAN INSTRUMENTS, INC. (2011). *Serie SE-601 Electrocardiógrafo*.

Fluke Biomedical. (s.f.). *Gas Flow Analyzers*. Obtenido de  
<https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/4263553c-en-gas-flow-analyzers-brochure-w.pdf>

Fluke Biomedical. (s.f.). *Impulse 6000D/7000DP Defibrillator/External Pacer Analyzer*.  
Obtenido de [https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/3393108d-en-impulse-6000d-7000dp-ds-w\\_0.pdf](https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/3393108d-en-impulse-6000d-7000dp-ds-w_0.pdf)

Fluke Biomedical. (s.f.). *MAXO2+AE Oxygen Analyzer*. Obtenido de  
[https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/maxo2\\_ds\\_ENG\\_B\\_W.PDF](https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/maxo2_ds_ENG_B_W.PDF)

Fluke Biomedical. (s.f.). *ProSim 4 Vital Signs Simulator*. Obtenido de  
[https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/Prosim4\\_ENG\\_E\\_W.PDF](https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/Prosim4_ENG_E_W.PDF)

Fluke Biomedical. (s.f.). *Technical data ProSim 8 Vital Signs Simulator*. Obtenido de  
[https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/prosim\\_8\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/prosim_8_datasheet_en.pdf)

- GNATUS. (s.f.). *Compresor*. Obtenido de [http://www.gnatus-global.com/gnatus/2005/images/online/manuais\\_326033\\_Compresor%20de%20aire\\_77000001089.pdf](http://www.gnatus-global.com/gnatus/2005/images/online/manuais_326033_Compresor%20de%20aire_77000001089.pdf)
- GNATUS. (s.f.). *Sillón Odontológico*. Obtenido de [http://www.gnatus-global.com/gnatus/2005/images/online/manuais\\_354437\\_S500\\_Sillon.pdf](http://www.gnatus-global.com/gnatus/2005/images/online/manuais_354437_S500_Sillon.pdf)
- Gobierno Electrónico del Ecuador. (15 de Mayo de 2013). *Decreto 1515 Vigencia Tecnológica*. Obtenido de Decreto Presidencial: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/Decreto-1515-Vigencia-Tecnol%C3%B3gica.pdf>
- Herrera, E. (1 de Junio de 2018). *Acuerdo Ministerial 0224-2018*. Obtenido de Ministerio de Salud Pública: [https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/Acuerdo\\_0224-2018\\_junio.pdf](https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/Acuerdo_0224-2018_junio.pdf)
- Instituto Nacional de Contratación Pública. (16 de Mayo de 2013). *Decreto Ejecutivo N°1515*. Obtenido de <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/circular-normativa-decreto-ejecutivo-nro-1515/>
- Labnet International. (2017). *Manual del usuario de centrífuga*. Obtenido de [https://www.labnetinternational.com/sites/www.labnetinternational.com/files/product-documents/LN181000%20C0336%20\\_ESP.pdf](https://www.labnetinternational.com/sites/www.labnetinternational.com/files/product-documents/LN181000%20C0336%20_ESP.pdf)
- Ministerio de Salud . (2002). *Manual de Desinfección y Esterilización Hospitalaria*.
- National Heart, Lung and Blood Institute. (18 de Julio de 2023). *National Heart, Lung and Blood Institute*. Obtenido de <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/desfibriladores>
- Newport Medical Instruments. (s.f.). *Newport E100M Ventilator - Operating Manual*.
- Real Academia Española. (2001). *Microscopio*. Recuperado el 5 de Octubre de 2024, de Diccionario de la lengua española: <https://rae.es/drae2001/microscopio>
- Real Academia Española. (s.f.). *Ajuste*. Recuperado el 8 de Octubre de 2024, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/ajuste?m=form>
- Real Academia Española. (s.f.). *Calibración*. Recuperado el 8 de Octubre de 2024, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/calibraci%C3%B3n?m=form>
- Real Academia Española. (s.f.). *Metrología*. Recuperado el 8 de Octubre de 2024, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/metrolog%C3%ADa?m=form>

- Servicio Nacional de Contratación Pública. (17 de Agosto de 2022). *Proceso de Contratación*. Obtenido de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=VzQ5aHmO6ifHDX5FxvyfKFuJgsfhZotQbRRWaVblEEk>,
- Servicio Nacional de Contratación Pública. (31 de Agosto de 2023). *Lista de Necesidades de Contratación y Recepción de Proformas*. Obtenido de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/NCO/FrmNCOListado.cpe>
- Servicio Nacional de Contratación Pública. (1 de Enero de 2024). *Montos de Contratación Pública*. Obtenido de <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/montos-de-contratacion-publica-2024/#>
- Servicio Nacional de Contratación Pública. (s.f.). *Ínfimas Cuantías*. Obtenido de <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/sercop-fomenta-el-control-social-a-traves-de-la-apertura-de-datos-de-infimas-cuantias/#:~:text=%C3%8Dnfimas%20Cuant%C3%ADas%20son%20las%20contrataciones,el%20presupuesto%20inicial%20del%20Estado>.
- Tamayo, S., Delgado, N., & Buenaño, F. (2018). *Agencia de Aseguramiento de la Calidad de Servicios de Salud y Medicina Prepagada*. Obtenido de <http://www.acess.gob.ec/wp-content/uploads/2023/05/MANUAL-DE-EQUIPOS-BIOMEDICOS.pdf>
- Valleylab. (2008). *Guía del usuario Force FX - 8CA Generador Electroquirúrgico*.

