



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

**REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES
DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS
TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO
PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

Herbert Gabriel Estupinián Monzón

Asesorado por el Ing. Julio Edgardo Ajanel León

Guatemala, junio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES
DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS
TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO
PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERBERT GABRIEL ESTUPINIÁN MONZÓN
ASESORADO POR EL ING. JULIO EDGARDO AJANEL LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
EXAMINADOR	Ing. Julio Edgardo Ajanel León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha junio de 2009.


Herbert Gabriel Estupinián Monzón



Guatemala, 31 de mayo de 2011.

Ref.EPS.DOC.715.05.11.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

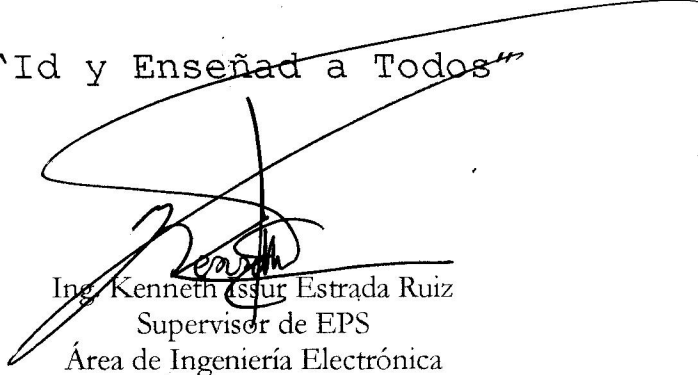
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Herbert Gabriel Estupinián Monzón** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, con carné No. **199212896**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

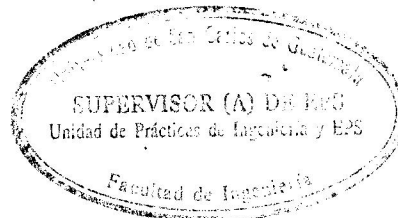
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Kenneth Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Electrónica

c.c. Archivo
KIER/ra





Guatemala, 31 de mayo de 2011.

Ref.EPS.D.454.05.11.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Puente Romero.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Herbert Gabriel Estupinián Monzón**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Julio Edgardo Ajanel León y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

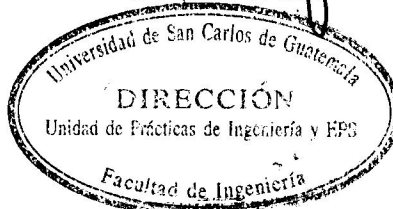
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Ref. EIME 63. 2011
Guatemala, 30 de SEPTIEMBRE 2011.

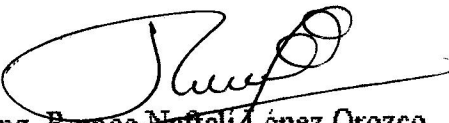
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO:
MONITORES DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES
PULMONARES, MÓDULOS TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA
DE OPERACIONES DESARROLLADO PARA EL HOSPITAL SAN
JUAN DE DIOS", del estudiante Herbert Gabriel Estupinián
Monzón, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Romeo Nefalí López Orozco
Coordinador de Electrotécnica



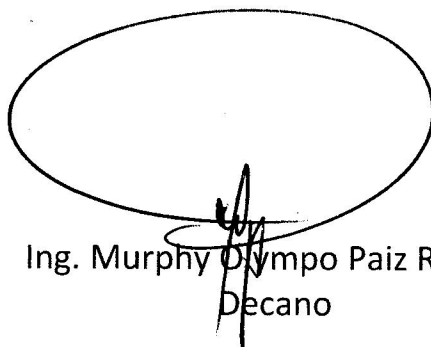
RNLO /sro



DTG. 275.2012

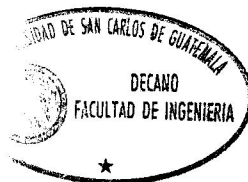
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **REINGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MÉDICO: MONITORES DE SIGNOS VITALES, VENTILADORES PULMONARES, MÓDULOS TÉRMICOS Y LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES, DESARROLLADO PARA EL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Herbert Gabriel Estupinián Monzón**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de junio de 2012.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Que nos da todo.

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por la excelencia en educación superior.

Guatemala

Mi país, nuestro país.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Por bendecirme infinitamente en toda mi vida.

Mis padres Por su apoyo total e incondicional en todo.
Gabriel Estupinián Rodríguez
Alicia Monzón Illescas

Mi hermano Por ser el mejor hermano que puedo tener.
Edwin Estupinián Monzón

Univesidad de San Carlos Por su alto nivel académico en mi educación
de Guatemala superior.

