



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica**

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO MÉDICO DE
DIAGNÓSTICO**

SAID AARÓN ORTIZ MONTENEGRO

Asesorado por Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO MÉDICO DE
DIAGNÓSTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SAID AARÓN ORTIZ MONTENEGRO

ASESORADO POR: ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2005

DEDICATORIA

- A mis Padres: Jorge Alberto Ortiz Muralles y Ana María Montenegro de Ortiz, por apoyarme en todo momento.
- A mis Hermanos: Estuardo, Janet y en especial a Efren Ortiz por su ejemplo y ayuda para culminar mi carrera.
- A mis Compañeros: Efrain Paiz, María Jose Herrera, Edgar Bances, Byron Vasquez y demás, por su amistad y apoyo en todo momento.
- A Nancy Quiroa Por apoyarme en la última etapa de mi carrera.
- A la Inga. María Colmenares Por su valiosa colaboración, sus consejos Y por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que me iluminó y me brindó su ayuda en todo momento para poder culminar mi carrera profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1	Proceso lógico de localización de fallas	1
1.1.1	El usuario	1
1.1.2	El medio ambiente	1
1.1.3	El instrumento	2
1.1.4	Diagrama de bloque funcional	4
1.2	Equipo de prueba y medición	7
1.2.1	Calibración de los instrumentos	7
1.2.2	Exactitud, precisión, y resolución	8
1.2.3	Problemas de medición	11
1.2.3.1	Factores que interfieren en el resultado de una medición	12
1.3	Herramientas básicas necesarias	13
1.3.1	Desarmadores	14
1.3.2	Pinzas o alicates	16
1.3.3	Limas	19

1.4	Relación entre cuerpo humano y equipo	20
1.4.1	Presión sanguínea	22
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO	27
2.1	Los esfigmomanómetros	27
2.1.1	Generalidades	28
2.1.2	Partes de un esfigmomanómetro	32
2.1.2.1	Brazalete	37
2.1.2.2	Bomba insufladora	40
2.1.2.3	Depósito de mercurio	42
2.1.2.4	Escala graduada	42
2.1.2.5	Portaescala	43
2.1.2.6	Estuche	45
2.1.2.7	Mecanismo	45
2.1.3	Tipos de esfigmomanómetros	47
2.2	Los estetoscopios	48
2.2.1	Generalidades	48
2.2.2	Partes de un estetoscopio	48
2.2.2.1	Olivas	50
2.2.2.2	Horquillas	50
2.2.2.3	Muelle	50
2.2.2.4	Conexión “y”	50
2.2.2.5	Vástago	51
2.2.2.6	Cuerpo receptor o cápsula	51
2.2.2.7	Arillo	51
2.2.2.8	Membrana	51

2.2.3	Tipos de estetoscopios	52
2.3	Los estuches de diagnóstico	54
2.3.1	Generalidades	54
2.3.2	Componentes básicos de un estuche de diagnóstico	54
2.3.2.1	Mango	56
2.3.2.2	Otoscopio	57
2.3.2.3	Espejos bucales	57
2.3.2.4	Rinoscopio	58
2.3.2.5	Varillas	58
2.3.2.6	Porta abatelenguas	58
2.3.2.7	Laringoscopio	59
2.3.2.8	Oftalmoscopio	59
2.3.3	Tipos de estuches de diagnóstico	60
3	SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO	61
3.1	Mantenimiento del material médico esencial	61
3.2	Encuestas de las condiciones de los equipos	64
3.3	Fallas más comunes de los equipos	66
3.4	Piezas más utilizadas para el mantenimiento	66
3.5	Evaluación del equipo actual en las unidades de salud del área de Guatemala	68
4	DISEÑO Y DESARROLLO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO	71
4.1	Mantenimiento de esfigmomanómetros	71
4.1.1	Rutinas de mantenimiento	71
4.1.2	Determinar estado de funcionamiento de esfigmomanómetro	72

4.1.3	Mantenimiento preventivo	73
4.1.4	Mantenimiento correctivo	77
4.2	Calibración de los esfigmomanómetros	82
4.2.1	Operaciones principales de la calibración	82
4.2.1.1	Exactitud del esfigmomanómetro de mercurio	84
4.2.1.2	Exactitud del esfigmomanómetro aneroide	85
4.2.1.3	El patrón de calibración	87
4.2.1.4	Calibrador de presión electrónico	87
4.2.2	El mercurio	89
4.2.2.1	Lavado de mercurio	90
4.2.3	Riesgos y precauciones	94
4.3	Mantenimiento de los estetoscopios	95
4.3.1	Mantenimiento preventivo de estetoscopios	95
4.3.2	Mantenimiento correctivo de estetoscopios	96
4.4	Mantenimiento de los estuches de diagnóstico	97
4.4.1	Mantenimiento preventivo de estuches de diagnóstico	98
4.4.2	Mantenimiento correctivo de estuches de diagnóstico	99
4.4.3	Lista de repuestos para estuche de diagnóstico	101
5	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	105
5.1	Mantenimiento de sistemas y diagnóstico de averías	105
5.2	Cuadros de control de mantenimiento	109

5.3	El papel del técnico biomédico	116
5.4	Operación adecuada del equipo de diagnóstico	118

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de bloque funcional	4
2.	Diagrama de bloque funcional amplio	5
3.	Sistema de localización de fallas	6
4.	Campo de medida y alcance de un instrumento	9
5.	Desarmadores planos	14
6.	Pinza de cabeza larga	17
7.	Tipos de limas	18
8.	Gráfica de la presión sanguínea	23
9.	Presión arterial sistólica, diastólica y presión arterial promedio	24
10.	Estructura del esfigmomanómetro	28
11.	Sistema para medición de presión por el método directo	29
12.	Medición de presión arterial por el método indirecto	30
13.	Medición de la presión sanguínea	32
14.	Esfigmomanómetro de mercurio	34
15.	Escala de mercurio	35
16.	Esfigmomanómetro aneroide	36
17.	Brazaletes usados con esfigmomanómetros	39
18.	Bomba insufladora con sus válvulas	41
19.	Detalles de la escala y el portaescala	44
20.	Detalles mecanismo aneroide	46

21. Parte de un estetoscopio	49
22. Cápsulas para estetoscopio dúplex y tríplex	53
23. Estuche de diagnóstico básico	55
24. Diferentes partes de un estuche de diagnóstico	60
25. Inventario esquematizado del material médico	62
Relación entre la complejidad del equipo y costo y duración del	
26. adiestramiento de los técnicos	63
27. Tipos de esfigmomanómetro en los centros de salud	64
Calibración de esfigmomanómetros en los centros de salud del área	
28. de Guatemala	65
Funcionamiento de los esfigmomanómetros en los centros de salud	
29. del área de Guatemala	65
30. Situación de entrada ascendente de un esfigmomanómetro ALPK2	68
31. Gráfica de calibración final de un esfigmomanómetro ALPK2	69
32. Partes de repuesto de un esfigmomanómetro de pared	74
33. Partes de repuesto para el sistema de inflación	74
34. Reemplazo de la válvula de control de aire	81
35. Prueba de calibración	83
36. Conexión del calibrador con el esfigmomanómetro de mercurio	85
37. Calibrador de presión electrónico	88
38. Vaciado del mercurio	90
39. Manejo del mercurio	92
40. Proceso de llenado de mercurio	93

TABLAS

I.	Modelos básicos de brazalete	38
II.	Modelos de cámaras inflables	38
II.	Material necesario para la limpieza	76
IV.	Recursos necesarios para el mantenimiento	76
V.	Mantenimiento correctivo para estetoscopios	97
VI.	Mantenimiento correctivo de estuches de diagnóstico	100
VII.	Lista de repuestos de otoscopios y audioscopios	101
VIII.	Lista de adaptadores de mango y transiluminadores	102
IX.	Lista de lámparas	103
X.	Control de esfigmomanómetros para unidades de salud del área de Guatemala	109
XI.	Cuadro para revisar el funcionamiento de esfigmomanómetros	110
XII.	Rutina de mantenimiento preventivo de los esfigmomanómetros	112
XIII.	Guía para la rutina de mantenimiento de los estetoscopios	113
XIV.	Guía para la rutina de mantenimiento preventivo de los estuches de diagnóstico	114
XV.	Registro de datos para la calibración de esfigmomanómetros	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
cm ³ ó cc	Centímetros cúbicos
gr	Gramos
Hg	Mercurio
HgS	Sulfato de mercurio
Kg	Kilogramos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercurio
O ²	Oxígeno
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PVC	Cloruro de polivinilo

GLOSARIO

Aneroide	Un tipo de esfigmomanómetro en el cual la presión del aire acciona un sistema de relojería que mueve un indicador, aguja frente a una escala.
Bisel	Corte oblicuo en el borde o en el extremo de una lámina siendo una pieza circular que rodea a las carátulas de muchos instrumentos de medición y que mantiene al vidrio o “mica” protectora en su lugar.
Bomba insufladora	Dispositivo que conectado por un tubo permite insuflar la cámara de hule del brazalete de un esfigmomanómetro.
Brazalete	Se trata de una bolsa de tela que se sitúa alrededor del brazo para medir la presión arterial.
Calibración	Acción de comparar con patrones estándar lo que marca un determinado aparato.

Diafragma	Lámina delgada que cubre la cápsula del estetoscopio y que vibra con los movimientos ondulatorios. Recibe también el nombre de membrana.
Dúplex	Estetoscopios con dos cápsulas en lugar de una.
Escala	Serie de divisiones grabadas en determinado espacio.
Esfigmomanómetro	Instrumento para medir presión.
Espejo	Lámina de cristal azogada por la parte posterior para reflejar la luz.
Esterilizar	Destruir los gérmenes que contiene alguna cosa.
Estetoscopio	Aparato destinado a escuchar los sonidos del pecho y otras partes del cuerpo, ampliándolos con la menor deformación posible.
Exactitud	Fidelidad en la medición de una cosa.
Fibras ópticas	Hilos delgados, hechos de cuarzo o de plástico óptico, por los cuales viajan rayos de luz casi sin pérdida. Se utilizan para iluminar y observar lugares poco accesibles.

Horquillas:	Se llama así a los dos tubos que llevan los sonidos hasta las “olivas” en las orejas del usuario.
Laringoscopio	Instrumento para observar la laringe.
Látex	Líquido de aspecto lechoso que producen ciertos vegetales. Es la materia prima para la fabricación del hule natural.
Manguito:	Nombre que se le da a la cámara de látex que contiene el brazalete que se utiliza para medir presión con esfigmomanómetros.
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
Membrana	Otro nombre que se le da al diafragma del estetoscopio.
Mercurio	Elemento metálico, líquido a la temperatura ordinaria, cuyo símbolo es “Hg”.
Método invasivo	Es aquel que la presión sanguínea puede medirse en forma directa por medio de un transductor y un monitor.

Oftalmoscopio	Instrumento para observar las diferentes partes del ojo.
Olivas ópticas	Pequeñas piezas que se colocan en los extremos de las horquillas y el usuario las introduce en sus conductos auditivos para escuchar los ruidos o sonidos que capta el estetoscopio.
Otoscopio	Instrumento para el examen del conducto auditivo, membrana del tímpano y en su caso el oído medio.
Pera insufladora	Aditamento de hule que tiene, aproximadamente, la forma de una pera y sirve para proporcionar manualmente aire.
Presión	Acción y efecto de apretar, comprimir, etc. Fuerza que ejercen los líquidos y los gases, en todos sentidos, sobre las paredes de los recipientes que los contiene.
Presión diastólica	Movimiento de dilatación del corazón y de las arterias, cuando la sangre penetra en su cavidad.
Presión intra arterial	Presión que ejerce la sangre en las arterias.
Presión sanguínea	Presión que ejerce la sangre.
Presión sistólica	Presión arterial durante la relajación ventricular.

Reservorio	Cavidad o recipiente en el que se almacena un líquido o gas.
Rinoscopio	Instrumento para observación de la nariz.
Simples	Estetoscopio de una sola cápsula.
Transductor	Dispositivo que transforma un fenómeno físico en una señal eléctrica.
Tensiómetro	Aparato médico que se utiliza para medir la presión arterial en el ser humano.
Válvula de retención	Sistema que permite el paso de un fluido en una dirección y lo impide en dirección contraria.
Velcro	Nombre con el que se conoce un sistema de cierre por contacto de tela.
Vena	Vaso sanguíneo que conduce sangre de los vasos capilares al corazón.

RESUMEN

El mantenimiento de equipo médico de diagnóstico es una prioridad a tratar por parte de las autoridades de Salud. Los esfigmomanómetros sirven para medir la presión arterial y son instrumentos muy importantes en cualquier unidad de Salud, existen dos tipos de esfigmomanómetros que se encuentran con mas frecuencia, los aneroides y los de mercurio. Los estetoscopios son instrumentos para escuchar ruidos que se generan en las cavidades corporales y complementa la función del esfigmomanómetro. Los estuches de diagnóstico están equipados de varios instrumentos para la revisión del cuerpo humano.

La existencia de un programa de mantenimiento para estos equipos es una necesidad, por eso se hicieron encuestas en los Centros de Salud respecto del estado del equipo, además, se buscaron las fallas más comunes y las piezas utilizadas para el mantenimiento así como una evaluación del equipo actual en las unidades de Salud de Guatemala.

Un punto importante es la calibración de los esfigmomanómetros, ya que, teniendo mal calibrado el mismo dará una lectura incorrecta, atentando así con la salud del paciente, debido a eso se presentan las operaciones principales de la calibración. El mantenimiento de estetoscopios y estuches de diagnóstico es, también, importante por eso se hace una guía para el mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

Para alcanzar los objetivos de mantenimiento se trata de implementar un programa, el cual debe mantener en optimas condiciones el equipo médico de diagnóstico para que la población se beneficie al máximo con un mejor servicio

OBJETIVOS

- **General**

Elaborar un manual para la calibración y mantenimiento de equipo médico de diagnóstico para las unidades del Ministerio de Salud mediante la evaluación y mejoramiento de las condiciones actuales con la finalidad de optimizar los recursos y, de esta manera, elevar la calidad de los servicios a la comunidad.

- **Específicos**

1. Definir, claramente, para el usuario del equipo, los principios básicos del mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes tipos de esfigmomanómetro, estetoscopios y estuches de diagnóstico utilizados en los centros de salud.
2. Capacitar al personal de los centros de salud para mejorar el buen funcionamiento del equipo en el momento de operar el mismo.
3. Establecer un plan de operación, que coordine las actividades que se requieren realizar para llevar a cabo la calibración de los esfigmomanómetros en los centros de salud.
4. Hacerle ver a los usuarios la necesidad de calibrar periódicamente los esfigmomanómetros.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la labor realizada en el Ministerio de Salud es vital para nuestra sociedad, por tal razón, debe tomarse en cuenta todo aquello que sirva de ayuda para promover los servicios de salud pública, una parte importante de estos servicios se encuentra en la infraestructura y equipo. La manera en que se opera todo este equipo y el mantenimiento que reciba será fundamental para su conservación y funcionamiento. Bajo este punto de vista todo plan o programa que este encaminado al buen uso y cuidado básico del equipo contribuye a aumentar la calidad y cantidad de los servicios prestados en los diferentes centros de atención primaria de salud. El dejar de hacerlo condena al equipo a un deterioro constante y progresivo, la causa de este problema es la falta de conocimientos por parte del operador para realizar un programa básico de buen uso y mantenimiento.

Para alcanzar los objetivos de mejorar la vida útil de los equipos y mantenerlos en un funcionamiento pleno, se ha hecho una guía encaminada a la calibración y mantenimiento de equipo médico de diagnóstico de una forma práctica y sencilla, para que los operadores de este tipo de equipo reciban la capacitación adecuada que contribuya al mejoramiento del servicio, por medio de un equipo en buen estado, con una vida útil, más prolongada y el ahorro de recursos que esto conlleva. Si se presta atención especial al mantenimiento del material médico esencial de los centros de salud, la población se beneficiará en un tiempo relativamente breve. Es por eso que el presente estudio surge como necesidad de mantener en óptimo estado de funcionamiento el equipo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Proceso lógico de localización de fallas

El objetivo de la localización de averías, es reparar o corregir una falla en el sistema de instrumentos. Consideramos como sistema de instrumentos a la tecnología que permite resolver un problema, aplicando procedimientos en los cuales se pueda utilizar un instrumento o aparato. Por lo tanto, consta de tres partes principales: el usuario, el medio ambiente y el instrumento.

La falla o funcionamiento deficiente en un sistema de instrumentos puede ser el resultado de dificultades en cualquiera de las tres partes principales. Como regla general, las fallas se encuentran distribuidas en forma aproximadamente igual entre las tres partes.

1.1.1 El usuario

El usuario generalmente realiza la decisión final de que ha ocurrido una falla o funcionamiento deficiente. Los problemas pueden ser causados por el uso inadecuado o incorrecto, por controles no establecidos correctamente.

1.1.2 El medio ambiente

Comprende el ambiente total que rodea al instrumento y al usuario. Los problemas pueden relacionarse con el ambiente y otros factores, tales como temperatura, polvo, corrientes de aire y vibraciones.

1.1.3 El instrumento

Es el dispositivo que realiza una función, tal como medición, control, etc. las fallas quedan dentro de dos categorías generales, las electrónicas que son fallas en componentes o en el circuito, por lo general, la parte electrónica de un instrumento es la parte más confiable. Las no electrónicas que pueden ser conexiones sueltas o rotas, polvo, corrosión, desgaste mecánico y otras. Estas son las causas más probables de fallas.

El primer paso en la localización de fallas o averías es hacer un análisis del procedimiento y determinar en que parte del sistema, ya sea en la operación, el medio ambiente, o el instrumento, se encuentra la falla.

El propósito de la metodología empleada para la localización de averías es reunir información sobre la falla o funcionamiento deficiente de un instrumento en forma lógica y sistemática. Deberá buscar las respuestas a preguntas tales como:

- ¿Cómo funciona el sistema normalmente?
- ¿Cuáles son las condiciones de falla?
- ¿Cuáles son los síntomas causados por la falla?
- ¿Cuál es la causa de la falla?

Luego tendrá que comparar lo que dice el manual con lo que realmente ocurre en el aparato, describir como puede probablemente repararse la falla, y evaluar el resultado de la acción.

La localización de fallas requiere de una base amplia de conocimientos que incluye: electrónica, física, química, óptica, mecánica, teoría de medición, funcionamiento de equipo y otras.

La localización de fallas requiere de buenas habilidades practicas, tales como: *observación cuidadosa*, no es más que saber qué es lo que se busca, cuándo buscarlo y dónde buscarlo. *Utilización efectiva de los manuales de servicio y otras fuentes de datos técnicos. Uso adecuado de herramientas, manuales y maquinaria pequeña para la tarea a realizar y utilizarla en forma correcta, cumpliendo los requisitos de seguridad.*

Conocimientos sobre el montaje del dispositivo, el desarmado y los métodos para desmontar componentes, procediendo con cautela cuidando el orden de las cosas, para evitar dificultades adicionales y permitir el ensamble apropiado, es conveniente tener un cuaderno donde se valla anotando los datos indispensables para un recordatorio futuro. Tener buenas medidas de seguridad no solo para el que localiza la falla, sino también para identificar y cambiar aquellas partes que pudieran representar un riesgo para el operador o usuario del dispositivo.

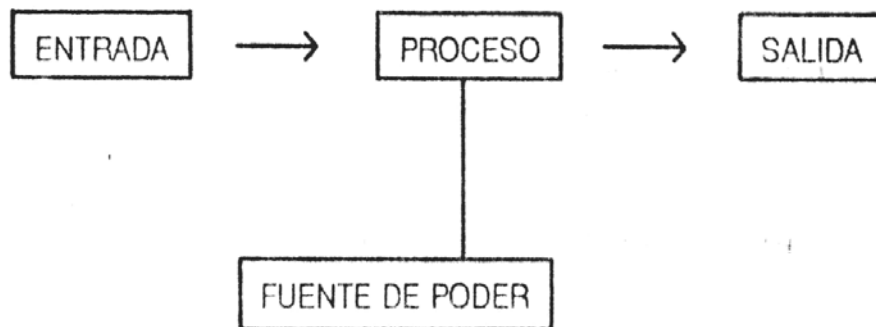
Repasar todo el proceso de localización y reparación es la mejor forma de mejorar sus habilidades para la localización de fallas, además se debe de llenar los registros estadísticos del instrumento para su próximo mantenimiento preventivo o correctivo.

1.1.4 Diagrama de bloque funcional

El diagrama de bloque funcional es un método general para describir instrumentos. Se enfatiza la utilidad de estos diagramas en el proceso de localización de fallas o averías y para la mejor comprensión de los instrumentos.

Un diagrama de bloque funcional como modelo para cualquier instrumento es:

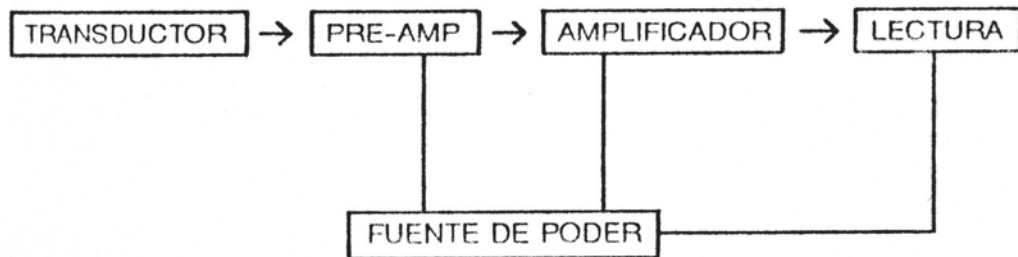
Figura 1. Diagrama de bloque funcional



Fuente: Robert L. Morris. **Localización Lógica de Fallas**. Pagina 10

El diagrama de bloque funcional puede ampliarse más para que proporcione mayores detalles

Figura 2. Diagrama de bloque funcional amplio.



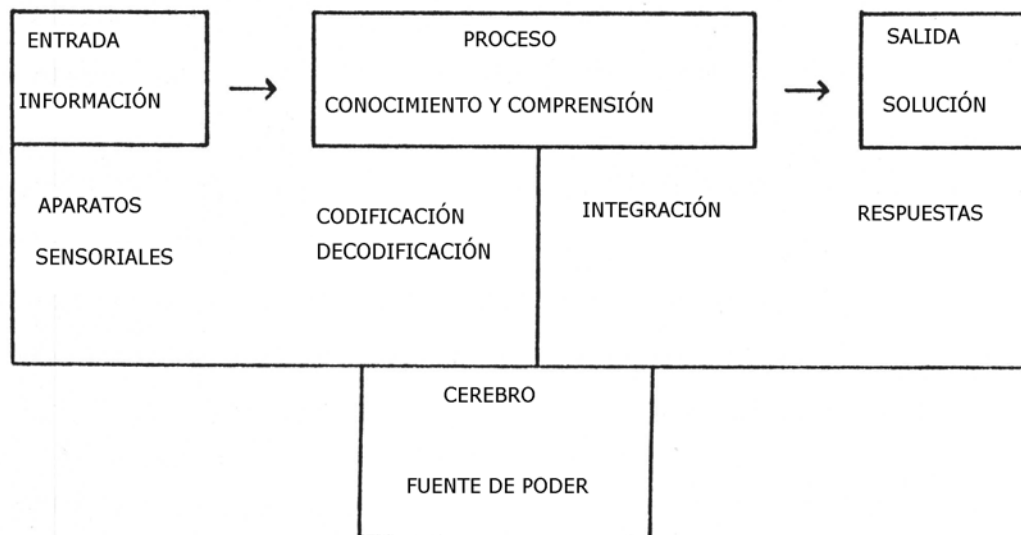
Fuente: Robert L. Morris. **Localización Lógica de Fallas**. Pagina 11

Un solo bloque funcional de un instrumento puede descomponerse en un diagrama de bloque funcional.

Para muchos instrumentos no existen diagramas esquemáticos completos. Existen tan solo diagramas de bloque funcional, diagramas de interconexión y esquemas parciales. Esto es cierto para prácticamente cualquier instrumento que contenga circuitos integrados. Los instrumentos digitales se proveen con diagramas lógicos. Un diagrama lógico no es más que un diagrama de bloque funcional detallado.

En el diagrama de bloque funcional correspondiente a la localización de fallas o averías la información es la entrada, el conocimiento y la comprensión forman el proceso y la solución es la salida todo dentro del cerebro que incluye la fuente de poder. Tal como sucede con los instrumentos, si la fuente de poder falla nada trabaja bien.

Figura 3. Sistema de localización de fallas



Fuente: Robert L. Morris. **Localización Lógica de Fallas**. Pagina 12

1.2 Equipo de prueba y mediciones

Lo primero que haremos será repasar las condiciones básicas para hacer mediciones y las características del equipo de prueba usual. La persona que trata de localizar una falla debe estar totalmente familiarizado con los principios básicos de las mediciones y el equipo de prueba que va a utilizar antes de obtener la información máxima de cualquier medición. Usted debe saber: **qué, dónde, cuándo, cómo y por qué** está haciendo una medición y debe ser capaz de interpretar los resultados de su medición. No debe hacerse ninguna medición sin antes saber lo que se espera de ella.

El propósito de usar equipo de prueba y hacer mediciones mientras está localizado una falla es obtener información sobre una falla o sobre la causa de la misma.

1.2.1 Calibración de los instrumentos

La finalidad de calibrar un instrumento es de llevarlo a su medida exacta, a base de un ajuste adecuado, comprobando su exactitud y precisión con relación a un estándar.

Existen patrones de medida que están certificados y se deben usar para calibrar los instrumentos (bloques patrón y barras patrón). La calibración del aparato implica ajustarlo para que mida el valor del patrón con la mayor exactitud y precisión posible.