**ANEXOS:****Anexo 1. Formulario de Requerimiento**

(Logo de la Empresa)	<b>FORMULARIO DE REQUERIMIENTO</b>	N° _____
(Nombre de la Empresa)		CÓDIGO FORMULARIO:

<b>FECHA:</b>			
	Día	Mes	Año

<b>TIPO DE PROCEDIMIENTO:</b> (Registrar una X en el casillero correspondiente)									
MANTENIMIENTO	<input type="checkbox"/>	REPUESTOS	<input type="checkbox"/>	CONSULTORIA	<input type="checkbox"/>	REPOSICIÓN DE EQUIPO	<input type="checkbox"/>	INSUMOS	<input type="checkbox"/>

<b>NOMBRE DEL ÁREA REQUIRENTE:</b>	
<b>OBJETO DE CONTRATACIÓN:</b> Describir cantidad y nombre de los bienes o servicios. De adquirir equipamiento. Decreto 1515, de fecha 15 mayo 2013(De requerir más espacio adjuntar en anexo):	
<b>SITUACIÓN ACTUAL/JUSTIFICACIÓN:</b> Breve Descripción o Bitácora	
<b>Cantidad de personal que utilice el equipo:</b>	
<b>Ubicación del Equipo:</b> Área / Departamento	
<b>Año de fabricación e Ingreso a la institución:</b>	
<b>Horas de uso al día (Promedio):</b>	
<b>Cantidad de usuarios finales por mes:</b> Sustentar con documentación que avale la información	
<b>En caso de equipamiento,</b> indicar si dispone de personal para el manejo del bien; de infraestructura e instalación eléctrica adecuada. De ser negativa la respuesta justificar su necesidad	

<b>CONSTA EN PLAN ANUAL DE CONTRATACIÓN ELABORADO POR USTED:</b>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	<b>POSEE COMPONENTES DE SERVICIOS:</b>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
<b>EL EQUIPO SE ENCUENTRA EN GARANTÍA:</b>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	<b>SI RESPONDIO "SI", SE CUMPLIO CON LAS VISITAS DE MANTENIMIENTO POR GARANTIA:</b>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL SIN IVA (En números y letras)</b>	\$ -
--	------

	No. Cédula	Nombres completos	Firma
<b>RESPONSABLE DEL AREA REQUIRENTE:</b>			
<b>RESPONSABLE DE LA SOLICITUD</b>			
<b>RESPONSABLE DE LA APROBACIÓN</b>			

**Anexo 2. Simulador de Signos Vitales.** (Fluke Biomedical, s.f.)**FLUKE.****Biomedical****ProSim 4**  
Vital Signs Simulator**Technical Data**

ProSim 4 Vital Signs Simulator with breakthrough touchscreen technology offers quick and simple one-tap testing for patient monitor performance checks and troubleshooting. Designed to get you in and out of most locations in 60 seconds, this quick-check device offers 12-lead ECG simulation, respiration, IBP and NIBP testing in the palm of your hand. Featuring specialized stay-connected ECG posts to ensure secure lead connections and no-hassle testing, ProSim 4 is the perfect patient simulator for first-call patient monitor quality assurance and safety professionals.

**Key features**

- Portable multifunction tester offers 12-lead ECG, respiration, IBP and NIBP simulation
- 90% smaller and lighter than combined technology of legacy products
- Breakthrough touchscreen technology
- One-tap testing for most performance tests and checks
- Easy quick-check patient monitor testing in one minute or less with onboard, customizable patient pre-sets and autosequences
- Integrated, easily-replaceable battery capable of running quick checks all day
- Stay-connected ECG posts for secure lead connections
- Repeatable NIBP testing within 2 mmHg independent of device under test
- Multi-language user interface offers choice of language selection
- Tilt stand design for operation in tight spaces and better viewing angle

### Anexo 3. Simulador de Pacientes. (Fluke Biomedical, s.f.)

**FLUKE.**
**Biomedical**

Technical data

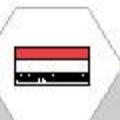
## ProSim 8 Vital Signs Simulator



The 8-in-1 ProSim 8 Vital Signs Simulator offers fast and comprehensive preventative maintenance (PM) testing for your entire patient monitor fleet. Designed to get you in and out of most PM locations in minutes, this multifunction simulator tests ECG (including fetal ECG and arrhythmias), respiration, temperature, IBP, cardiac output, NIBP, SpO<sub>2</sub>, and is capable of testing Rainbow multi-wavelength waveforms. Featuring specialized stay-connected ECG posts for secure lead connections, physiologically-synchronized pulses across all parameters, and customizable patient pre-sets and autosequences, the ProSim 8 patient simulator provides unbeatably fast and easy complete monitor testing. Barcode-scanner compatibility and PC interface, direct printing, data transfer and reporting, along with advanced, integrated technologies and works-every-time performance allow top confidence in patient monitor fleet performance and supports passing regulatory audits with ease.