Las especificaciones que se deben tener en cuenta, dentro de una norma general de calibración de instrumentos de medición, son los siguientes:

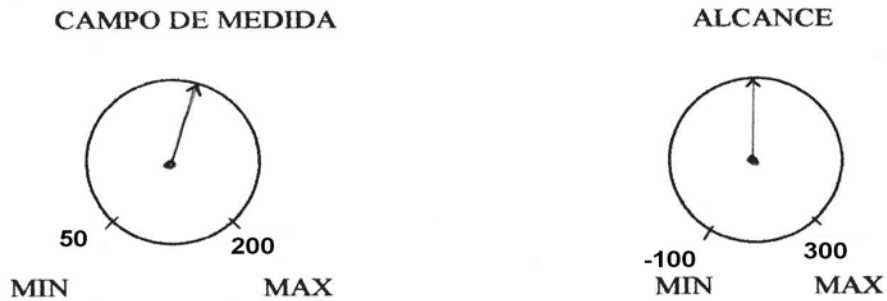
- Durante la calibración se deberán reproducir, en la medida de lo posible, las condiciones reales en que normalmente se utiliza el aparato.
- El instrumento deberá calibrarse en la posición en la que va a quedar cuando se use y de preferencia en el mismo lugar.
- Una vez calibrado un aparato no debe desarmarse porque puede variar el ajuste realizado.

1.2.2 Exactitud, precisión y resolución

La exactitud es la capacidad que posee un instrumento para poder repetir el mismo valor al hora de efectuar las mediciones de la variable, puede ser que estos valores se encuentren muy lejos del valor real de la variable. La exactitud a menudo se expresa como el porcentaje de la lectura, o el porcentaje de la escala total. Una exactitud conocida es resultado de la calibración.

La precisión es la tolerancia de medida de un instrumento con respecto al valor verdadero de la variable, puede definir lo limites de los errores cuando el instrumento es utilizado en condiciones normales del servicio. Por lo general se expresa como el número de dígitos. El campo de medida de un instrumento es el valor máximo y el valor mínimo que el instrumento puede llegar a medir y alcance es la diferencia algebraica entre el máximo y el mínimo del campo de medida de un instrumento. La precisión no implica necesariamente exactitud. Los tres métodos más comunes para medir la precisión son:

Figura 4. Campo de medida y alcance de un instrumento



El campo de medida es : 50-200 PSI

El alcance es: $300 - (-100) = 400$ PSI

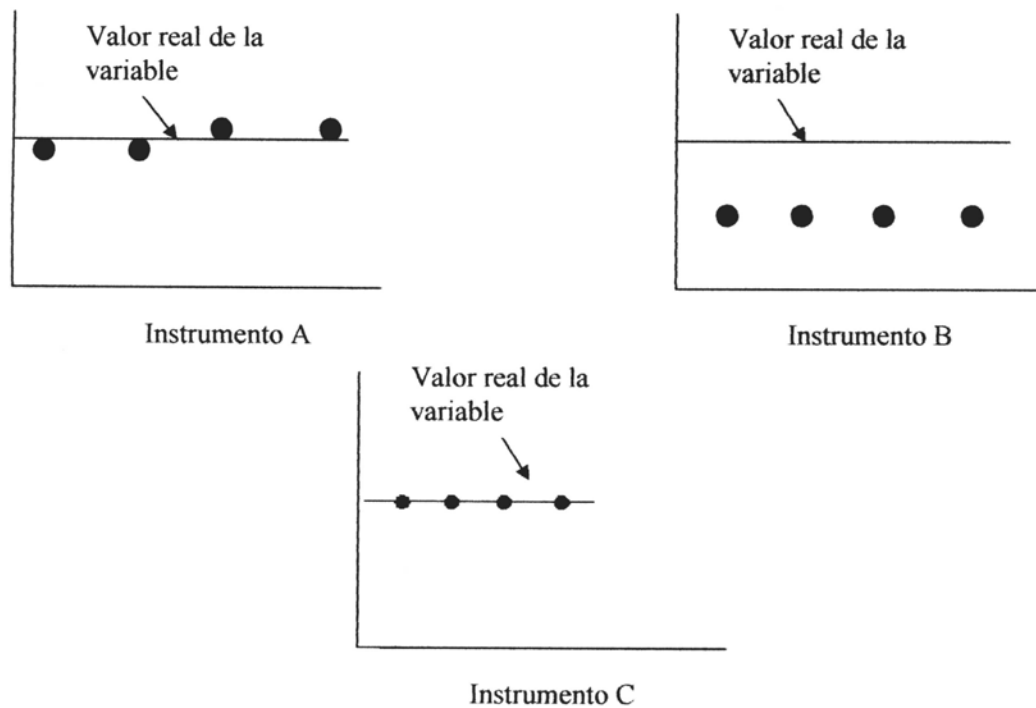
El método de porcentaje de alcance nos dice por ejemplo que si el instrumento da una medición de 150 PSI y la precisión de dicho instrumento es de $\pm 0.5\%$ del valor del alcance, entonces el valor real será de $150 \pm 0.5\%$ del alcance, con los valores nos queda que $150 \pm 0.5/100(300-100)$ es igual a tener 150 ± 1 , quiere decir que el valor verdadero de la variable se encuentra entre 149 y 151 PSI.

El siguiente es el método directamente en unidades de la variable medida, este método es más sencillo ya que simplemente se dice la precisión en unidades en que el instrumento esta efectuando la medición, quiere decir que si el instrumento da una medición de 150 PSI y se dice que la precisión del instrumento es de ± 1 PSI esto sería igual a tener el valor verdadero de la variable entre 149 y 151 PSI.

Por último se tiene el método de porcentaje de lectura instantánea, el cual se da la precisión en porcentaje de la lectura del instrumento, quiere decir que si la precisión es de $\pm 1.5\%$ y si el instrumento marca 150 PSI entonces se calculan los porcentajes para luego operarlo, dando como resultado el valor de la variable entre 149 y 151 PSI.

La exactitud y precisión difieren una de la otra en que la precisión trata de mantenerse muy cerca del valor real de la variable y la exactitud aunque puede mantenerse muy lejano del valor real de la variable dará lecturas muy parecidas. A continuación presentamos una gráfica en la cual el instrumento A en sus cuatro lecturas fue muy preciso, el instrumento B fue muy exacto mientras que el C muestra gran precisión y gran exactitud.

Figura 5. Diferencia entre precisión y exactitud.



Fuente. Chicojay Carlos Anibal. **Folleto de Instrumentación mecánica**. Página 3

La resolución es la claridad con que se puede leer o resolver el valor de una medición. Una expresión sobre resolución, generalmente, es: refiriéndose a las especificaciones de un instrumento, una resolución de 0.00000100 en el rango de 1, esta afirmación de resolución implica una precisión de 4.5 a 5 dígitos, no dice nada sobre la exactitud. En ocasiones cuando se hacen mediciones diferenciales, puede ser más importante tener una resolución elevada que una exactitud suficiente que concuerde con la resolución.

1.2.3 Problemas de medición

Los errores o problemas que se pueden presentar al efectuar una medición pueden ser sistemáticos o aleatorios. El error sistemático se da por desajuste de los instrumentos y equipo o por deficiencias en el método usado, pero también se puede deber a errores o problemas que tienen las personas. Dicho error se caracteriza porque en el resultado siempre aparece la misma diferencia.

Si un instrumento no está calibrado, en todos los casos en que se use causará el mismo error, ello naturalmente hasta que se calibre. Del mismo modo si una persona tiene la tendencia a medir sobre las escalas con un ángulo de colocación de sus ojos incorrecto, puede causar el llamado “error de paralaje”, el cual será siempre aproximadamente el mismo hasta que no cambie dicha tendencia. En cuanto al método, si uno de los pasos de la medición no se ejecuta adecuadamente, siempre aparecerá el mismo error en el resultado.

Por lo que se refiere a los errores aleatorios o accidentales, estos ocurren de repente, por causas no previstas; resulta casi imposible prevenirlos. Las causas pueden ser: vibraciones, golpeteos, fricciones no uniformes y variaciones no previstas de temperatura. Los errores sistemáticos se corrigen generalmente calibrando el instrumento; si se trata de personas, deben de corregir los vicios de medición que tengan. En cambio, los errores aleatorios, cuando se deben a los instrumentos requieren para su corrección de un mantenimiento mayor; si son personas las que los producen, generalmente se consigue su corrección con un mayor entrenamiento.

1.2.3.1 Factores que interfieren en el resultado de una medición

- El factor humano
- El local y el medio ambiente.
- La técnica de medición.
- El instrumento usado.
- Las características del objeto que se va a medir.

El técnico o personal que va a realizar las mediciones debe estar debidamente capacitado y debe encontrarse en condiciones físicas adecuadas para el tipo de técnica que aplicará (buena visión, buen oído y buen pulso)

La mayoría de los trabajos de mantenimiento de equipos para la salud en general, se realizan en el mismo local en el cual están situados dichos equipos, o bien en algún local común, sin mayor instalación dentro del edificio. Por esta razón, el técnico debe adaptarse a las condiciones existentes en dicho local. Sin embargo, para lograr mediciones muy exactas y precisas, se deberían llevar las piezas o refacciones que se van a medir a un local con temperatura y ambiente controlado (sin vibraciones, sin polvo y con buena luz).

Aún podríamos decir, que en algunos casos es necesario hacer mediciones muy precisas de algunas dimensiones. Esto se debe hacer en un laboratorio de metrología, usando calibradores de alturas, calibradores maestros, galgas o bloques patrones, trabajando sobre una mesa especial echa de mármol, todo ello en un ambiente de temperatura controlada. En un centro de salud sería muy raro que se contara con una sala de mediciones con temperatura controlada, sin embargo, muchas empresas grandes y desde luego las que venden equipos de medición, cuentan con esas instalaciones y generalmente se pueden contratar sus servicios; los cuales sólo se requieren cuando es necesario hacer mediciones muy precisas.

La técnica de medición se refiere a la secuencia o pasos a seguir al efectuar una medición. Se deben considerar los accesorios y materiales que se van a utilizar en cada uno de dichos pasos. El instrumento usado es un factor que también afecta la medición, bien sea por errores de fabricación o por desgaste. Lo importante es recordar que el instrumento que se use debe adecuarse a la variable que va a medir.

Se debe considerar que algunos conceptos o magnitudes medibles de los cuerpos, varían de un momento a otro principalmente por cambios de temperatura.

1.3 Herramientas básicas necesarias

Es necesario utilizar las herramientas adecuadas para darle mantenimiento o calibrar los equipos ya que de lo contrario se podría estar dañando componentes del mismo, con el fin de saber como seleccionar las herramientas a utilizar presentamos una pequeña guía de las generalidades de las herramientas básicas necesarias.

1.3.1 Desarmadores

Los desarmadores son herramientas constituidas por un mango, de madera, metal o plástico y una varilla cuyo extremo tiene la forma adecuada para encajar en las ranuras de las cabezas de los tornillos a aflojar o a apretar. Se emplean para enroscar o desenroscar tornillos mediante un sentido de giro. Un desarmador consta de un mango, un cuello (también llamado "barra") y una cabeza de trabajo o punta.

El desarmador se caracteriza por el tipo de punta que posee; varía mucho de forma y de tamaño, de acuerdo al trabajo que se debe realizar. En ocasiones, la punta se puede desprender del mango con el objeto de cambiarla por otra que permita efectuar algún trabajo diferente.

Dependiendo del tipo del tornillo para el que se utilicen podremos distinguir tres tipos de desarmadores:

- 1.- Desarmadores de punta plana.
- 2.- Desarmadores de punta de estrella o "philips".
- 3.- Desarmadores de precisión.

Los destornilladores de punta plana tienen el extremo de la varilla metálica en forma plana. El grosor y la anchura de la parte plana depende de la ranura del tornillo a roscar o desenroscar.

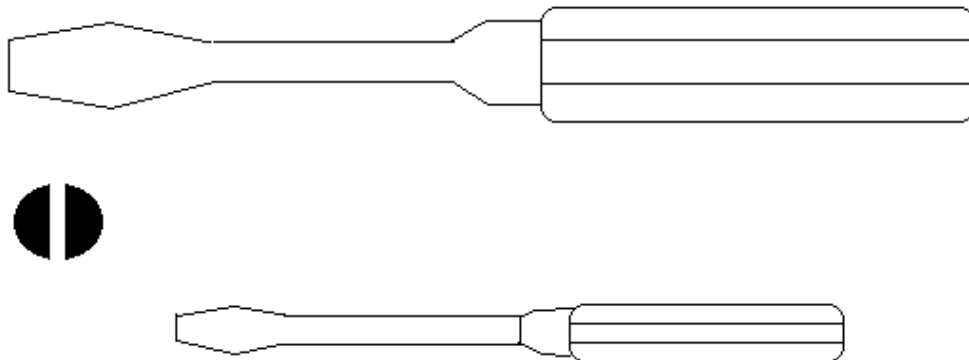
Los destornilladores "philips" o de estrella son especiales para tornillos que tienen en su cabeza dos ranuras en forma de cruz y en su centro existe más profundidad que en los extremos. La fuerza que hay que hacer para atornillar o destornillar es menor que en los destornilladores de punta plana.

Los destornilladores de precisión son destornilladores generalmente muy pequeños, que se utilizan en electrónica o relojería para trabajar con tornillos diminutos. Pueden ser de punta redonda o de punta plana.

Entre las puntas más usadas tenemos las planas, son las más usadas. Los desarmadores con cuellos largos y delgados permiten llegar a lugares estrechos; los cortos y gruesos permiten aplicar mayor fuerza.

Los largos más comunes para la calibración van desde 38.1mm hasta 104.8 mm y sus diámetros varían entre 3.1 mm y 5 mm.

Figura 6. Desarmadores planos



Fuente. www.hetsa.com

Podemos mencionar algunas indicaciones de cómo darle el uso adecuado a un desarmador:

- Debes hacer coincidir siempre la punta del destornillador con la ranura de la cabeza del tornillo.
- No utilices nunca el destornillador como palanca, porque puedes romperlo o deteriorar la punta.
- No golpees nunca el mango con el martillo para utilizarlo en hacer cortes.
- El mango del destornillador debe estar siempre limpio para que no resbale.
- Utiliza siempre el destornillador adecuado para cada tipo de tornillo. No trates de utilizar un destornillador pequeño con un tornillo grande, ni al revés, porque se podrían deteriorar.

1.3.2 Pinzas o alicates

Son herramientas que se utilizan básicamente para sujetar o apretar piezas mecánicas, por regla general tiene las siguientes partes: Una “boca” formada por dos quijadas terminadas en dos superficies de apriete o bien de corte, una articulación que permite abrir o cerrar dicha “boca” y unas patas que sirven para accionar el instrumento. Una aleación de acero, combinada con un meticuloso tratamiento térmico, generan la tenacidad, dureza y resistencia de los filos de corte y de las superficies de agarre, que son las características de los alicates.

Las mordazas de los alicates están diseñadas para adaptarse al trabajo para el que están previstas las herramientas. Los alicates de corte disponen de filos templados por alta frecuencia, y los alicates de sujeción y agarre están provistos de superficies planas y ranuradas que proporcionan un agarre firme.

Las superficies de las mordazas pueden ser cóncavas o curvadas, o con ranuras en V para sujetar piezas redondas.

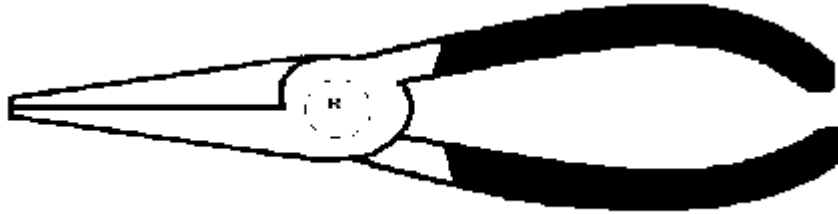
Los filos de corte de los alicates están diseñados para adaptarse al trabajo a realizar. Los alicates con filo exterior con chaflán, tienen una mejor resistencia y generan una superficie de corte en pico (alicates universales).

Los mangos de alicates, están disponibles con cuatro tipos de empuñaduras: desnuda, recubierta con PVC, con fundas y fundas aislantes, que se emplean para trabajar en equipos eléctricos.

Todos los alicates se someten a diversos tratamientos anti-corrosión con varios métodos, según sea el trabajo a realizar. Los métodos mas comunes son la oxidación negra, con una película de plástico transparente aplicada por medio de calor; el cromado y la oxidación negra seguida de un tratamiento con aceite secante anti-corrosión.

Un movimiento fácil y sin holguras es importante en los alicates. Pero esto exige una precisión extremadamente elevada y a mayor precisión posible durante la fabricación. Las superficies articuladas deben ser totalmente planas y lisas. Los agujeros de los remaches deben tener tolerancias dimensionales muy estrechas. Los remaches de los alicates están fabricados en un material que tiene aproximadamente la misma dureza que el de la articulación.

Figura 7. Pinza de cabeza larga



Fuente. www.hetsa.com

Existe también una gran variedad de pinzas o alicates entre los cuales podemos mencionar las siguientes:

La pinza de punta es la más tradicional y la de mayor uso en los trabajos de banco. Se usa para sostener, curvar, enrular y conformar. Puede encontrarse con dientes o sin dientes en la mordaza. Las puntas que forman la boca son muy largas lo que las hace particularmente útiles cuando se trata de llegar a lugares de difícil acceso o cuando se requiere doblar algo en un ángulo muy pequeño, suele utilizarse en mantenimiento mecánico en aquellos lugares donde las pinzas de uso general se vuelven incómodas por su tamaño. La pinza plana es utilizada para sostener, objetos planos o cuadrados. Puede pedirse con o sin dientes en sus mordazas.

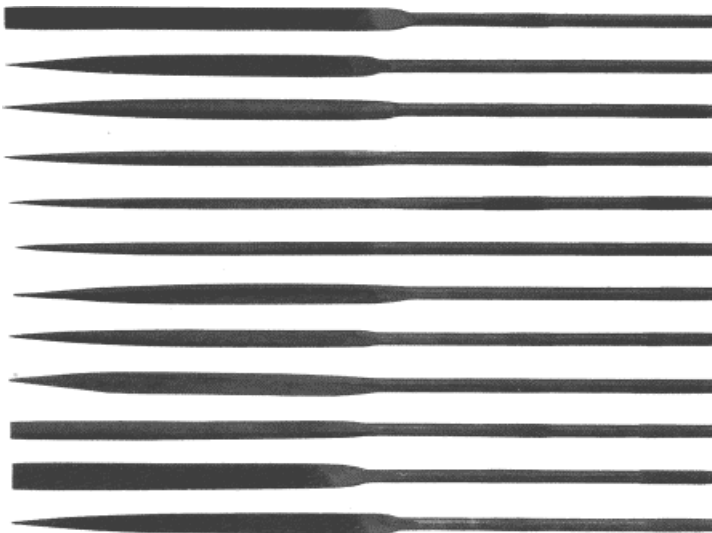
La pinza redonda es usada para doblar, enrular, hacer círculos, bobinas, en alambre. Se proveen con o sin dientes en sus mordazas y con puntas más o menos aguzadas o no. La pinza de corte es usada para cortar distintos tipos de alambre, la forma de los filos de corte determina el tipo de corte con o sin curva.

1.3.3 Limas

La lima es una herramienta que consiste en una barra hecha de acero templado, labrada en sus superficies con estrías, de manera que con ella se puedan frotar las superficies metálicas para desgastarlas, darles forma o alisarlas. Las estrías pueden ser rectas y estar labradas en dirección perpendicular al eje de la herramienta, pero generalmente están inclinadas un cierto ángulo e incluso pueden ser curvas; además las hay sencillas o dobles. Cuando las estrías son sencillas o simples sirven para trabajar metales blandos como el cobre, bronce, latón, etc.; en cambio las limas que tienen las estrías cruzadas son las que se recomiendan cuando se trabaja con aceros.

La superficie trabajada queda tanto más lisa cuando menos es la anchura de las estrías; esa anchura va desde 0.1 mm en las limas más finas llamadas "musas" a 2mm en las denominadas "bastas".

Figura 8. Tipos de limas



Fuente. www.hetsa.com

Las partes principales que constituyen una lima son: El cuerpo en sí que presenta la parte estriada o superficie de trabajo y una espiga o punta, también llamada “talón” de sección cuadrada, diseñada para ser introducida en un mango, casi siempre de madera. La longitud de las limas se expresa en unidades ya sea del sistema métrico o del sistema inglés; se mide del extremo de la lima hasta el talón de la misma. Las limas se fabrican en muy diversos tamaños desde las muy pequeñas hasta las de trabajo pesado que llegan a ser bastante grandes.

1.4 Relación entre cuerpo humano y equipo

El equipo es el conjunto de instrumentos o sistema de instrumentos utilizados en la medida de una o más características o fenómenos, más que la presentación de la información obtenida a partir de estas medidas de forma tal que las pueda leer e interpretar el hombre. El sistema hombre-instrumento completo debe incluir, además al ser humano en el que se realizan las medidas.

Los objetivos básicos de cualquier sistema de instrumentos se enmarcan por lo general, dentro de una de las siguientes categorías principales:

Adquisición de información: La instrumentación se utiliza para medir fenómenos naturales y otras variables que ayuden al hombre en su búsqueda para conocerse a sí mismo y al universo donde vive. En esta situación puede que no se conozcan por adelantado las características de las medidas.

Diagnóstico: Las medidas se realizan para ayudar a la detección y si hay suerte, a la corrección de algo que funcione mal en el sistema donde se mide. En algunas aplicaciones, este tipo de instrumentación se puede clasificar como equipo de investigación de alternativas.

Evaluación: Las medidas se emplean para determinar la capacidad de un sistema de satisfacer las exigencias de funcionamiento impuestas. Estas pruebas se podrían clasificar como un test de funcionamiento o control de calidad.

Monitorización: La instrumentación se utiliza para vigilar algún proceso u operación a fin de obtener periódicamente información del estado del sistema medido.

Control: Algunas veces la instrumentación se utiliza para controlar automáticamente el funcionamiento de un sistema, basándose en los cambios de uno o más de los parámetros o en la salida del instrumento.

La instrumentación se puede clasificar por lo general en dos grupos principales: clínica y de investigación. La instrumentación clínica esta dedicada básicamente al diagnóstico, cuidado y tratamiento de los pacientes mientras que la instrumentación de investigación se utiliza principalmente en investigación para conocer algo nuevo acerca de los distintos sistemas que componen el organismo humano, aunque algunos instrumento se pueden emplear en las dos áreas, los instrumentos clínicos están diseñados de forma que sean más robustos y más fáciles de utilizar.

El interés se centra en obtener un conjunto limitado de medidas fidedignas a partir de un numeroso grupo de pacientes y en proporcionar al médico información suficiente que le permita tomar decisiones clínicas. Por otro lado, la instrumentación de investigación normalmente es más compleja, más especializada y diseñada frecuentemente para obtener un mayor grado de precisión y resolución. Los instrumentos clínicos los maneja el médico o la enfermera, mientras que los de investigación los utilizan técnicos especializados debidamente entrenados.

1.4.1 Presión sanguínea

La presión sanguínea es algo que todos tenemos y necesitamos tener. Sin la presión arterial la sangre no podría circular en nuestro organismo y sin la circulación sanguínea los órganos vitales no pueden recibir el oxígeno y nutrición que necesitan los tejidos para funcionar, es importante estar informado sobre la presión sanguínea y como mantenerla dentro de los límites normales.

La unidad estándar para la medición de la presión sanguínea esta dada en milímetros de mercurio (mmhg) esto se debe a que el manómetro ha sido utilizado como referencia estándar en la medición a través de la historia de la fisiología. La presión más alta que observamos en este ciclo es la presión sistólica la cual se produce por una contracción del corazón, la presión más baja es la presión diastólica, la cual es la presión entre los latidos del corazón. Una presión sanguínea típica se puede expresar de la siguiente manera 120/180 mmhg en donde 120 es la presión sistólica y 180 es la presión diastólica.

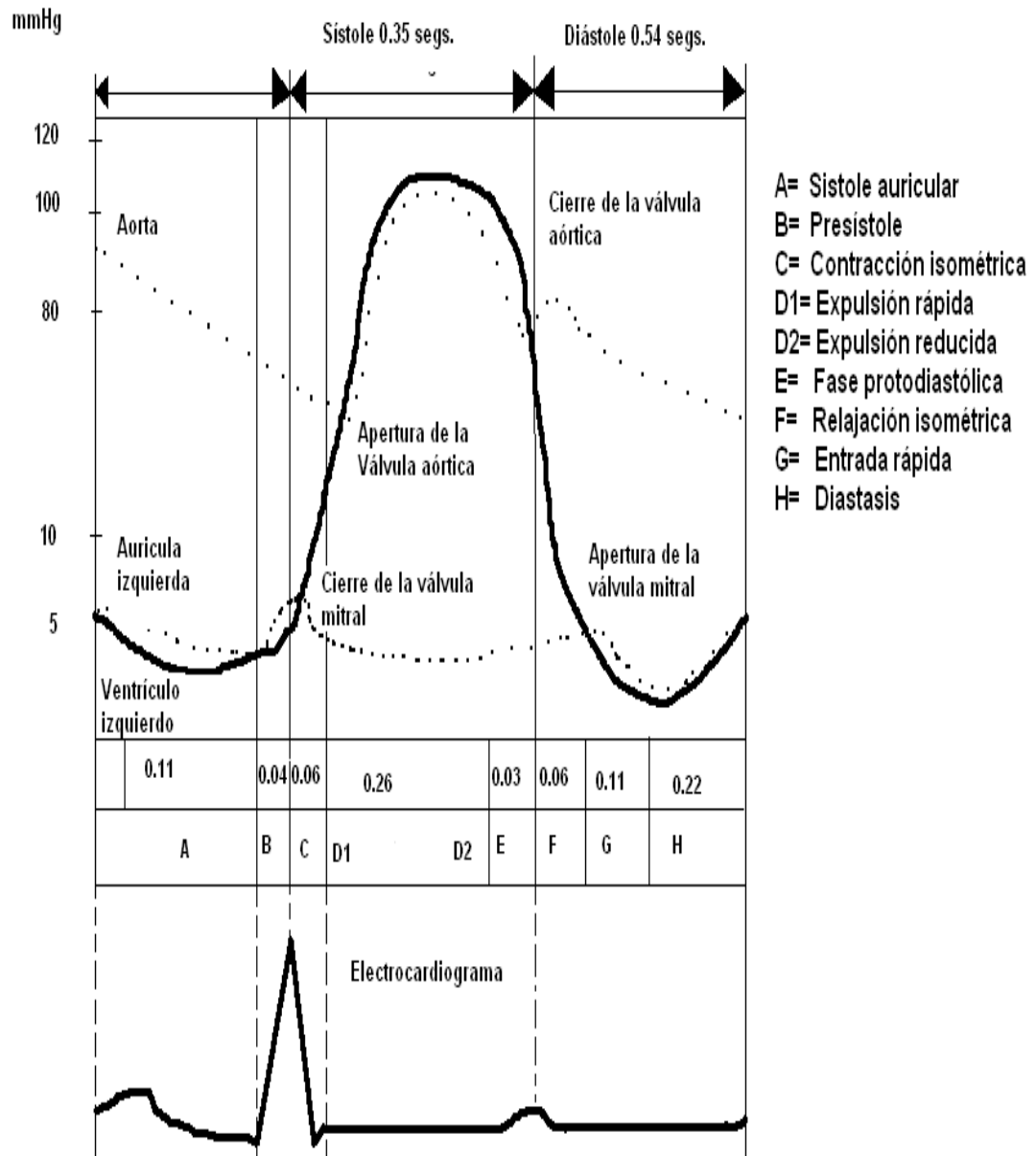
Cuando la presión en el canal sanguíneo es de 50 mmhg eso quiere decir que la fuerza ejercida es lo suficiente para empujar la columna de mercurio 50 mm de altura. Hay ocasiones donde la presión sanguínea es medida en centímetros de agua, podemos decir que una presión de 10 cm de agua significa una presión suficiente para elevar la columna de agua a una altura de 10 cm.

En lo que se refiere a las medidas, resulta necesario comprender los procesos que tienen lugar en el corazón relacionados con la presión sanguínea variable dependiente con el tiempo.

Examinando la onda de presión correspondiente a la aorta se observa que, durante la sístole, la expulsión de sangre desde el ventrículo, al principio es grande. Cuando decrece la rapidez de variación de la presión se obtiene el máximo redondeado de la curva.

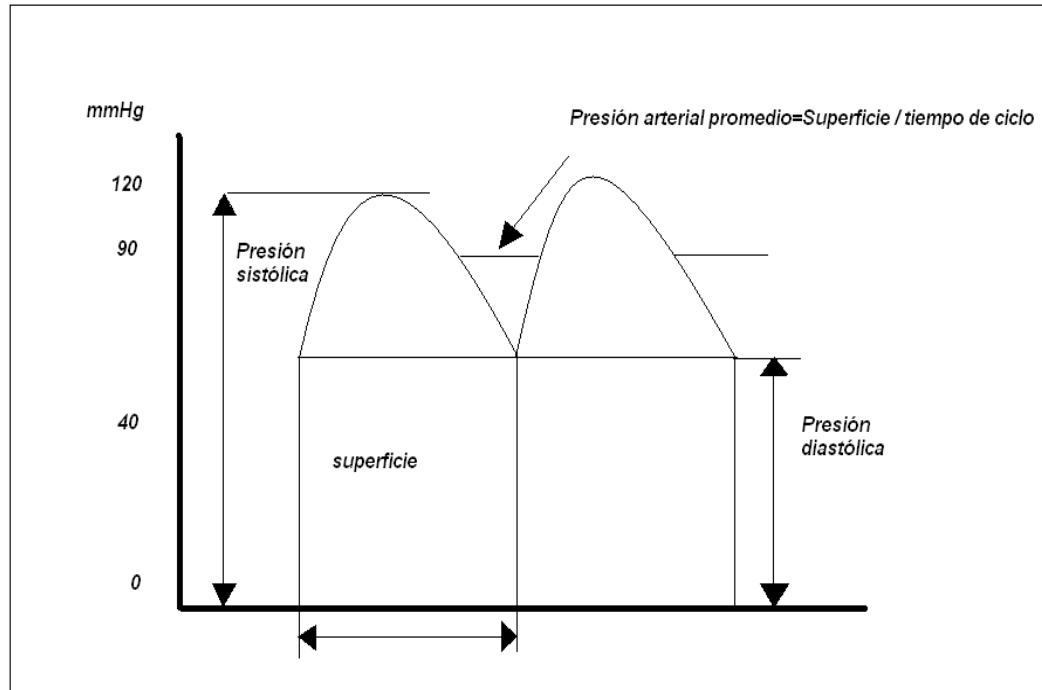
La presión máxima en la aorta durante la sístole es función de la embolada del ventrículo izquierdo, la rapidez máxima de expulsión y la distensión de las paredes de la aorta. Cuando ha finalizado la sístole, la válvula aórtica se cierra debido a la presión de la sangre hacia atrás, cuando la válvula se encuentra completamente cerrada, la presión arterial decrece gradualmente conforme va entrando la sangre en las innumerables redes de vasos periféricos. La rapidez de caída de la presión viene determinada por la presión alcanzada durante la sístole, la velocidad de circulación a través de las resistencias periféricas y la duración de la diástole.

Figura 9. Gráfica de la presión sanguínea



Fuente. Suzuki Kazushiro. **Ingeniería Bio-Médica**. Página 36

Figura 10. Presión arterial sistólica, diastólica y presión arterial promedio



Fuente. Suzuki Kazushiro. **Ingeniería Bio-Médica**. Página 33

La presión sanguínea se puede medir de una forma directa por medio de un transductor y monitor o de forma indirecta, el método directo utiliza una sonda (catéter) de presión el cual se inserta directamente en el vaso sanguíneo o en la cavidad del corazón, a su vez el catéter se conecta a una columna hidrostática del líquido o por medio de un transductor a un aparato especial de medición y la señal es presentada en el monitor cardíaco en forma de onda o lectura digital. Este método de medición puede ser muy riesgoso y doloroso para el paciente, al contrario el método indirecto no requiere penetración en el cuerpo esto nos indica que es más seguro y sin dolor, la técnica de medir la presión de forma indirecta es en general una práctica de uso clínico, cuenta con la desventaja que esta sujeta a grandes errores.

Se dice que de 5% a 10% es característico, en la mayoría de los casos este error es significativo a tomar decisiones normales, pero existen métodos para reducir este error a un valor bajo sin recurrir a métodos directos. Una técnica es la de usar un método llamado *Doppler* que no es más que un estetoscopio electrónico tipo ultrasónico, estos instrumentos detectan el movimiento de la pared arterial e interpolan esta actividad en la medición de la presión sanguínea.

El problema principal con los métodos de medición indirecta es que ellos no son adecuados para usarlo por largo tiempo y continuo monitoreo como es deseable en una sala de operaciones o unidad de cuidados intensivos.

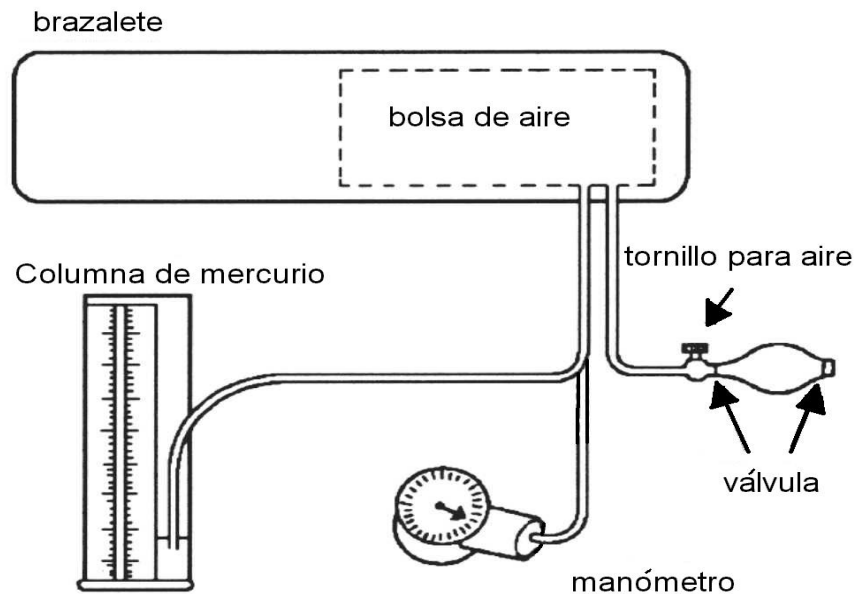
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO

2.1 Los esfigmomanómetros

La palabra esfigmomanómetro proviene del griego y está formada por la unión de varias palabras, *sphygmos* que significa pulso, *manós* que significa ligero y *metrón* que significa medida o medición. Un manómetro es un aparato que sirve para medir lo denso o ligero de un líquido o gas, dicho de otra forma, para medir la presión de la sangre en el aparato cardiovascular.

Los esfignomanómetros que usan columna de mercurio se conocen también con el nombre de baumanómetro, pero dicho nombre es el de ciertos modelos de una conocida marca comercial, dedicada a la fabricación y venta de estos equipos

Figura 11. Estructura del Esfigmomanómetro

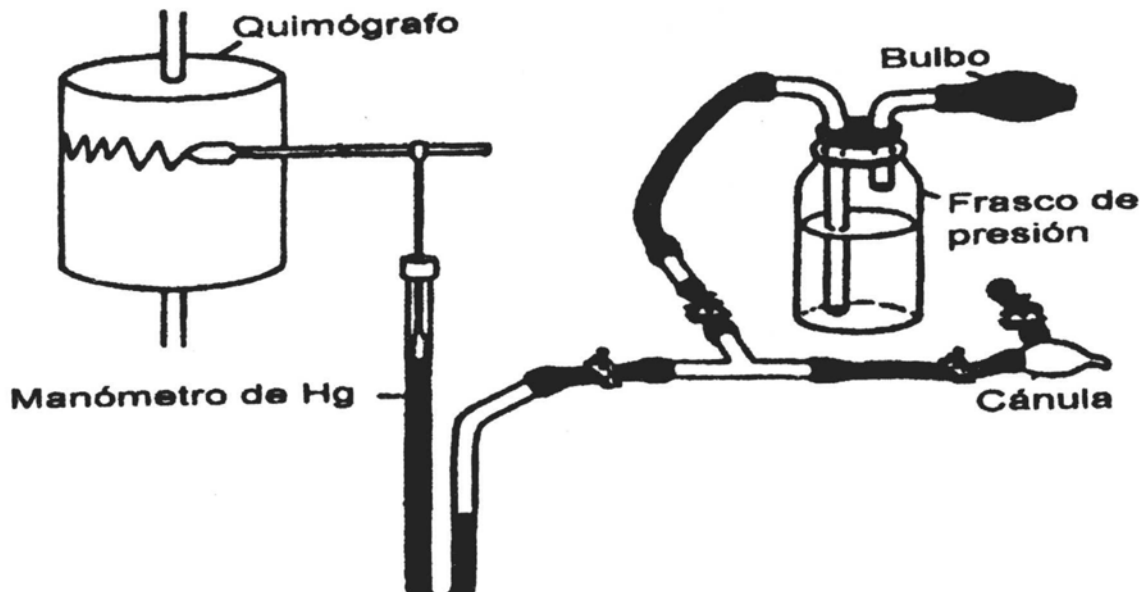


Fuente. CEPREDENAC. **Equipos e instrumentos médicos**. Página EIM20

2.1.1 Generalidades

Los esfigmomanómetros son instrumentos que utilizamos para medir la presión sanguínea. Dicha presión es producida por el volumen de sangre contenido en una serie de tubos, una aguja y conectándolo al manómetro, a este método se le llama de medición directa, siendo un poco más específico la cánula se introduce en el vaso sanguíneo correspondiente, arterial, venoso o intracardiaco. Actualmente el manómetro de mercurio se sustituye por un transductor electrónico y el sistema de registro por una impresora de matriz de puntos.

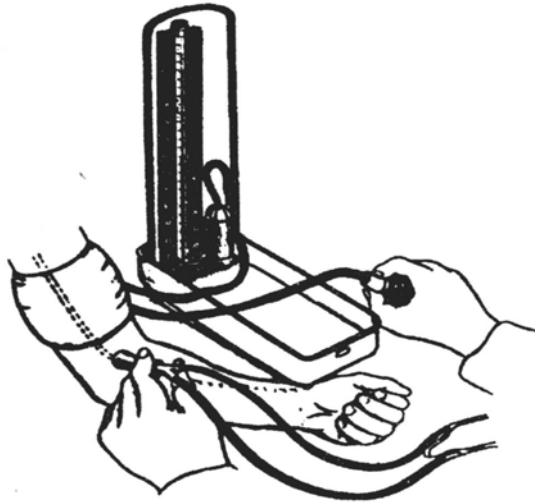
Figura 12. Sistema para medición de presión por el método directo.



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 7.

La medición indirecta trata de oponer una presión que impida el paso de sangre e ir disminuyendo paulatinamente, para que cuando la presión dentro de la arteria sea mayor ésta genere un pequeño flujo turbulento que produce ruidos, esto es lo que escucha el médico. Para hacer este procedimiento, se enreda un brazalete inflable alrededor de uno de los brazos del paciente por encima del codo, al inflar el brazalete se interrumpe el flujo de sangre por el brazo. El brazalete está conectado a un manómetro que puede ser del tipo de mercurio o bien del tipo aneroides. El brazalete se infla con aire tomado directamente de la atmósfera, que es impulsado al brazalete por medio de una pera insufladora, la cual hace la función de una bomba.

Figura 13. Medición de presión arterial por el método indirecto



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 8.

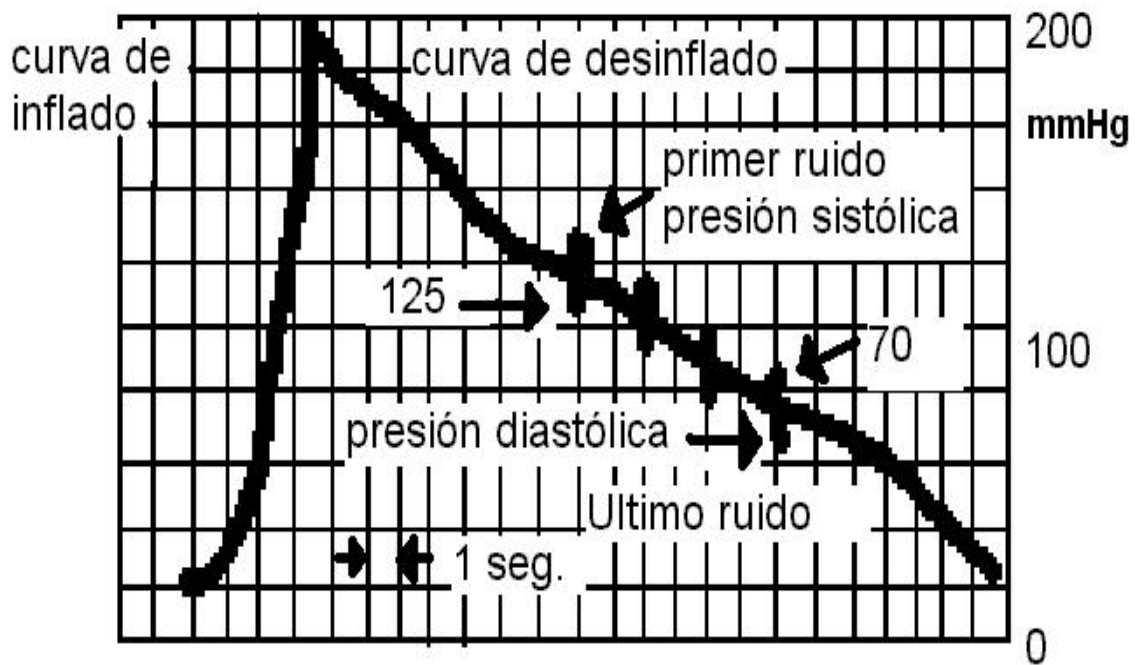
La cápsula del estetoscopio se coloca debajo del brazalete donde se supone que pasa la arteria en el brazo. Si el brazalete se encuentra desinflado y la cápsula no hace presión en la arteria el flujo sanguíneo es laminar y no produce ruidos; la presión que probablemente es superior a la presión máxima en la arteria. El médico infla el manguito mientras con sus dedos índice y medio detecta el pulso de arteria radial, al dejar de sentirlo puede considerar que la presión externa colapsó la arteria del brazo. Después se va dejando salir el aire poco a poco, en el momento que se escucha el primer ruido significa el paso de sangre.

Se observa lo que marca la columna de mercurio o la aguja del aneroide y este valor se considera como la presión sanguínea máxima. Al disminuir más la presión externa en el manguito, más sangre pasa y por lo tanto mayor flujo laminar y más ruido. Conforme el flujo va siendo laminar, es decir, la presión dentro y fuera de la arteria son iguales, deja de producirse turbulencia y por consiguiente se suspende el ruido. El valor que indica el aparato en el momento de escuchar el último ruido corresponde a la presión sanguínea mínima. Generalmente la medición se repite dos o tres veces, procediendo a continuación la medición al retirar el brazalete.

A medida que se va soltando el aire en forma lenta la presión arterial excede la presión de la manga inflable y por medio del estetoscopio se oye un sonido de renovación del flujo sanguíneo conocido como sonido "*Korotkoff*."

En la gráfica mostrada posteriormente se determina la medición de la presión sanguínea con un sistema de inflado y desinflado automático de brazalete. La detección de los ruidos de Korotkoff la hace un micrófono que sustituye al estetoscopio

Figura 14. Medición de la presión sanguínea



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 8.

2.1.2 Partes de un esfigmomanómetro

Las partes de un esfigmomanómetro aneroide son:

- Brazaletes.
- Pera insufladora.
- Manómetro.

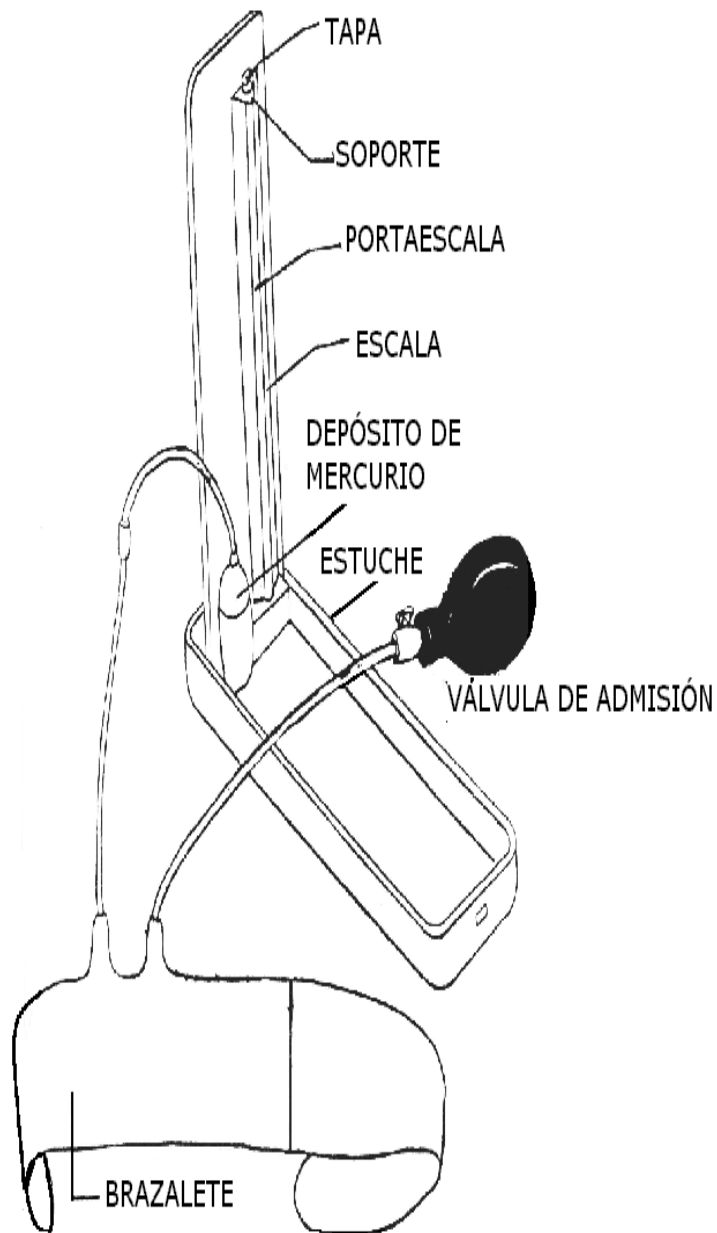
Podemos observar que el manómetro aneroide posee las siguientes partes:

- Caja metálica o de plástico.
- Bisel.
- Escala graduada.
- Aguja indicadora.

La diferencia que existe entre un esfigmomanómetro aneroide y uno de mercurio es que éste último lleva las siguientes partes:

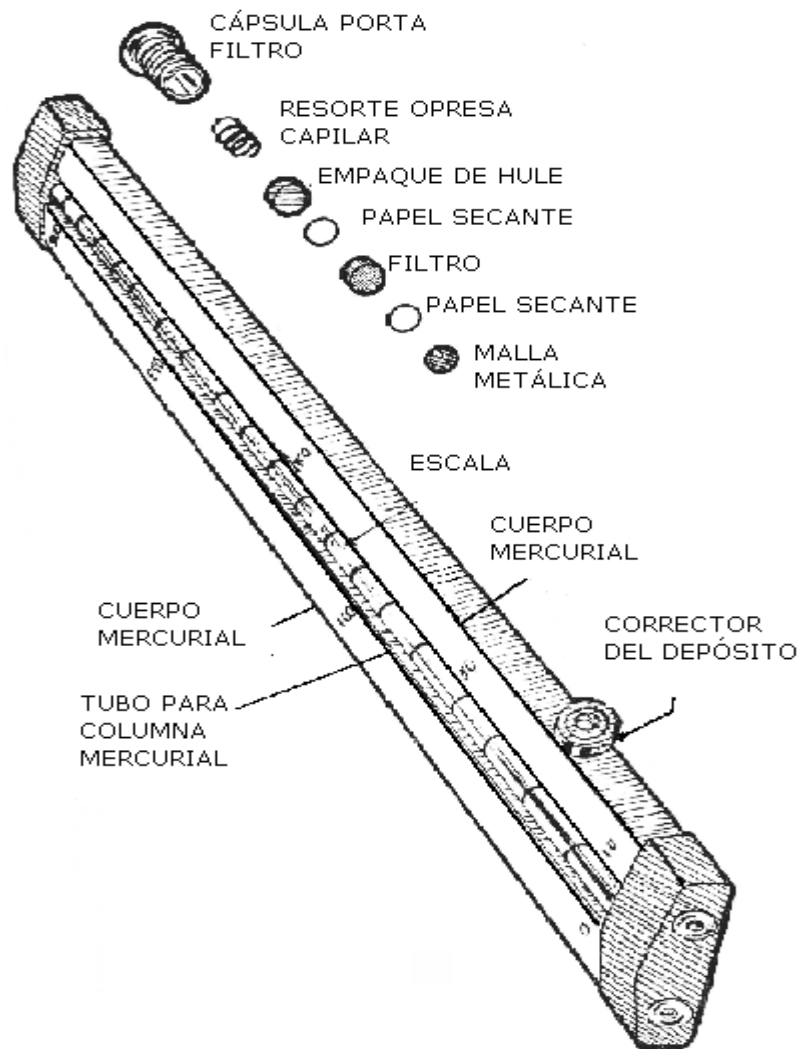
- Caja metálica que sirve de base.
- Depósito de mercurio.
- Escala graduada en un tubo de vidrio de diámetro fijo a todo lo largo del mismo.
- Soporte superior de la escala.
- Tapa del soporte superior.
- Porta-escala.

. Figura 15. Esfigmomanómetro de mercurio



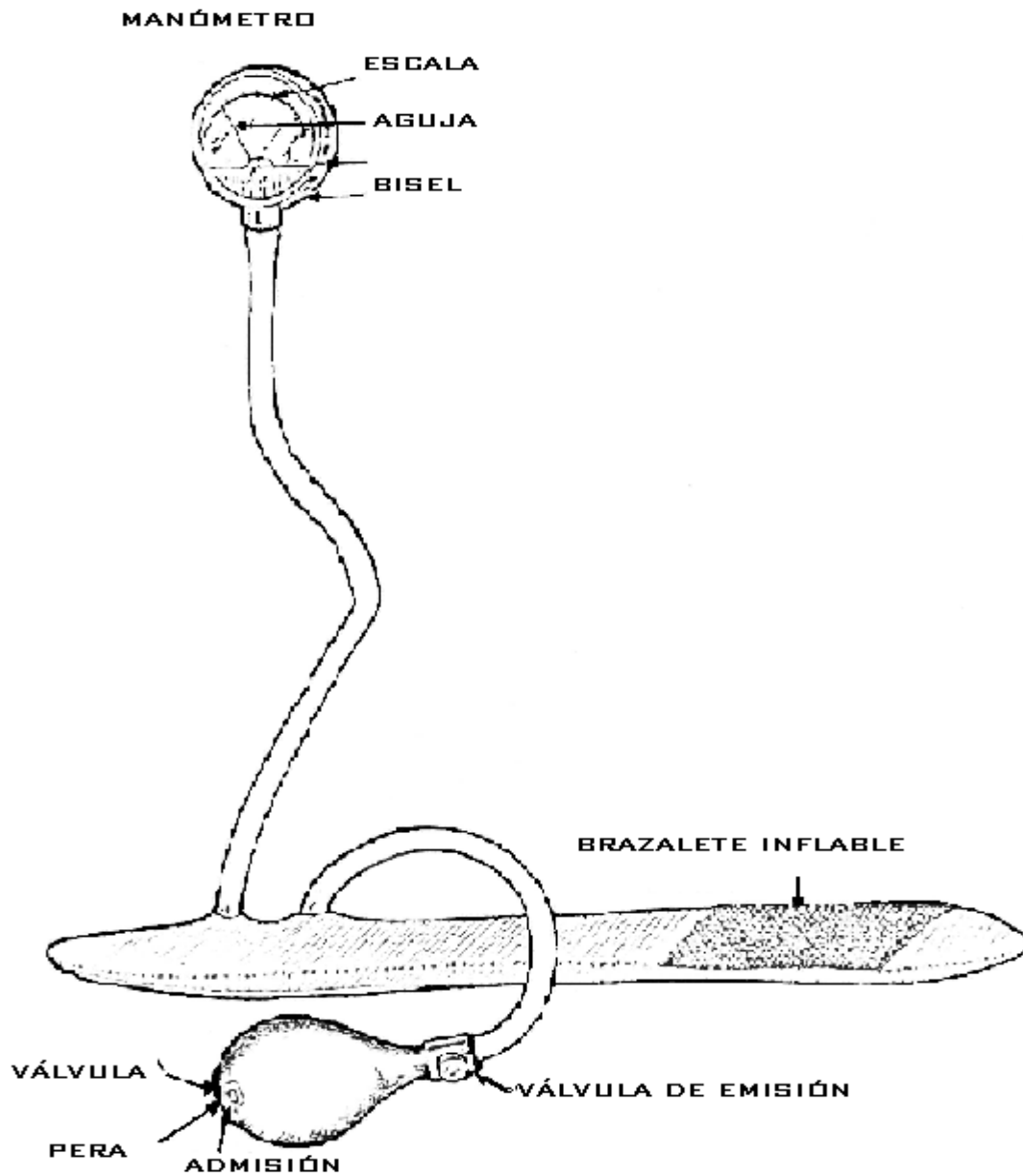
Fuente. Coyay Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** Página 19

Figura 16. Escala de mercurio.