#### Key features

- All-in-one complete monitor testing 80 % smaller and 17 lbs/ 7.7 kilos lighter than predecessor technology
- 8-in-1 multifunction simulator tests ECG (including fetal ECG and arrhythmias), respiration, temperature, IBP, cardiac output, NIBP, SpO<sub>2</sub>, and Rainbow multi-wavelength waveforms
- Stay-connected ECG posts for easy/secure ECG snap and lead connections
- Custom SpO<sub>2</sub> r-curve for accurate testing of the latest and future oximetry technologies
- Static pressure linearity testing
- Repeatable NIBP simulation (+/- 2 mmHg) for dynamic pressure repeatability testing
- Physiologically synchronized pulses across all parameters
- Barcode scanning and direct data capture and printing functionality
- Onboard, customizable patient pre-sets and autosequences for fast/easy testing
- Multi-language user interface offers choice of language selection
- Integrated, easily-replaceable long-life battery
- Optional PC-interface software offers customizable procedures/ checklists to replace bulky service manuals and automated data capture/storage\*
- Remote PC control of test device, as well as data transfer and automated regulatory reporting\*


\*Bipolar leakage testing performed with 200 ohm fixed load.

## Anexo 4. Analizador de Desfibrilador. (Fluke Biomedical, s.f.)

**FLUKE.**
**Biomedical**

Technical data

### Impulse 6000D/7000DP Defibrillator/External Pacer Analyzer

The Impulse 6000D Defibrillator Analyzer and Impulse 7000DP Defibrillator/Transcutaneous Pacer Analyzer Test Systems are rugged, portable precision test instruments that ensure proper operation and ultimate performance of critical life-support cardiac-resuscitation equipment.

The Impulse 6000D and Impulse 7000DP test capabilities encompass the spectrum of worldwide established pulse shapes, showcase breakthrough AED technology compatibility, and outperform in accuracy and standards. Additionally, the Impulse 7000DP incorporates the tests and the extensive range of test loads and measurement algorithms needed to test external transcutaneous pacemakers.

In conjunction with an Impulse 7000DP, the Impulse 7010 Defibrillator Selectable Load Accessory provides multiple loads of 25  $\Omega$ , 50  $\Omega$ , 75  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 125  $\Omega$ , 150  $\Omega$ , 175  $\Omega$ , and 200  $\Omega$  for defibrillator performance testing. A standard USB interface enables computer control and data transfer, and optional Ansur PC-based automation software increases productivity by outfitting users with an easy-to-use method to standardize testing procedures and capture, print and document data.



#### Key features

- Impulse 7010 Defibrillator Selectable Load Accessory provides multiple loads of 25  $\Omega$ , 50  $\Omega$ , 75  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 125  $\Omega$ , 150  $\Omega$ , 175  $\Omega$ , and 200  $\Omega$  to comply with IEC 60601-2-4 standard (optional)
- Lown, Edmark, trapezoidal, biphasic and pulsed-biphasic defibrillation technology compatibility
- AED technology compatibility
- First-class measurement accuracy  $\pm 1\%$  of reading + 0.1 J
- Intuitive user interface and backlight, easy-to-read display
- Portable, rugged, easy to carry
- Long-lasting, rechargeable battery
- Pacer brand selections
- Pacer input protected against defibrillator output (7000DP only)
- 10 independent ECG outputs that provide 12 lead combinations for standardized clinical signals
- Flexible heart-rate settings (1 BPM step) facilitate rate meter accuracy and alarm testing
- DSP-based measurements enable future firmware and waveforms upgrade
- Unique integrated posts for secure connections
- Two-year extended warranty (no-cost extended warranty available after first-year calibration at any Fluke Biomedical authorized service center)
- Optional Ansur test automation software to standardize testing procedures, capture waveforms and test results, and print and document test results
- Designed, tested, and built to incomparable Fluke quality standards



**Anexo 5. Analizador de Gases.** (Fluke Biomedical, s.f.)

**FLUKE**

## Gas Flow Analyzers

Highly accurate, all-in-one portable gas flow analyzers engineered to meet global standards.

**FLUKE** **LANDAUER** **RaySafe**

**Anexo 6. Analizador de Oxígeno.** (Fluke Biomedical, s.f.)

**FLUKE.**

**Biomedical**

**MAXO<sub>2</sub>+AE**  
Oxygen Analyzer

**Technical Data**



The MAXO<sub>2</sub>+AE is an oxygen analyzer that measures the oxygen concentration in a flow of gas from a medical gas source or through a medical gas-flow device such as a ventilator or anesthesia system, or within an infant incubator. It is handheld and rugged to suit the needs of portable use. The MAXO<sub>2</sub>+AE comes equipped with a two-year warranty on both analyzer and sensor.

**Key features**

- One-touch calibration, with reminder
- Long battery life (approx. 5,000 hrs)
- Impact resistant and drip proof
- External MAX-250E Oxygen Sensor