Fuente. Coyay Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** Página 20.

Figura 17. Esfigmomanómetro aneroide.



Fuente. Coyay Mesa Daniel. Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico. Página 21.

2.1.2.1 Brazalete

El brazalete está hecho de tela de algodón o mezcla con textiles sintéticos, que conservan su forma y dimensiones con el uso normal. Contiene en su interior una cámara de hule llamada manguito que es la que propiamente se infla, lo podemos comparar con la cámara de una llanta. Este brazalete debe ser de una longitud que asegure que envuelve el brazo y de un ancho que cubra cuando menos la mitad del mismo. Por lo general, tiene en su interior un manguito de látex y también debe envolver casi completamente el brazo.

Los fabricantes someten a pruebas de envejecimiento acelerado a los manguitos para seleccionar las características ideales del látex. Al no cumplir estos requisitos se originan errores importantes de medición, un ejemplo de esto sería, en una persona obesa con brazos muy gruesos, si el manguito no envuelve el brazo, los valores medidos no serán los correctos. LA tela del brazalete es de tal naturaleza en su tejido que no lastima la piel del paciente. Antiguamente se acostumbraba fijar el brazalete, después de darle varias vueltas alrededor del brazo, por medio de un broche.

Posteriormente se introdujo las punta entre las vueltas del propio brazalete, actualmente se usa un cierre de contacto o “velcro” para sostener el brazalete y por lo general basta una vuelta completa. El brazalete debe quedar perfectamente adaptado al brazo del paciente, sin apretarlo hasta que se infle el manguito interior y no debe desenrollarse solo, ni presentar arrugas.

Por lo general se usan tres modelos básicos de brazaletes con múltiples variantes.

Tabla I. Modelos básicos de brazalete

	Largo	Ancho
Recién nacido	160 mm	35 mm
Infantil	300 mm	80 mm
Adulto	600 mm	130 mm

Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 10.

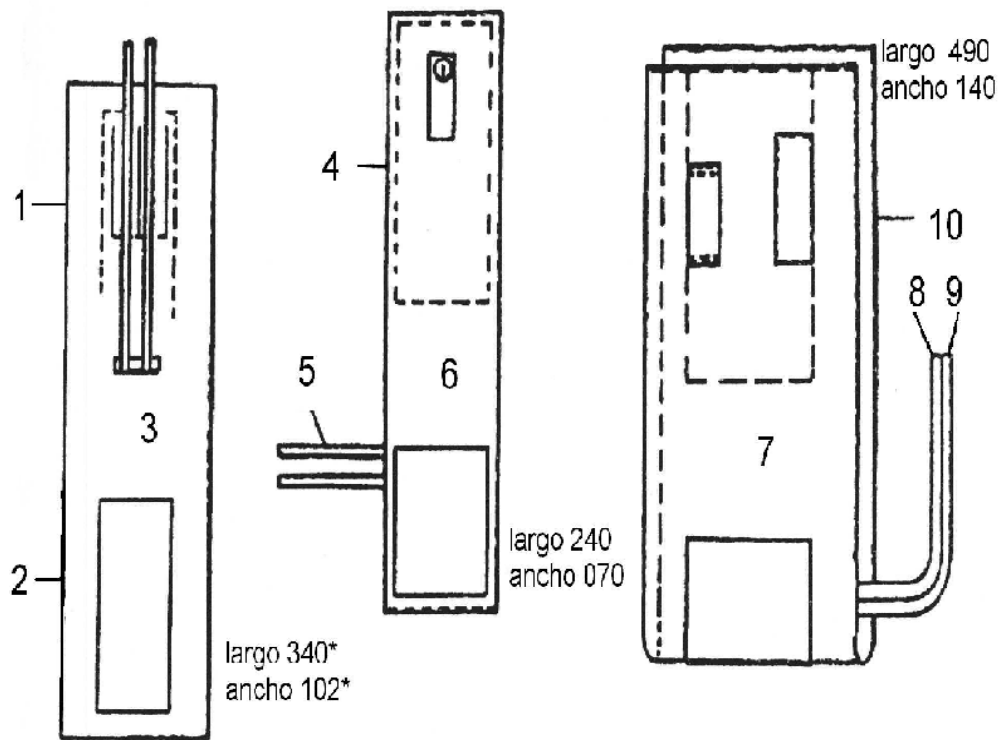
La cámara inflable que va en el interior del brazalete, debe ser de látex centrifugado natural, con un alargamiento mínimo de 600% y una resistencia a la tensión de 190 kg/cm, que conserva el 75% de sus características después de sometido a la prueba de envejecimiento acelerado. Debe soportar dentro del brazalete una presión de 350 mm Hg. Las dimensiones más frecuentes para los diferentes modelos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla II. Modelos de cámaras inflables

Tipo	Largo	Ancho
Recién nacido	80 mm	25 mm
Infantil	150 mm	70 mm
Adulto	300 mm	130 mm

Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 10.

Figura 18. Brazaletes usados con Esfigmomanómetros



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	Cámara pediátrica tipo 'A'
2	Brazaletes pediátrico tipo 'A'
3	Brazaletes pediátrico c/cámara tipo 'A'
4	Brazaletes prematuro
5	Cámara prematuro
6	Brazaletes prematuro c/cámara
7	Brazaletes tipo gancho cámara standar
8	Cámara standar manguera gruesa salida lateral
9	Cámara standar manguera delgada s.l.
10	Brazaletes gancho entrada lateral

Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
 Página 11.

2.1.2.2 Bomba insufladora

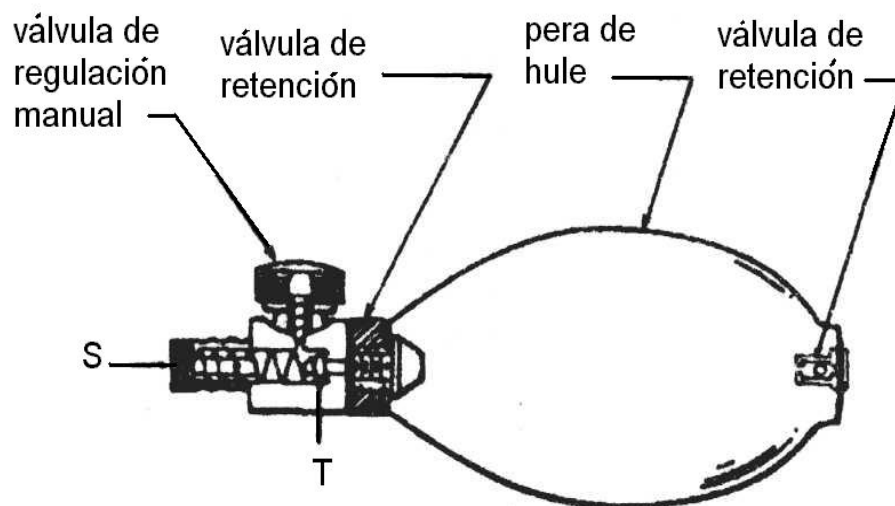
También llamada pera o perilla, es el dispositivo que se encuentra conectado por un tubo permite insuflar la cámara de hule, que cuenta con dos válvulas de retención automática. Está constituida por una pera de hule, que cuenta con dos válvulas de retención automáticas, conocidas como válvulas de cheque. Una de ella permite la entrada del aire al interior de la pera; ese aire ya no puede regresar al exterior porque en sentido contrario la válvula se cierra, quiere decir con esto que la válvula es unidireccional, hay de varios tipos, pero generalmente es un pequeño balín que avanza dejando pasar el aire cuando éste entra, pero retrocede contra su asiento, sellando e impidiendo el paso del aire en dirección contraria.

Cuando la pera se vuelva a apretar, el aire absorbido antes es ahora expulsado de la pera e impulsado hacia el manguito del brazaletes. Sale a través de una segunda válvula de retención automática. Esta se abre para dejar pasar el aire hacia el manguito del brazaletes, pero se cierra automáticamente cuando el aire pretende regresar al suspender la presión manual de la pera. Aunque hay diferentes modelos, generalmente es un resorte comprimido por un tornillo de ajuste, que regula la presión a la que actúa esta válvula. Todo esto obliga al aire a entrar en la cámara de hule que se encuentra en el interior de dicho brazaletes, inflando al manguito.

Para inflarlo completamente es necesario apretar y soltar varias veces la pera. Estas válvulas pueden ser plásticas o de metal con recubrimiento de plomo. Por otra parte la pera cuenta también con otra válvula de regulación manual. Dicha válvula también es unidireccional y se regula manualmente al accionar un botón redondo con pequeñas ranuras en su orilla para que los dedos no resbalen al girarlos.

Esta válvula sirve precisamente para ir dejando salir poco a poco el aire de la cámara para disminuir la presión en el manguito del brazalete y por lo tanto observar el descenso de presión en el manómetro y así se puedan tomar las dos lecturas de presión sanguínea, la sistólica y la diastólica. Generalmente la válvula es metálica con recubrimiento de cromo de 0.75 micras de espesor y base de níquel de 1.25 micras de espesor.

Figura 19. Bomba insufladora con sus válvulas



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 12.

2.1.2.3 Depósito de mercurio

Del brazalete salen dos mangueras, una de ellas va a la pera y es por él donde entra y sale el aire. La otra manguera va a un manómetro y, en el caso de usarse uno de mercurio, la conexión se hace precisamente a un pequeño depósito de dicho metal líquido. Este depósito se encuentra situado dentro de la caja metálica del esfigmomanómetro, un filtro de fieltro permite el paso del aire más no del mercurio, impide que el mercurio se desplace hacia el tubo del brazalete. Al quitar el porta filtro se puede tener acceso a la cámara de mercurio para su llenado.

2.1.2.4 Escala graduada

Dependiendo de la marca del esfigmomanómetro la escala puede estar trazada en el mismo tubo o en una placa metálica o de plástico adecuadamente colocada y fija. Inclusive en algunos modelos el tubo contiene únicamente las marcas a distancias iguales y precisas y en una placa están los números correspondientes que representan mm.

Por lo general la escala está en una placa metálica resistente a la corrosión y tiene un recubrimiento anódico en colores contrastantes para hacer más visible la barra del mercurio. Dicha escala, que mide 35 cm de altura, se sitúa de tal manera que pueda compararse con la altura de la barra de mercurio que sube por el tubo de vidrio.

La graduación de la escala representada en milímetros de mercurio abreviados “mm Hg”, la numeración va de 0 a 300 mm Hg con lo cual se cubre el rango de presiones que se puede medir en seres humanos.

El tubo es de vidrio borosilicato o similar, de bajo coeficiente de expansión térmica, transparente, incoloro, con una longitud suficiente para su sujeción, dejando visible el cero y el 300 de la escala, grabado y pigmentado con líneas separadas cada dos milímetros, haciendo más notables las señales correspondientes a cada cinco divisiones (10 mm). Debe llevar indicación con números arábigos cada 10 mm Hg a partir del 0, de manera que coincidan con el grabado de la columna.

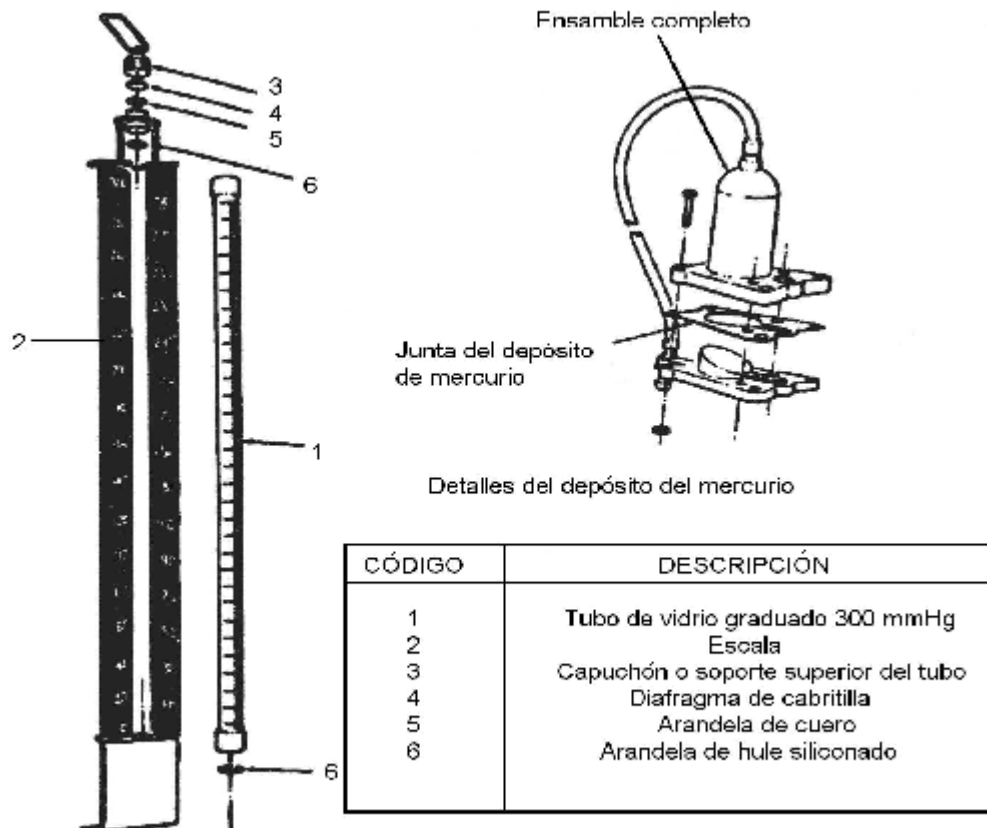
2.1.2.5 Portaescala

Es la pieza que sujeta en su posición al tubo de mercurio y a la escala o ambos dependiendo del modelo del aparato. El tubo tiene en su parte baja una conexión con el depósito de mercurio, a través de un sello de hule, y en su parte alta hay un soporte, llamado precisamente “soporte superior de la escala”, encima de dicho soporte hay una tapa, que comunica la parte alta del tubo con la atmósfera.

Esta tapa tiene un filtro triple constituido por un filtro de papel, otro de fieltro y una malla de alambre; también se tiene un sello de hule para evitar que se escape el mercurio cuando llega arriba, todo esto puede cambiar según el modelo, como un modelo de esfigmomanómetro de pared que utiliza un filtro de cabritilla (piel de cabrito o cordero), comprimido contra una arandela de cuero, sellando propiamente el tubo, una arandela de hule siliconado. El hule siliconado es preferible al hule natural y al otro hule como el neopreno, porque contamina menos al mercurio; sin embargo, es mucho más caro.

Este filtro, en la parte superior del tubo, impide la entrada de partículas en suspensión en el aire que contaminan el mercurio. El correcto funcionamiento de esta comunicación a la atmósfera es indispensable para efectuar mediciones correctas de la presión sanguínea. Esta es una de las diferencias importantes a considerar a la hora de adquirir esfigmomanómetros.

Figura 20. Detalles de la escala y el portaescala



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
Página 14.

2.1.2.6 Estuche

El estuche está diseñado de manera que se pueda guardar en él, el brazalete, la pera y las mangueras. Después de acomodar dichas partes, la tapa donde se encuentran montados el depósito del mercurio, la porta escala y el tubo. Este tipo de esfigmomanómetros es fácil de transportar, portátil y muy práctico. El soporte es de plástico rígido o de material similar, de alta resistencia al impacto o de metal resistente a la corrosión o con un recubrimiento anticorrosivo. La forma y el material pueden variar en tanto no se afecte la función.

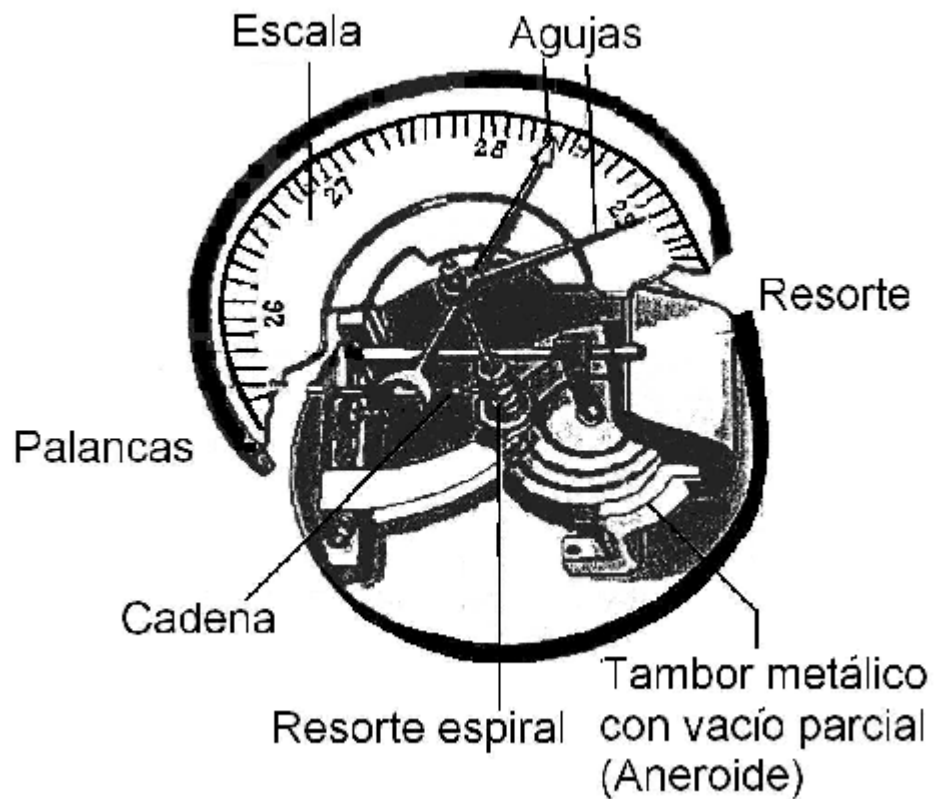
2.1.2.7 Mecanismo

En el caso del esfigmomanómetro anerode, el elemento que detecta la presión es el mecanismo que se encuentra formado por una caja que regularmente es de forma circular y contiene en su parte frontal la escala de medición sobre la cual se mueve la aguja indicadora. La escala y la aguja se encuentran protegidas por un vidrio o plástico transparente muchas veces plano y simple, pero en otras ocasiones diseñado para tratar de evitar los reflejos producidos por las lámparas de la habitación o por el sol en el caso de que se use al aire libre. El vidrio o plástico transparente se encuentra sostenido en su lugar por un bisel atornillado o bien que entra a presión.

En el interior de la caja se encuentra un sistema de engrane, semejantes aunque un poco más simple al que se encuentra en los relojes tradicionales de cuerda. El mecanismo está formado básicamente por un diafragma, una varilla de transmisión que gira sobre su eje en función de la posición del diafragma, gracias al contacto mecánico que existe entre ambos.

Una varilla mueve a su vez y por medio de un perno a una cremallera y puede regresar a su posición inicial gracias a un resorte, permitiendo que la aguja siga el movimiento del diafragma.

Figura 21. Detalles mecanismo aneroide



Fuente. CEPREDENAC. **Equipos e instrumentos médicos**. Página EIM21

2.1.3 Tipos de esfigmomanómetros

Por lo general existen tres tipos básicos de esfigmomanómetros, los aneroides, los de mercurio y los automáticos, aunque existen varias marcas y estilos de esfigmomanómetros el propósito es el mismo.

El mecanismo interno que emplea el esfigmomanómetro varía entre dos tipos, uno es el aneroide y el otro es el de mercurio, ambos dan los mismos resultados cuando se mide la presión arterial, asumiendo que se encuentren en buen estado de calibración.

El esfigmomanómetro tipo aneroide compara la presión interna del aneroide contra la presión de la atmósfera. Al inflar la manga se infla a la misma vez el aneroide, causando el movimiento de la aguja del medidor que esta conectado al aneroide por medio de un engranaje tipo vector. La aguja marcará el valor de presión que la manga fue inflada.

El esfigmomanómetro tipo mercurio compara la presión aplicada a la manga y al reservorio, contra la gravedad como cierta cantidad de mercurio ejerce cierto peso hacia la tierra por razón de gravedad, la presión aplicada al reservorio de mercurio sobrepone al mercurio forzándolo a subir la columna.

Un esfigmomanómetro automático es aquel que solo con poner el brazalete en el brazo y presionar el botón va a sacar el valor de presión sistólica y diastólica automáticamente. El brazalete tiene un micrófono y esta máquina escucha el sonido por medio de este micrófono. Dentro de la máquina hay una computadora que calcula el valor de la presión.

2.2 Los estetoscopios

Este equipo es fundamental junto al esfigmomanómetro para efectuar la medición de la presión arterial de una persona, ya que uno se complementa con el otro, por medio de este equipo podemos escuchar los dos sonidos de la presión, sistólica y diastólica, para que posteriormente mediante el esfigmomanómetro obtengamos la medición.

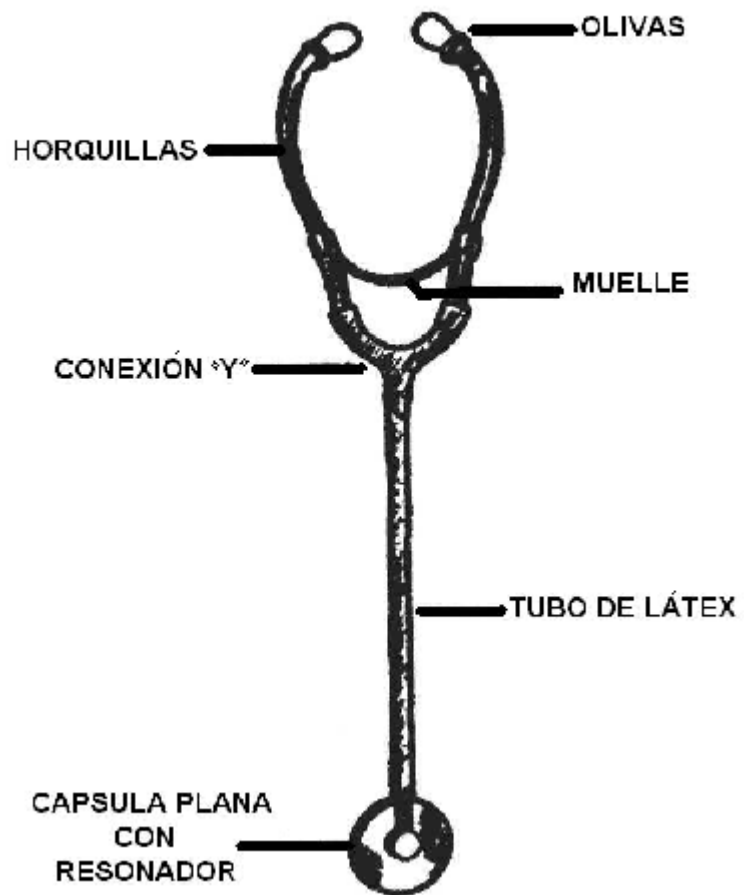
2.2.1 Generalidades

El estetoscopio es un aparato que se utiliza como medio para amplificar aisladamente cualquier sonido. En la medicina se emplea para detectar sonidos de los latidos del corazón y de la respiración, en los reconocimientos médicos generales. Por su extensa aplicación a todo tipo de pacientes, se han creado diferentes tipos y modelos de estetoscopios. Como consecuencia, el volumen de equipos de esta naturaleza es extremadamente alto, por lo que se requiere conocerlo perfectamente para que dé el mejor servicio posible.

2.2.2 Partes de un estetoscopio

Con el propósito de conocer el correcto funcionamiento de un estetoscopio debemos saber cuales son las partes principales de este equipo. Las partes de un estetoscopio son: Olivas, tubo transmisor u horquillas, muelle, tubo "Y", vástago, cuerpo receptor, arillo, membrana y auricular.

Figura 22. Partes de un estetoscopio



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
Página 03.

2.2.2.1 Olivas

Son las piezas o partes del estetoscopio que se introducen en el conducto auditivo externo del oído para escuchar los sonidos que se generan en el cuerpo humano. Generalmente son de plástico y han sido diseñadas para que se adapten en forma segura y cómoda a la oreja y a la entrada del conducto auditivo. Además, deben desmontarse y lavar con facilidad.

2.2.2.2 Horquillas

Los tubos transmisores u horquillas son dos; son huecos y en forma de arco albeados, que generalmente están hechos de aluminio o algún material rígido pero liviano. En su parte superior se encuentran las olivas y en su parte inferior se acoplan con la conexión “Y”.

2.2.2.3 Muelle

Un muelle en forma de arco, sirve para unir los tubos transmisores dándole su forma característica.

2.2.2.4 Conexión “y”

Se llama así por la forma que tiene, la cual permite dividir en dos el sonido que viene del paciente; el objetivo es el que los dos oídos del médico reciban los sonidos y no sólo uno de ellos. Tiene una entrada en la parte inferior y dos salidas en la superior. Los tubos de transmisión se acoplan directamente a dichas salidas. La conexión en “Y” puede ser de plástico o de metal.

2.2.2.5 Vástago

El vástago para la cápsula permite conectar el tubo de “Y” con la cápsula. Al otro extremo del tubo va conectada a la “Y”. La cápsula formada por el hueco y la membrana que lo cubre constituyen el resonador, que es una especie de micrófono que capta los sonidos por un lado y produce por el otro las ondas sonoras concentradas, las cuales se transmiten llegando los sonidos a las olivas y a los oídos del médico. El tubo transmisor y el tubo “Y” hacen que todo el estetoscopio sea flexible y adaptable a diferentes personas; además el tubo flexible permite meter la cápsula o cuerpo receptor entre la ropa para llegar al pecho o a la espalda del paciente con facilidad.

2.2.2.6 Cuerpo receptor o cápsula

La cápsula está diseñada en forma plana para que no se atore con la ropa; aunque hay estetoscopios cuya cápsula tienen forma levantada la cual debe tener una mayor sensibilidad.

2.2.2.7 Arillo

Es el componente que sostiene la membrana del cuerpo receptor.

2.2.2.8 Membrana

Algunos estetoscopios en el extremo de esta torre tienen diafragmas o membranas que son más pequeños y que detectan mejor las frecuencias bajas. En ocasiones el diafragma es corrido en vez de plano.

2.2.3 Tipos de estetoscopios

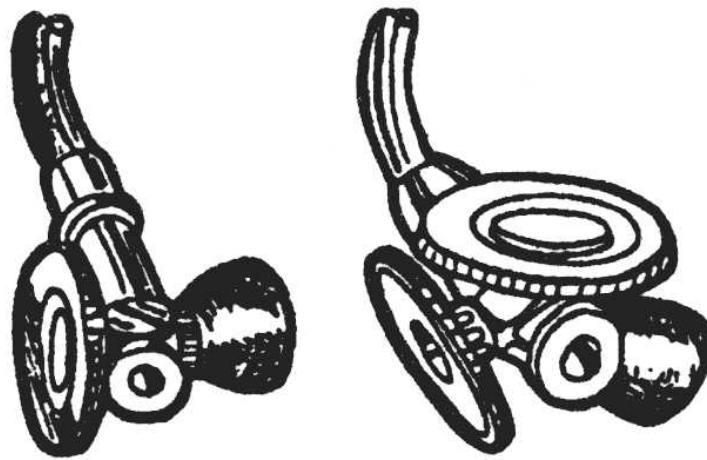
A pesar de que parece un aparato muy sencillo, encontramos que existen diferentes tipos de estetoscopios. El diseño, sobre todo en lo que se refiere a las dimensiones de las cápsulas las cuales van cambiando según la edad del paciente que se va a examinar. Para recién nacido el diseño de la cápsula es en forma de campana, a este estetoscopio se le conoce como “pediátrico simplex”, mientras que para niños de corta edad el diseño es un poco más plano, tiene otras dimensiones y se le conoce como estetoscopio “dúplex adulto”. Con niños hasta doce años se usa el modelo llamado “mediano”, mientras que para adulto el indicado es el que se conoce precisamente con el sobrenombre “ para adulto”.

El estetoscopio obstétrico o de pinar consiste en una especie de copa alargada metálica con una base de menor diámetro sobre la que coloca el médico su oreja y el extremo se coloca en el abdomen de la mujer, la aplicación principal es detectar los ruidos cardiacos fetales, sin embargo, en la actualidad se sustituye por un detector electrónico. También existen estetoscopios electrónicos, en este caso el diafragma de la cápsula es parte del circuito electrónico que detecta las vibraciones y modifica la impedancia o la corriente eléctrica que se amplifica y el voltaje o la corriente actúa sobre un audífono.

Por lo que se refiere a su forma podemos mencionar que las olivas pueden ser de varias formas. El tubo de látex que es un hule sin vulcanizar, moldeado y coagulado, generalmente es sencillo pero en algunos modelos puede ser doble. También puede haber tramos de tubo flexible entre la conexión “Y” y las horquillas. Se requiere que el material sea flexible pero rígido para que no amortigüe las vibraciones.

Con relación a sus cápsulas, los estetoscopios se clasifican en simplex, dúplex o tríplex, esto quiere decir que tiene uno, dos o tres cápsulas con el fin de mejorar la captación de los sonidos débiles y de tono grave.

Figura 23. Cápsulas para estetoscopio dúplex y tríplex.



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
Página 05.

2.3 Los estuches de diagnóstico

Un estuche de diagnóstico está compuesto por una serie de instrumentos los cuales sirven para ayuda del médico de modo que este pueda hacer un diagnóstico completo y a su vez real de un paciente

2.3.1 Generalidades

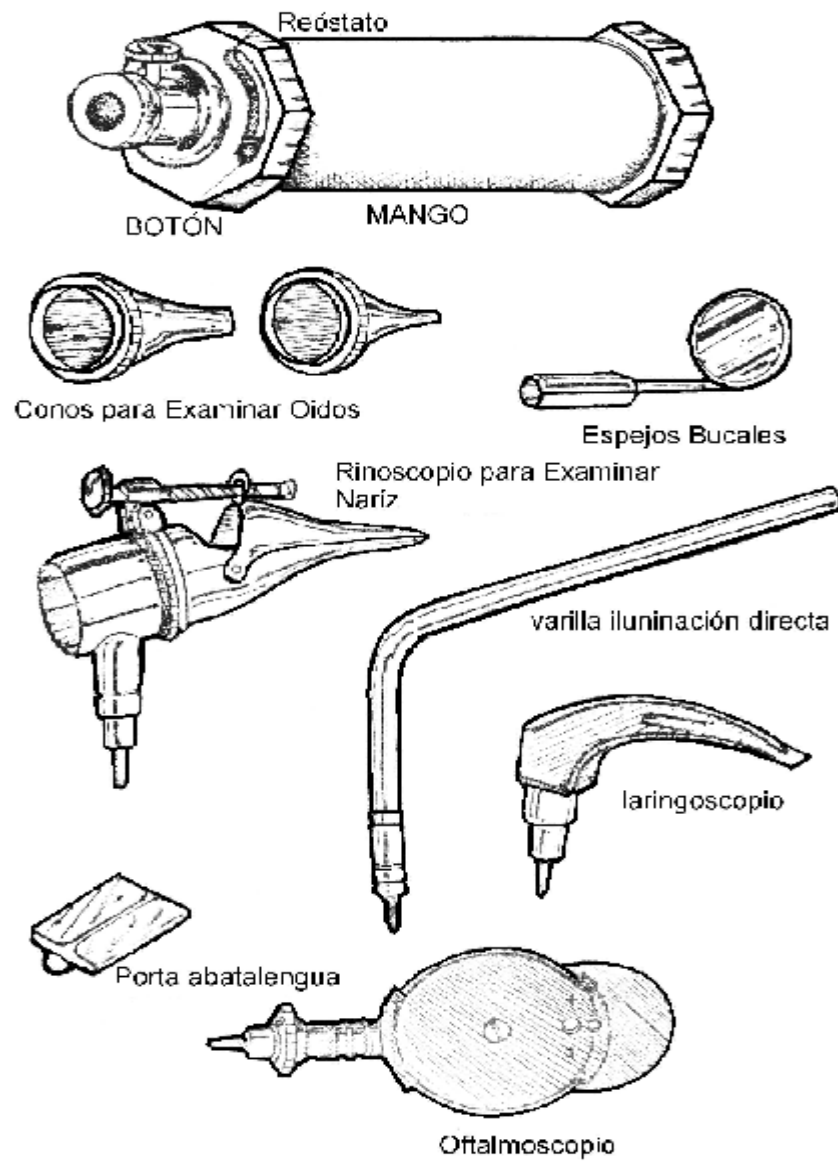
Los estuches de diagnóstico pueden tener muchas partes y de diferente complejidad según su costo. Actualmente es posible que un médico general en el primer nivel de atención, no necesite un oftalmoscopio, que es un aparato especial y relativamente caro, en cambio un otorrinolarigólogo puede ser que necesite más aditamentos de los que generalmente vienen en esos estuche.

2.3.2 Componentes básicos de un estuche de diagnóstico

Los componentes básicos de un estuche de diagnóstico son:

- El mango
- Los conos para examinar oído (otoscopio).
- Espejo bucal
- Espejo para examinar nariz (rinoscopio).
- Las varillas para iluminación directa.
- Porta abatelengua.
- Espejo para observar laringe (laringoscopio).
- Espejo para observar el fondo del ojo (oftalmoscopio)

. Figura 24. Estuche de Diagnóstico básico



Fuente. Coyay Mesa Daniel. Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico. Página 27

2.3.2.1 Mango

El mango tiene un diseño de manera que se adapte al puño del médico, aún cuando el médico para determinadas observaciones lo tome en posición invertida. En su interior se encuentran las pilas que suministran el voltaje necesario para encender los focos que iluminan el campo. En su parte superior tiene un conector mecánico de diseño especial que le permite sostener con seguridad a cualquiera de los otros aditamentos, además de permitir la conexión eléctrica hacia los pequeños focos de iluminación que se montan en los aditamentos, los cuales convierte el aparato en oftalmoscopio, laringoscopio, etc. El sistema de sujeción de los aditamentos y el material con que se fabrica hace la diferencia del costo de este instrumento.

Por lo general debajo del conector se encuentra un control de intensidad de la iluminación. Dicho control consiste en una resistencia eléctrica variable de diseño especial, que se acciona al girar un anillo moleteado alrededor del mango o una palanca o botón en la parte superior del mango. En una dirección de giro se aumenta la intensidad luminosa en la otra se disminuye. Cuando se quiere cambiar la iluminación, se oprime el botón que libera el anillo y éste puede girar alrededor del mango.

Se cambian quitando la tapa inferior, la cual puede estar atornillada o bien tener un sistema tipo bayoneta, en este último caso, la tapa tiene unas pequeñas salientes que, al poner la tapa, entra exactamente por unos canales y un resorte que presiona la tapa la mantiene segura en su lugar.

2.3.2.2 Otoscopio

También se les conoce como conos truncados debido a la forma geométrica que tienen. Generalmente vienen en dos o tres tamaños para poder examinar a recién nacidos, a niños o a adultos. La parte angosta del cono se introduce en el conducto auditivo externo del paciente mientras que el médico observa por la parte ancha. El sistema de iluminación proyecta la luz en el conducto auditivo hasta el tímpano y en el caso de que éste estuviera roto, al oído medio. Los conos se montan en un soporte, que a su vez se enchufa en el mango. En el soporte de los conos se encuentra el foco, colocado de forma que no estorba la observación.

Algunos otoscopios tienen lentes de aumento, inclusive algunos tienen filtros que cambian el color de la luz y pueden observar algunos detalles de los huesillos o de la circulación.

2.3.2.3 Espejos bucales

Son pequeños espejos de 1.5 cm ó menos de diámetro, que se montan en las varillas y que permiten a la vez que iluminan el interior de la boca observar las diferentes partes, al desplazarlos la observación puede hacerse de adentro hacia fuera, de un lado al otro. El foco, que se encuentra en la varilla, está apuntado en dirección tal, que su luz rebota en el espejo e ilumina la zona que se pretende examinar. Algunos equipos tienen varillas de diferentes longitudes o espejos con diferentes ángulos.

2.3.2.4 Rinoscopio

También conocido como espejo nasal, dependiendo el modelo de rinoscopio puede tener un verdadero espejo para examinar las paredes internas de la nariz de adentro hacia fuera, pero en otras ocasiones sólo lleva una lupa o no lleva nada. Estando diseñado en este caso para observación a simple vista.

Generalmente cuenta con dos quijadas que abren o estiran hacia fuera las fosas nasales, de manera que el médico pueda examinar el interior de la nariz. Todo ello se logra mediante un tornillo que acciona el médico y que las separa más o menos.

2.3.2.5 Varillas

Son simples varillas de longitudes y dobleces en ángulos cuidadosamente seleccionados para asegurar una mejor observación de las cavidades; en su extremo se monta un pequeño foco de iluminación. A veces eso es todo, en otras ocasiones en ellas se montan otros de los instrumentos o aparatos mencionados. Las varillas actuales tienen fibras de vidrio para conducir la luz y observar. En ese caso la lámpara se encuentra en el mango y sólo manda su luz a través de las fibras.

2.3.2.6 Porta abatelenguas

Es un soporte metálico doblado sobre sí mismo. En el que se puede montar los abatelenguas de madera. Este aditamento también se monta en el mango y utiliza el sistema de iluminación, contando con un pequeño foco para el efecto. En ocasiones se le añaden lupas u otros aditamentos.

2.3.2.7 Laringoscopio

Es una lámina curva de longitud apropiada que llega a la parte posterior de la lengua, al deprimir ésta y jalarla hacia fuera pone al descubierto la glotis. Este laringoscopio lleva en la punta un pequeño foco para iluminar el área. En los modernos, tiene fibra de vidrio e inclusive un aditamento para tomar pequeñas partes de tejidos.

Sirve para dos cosas según su diseño, la primera es para examinar la laringe y para entubar al paciente en caso de necesidad, el médico introduce, con la ayuda de este aparato, un tubo que permite que el paciente respire o que se pueda examinar más adelante con ayuda de un endoscopio.

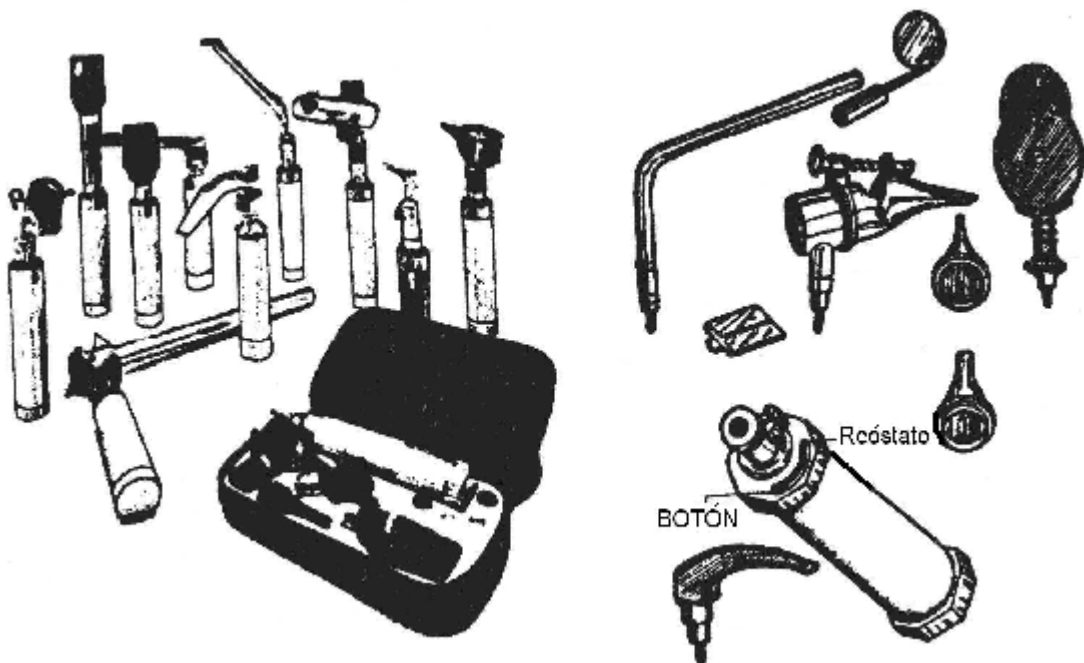
2.3.2.8 Oftalmoscopio

Este es un aparato de forma circular que permite examinar las diferentes partes internas de los ojos del paciente. Con la iluminación y cambiando los lentes en el disco giratorio se puede analizar el humor vítreo, el acuoso, el cristalino y el fondo del ojo por medio de un prisma reflector que permite observar el fondo del ojo y con filtros de color, resaltar ciertas partes de la retina. Un disco que acciona el médico permite ir intercalando diversos lentes de distinta graduación. Es muy importante mantener limpias los lentes y que el giro del disco sea suave y uniforme, debido a que muchas veces se hace el giro del disco mientras se observa el fondo del ojo.

2.3.3 Tipos de estuches de diagnóstico

La distinta variedad de los estuches de diagnóstico depende de la especialidad del médico que lo va a utilizar, pueden ser básicos, los cuales utilizan los médicos generales o pueden ser especializados, los cuales los utilizan los médicos que poseen alguna especialidad y desean profundizar en su campo con el fin de tener una mejor observación del paciente. Otra de las diferencias entre los estuches de diagnóstico es la cantidad de abatimiento.

Figura 25. Diferentes partes de un estuche de diagnóstico



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 05.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO

En la actualidad se debe de prestar más atención a la capacitación de las personas encargadas de mantenimiento del material médico esencial de los unidades de salud para que el servicio que presten sea el ideal.

3.1 Mantenimiento del material médico esencial

En los centros de salud de los países en desarrollo se hace amplio uso del equipo médico básico para la atención primaria de salud. Con el fin de poder aprovechar de una forma plena las posibilidades que ofrece ese material, es necesario mantenerlo en buen estado, lo que con frecuencia no ocurre. Una gran desventaja es que los servicios de mantenimiento no están creciendo al mismo ritmo que el despliegue de equipo. Debería prestarse mayor atención al adiestramiento de técnicos o personal de los centros de salud. El tiempo de adiestramiento que se requiere es más corto y barato que el que se imparte para el mantenimiento de los equipos más complejos.

A continuación se muestra la figura No. 26 que representa el inventario de materiales médicos de un país, la altura indica la complejidad y la anchura la cantidad. La forma de pirámide refleja el hecho de que el material sencillo es mucho más numeroso que el complejo, un ejemplo sería que existen mas estetoscopios que equipos de rayos láser. El mantenimiento del equipo exige una amplia gama de aptitudes técnicas, el tiempo y los fondos necesarios para adiestrar a un técnico aumentan de forma marcada de acuerdo al grado de pericia que se debe tener, dependiendo del grado de complejidad que va teniendo el equipo.

Figura 26. Inventario esquemático del material médico



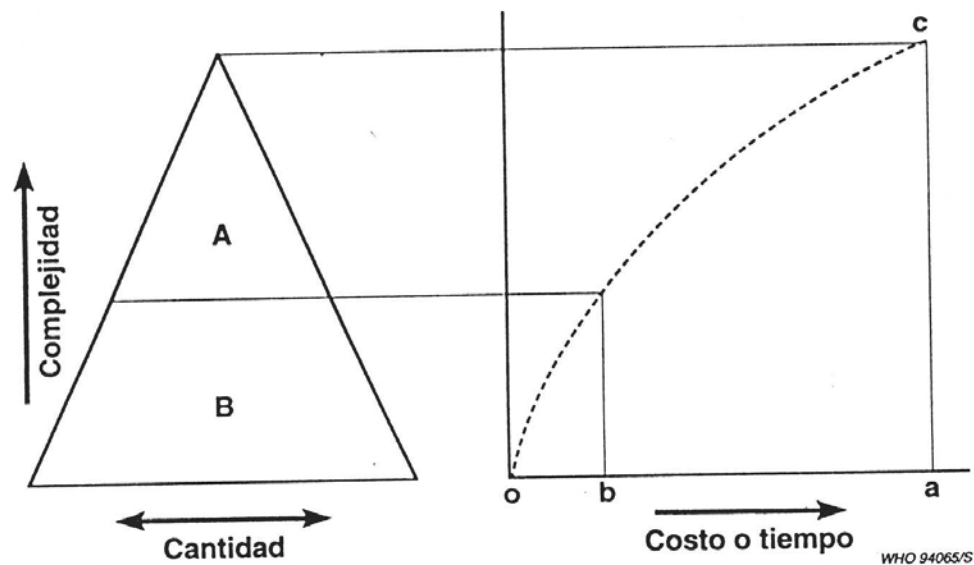
Fuente. Cheng Michael. **Mantenimiento del material médico esencial**. Página 213.

En la figura siguiente se observa que el adiestramiento de los técnicos resulta menos costoso o menos prolongado cuando se trata de mantener una gran cantidad de equipo básico, también se muestra el mayor costo o el mayor tiempo que tarda el adiestramiento para mantener un equipo más complejo.

El modelo piramidal sugiere una estrategia para afrontar el problema de mantenimiento del equipo médico, la prioridad ha de recaer sobre el adiestramiento de técnicos que mantengan en buen estado el material esencial, que se encuentra comúnmente en los servicios de salud de nivel primario. Este enfoque ofrece ventajas en lo que respecta al costo, al tiempo o al número de personas que se benefician de él. Dado el uso generalizado de los materiales básicos, los aprendices pueden prestar servicios al mismo tiempo que reciben adiestramiento en los centros de salud.

Cuando los recursos son limitados puede ser conveniente aplicar el modelo piramidal para elaborar estrategias de desarrollo que pongan el acento en el establecimiento o fortalecimiento de servicios de mantenimiento en apoyo de los centros de salud.

Figura 27. Relación entre la complejidad del equipo y el costo y duración del adiestramiento de los técnicos.

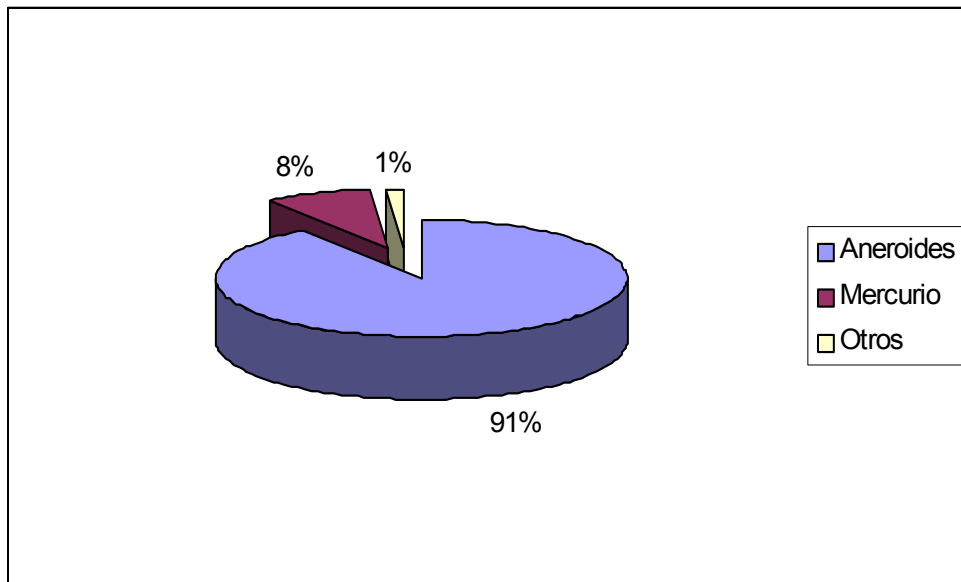


Fuente. Cheng Michael. **Mantenimiento del material médico esencial**. Página 214

3.2 Encuesta de las condiciones de los equipos

A continuación presentamos una serie de gráficas basadas en las encuestas donde se conocerá la situación actual de los equipos en los centros de salud del área de salud de Guatemala. Esto es muy importante para el mantenimiento de estos equipos ya que con ello tendremos una referencia de que es lo que se encuentra mal y así podremos centrarnos en los problemas principales.

Figura 28. Tipos de esfigmomanómetros en los centros de salud.



Se puede observar que en los centros de salud predomina el esfigmomanómetro de tipo aneroide, esto se debe a su simplicidad y costo, además de su fácil calibración y mantenimiento.

En una forma de recaudar datos del estado de los equipos se efectuó una serie de encuestas en los centros de salud del área de Guatemala. Se determino que la mayoría no están calibrados y que operan sin tomar en cuenta la calibración como se muestra en las figuras No. 29 y No. 30. Se puede notar que la calibración de tales equipos no ha sido la prioridad, es muy importante que estos equipos estén calibrados para su correcto funcionamiento.

Figura 29. Calibración de esfigmomanómetros en los centros de salud del área de Guatemala

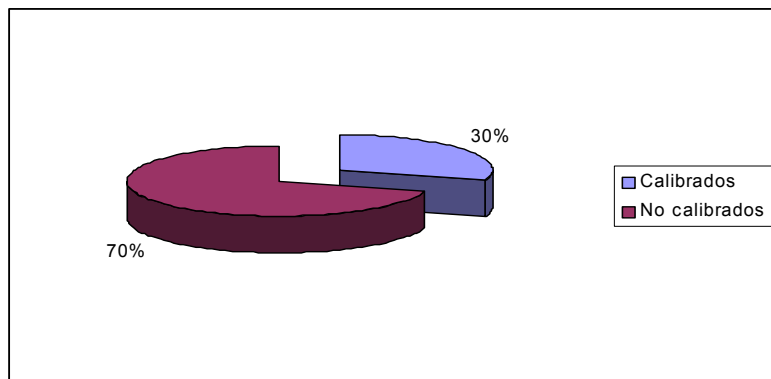
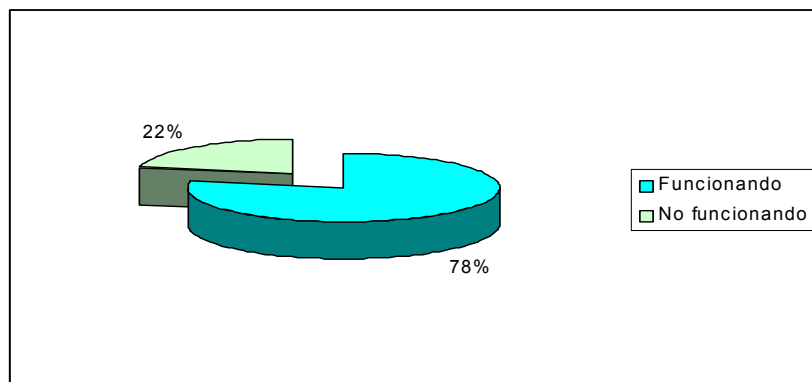


Figura 30. Funcionamiento de los esfigmomanómetros en los centros de salud del área de Guatemala.



3.3 Fallas más comunes de los equipos

Las fallas más comunes en los esfigmomanómetros de tipo aneroide se deben a fugas de aire. Para solucionar esto, es necesario revisar las distintas partes, observando en particular las uniones entre ellas: la pera con sus válvulas, las mangueras, el manguito del brazalete y el manómetro. A este último, es poco lo que se le puede hacer, aparte de limpiarlo, si los pivotes de los engranajes se llegan a desgastar lo mejor es cambiar todo el manómetro. En los esfigmomanómetros de mercurio también se tiene que revisar fugas en los conductos, además de revisar si el mercurio está limpio, normalmente la pieza que más se cambia es el tubo de vidrio graduado ya sea por suciedad o por quebradura.

En los estetoscopios las fallas se deben a descuidos o maltratos, por lo general las mangueras o tubos de hule, los cuales se dañan principalmente por el continuo movimiento que están sujetas. Se dañan en las cercanías de sus puntos de unión con los conectadores de metal que tienen en sus extremos.

3.4 Piezas más utilizadas para el mantenimiento

Según las encuestas las piezas que más se encuentran dañadas en los esfigmomanómetros son los manómetros, debido al desgaste de los engranajes, además que en muchas ocasiones los han tratado mal y tienen el vidrio roto. Otra pieza que normalmente se daña es la pera, ya que se es hecha de hule por lo general si no se tienen las precauciones necesarias ésta se picara y de esa forma tendrá fugas. De igual forma que todas las mangueras están sujetas a tener fugas por lo que se debe de estar controlando periódicamente una por una para localizar fugas.

Además el brazalete de tela puede tener también problema de fugas, por último se tiene la válvula de regulación manual ya que si esta se arruina el flujo de aire no será el más correcto.

Las piezas más utilizadas en los esfignomanómetros de mercurio son similares a los de tipo aneroide con la única diferencia que el manómetro es otro mecanismo. En los esfigmomanómetros de mercurio se necesita el tubo de vidrio con escala además de una cantidad de mercurio por si se necesita reemplazar el que se tiene actualmente.

En los estetoscopios las piezas más necesarias son las cápsulas, el diafragma, las olivas, el vástago y el tubo transmisor, todos estos componentes pueden tener una vida útil prolongada dependiendo el trato que se le da al aparato.

En los estuches de diagnóstico es un poco más limitada la cantidad de piezas para el mantenimiento, se centra más que todo en el sistema de iluminación donde es necesario tener focos de repuesto por si se llegara a quemar alguno además de tener pilas de repuesto por si llegaran a fallar las que actualmente tiene el mango.

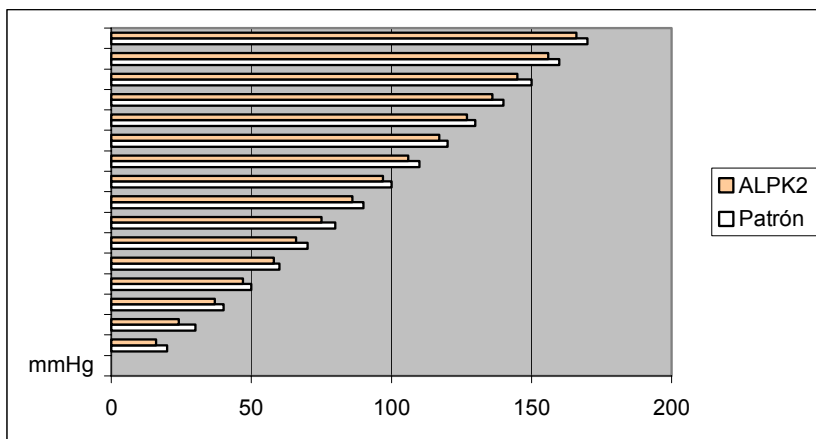
3.5 Evaluación del equipo actual en las unidades de salud del área de Guatemala

Actualmente el equipo en las unidades de salud no cuenta con un control de mantenimiento ni de calibración por lo que es más fácil que un equipo se deteriore más rápidamente, debido a este problema se hizo un recorrido por algunos centros de salud para revisar y calibrar los aparatos que se encontraban funcionando. Para esta tarea necesitamos elaborar un registro de datos para los esfigmomanómetros con los cuales podremos establecer si las lecturas son las que deberían ser.

La primera prueba la efectuamos con un esfigmomanómetro aneroide ALPK2 el cual supuestamente se encontraba trabajando en perfectas condiciones.

El procedimiento que se utilizó fue de tomar mediciones ascendentes y descendentes antes y después de la calibración para comparar cual era el margen de error.

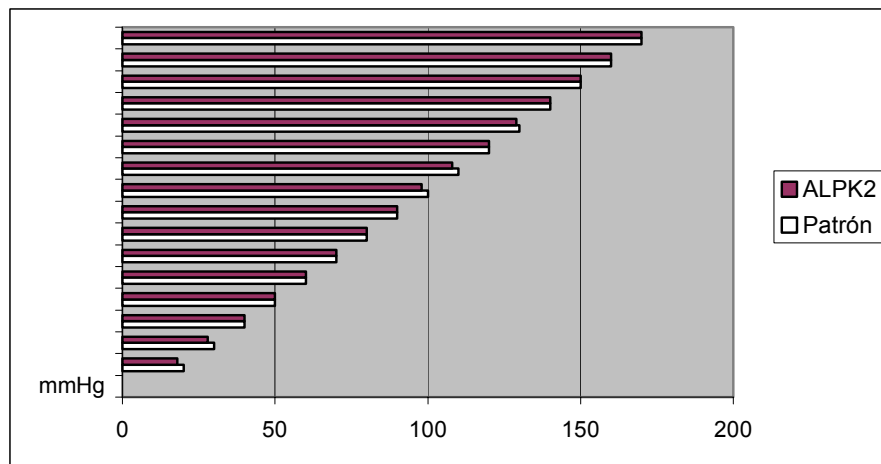
Figura 31. Situación de entrada ascendente de un esfigmomanómetro ALPK2



En el rango de las X encontramos la presión a la que fue sometido el esfigmomanómetro ALPK2, nótese que los valores obtenidos por dicho esfigmomanómetro no son iguales a los del esfigmomanómetro patrón, aunque deberían de ser así, existe una diferencia promedio de ± 4 mmHg. La diferencia permitida en estos equipos es de ± 2 mmHg.

A continuación presentaremos una gráfica de los resultados obtenidos después de calibrar el equipo donde trataremos que las mediciones dadas por los dos esfigmomanómetros sean más cercanas una con la otra y tratar de que la diferencia sea menor de 2 mmHg.

Figura 32. Gráfica de calibración final de un esfigmomanómetro ALPK2



En esta gráfica se nota la menor diferencia de medición entre los dos esfigmomanómetros, donde después de calibrar el ALPK2 reducimos considerablemente la diferencia de 4 mmHg que teníamos anteriormente, actualmente se tiene una diferencia promedio de ± 1 mmHg. Lo que se busca con calibrar el equipo es llegar a tener mediciones más certeras y confiables.

Muchos de los equipos que se encuentran funcionando en los centros de salud se encuentran funcionando de una manera incorrecta ya que las mediciones que nos dan son falsas, con esto se pone en riesgo la vida del paciente, por eso es necesario mantener un control periódico de calibración de todos los esfigmomanómetros que se usan.

4. DISEÑO Y DESARROLLO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Es necesario que se cuente con un programa de mantenimiento dentro de las unidades de salud, ya que con ello se tendrá una mejor atención a las personas además de tener en un estado óptimo el equipo médico.

4.1 Mantenimiento de esfigmomanómetros

El mantenimiento de los esfigmomanómetros está a cargo del usuario y consiste desde lo más sencillo que es la limpieza del equipo hasta el cambio de algún componente averiado, después del uso del equipo lo primordial es cerciorarse que el brazalete, la perilla, tubos o la plancha de metal donde se encuentran las escalas de medición como el depósito de mercurio se encuentre limpio para luego guardar el brazalete conjuntamente con la perilla en la caja posterior de la plancha.

4.1.1 Rutinas de Mantenimiento

Para poder hacer una rutina de mantenimiento preventivo de esfigmomanómetros se deben de tomar en cuenta varios parámetros como el número de inventario del equipo, el número de la rutina, la marca, el modelo, la fecha, además de esto se debe de tener un control de cada cuanto tiempo se hace la revisión del equipo, así como tener un control de que piezas fueron revisadas para luego ir archivando las hojas de control del equipo y así poder en cualquier momento recurrir a ellas y saber cuando fue la última vez que se reviso el equipo.

Para hacer las rutinas de mantenimiento se tiene que tener bien clara la identificación o registro del instrumento, según un sistema utilizado en varios hospitales del mundo dice que todos los instrumentos deberán ser identificados por 5 dígitos impresos en etiquetas apropiadas.

XXX-YY

XXX es la numeración secuencial que expresa o controla el patrimonio.

YY es la codificación que indica el lugar donde es utilizado el instrumento.

4.1.2 Determinar estado de funcionamiento de Esfigmomanómetros

Se tiene que hacer una inspección de la pera, observando el material además de chequear porosidad, elasticidad, averías y fisuras.

Revisar el funcionamiento de la válvula antirretorno chequeando que selle bien, que no halla escapes de aire utilizando un detector de fuga.

Revisar el funcionamiento de la válvula reguladora chequeando que no haya escapes de aire una vez que se encuentre totalmente cerrada.

Hacer una revisión del brazalete empezando por observar el estado de la funda, examinar el estado del material además de observar si se encuentra rota, manchada, desgastada.

Observar el estado del depósito y tubo de vidrio empezando por la revisión del tubo que no este roto, que el tapón respiradero esté funcionando, que no esté sucio internamente, observar los filtros además que no exista ningún escape. En el depósito hay que observar el nivel adecuado de mercurio y que no esté sucio.

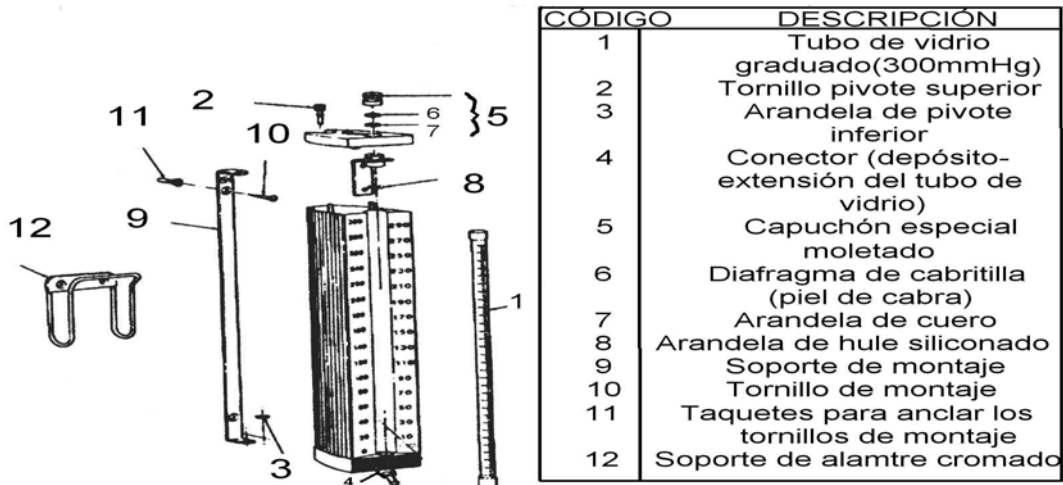
Observar el estado de la vejiga con un procedimiento sencillo donde llenamos la vejiga de aire, verificar que no hay escapes.

Observar el estado del reloj aneroide, empezando por el funcionamiento del sistema mecánico de engranajes, seguido por el estado de la aguja, eje, escala y el vidrio de la carátula.

4.1.3 Mantenimiento preventivo

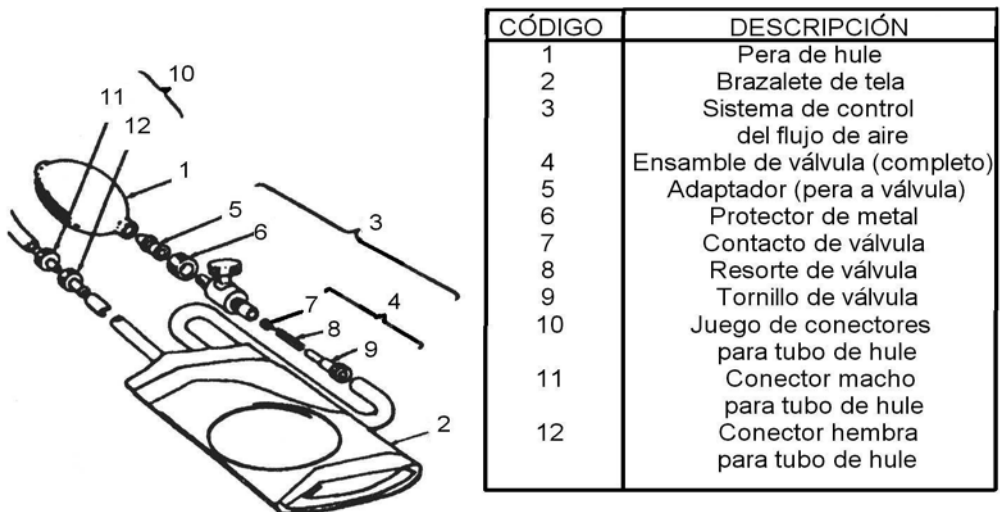
El mantenimiento preventivo de los esfigmomanómetros es sencillo básicamente se basa en un proceso de limpieza, para efectuar la limpieza de los diferentes componentes es necesario desmontar cada uno de sus componentes.

Figura 33. Partes de repuesto de un esfigmomanómetro de pared.



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 15.

Figura 34. Partes de repuesto para el sistema de inflación.



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 12.

- Desmontar la pera, retirándole la manguera, halándola con mucho cuidado.
- Retirar la vejiga desmontando la otra manguera que va de la salida de la vejiga a la entrada del depósito de mercurio o del reloj.
- Vaciar el mercurio del depósito aflojando el tapón y poniendo el mercurio en un frasco tapándose rápidamente. Tener mucho cuidado para que no se riegue el mercurio ya que es muy costoso y peligroso para la salud.
- Retirar el tubo, la escala y retirar el tapón respiradero y el filtro.
- Aflojar tornillos y tapa según el tipo de esfigmomanómetro, hay que tener mucho cuidado en cuanto a la ubicación de empaques y resortes en el equipo.

El proceso a seguir para la limpieza es preparar una solución de agua y jabón a temperatura ambiente en un recipiente de tamaño adecuado preferiblemente plástico, posteriormente se coloca el tubo, escala, tornillos, tapón, depósito, vejiga en el recipiente con la solución jabonosa y deje 30 minutos, con un cepillo apropiado vaya limpiando los elementos anteriores interna y externamente y enjuáguelos con agua limpia. Con aire comprimido seque bien los componentes. Si no hay aire comprimido use un trapo que no suelte fibra ni partículas.

Cada una de estas tareas contempla operaciones y unos pasos que se deben seguir rigurosamente, a efectos de garantizar un trabajo técnicamente realizado. Igualmente deben utilizarse las herramientas y los elementos adecuados para no causar daños al equipo.

Si se tiene un modelo de esfigmomanómetro nuevo con el cual no ha trabajado, es necesario realizarle un estudio técnico cuidadoso, consultando los manuales y catálogos dados por el fabricante y luego proceder a elaborar los procedimientos apropiados para su mantenimiento preventivo.

Tabla III. Material necesario para la limpieza

CANTIDAD	MATERIAL
1	Botella de alcohol
1	Jabón líquido
1	Bolsa de algodón
	Palillos de madera largos
1	Jeringa de 10 ml.
1	franela
1	Pliego de lija fina y mediana.

Tabla IV. Recursos necesarios para el mantenimiento.

Recursos	Características
Espacio físico de trabajo	Dimensiones, iluminación, ventilación, humedad, temperatura.
Banco de trabajo	Dimensiones, tipo de material, servicio.
Servicio de fluidos	Eléctrico, neumático
Herramientas especializadas	Pinzas, desarmadores, limas
Stock de repuestos básicos	Filtros, válvulas, mangueras
Mercurio	
Seguridad	Guantes, lentes

4.1.4 Mantenimiento correctivo

En el mantenimiento correctivo la mayor parte de las fallas de estos aparatos se debe a su continuo manipuleo y acarreo, ya que se caen y se golpean con mucha frecuencia. También se debe a que cuando se les da mantenimiento algo queda mal, como por ejemplo que el mercurio no quede en su nivel adecuado.

- El mercurio no sube: Compruebe que el manguito del brazalete se infla y se desinfla, lo cual indica el funcionamiento de las válvulas unidireccionales. Exprima el tubo que conecta el manguito al reservorio de mercurio, si sube un poco el mercurio significa que la válvula de cheque no funciona. Puede estar obstruido el filtro de retención que evita que el mercurio pase al brazalete. Revise el camino que sigue el aire, válvula de entrada de la pera, válvula de salida, brazalete y depósito de mercurio.
- El mercurio gorgotea: El mercurio no es suficiente en cantidad, seguramente se dio mantenimiento anteriormente al aparato y la cantidad repuesta de mercurio no fue suficiente. Llene el depósito hasta que el mercurio quede en su marca o nivel de cero.
- El mercurio sube, pero luego baja por sí solo: Esto se debe casi siempre a una fuga que puede estar en el brazalete, en los tubos o en la pared de insuflación. Revise todo el recorrido que hace el aire, la pera con sus válvulas, brazalete con su cámara de hule, manguera y depósito de mercurio. Se debe tener mucho cuidado de revisar los empaques y las uniones entre las partes.

- El mercurio sale al exterior y se riega: Esta falla se debe generalmente a que los empaques están defectuosos o mal ajustados. Se puede deber a que está dañado el tubo de vidrio que forma la escala.

- El mercurio mancha o se pega al tubo: Este problema se debe a que el mercurio o que el propio tubo se encuentra sucio. Se debe vaciar el mercurio en un recipiente adecuado y se debe filtrar usando para ello una tela que no desprenda pelusa. Si es necesario se debe limpiar el mercurio con ácido nítrico diluido en agua, para esto se deben tomar todas las precauciones que mencionaremos posteriormente. El ácido muy diluido, se vacía con cuidado sobre el mercurio y se deja secar en un lugar bien ventilado y se debe cuidar que la temperatura del mercurio no pase de 25°C para evitar la formación de gases.

- Limpieza general del equipo: Se debe limpiar perfectamente el depósito y el tubo de vidrio de la escala, cuidando que al volver a armar los empaques queden perfectamente ajustados; una vez realizado esto se puede volver a cargar el mercurio, vigilando que el nivel sea el adecuado y no se haya perdido alguna cantidad del mismo. En los modelos con escala separada revise que se coloque el tubo y la escala en forma adecuada en cero. Algunos tubos tienen una capa de silicona que disminuye la tensión superficial y evita que se adhieran sustancias, se debe cuidar que no se lave el tubo con ácido que quite la cubierta de silicona.

Además de que se ensucien y se golpean los esfigmomanómetros aneroides, las fallas más comunes se deben a fugas de aire. Es necesario revisar las distintas partes, particularmente las uniones entre ellas: la pera con sus válvulas, las mangueras, el brazaletes con su cámara y el manómetro.

Al manómetro es poco lo que se le puede hacer, aparte de limpiarlo, si los pivotes de los engranajes se llegan a desgastar lo mejor es cambiar todo el manómetro y si se llega a picar el tubo flexible generalmente es difícil repararlo, sobre todo sin que pierda precisión el aparato. Cuando se repara un instrumento de éstos, hay que revisar muy bien las lecturas que da, comparándolas con las que mide un instrumento nuevo para comprobar que el aparato reparado todavía es confiable.

Otras fallas comunes son las siguientes:

Al estar insuflando aire, la aguja no gira para marcar presión. Puede tener tres causas probables: el soporte o espiral del piñón está roto, el piñón se brincó y esta corrida su carrera o bien el diafragma se reventó. Se debe de revisar el mecanismo e indicar lo conducente, que desafortunadamente la mayoría de las veces es cambiar el manómetro.

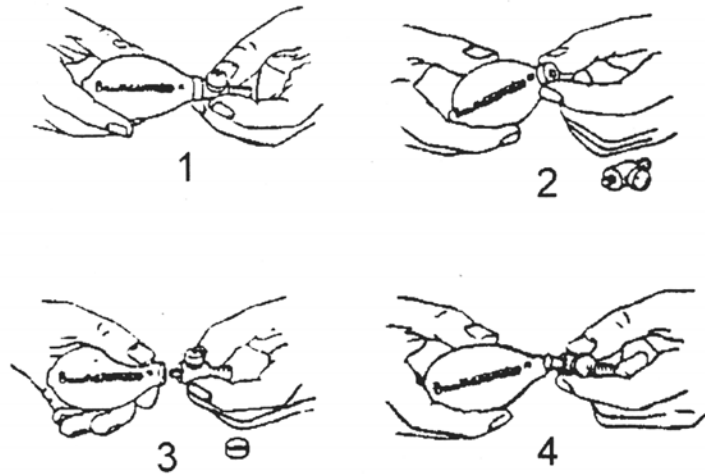
Al terminar de tomar la presión, la aguja no regresa. Se sugiere quitar el bisel y la mica, quitar la aguja indicadora y ponerla en posición, ya que es posible que con el trabajo se haya recorrido la carrera del piñón.

Algunas operaciones de mantenimiento para esfigmomanómetros dice que la placa, los tubos, la bolsa de hule que está dentro del brazaletes y la perilla basta limpiarlos con un paño humedecido con agua, pero si poseen algún daño la única solución es reemplazarlas por otras piezas nuevas ya que no se recomienda repararlos porque puede fallar o quedar mala la reparación

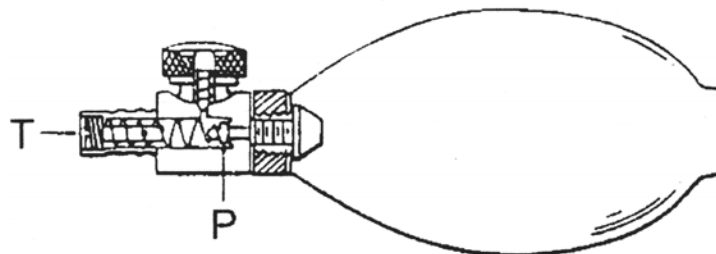
Para reemplazar la goma inflable se debe encontrar las tres aberturas en la parte superior de la cobertura de trapo, una grande y dos pequeñas para que posteriormente se ensamble la goma inflable sobre la parte superior de la cobertura de trapo.

Generalmente cuando se daña la válvula de control de aire, esta se reemplaza, pero en ciertos casos es necesario repararla, para esto siga los siguientes pasos: Desconecte la válvula y el bulbo de la manguera, con precaución remueva el tornillo pequeño que se encuentra dentro de la válvula, si el resorte o la punta "P" de la válvula se encuentran dañadas reemplácela, de lo contrario simplemente se limpia la válvula y sus partes.

Figura 35. Reemplazo de la válvula de control de aire



Pasos para remover o reemplazar el bulbo de un tensiómetro



Esquema de la válvula de control de aire

Fuente. CEPREDENAC. Equipos e instrumentos médicos. Página 134.

4.2 Calibración de los esfigmomanómetros

Las tareas de calibración deben comenzar una vez que se hayan efectuado la inspección, la limpieza y el ajuste correspondiente. Los componentes deben estar en buen estado de funcionamiento.

La calibración tiene por objeto garantizar que el esfigmomanómetro realice la medición para la cual está construido y que dicha medición sea precisa y confiable.

4.2.1 Operaciones principales de la calibración

La calibración conlleva una serie de operaciones:

Operación 1: Ensamblar el patrón de calibración al esfigmomanómetro a calibrar. Para esta operación hay que disponer de un esfigmomanómetro patrón; preferiblemente de mercurio, de una “Y” plástica o metálica y el respectivo esfigmomanómetro a calibrar. El patrón debe tener la misma escala del esfigmomanómetro a calibrar o de lo contrario debe hacerse la conversión.

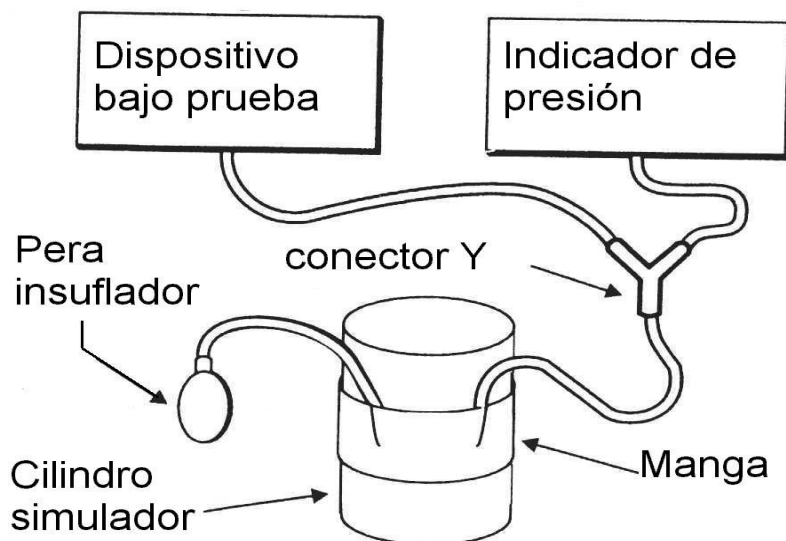
Operación 2: Poner a funcionar el sistema, insuflando aire con la pera lentamente hasta el nivel 260 mm Hg. Si el esfigmomanómetro está bien calibrado deben coincidir las dos escalas. Además es importante observar si las dos columnas de mercurio ascienden a la misma velocidad y llegan a la vez hasta el nivel máximo escogido, se acepta un margen de una unidad en el tubo. Si la lectura en la escala B sobrepasa el nivel de la lectura de la escala A, hay que extraer mercurio del depósito del esfigmomanómetro utilizando una jeringa de poner inyecciones, se repite esta operación hasta lograr niveles de lectura iguales.

Si la lectura del esfigmomanómetro a calibrar está por debajo del nivel de lectura indicado en el esfigmomanómetro patrón es necesario agregar mercurio en el esfigmomanómetro a calibrar. Luego se repite la operación hasta lograr niveles de lectura coincidentes.

En cualquier situación deben tomarse mínimo tres lecturas en diferentes valores de la escala. Observando la coincidencia en ambas escalas y que no existan fugas de aire en el sistema.

Operación 3: Se debe retirar el patrón de calibrar y ensamblar el esfigmomanómetro calibrado. Una vez cerciorado de que no hay fugas y que el esfigmomanómetro está debidamente calibrado, proceder a retirar las mangueras de la “Y” guardar el patrón e instalar el brazaletes respectivo.

Figura 36. Prueba de calibración



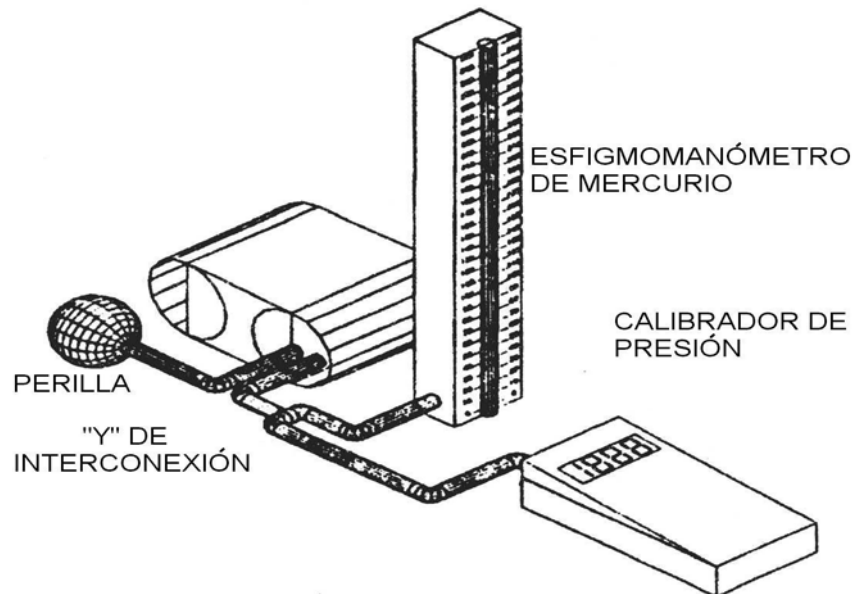
Fuente. ECRI. **Inspección y mantenimiento preventivo.** Página 3

4.2.1.1 Exactitud del esfigmomanómetro de mercurio

Una prueba inicial para verificar la exactitud, es comprobar que la presión no disminuye ni un milímetro en 10 segundos. Esto se mide elevando la presión a 250, a 150 y a 50 mm Hg y al suspender completamente la presión no debe quedar mercurio visible en el tubo. A continuación deben calibrarse los aparatos, una encuesta realizada describe que el 48% de los brazaletes de hospitales tenían fugas de aire, por lo cual cuando menos uno de cada tres pacientes tomando medicamentos para disminuir la presión sanguínea no lo requería, por lo cual es muy importante calibrar los esfigmomanómetros. Para hacerlo se compara la lectura del aparato que tiene problema con un manómetro mercurial patrón o con un calibrador de presión electrónico, además podemos utilizar un esfigmomanómetro aneroide en perfectas condiciones. Esta operación debe efectuarse observando el desplazamiento del mercurio en ambas columnas simultáneamente, tanto del manómetro patrón como del esfigmomanómetro bajo prueba, ascendiendo la columna a niveles hasta de 260 ó 300 mm Hg. Según el modelo.

La simultaneidad se logra conectando por medio de un tubo “Y” los dos manómetros a un solo brazalete o una cámara de presión especial. Debe disminuirse lentamente la presión hasta lograr que la columna de mercurio baje a razón de 2 mm/s; se harán lecturas y mediciones simultáneas en múltiples niveles de la escala, con el propósito de hacer una comprobación completa. No debe existir diferencias entre uno y otro mayores de 3 mm Hg. En caso contrario el esfigmomanómetro debe volver a revisarse y repararse. También es causa de rechazo la existencia de movimientos anormales de la columna de mercurio tales como el descenso irregular o acelerado y la detención. El desplazamiento del mercurio debe ser uniforme y regular. No debe haber impurezas en la columna mercurial que dificulte su lectura correcta.

Figura 37. Conexión del calibrador con el esfigmomanómetro de mercurio.



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** Página 25.

4.2.1.2 Exactitud del esfigmomanómetro aneroide

La prueba de exactitud debe efectuarse en comparación simultánea con un manómetro de mercurio patrón o con un calibrador electrónico de presión. Debe efectuarse tres calibraciones al esfigmomanómetro en prueba.

Las calibraciones deben ser hechas sin aumentos bruscos de presión. Se debe aumentar la presión al máximo en forma suave sostenida y dejar que disminuya en forma constante. Debe observarse cuidadosamente el ascenso y descenso del mercurio, lo cual debe ser uniforme sin brincos o detenciones. La presión debe disminuir a razón de 2 mm/s de manera que las condiciones de calibración reproduzcan la situación de uso.

La primera calibración deberá efectuarse después de un lapso de 24 horas desde la última aplicación de presión al instrumento. El medidor deberá mantenerse en posición vertical. Las lecturas deben ser tomadas con una presión descendente, partiendo del punto máximo de la escala y llegar a cero tomando notas de las lecturas a intervalos de 30 milímetros. El indicador del instrumento debe señalar cada división y las lecturas de presión del manómetro calibrado y del instrumento bajo prueba, deberán registrarse.

La segunda calibración no deberá hacerse antes de 6 horas de haber realizado la primera y se realizará de la misma manera, excepto que el manómetro aneroide debe inclinarse un ángulo de 45 grados de la vertical hacia atrás.

La primera calibración es una prueba del instrumento bajo condiciones donde es utilizado pocas veces al día con intervalos de descanso. La segunda calibración toma en consideración el hecho que el medidor se encuentre inclinado considerablemente como cuando está colocado en el brazo del paciente. El error en cualquiera de las pruebas y en cualquier punto no deberá exceder de 3 mm. Antes de aplicar una presión el indicador deberá regresar al punto previamente ocupado. Movimientos excesivos e irregulares del indicador deben de ser considerados una causa para rechazar el instrumento y volver a revisarlo.

En la tercera calibración el esfigmomanómetro deberá estar sujeto a una presión de 300 mm por 500 veces sucesivas. La presión del instrumento deberá mantenerse de acuerdo a las dos pruebas anteriores, es decir, en cualquiera de las tres calibraciones las variaciones no deben ser mayores de 3mm de Hg.

4.2.1.3 El patrón de calibración

Es un esfigmomanómetro completo sin brazaletes que debe conservarse en el taller. El nivel de mercurio debe coincidir con el cero de la escala del tubo. Además, ha sido calibrado con otros esfigmomanómetros que se tiene la certeza están correctos, este esfigmomanómetro patrón debe estar bien protegido.

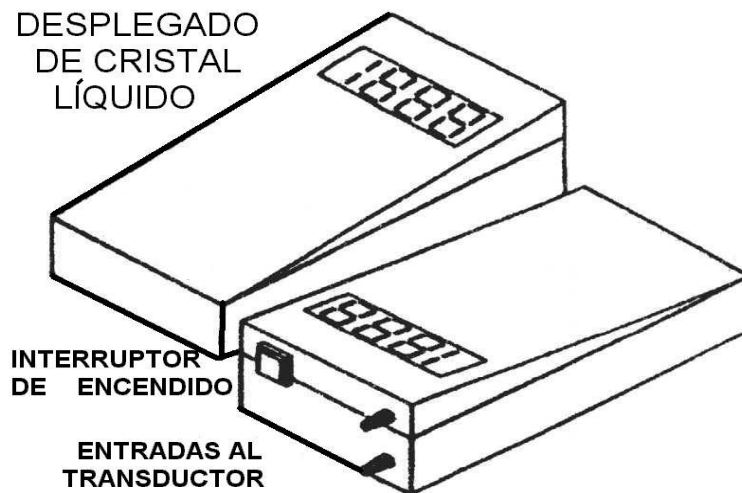
4.2.1.4 Calibrador de presión electrónico

El calibrador de presión electrónico es un aparato que consta de dos etapas, una de transducción de presión a señal eléctrica, constituida por un transductor de presión y un amplificador de instrumentación, el transductor es un dispositivo que produce una señal eléctrica directamente proporcional a la presión, en este caso de aire, que se genera en el manguito del brazaletes y los tubos de conexión correspondientes. La segunda etapa consta de un convertidor analógico a digital, con una pantalla de cristal líquido en donde es representada la presión en milímetros de mercurio. El convertidor analógico a digital es un circuito electrónico que convierte las señales variables que vienen del transductor, en números, que el circuito representa en la pantalla. El manejo del calibrador de presión es sencillo ya que solamente tiene un interruptor de encendido y una conexión para acoplarlo al equipo con el cual se quiere comparar.

El calibrador de presión electrónico puede utilizarse como patrón para verificar el funcionamiento del esfigmomanómetro aneroide y de columna de mercurio. La prueba se realiza simultáneamente, conectando el calibrador de presión con el esfigmomanómetro a verificar por medio de un tubo “Y” con el mismo sistema en el cual por el inflado se genera una presión en el manguito del brazalete la cual debe ser de 250 ó 300 mm Hg según sea el caso.

Después se empieza a disminuir la presión a razón de 2 mm Hg por segundo. Se hacen lecturas y mediciones simultáneamente en múltiples niveles de la escala con el propósito de hacer una comparación. No debe existir diferencia entre ambos equipos mayores de 3 mm Hg, de acuerdo con la norma de control de calidad para esfigmomanómetros.

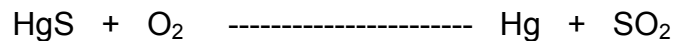
Figura 38. Calibrador de presión electrónico



Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
Página 24.

4.2.2 El mercurio

Se encuentra en la naturaleza formando compuestos químicos, siendo el más importante el cinabrio (HgS) o sea el sulfato de mercurio, de este mineral es donde se extrae el mercurio por tostación.



El símbolo químico es Hg y corresponde a la primera y sexta letra de su nombre latino "*Hidragyrun*" que significa plata líquida.

El mercurio puro es líquido, tiene brillo metálico, es menos conductor de la electricidad que otros metales. Se dilata uniformemente al cambiar la temperatura, propiedad que lo hace útil en una serie de aplicaciones tecnológicas como en los esfigmomanómetros.

El mercurio líquido disuelve metales como el oro, plata, cobre, níquel, sodio, potasio, produciendo amalgama. Una de las amalgamas más utilizadas en odontología es la de plata.

Es un metal bastante pesado, su densidad es de 13.6 gr/cm³ además tiene un punto de evaporación bastante bajo a 25° C.

El mercurio es tóxico para el organismo humano por consiguiente se debe trabajar las más estrictas medidas de seguridad.

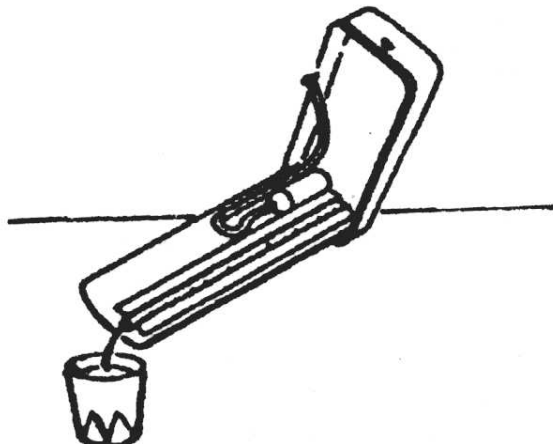
La absorción del mercurio por parte del organismo puede ocurrir por tres formas: Por inhalación, respirando aire que contiene vapores del mercurio, por ingestión o por cutánea, o sea por la piel.

El mercurio pasa del torrente sanguíneo y puede irse a localizar en diferentes partes del cuerpo, una concentración alta puede desnaturalizar proteínas, inactivar enzimas y perturbar las membranas celulares, causando la muerte celular y la destrucción de cualquier tejido con el que entre en contacto.

4.2.2.1 Lavado del mercurio

Generalmente cuando el mercurio ya no tiene el color que lo caracteriza, o sea que se opaca, se queda adherido en las paredes del tubo de vidrio o en caso de que no regrese rápido al depósito, es necesario lavar el mercurio puesto que ya estarán saturados los filtros y el mercurio de impurezas del medio ambiente.

Figura 39. Vaciado del mercurio



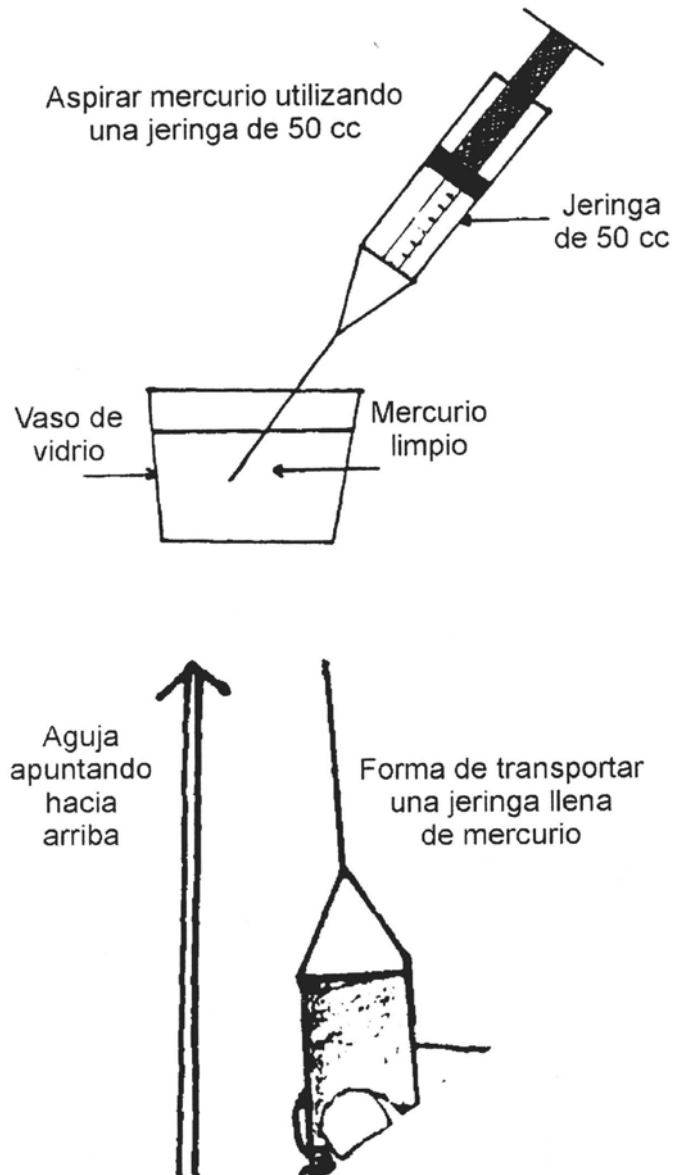
Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**
Página 21.

En una vasija o refractario de vidrio se vacía el mercurio sucio, enseguida se le agrega agua hasta cubrir el mercurio luego se agrega ácido nítrico, aproximadamente al 10% de la cantidad de mercurio que tenemos para lavar, le agregamos jabón líquido con el fin de que corte las grasas que se adhirieron al mercurio, ya que también tienen la propiedad de separar las moléculas del mercurio para un mejor lavado del mismo, se debe quedar en reposo durante tres días agitando la mezcla dos o tres veces al día.

Pasado ese tiempo se procede a enjuagar o lavar propiamente el mercurio bajo el chorro de agua de la llave, hasta que el agua salga limpia, con lo cual nos damos cuenta de que está limpio el mercurio puesto que nos reflejaremos como en un espejo. Luego quitamos el exceso de agua hasta que quede el mercurio solo, necesitamos una franela seca para terminar de secar el mercurio, cuando ya no tenga ni una sola gota de aguase coloca el mercurio en vaso adecuado o vasija, para tal fin colocamos una malla metálica y auxiliados con una jeringa vamos inyectando el mercurio a través de la malla con el fin de quitar la pelusa que pudo haber soltado la franela.

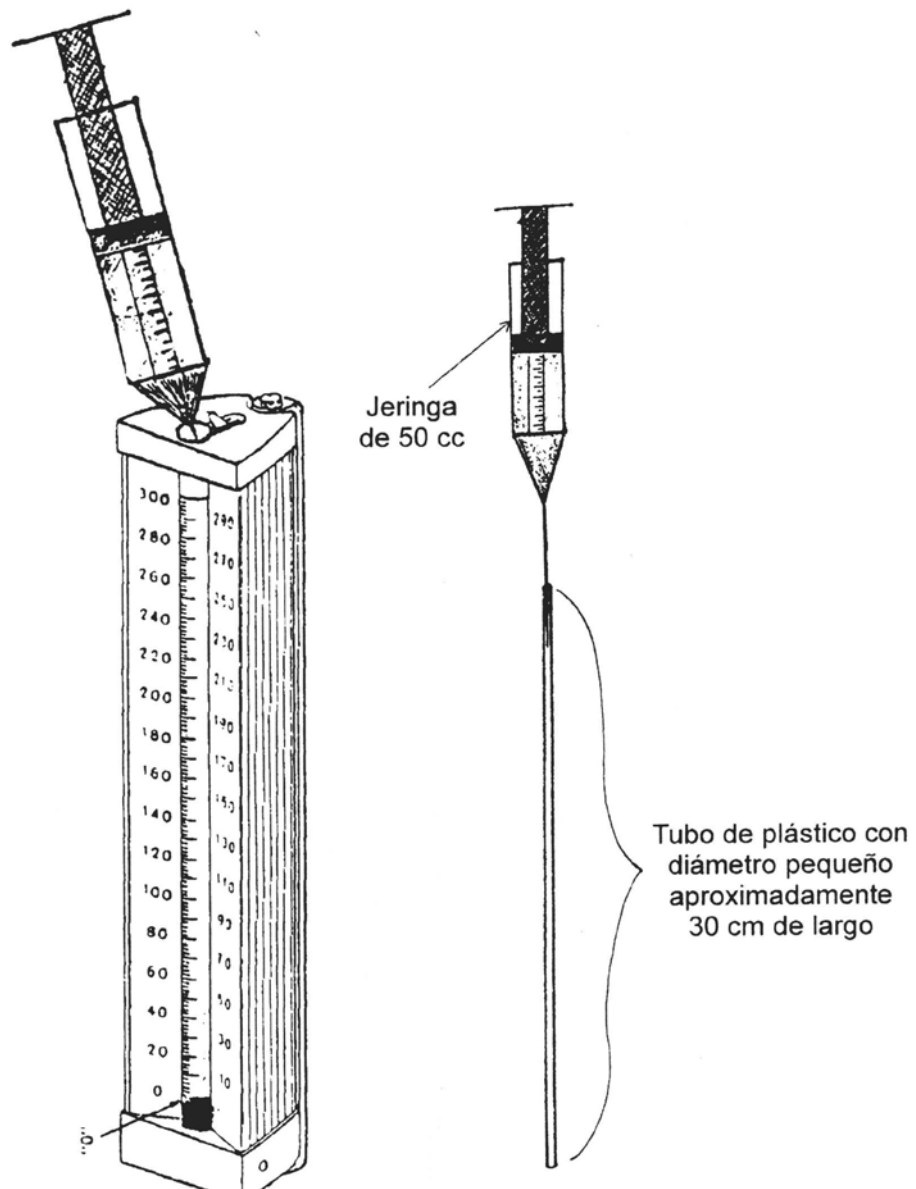
Durante el proceso de secado al final vaciamos el mercurio en un frasco limpio y seco, que deberá llevar tapón para que no se impregnen impurezas del medio ambiente y para evitar la gasificación del mercurio.

Figura 40. Manejo del mercurio



Fuente. CEPREDENAC. **Equipos e instrumentos médicos.** Página 137

Figura 41. Proceso de llenado de mercurio



Fuente. CEPREDENAC. **Equipos e instrumentos médicos.** Página 138

A continuación presentamos la lista de materiales necesarios para el lavado:

- Limpiador de contactos Scotch
- Mercurio
- Algodón
- Paños de algodón, aproximadamente de 30 cm x 30 cm.
- Spray para desinfectar.
- Guantes de hule
- Jabón líquido
- Acido nítrico
- Vasijas de vidrio refractario
- Mascarillas
- Coladores plásticos pequeños
- Jeringa de 5 cc.

4.2.3 Riesgos y precauciones

El mercurio es un metal que tiene la característica de ser líquido a la temperatura ambiente, todos los demás metales funden únicamente a muy altas temperaturas, por lo que es utilizado en equipo médico. Es muy peligrosa su introducción al organismo ya sea por la boca o por alguna herida, puede provocar trastornos graves. No debe dejarse al alcance de los niños, tampoco se debe manejar cuando se está comiendo.

Se debe cuidar cuando se manipule el ácido con agua, ya que se pueden producir reacciones explosivas o violentas en las que los ácidos pueden saltar a los ojos, que sería lo más grave, o a la piel, quemándola y dañando la ropa.

Cuando se tenga en un frasco ácido puro, tenga cuidado al manipularlo, ya que si se le derrama o cae puede producir quemaduras graves. Las mezclas se deben hacer despacio vaciando el ácido en el agua y nunca al revés y sin olvidar usar lentes de seguridad y guantes de hule.

4.3 Mantenimiento de los estetoscopios

Los estetoscopios son aparatos de gran utilidad en unidades de salud y son utilizados frecuentemente, por lo que se debe estar observando su buen funcionamiento constantemente para así poder garantizar el servicio que presta, por lo cual recurrimos a las rutinas de mantenimiento par poder lograr un buen servicio y una mayor vida útil del aparato.

4.3.1 Mantenimiento preventivo de estetoscopios

El mantenimiento preventivo de un estetoscopio lo efectúa por regla general el propio usuario y consiste básicamente en limpiarlo. Debe cuidarse particularmente el tubo o los tubos flexibles. Si el lugar en el que se utiliza o se guarda el estetoscopio es muy húmedo y caliente es probable que se formen hongos en dicho tubo. Para su limpieza se puede usar simplemente agua y jabón, recordando que muchos alcoholes, gasolina y otros solventes atacan el látex o hule, echándolo a perder en forma definitiva. Se debe de proteger de cambios importantes de temperatura, no exponiéndolo directamente a los rayos solares.

Debido a su constante uso, es posible que la oliva o el tubo de la horquilla queden bloqueados o tapados por el cerumen del usuario. Se recomienda quitar la oliva y el tubo “Y” y con alambre delgado y un pedazo de algodón limpiarlos con agua y jabón. Si se desconectan los tubos de látex se puede utilizar un poco de alcohol. Posteriormente se vuelve a armar el instrumento.

El muelle pierde tensión y las horquillas se separan haciendo que el estetoscopio no se mantenga en su lugar. En algunos modelos se puede cambiar dicho muelle.

Los estetoscopios no se pueden esterilizar por calor seco o húmedo. Precisamente el hule, pero tampoco los empaques de la cápsula y las olivas, resisten las altas temperaturas que se requieren para esterilizar.

4.3.2 Mantenimiento correctivo de estetoscopios

La mayor parte de fallas que presentan los estetoscopios se deben a descuido o maltrato. Estos aparatos se caen y se golpean con mucha frecuencia dado que son portátiles y de uso repetido. Generalmente no vale la pena reparar una cápsula deformada o rota, lo mejor es cambiarla. El diafragma sí es posible repararlo. Para quitarlo es necesario desenroscar el bisel que lo detiene en su sitio. Debe tener cierta precaución debido a que la rosca es fina y relativamente delicada; fácilmente se puede dañar. En algunos modelos el bisel solo se introduce a presión. Un técnico hábil puede sustituir el diafragma usando diferentes materiales, principalmente acetatos de los usados en las placas de rayos X, en fotografía o para proyección; pero lo más seguro, es la sustitución por un diafragma original. El diafragma debe tener la elasticidad adecuada para resonar con los movimientos ondulatorios que se quiere escuchar.

Las mangueras o tubos de hule también se llegan a dañar, principalmente por razón del continuo movimiento al que están sujetas. Se dañan, principalmente en las cercanías de sus puntos de unión con los conectores de metal que tienen en sus extremos. Se sabe que una manguera ya no garantiza el buen funcionamiento, cuando se notan en ella pequeñas grietas, visibles principalmente cuando la manguera se dobla, o cuando ya no es flexible.

Tabla V. Mantenimiento correctivo para estetoscopios.

SÍNTOMAS	SOLUCIONES
Olivas dañadas	Hay que cambiarlas
Tubo transmisor dañado	Sustituir por uno nuevo
Muelle quebrado	Reemplazarlo
Tubo "Y" dañado	Hay que cambiarlo
Daño en la rosca	Cambiarla
Cuerpo receptor dañado	Cambiarlo
Membrana dañada	Cambiarla

4.4 Mantenimiento de los estuches de diagnóstico

Anteriormente ya se ha explicado las distintas variantes de los estuches de diagnóstico, como se mencionó estos son básicos y especializados, no existe una diferencia marcada en la aplicación del mantenimiento entre dichos estuches, por lo que procederemos a dar una rutina general de mantenimiento para estuches de diagnóstico.

4.4.1 Mantenimiento preventivo de estuches de diagnóstico

El mantenimiento preventivo de los estuches de diagnóstico lo debe llevar a cabo el propio usuario y consiste básicamente en la limpieza cada una de las partes.

Debemos de tener cuidado en la limpieza de las partes debido a que muchas veces utilizamos líquidos corrosivos que nos pueden dañar el equipo.

El procedimiento para la limpieza de contactos es el siguiente:

- Quitar la tapa del mango que cubre las pilas girando un poco en sentido contrario a las manecillas del reloj y tirando de ella.

- Retire las pilas.

- Con un desarmador proceda a aflojar o retirar los dos tornillos que sujetan la traba, la cabeza del mango, o sea la parte del mango en la que va el reóstato, saldrá libremente, separándose del cuerpo de dicho mango. Esto es un ejemplo ya que cada modelo tiene sistemas diferentes de sujetarlo por lo cual el técnico tiene que analizar el mango que va a componer.

- Los contactos están ahora a la vista, proceda a limpiarlos con lija de agua y limpiador de contactos.

- Arme nuevamente el sistema. Para colocar nuevamente los tornillos utilice un desarmador adecuado.

El procedimiento para la limpieza de reóstato es el siguiente:

- Quite la tapa del mango
- Retire las pilas.
- Proceda a aflojar y retirar los dos tornillos que sujetan la traba principal.
- Proceda a quitar los otros dos tornillos y separe la parte metálica. Saque después la parte de plástico, el reóstato quedará a la vista.
- Identifique el tipo de reóstato y en su caso límpielo en la forma indicada antes.
- Proceda a armar nuevamente el sistema como se indicó anteriormente.

4.4.2 Mantenimiento correctivo de estuches de diagnóstico

En lo que se refiere al mantenimiento correctivo, éste se centra principalmente en el mango y en el sistema de iluminación, desde luego, hay que cambiar las baterías cuando se agotan y los focos cuando se funden. Esto lo puede hacer el propio usuario o bien el técnico de mantenimiento. Recordemos que como cualquier aparato eléctrico las pilas no se deben dejar agotadas en el interior del aparato, porque con el tiempo la caja de zinc se corroe y la pasta que tiene adentro las pilas sale, daña y corroe todo a su alrededor. Nuevamente la diversidad de marcas y modelos hace que tengamos diversos tipos de focos y de sistema de fijación.

Los problemas son básicamente los mismos que tiene una linterna común y corriente. Los contactos de las pilas, de los focos y del interruptor se sulfatan causando falsos contactos. Este tipo de mantenimiento es fundamental en lugares con alto grado de humedad ambiente y temperaturas elevadas, más aún a nivel del mar.

Por lo que se refiere al reóstato, éste puede ser de dos tipos, de carbón o de alambre. Una especie de pequeño brazo o contacto eléctrico recorre en toda su longitud la cinta de carbón o el enrollado de alambre, generalmente el problema consiste en que en ciertos puntos o zonas el desgaste impide hacer un buen contacto. Si el reóstato es de alambre y el desgaste es muy grande, se debe cambiar por uno nuevo.

En el caso de que sea de carbón, muchas veces se puede reparar pasando la punta de un lápiz sobre la cinta de carbón, de manera de depositar el grafito del lápiz sobre las partes dañadas.

Tabla VI. Mantenimiento correctivo de estuches de diagnóstico

SÍNTOMAS	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Equipo conectado para operación normal; el foco no enciende	Foco defectuoso	Observe el filamento del foco; si puede mida la resistencia o impedancia; cambie el foco
	Pilas defectuosas	Cambie pilas. Revise que no hayan derramado la solución
	Contactos de las pilas sulfatados	Limpie los contactos con una lija de agua
Equipo conectado para operación normal; la graduación de intensidad de luz se logra difícilmente o se apaga en forma repetida	Pilas defectuosas	Cambie pilas
	Contacto defectuoso de las pilas	Limpie los contactos con lija de agua

Fuente. Kumate Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.**

Página 31.

4.4.3 Lista de repuestos para estuche de diagnóstico

A continuación presentamos el listado de los repuestos mas utilizados en los estuches de diagnóstico, los cuales fueron encontrados en los catálogos de las marcas más utilizadas en dichos aparatos.

Tabla VII. Lista de repuestos de otoscopios y audioscopios.

Otoscopios y Audioscopios			
No. De modelo	Página de Cat.	Marca de lámpara	No. de pedido
20000	5	Weich Allyn 03100	03100
20100	22	Weich Allyn 00200	00200
20200	6	Weich Allyn 03100	03100
20202	6	Weich Allyn 03100	03100
21110	29	Weich Allyn 03400	03400
21600	22	Weich Allyn 00200	00200
21700	6	Weich Allyn 03100	03100
22800	29	Weich Allyn 03400	03400
22820	29	Weich Allyn 03400	03400
23000	10	Weich Allyn 06200	06200
23020	10	Weich Allyn 06200	06200
23040	10	Weich Allyn 06200	06200
24031	22	Weich Allyn 03400	03400
25020	5	Weich Allyn 03100	03100
21100*		Weich Allyn 03400	03400
21120*		Weich Allyn 03400	03400
21150*		Weich Allyn 03400	03400
22900*		Weich Allyn 02200	02200
23500*		Weich Allyn 00200	00200
Retinoscopios			
No. De modelo	Página de Cat.	Marca de lámpara	No. de pedido
17610	21	Weich Allyn 00900	00900
17710	21	Weich Allyn 04600	04600
18010	4	Weich Allyn 04500	04500
18100	4	Weich Allyn 03700	03700
17600*		Weich Allyn 00900	00900
17700*		Weich Allyn 01800	01800
18000*		Weich Allyn 03000	03000

Fuente. Coyoy Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** Página 29

Tabla VIII. Lista de adaptadores de mango y transiluminadores.

Adaptadores de mango			
<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>
73500	48.52	Welch Allyn 03100	03100
73550	48.52	Welch Allyn 03400	03400



03100



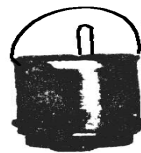
03400

Transiluminadores

<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>
40510	24	Welch Allyn 00200	00200
40515	24	Welch Allyn 00200	00200
40520	24	Welch Allyn 00200	00200
41000	24	Welch Allyn 00200	00200
41001	24	Welch Allyn 00200	00200
41100	12	Welch Allyn 03100	03100
41101	12	Welch Allyn 03100	03100
42700	24	Welch Allyn 00200	00200
43000	24	Welch Allyn 010	01000
43100	24	Protector solamente	01100
43200	24	Welch Allyn 010	01000
43300	12	Welch Allyn 03100	03100
40000*		Welch Allyn 013	01300
504*		GE 14	01400

Luces frontales

<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>
46003	39	GEO 2500	02500
49003	39	Welch Allyn 02600	02600
45003*		GE 64	02000



02000



02500



02600

Fuente. Coyoy Mesa Daniel. Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico. Página 30

Tabla IX. Lista de lámparas

Laringoscopios							
<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>	<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>
Laringoscopios desechables:				67483			
56901	43	W. A.036	03600	67003*	42	W.A.048	04800
56903	43	W.A.036	03600	67484			
Laringoscopio de fibra óptica:				67004*	42	W.A.048	04800
68600	40	W.A.06000	06000	68470			
68601	40	W.A.06000	06000	68500*	42	W.A.047	04700
68602	40	W.A.06000	06000	68471			
68603	40	W.A.06000	06000	68501*	42	W.A.047	04700
68604	40	W.A.06000	06000	68482			
69601	40	W.A.06000	06000	68502*	42	W.A.048	04800
69602	40	W.A.06000	06000	68483			
69603	40	W.A.06000	06000	68503*	42	W.A.048	04800
69604	40	W.A.06000	06000	68484			
Laringoscopios iluminados				68504*	42	W.A.048	04800
63470				69471			
63500*	42	W.A.047	04700	69501*	42	W.A.047	04700
63471				69472			
63501*	42	W.A.047	04700	69502*	42	W.A.048	04800
63482				69483			
63502*	42	W.A.048	04800	69503*	42	W.A.048	04800
63483				69484			
63503*	42	W.A.048	04800	69504*	42	W.A.048	04800
63484							
63504*	42	W.A.048	04800				
66471				Luces de bolsillo profesionales			
66001*	42	W.A.047	04700	<i>No. De modelo</i>	<i>Página de cat.</i>	<i>Marca de lámpara</i>	<i>No. De pedido</i>
66482				76000*		W.A.013	01300
66002*	42	W.A.048	04800	77700*		W.A.013	01300
66483				77600*		W.A.018	01800
66003*	42	W.A.048	04800	77800*		GE14	01400
66484				77900*		W.A.00200	00200
66004*	42	W.A.048	04800				
67471							
67001*	42	W.A.047	04700				
67482							
67002*	42	W.A.048	04800				

Fuente. Coyoy Mesa Daniel. Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico. Página 28

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Después de desarrollar y conocer a fondo el mantenimiento de cada equipo, podemos hacer un programa de mantenimiento con el fin de tener un mayor control de los equipos en las unidades de salud además de prolongar la vida útil de estos aparatos para brindarle un mejor servicio al paciente.

5.1 Mantenimiento de sistemas y diagnóstico de averías

Un sistema puede definirse como todo aquello que está formado por partes componentes conectadas entre sí que constituyen un todo regular y completo. Por lo tanto, todo instrumento o pieza de equipo puede ser considerado como un sistema. La visualización de un sistema completo en diagrama de bloque es una ayuda esencial para el diagnóstico de las averías del sistema.

El propósito del mantenimiento, es conseguir un nivel satisfactorio de la fiabilidad del sistema a un costo razonable y con un máximo de eficiencia. La disponibilidad se define como:

$$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Donde MTBF es el tiempo principal transcurrido entre dos averías y MTTR el tiempo medio necesario para su reparación.

Para obtener altos niveles de disponibilidad, es decir, aproximar ésta al valor de la unidad, el valor de MTTR tiene que ser bajo y esto implica que el sistema puede mantenerse con una relativa facilidad. La probabilidad de mantenimiento se define como la probabilidad de que el sistema que ha fallado sea reparado en condiciones de funcionamiento dentro de un periodo de tiempo dado. El tiempo medio de la reparación y su inversa (u) son medidas de mantenibilidad:

$$u = 1/\text{MTTR}$$

La política de mantenimiento adoptada para un sistema determinado, depende de varios factores, tales como: el tipo de sistema, su localización y funcionamiento, los niveles necesarios de fiabilidad y disponibilidad, el nivel de entrenamiento del equipo de especialistas en mantenimiento y la disponibilidad de piezas de repuesto. Para ciertos tipos de sistemas, la política de mantenimiento puede incluir en su programa detalles de calibración y acciones de mantenimiento preventivo. La calibración, efectuada frecuentemente en intervalos de 90 días en los instrumentos de medida, como los esfigmomanómetros, es realmente un tipo de mantenimiento preventivo, puesto que la misión del mantenimiento es comprobar primeramente el valor de algunos parámetros o características, de sus valores normalizados en las especificaciones y corregir así cualquier avería parcial que pueda haber ocasionado que la calidad de las mediciones del aparato haya estado fuera de los límites de tolerancia.

El verdadero mantenimiento preventivo es una política de cambio de partes de un sistema que se aproxima al fin de su vida media, y están por lo tanto desgastados. El reemplazo se lleva a cabo antes de que el componente falle realmente. Las averías de componentes que entran en período de desgaste o sujetos a continuos desgastes no son causales y pueden preverse. La fiabilidad por lo tanto de un sistema puede aumentarse reemplazando aquellos elementos que están ya en período de desgaste antes que fallen.

Es más difícil predecir con exactitud el punto en el cual el componente entra en su período de desgaste o no resulta económico llevar a cabo un mantenimiento preventivo. Una desventaja más es que los disturbios originados durante una acción de mantenimiento preventivo pueden por si mismo ser causa de fallos.

El mantenimiento correctivo o sustitución en caso de fallo es la acción de servicio que normalmente se requiere para la mayoría de los sistemas electrónicos puesto que, durante la vida útil del sistema, los fallos de las partes componentes del sistema serán enteramente causales. En este caso, no pueden predecirse las averías, y no puede por tanto prevenirse por el equipo de prueba. La ejecución de tales comprobaciones puede ser la causa de averías más bien que la prevención de las mismas. Haciendo comprobaciones rutinarias en un equipo en que las averías son ocasionales puede producirse una disminución de la fiabilidad. El mantenimiento correctivo está relacionado con la detección, la localización y reparación de averías cuando se produzcan.

Como se ha destacado anteriormente, existen tres fases destinadas en la tarea del mantenimiento correctivo:

Detección de la avería. La presencia de una avería debe especificarse anotando cuidadosamente los síntomas. Esto significa que deben realizarse pruebas funcionales, comprobando los resultados reales del sistema en relación con su especificación. Solamente de esta forma se puede obtener una lista completa de los síntomas de la avería. En algunos casos un sistema puede ser considerado como averiado; pero de hecho, la avería puede haberse provocado por funcionamiento incorrecto, y en otros casos el fallo del sistema pudo determinarse con información incorrecta o con muy poca. Una prueba funcional hará posible la detección de la avería y ésta se debe presentar con tanta información como sea posible.

Localización de la avería. El objetivo ahora es reducir la búsqueda de la causa de la avería, primero a un bloque dentro del sistema, y finalmente a un elemento dentro del bloque. Este objetivo se simplifica por el uso de un método o mezcla de métodos de detección de fallas.

Reparación de la avería. El componente averiado o parte averiada son reparados o reemplazados. Se debe llevar a cabo una prueba funcional de la totalidad del sistema posterior a la reparación.

5.2 Cuadros de control de mantenimiento

A continuación se presenta una serie de cuadros de control de mantenimiento que nos pueden servir de gran ayuda para poder conservar en buen estado el equipo además de poder garantizar su buen funcionamiento.

En primer lugar se elaboró un cuadro para el control general de los esfigmomanómetros, con el fin de tener una idea mas concreta del estado de dicho equipo en las unidades de salud del área de Guatemala.

Tabla X. Control de esfigmomanómetros para unidades de salud del área de Guatemala.

MARCA	TIPO DE ESFIGMOMANÓMETRO			SE HA CALIBRADO ANTERIORMENTE		TIENE ALGUNA FALLA		TIPO DE FALLA
	ANEROIDE	MERCURIO	OTRO	SI	NO	SI	NO	

Uno de los cuadros que nos proporciona una gran ayuda para dar mantenimiento a los esfigmomanómetros es la hoja de control para la inspección del estado de su buen funcionamiento.

Tabla XI. Cuadro para revisar el funcionamiento de esfigmomanómetros.

ELEMENTO	ESTADO			CAMBIO	CORRECCIÓN	LIMPIEZA
	B	R	M			
Pera: Cauca Válvula antirretorno Válvula reguladora						
Brazalete: Funda Vejiga Cinta Ganchos						
Tubo Depósito Aneroide Mercurio Escala						

Fuente. Coyoy Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** Página 11.

A continuación presentamos en las tablas XII, XIII y XIV cuadros que son muy útiles a la hora de implementar un plan de mantenimiento para equipo médico de diagnóstico. En dichos cuadros se presenta la rutina de mantenimiento preventivo para los esfigmomanómetros, los estetoscopios y los estuches de diagnóstico.

Tabla XII. Rutina de mantenimiento preventivo de los esfigmomanómetros.

GUIA PARA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ESFIGMOMANÓMETROS

RUTINA No. _____ CÉDULA EQUIPO: _____
 NÚMERO ORDEN: _____ MARCA: _____
 FECHA: _____ MODELO: _____
 REALIZADA POR: _____

	DIARIO
	SEMANTAL
	QUINCENAL
	MENSUAL

<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<ol style="list-style-type: none"> 1. REVISIÓN DE MERCURIO 2. REVISIÓN DE PERILLA Y BRAZALETE 3. CONTROL DE MERCURIO (VER SI ESTA SUCIO) 4. CONTROL DEL RELOJ (INDICADOR ANEROIDE)
--	--

Fuente. Coyay Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico**. Página 13.

Tabla XIII. Guía para la rutina de mantenimiento de los estetoscopios.

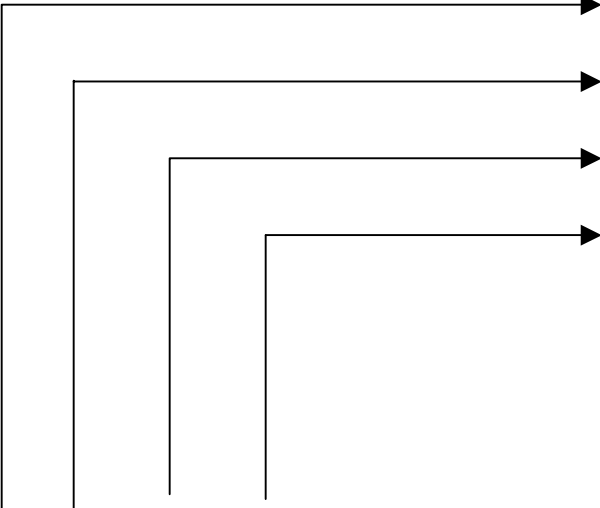
GUIA PARA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ESTETOSCOPIOS	
RUTINA No. _____	CÉDULA EQUIPO: _____
NÚMERO ORDEN: _____	MARCA: _____
FECHA: _____	MODELO: _____
REALIZADA POR: _____	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<ol style="list-style-type: none"> 1. OLIVAS 2. TUBO TRANSMISOR 3. MUELLE 4. TUBO 5. VÁSTAGO 6. CÁPSULA 7. ARILLO 8. MEMBRANA

Fuente. Coyay Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** Página 05

Tabla XIV. Guía para la rutina de mantenimiento preventivo de los estuches de diagnóstico.

GUIA PARA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ESTUCHES DE DIAGNÓSTICO

RUTINA No. _____ CÉDULA EQUIPO: _____
NUMERO ORDEN: _____ MARCA: _____
FECHA: _____ MODELO: _____
REALIZADA POR: _____

	DIARIO SEMANTAL QUINCENAL MENSUAL
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1. REVISIÓN DEL MANGO DE PILAS 2. LIMPIEZA DEL CONTACTO DE LOS FOCOS

Fuente. Coyay Mesa Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico**. Página 25

Tabla XV. Registro de datos para la calibración de esfigmomanómetros.

REGISTRO DE DATOS DE ESFIGMOMANÓMETROS									
referencia	situación de entrada			calibración final			Desvío	observaciones	
	ascendente	descendente	media	ascendente	descendente	media			
0									
20									
30									
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									
140									
150									
160									
170									

En la tabla anterior se presenta una guía para hacer un recuento de todas las mediciones efectuadas antes y después de la calibración, estas mediciones se hacen de forma ascendente y de forma descendente con el fin de detectar alguna diferencia entre ellas, tales mediciones se efectúan desde cero hasta el valor máximo que muestra el reloj indicador del esfigmomanómetro. Posteriormente se vuelve hacer dicho procedimiento, con la diferencia que el esfigmomanómetro se encuentra ya calibrado, lo que buscamos es que la medición ascendente y descendente sea igual o con un grado de tolerancia de ± 2 mmHg, con esta última operación podemos comprobar que esfigmomanómetro se encuentra perfectamente calibrado.

5.3 El papel del técnico biomédico

Desde hace unos años se ha adquirido millones de dólares en equipos médicos electrónicos por hospitales y unidades de salud no tomando en cuenta la instalación, mantenimiento y reparación requerida por la mayoría de estos instrumentos. La naturaleza especializada del equipo médico y la dependencia de la vida asociada con muchos mecanismos requiere un técnico que esté familiarizado no únicamente con los mecanismos internos del equipo, sino con la operación del mismo y en el momento en que el paciente tenga que colocarse frente al instrumento.

Los nombres de ingeniería biomédica, ingeniería clínica y técnicos de equipo biomédico se refieren a éste ramo y han obtenido una aceptación mundial en el campo al cuidado de la salud. Al hablar de un técnico de equipo biomédico sus funciones son generalmente, aunque no necesariamente, aquellas que se relacionan con la reparación y mantenimiento de los equipos biomédicos del área. Su capacidad puede incluir instalación, calibración, inspección, mantenimiento preventivo y reparación de equipo biomédico en general y equipo de prueba relacionado con este, al igual que operación o supervisión de control de equipo, sistemas o programas de seguridad eléctrica y mantenimiento preventivo.

Las responsabilidades de los técnicos de equipo biomédico en un hospital o unidad de salud son diversificadas. La cantidad de equipo que este a su cargo puede ser variada y éste debe estar consiente de los principios que hay tras la operación y funcionamiento de todo el equipo al cual está asignado y presta servicio.

Las responsabilidades de un técnico de equipo biomédico van más allá del servicio y calibración de la instrumentación de precisión. Algunas veces es responsabilidad del técnico dar este adiestramiento. Dando por hecho que a juicio del personal médico el equipo ha funcionado satisfactoriamente, se remite la solicitud y recomendación correspondiente para la inclusión en el presupuesto y la consiguiente compra, dicha solicitud va generalmente acompañada de la recomendación del técnico biomédico, quien es responsable en determinar cuales son los repuestos necesarios en existencia y se asegurará que los mismos sean pedidos y de mantener un control de inventario.

El mantenimiento periódico incluye generalmente limpieza y pruebas de los instrumentos y el asegurar que la operación del mismo se lleve a cabo dentro del marco de especificaciones del fabricante, para esto el técnico debe tener el archivo de manuales de servicio a su disposición, el segundo archivo es el archivo de repuestos que contiene información del fabricante, las cuales enlistan la variedad de componentes que ellos producen, el tercer archivo es el catálogo de ventas de equipo, que contiene literatura del fabricante con respecto a nuevos productos, el cuarto archivo es el de inventario, donde el técnico posee los datos como nomenclatura del equipo, número de serie, ubicación y estado del equipo, el inventario debe tomarse una vez por año.

El quinto archivo y quizá más importante, es el archivo historial del mantenimiento preventivo de los equipos, allí se conservarán datos permanentes con respecto al equipo que ha sido atendido en el laboratorio de equipo biomédico. Cada reparación, calibración o ajustes es registrado en una tarjeta o en una libreta historial. Dicho procedimiento permite al técnico localizar problemas repetitivos.

5.4 Operación adecuada del equipo de diagnóstico

Tendencias recientes han mostrado que cuando los instrumentos médicos son debidamente operados, el grado de falla decrece substancialmente. Esto desde luego es benéfico para todo aquel que esté involucrado, el encargado, el operador, el técnico y en el hospital todos comparten las ganancias igualmente.

El uso apropiado de seminarios de equipos son esencialmente importantes y conducirán a una gran reducción en cuanto a abuso de equipo y error de operación. Esto a su vez reducirá el número de llamadas de servicio que recibe el departamento de instrumentación médica.

Al igual que el mantenimiento preventivo los programas de inspección son presentados en base a una calendarización. Cuando un equipo se lleva al laboratorio o taller para efectuar reparaciones, se revisa el archivo que contiene la historia del mantenimiento preventivo para ese equipo. Si se venció el tiempo para el mantenimiento, se ejecutan dichas tareas. En el caso de que no sea tiempo de prestar ese servicio entonces se repara el instrumento, se anotan las reparaciones en el archivo historial y se regresa de inmediato al servicio.

Los programas de capacitación acerca del equipo usualmente no son presentados en base a una calendarización. Más bien cada vez que la necesidad surge. Hay varias formas de establecer estas necesidades, siendo una de ellas el implementar la tendencia de falla del equipo. Esto es determinar quien o que sección o departamento produce la mayor cantidad de llamadas de servicio con relación a una parte específica del equipo. Muy a menudo, se descubre que el problema no tiene su origen en el equipo sino, en la técnica que emplea el usuario o encargado. En cualquier proporción ello le indicará si un seminario de capacitación es necesario o no. Otro método es durante las inspecciones de rutina de mantenimiento preventivo.

Generalmente, a través de intercambio de ideas el encargado recuerda el procedimiento de algún paso operativo, el cual puede haber estado realizado inadecuadamente, creando en consecuencia errores que posteriormente fueron registrados como errores del instrumento. Finalmente la razón más obvia para llevar a cabo seminarios de capacitación de equipos, es cuando se produce cambio de personal, es decir, siempre que se produzca la adquisición de servicios de una persona que se asigne la operación de un instrumento médico en particular o algún instrumento de laboratorio. Esta persona deberá ser instruida en la operación funcional y uso adecuado y seguro del instrumento a pesar que bien puede haber tenido experiencia previa en cuanto se refiere al uso y manejo de los instrumentos.

Es de vital importancia que todos los integrantes del personal, en cualquier momento, sean expuestos al uso seguro y apropiado de los instrumentos médicos con los que se trabaja.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo es un proyecto que servirá para la capacitación del personal de los Centros de Salud con el fin de darle mantenimiento a los equipos médicos de diagnóstico y así mejorar los conocimientos del personal técnico.
2. Basándose en un plan de mantenimiento se establece un mecanismo para detectar el estado actual de funcionamiento del equipo, mediante encuestas, debe hacerse cada 6 meses, para poder conocer, realmente, lo que sucede, ya que, los equipos se encuentran en constante uso.
3. Se presentó una guía práctica para la calibración de los esfigmomanómetros que da los pasos básicos de cómo debe efectuarse dicha operación.
4. Se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo y correctivo del equipo médico de diagnóstico, para el uso del personal de mantenimiento con el fin de mejorar su eficiencia.
5. Se logró la evaluación del equipo actual en los Centros de Salud, dando a conocer que la mayoría se encontraban en mal estado de funcionamiento.

RECOMENDACIONES

1. Es importante poner mucha atención y no dejar de lado la necesidad de darle mantenimiento al equipo médico de diagnóstico, para que se brinde un mejor servicio a la población, pues, es un equipo, relativamente, sencillo pero que es importante a la hora de hacer un diagnóstico a un paciente.
2. En cualquier Centro de Salud el equipo debe inventariarse en cada escalón asistencial por edad, tipo y estado de funcionamiento para tener una ficha técnica y, a la vez, una hoja de mantenimiento donde tendremos escrito cuáles han sido las reparaciones que se le han efectuado al equipo y, así, poder seguir con una rutina periódica de mantenimiento.
3. La calibración de los esfigmomanómetros es muy importante y delicada, debido a las consecuencias que puede tener que dicho equipo no esté calibrado, dando una lectura incorrecta de la presión arterial de un paciente, debido a eso puede recetarse un medicamento, completamente, equivocado, esto podría ocasionar daños en la salud del paciente hasta causarle la muerte.
4. Los esfigmomanómetros, los estetoscopios y los estuches de diagnóstico son equipos médicos sencillos, pero, a la vez, los que se encuentra en mayores cantidades, si se presta atención a su mantenimiento se estaría garantizando un mayor beneficio en la salud de la población.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kumate, Jesús. **Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto.** 1ª ed. México: s.e. 2000. 35 pp.
2. Salinas, Salomón. **Manual del instructor para la enseñanza de tecnología biomédica.** 1ª ed. Guatemala: s.e. s.a. 423 pp.
3. Cheng, Michael. **El mantenimiento del material médico esencial.** 1ª ed. (volumen 150). Canadá: s.e. 1994. 216 pp.
4. Coyoy, Daniel. **Programa de mantenimiento preventivo equipo médico básico.** 1ª ed. Guatemala: s.e. 1993. 51 pp.
5. Díaz, Cesar. **Manual de uso y mantenimiento de equipo.** 1ª ed. Guatemala. APRESAL. 2000. 18 pp.
6. Amorín, Julián. **Fundamentos de instrumentación biomédica.** 1ª ed. Guatemala: s.e. 1993. 90 pp.
7. Hernández, Ernesto. **Fundamentos de fisiología.** 1ª ed. México: s.e. 1991. 243 pp.