Hospital Por su incalculable ayuda en la realización de
San Juan de Dios mi EPS.
Depto. de mantenimiento
Ing. Axel Higueros
Ing. Julio Ajanel

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
1. MANTENIMIENTO.....	1
1.1. Mantenimiento hospitalario.....	1
1.1.1. Mantenimiento preventivo.....	2
1.1.1.1. Descripción de las rutinas de mantenimiento.....	3
1.1.1.2. Control de mantenimiento.....	3
1.1.1.3. Mantenimiento de emergencia.....	4
1.1.1.4. Instructivos y procedimientos.....	5
1.1.1.4.1. Procedimiento de revisión general funcional.....	5
1.1.1.4.2. Operación durante uso....	5
1.1.1.5. Registros de equipo.....	5
1.1.1.5.1. Fichas de mantenimiento.....	6
1.1.1.5.2. Ficha de registro de consumos e insumos.....	6
1.1.1.5.3. Análisis de costos.....	6
1.1.2. Mantenimiento correctivo.....	7
1.1.3. Análisis FODA.....	8

	1.1.3.1.	Fortalezas.....	8
	1.1.3.2.	Oportunidades.....	9
	1.1.3.3.	Debilidades.....	9
	1.1.3.4.	Amenazas.....	10
2.	REINGENIERÍA.....		11
	2.1.	Definición.....	12
3.	SEGURIDAD ELÉCTRICA EN EQUIPOS MÉDICOS.....		15
	3.1.	Problemas de seguridad eléctrica.....	15
		3.1.1. Intercambio de cargas eléctricas.....	15
		3.1.2. Circulación de corriente.....	16
	3.2.	Efecto de la corriente.....	16
	3.3.	Corriente de fuga.....	16
		3.3.1. Causas de la corriente de fuga.....	17
		3.3.2. Tipos de corrientes de fuga.....	17
		3.3.2.1. De origen resistivo.....	17
		3.3.2.2. De origen capacitivo.....	17
		3.3.2.3. Corriente de fuga a tierra.....	17
		3.3.2.4. Corriente de fuga a chasis.....	18
		3.3.2.5. Corriente de fuga de paciente.....	18
		3.3.2.6. Corriente de fuga auxiliar del paciente.	18
		3.3.2.7. Corriente de fuga funcional del paciente.....	18
4.	SEGURIDAD ELÉCTRICA EN QUIROFANOS.....		19
	4.1.	Condiciones ambientales.....	19
		4.1.1. Humedad.....	19
		4.1.2. Vibraciones mecánicas.....	20

4.1.3.	Instalación eléctrica.....	20
4.1.4.	Temperatura.....	20
4.2.	Seguridad eléctrica.....	21
4.3.	Funcionalidad y calibración.....	21
5.	MONITOR DE SIGNOS VITALES.....	23
5.1.	Signos vitales.....	23
5.2.	Tipos de señales.....	24
5.2.1.	Temperatura corporal.....	24
5.2.1.1.	Métodos para determinar la temperatura corporal	26
5.2.1.2.	Temperatura rectal.....	26
5.2.1.3.	Temperatura bucal.....	27
5.2.1.4.	Temperatura axilar.....	27
5.2.1.5.	Temperatura del tímpano.....	27
5.2.1.6.	Temperatura arterial.....	28
5.2.2.	Presión arterial.....	28
5.2.2.1.	Presión sistólica.....	29
5.2.2.2.	Presión diastólica.....	29
5.2.2.3.	Presión arterial diferencial o presión del pulso.....	29
5.2.2.4.	Presión arterial media.....	30
5.2.2.5.	Métodos para medir presión arterial.....	31
5.2.2.5.1.	Medición directa.....	31
5.2.2.5.2.	Método palpatorio o de Riva-Rocci.....	32
5.2.2.5.3.	Método auscultatorio de Korotkow.....	32
5.2.2.5.4.	Método oscilométrico.....	34

5.2.3.	Frecuencia cardiaca.....	36
5.2.3.1.	Zonas de exploración del pulso arterial.....	37
5.2.4.	Frecuencia respiratoria.....	38
5.3.	Estándares de señales.....	38
5.3.1.	Temperatura.....	38
5.3.2.	Frecuencia cardiaca.....	39
5.3.3.	Frecuencia respiratoria.....	39
5.3.4.	Presión sanguínea.....	40
5.4.	Funcionamiento.....	40
5.4.1.	Temperatura corporal.....	40
5.4.2.	Presión arterial.....	41
5.4.3.	Frecuencia cardiaca.....	41
5.4.4.	Frecuencia respiratoria.....	41
5.5.	Partes del monitor de signos vitales.....	42
5.5.1.	Panel frontal.....	42
5.5.2.	Panel posterior.....	43
5.5.3.	Panel lateral.....	44
5.5.4.	Puertos de comunicación.....	45
5.5.5.	Tarjeta principal.....	46
5.5.6.	Tarjeta fuente.....	47
5.5.7.	Módulo NIBP o niveles de presión arterial.....	48
5.5.8.	Tarjeta de ECG o frecuencia cardiaca.....	49
5.5.9.	Tarjeta de saturación de oxígeno.....	50
5.5.10.	Tarjeta de presiones arteriales.....	51
5.5.11.	Tarjeta de capnografía.....	52
5.5.12.	Tarjeta de gases anestésicos.....	53
5.5.13.	Bomba para CO2 y gases.....	54
5.5.14.	Tarjeta inversora.....	55

5.6.	Reingeniería de mantenimiento.....	56
5.6.1.	Análisis FODA de monitores de signos vitales.....	56
5.6.1.1.	Fortalezas.....	56
5.6.1.2.	Oportunidades.....	57
5.6.1.3.	Debilidades.....	57
5.6.1.4.	Amenazas.....	57
5.6.2.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	57
5.6.2.1.	Actividades antes de instalar el monitor de signos vitales.....	58
5.6.2.2.	Rutina semanal de mantenimiento preventivo.....	59
5.6.2.3.	Rutina mensual de mantenimiento preventivo.....	60
5.6.2.4.	Rutina trimestral de mantenimiento preventivo.....	62
5.6.2.4.1.	Verificación de NIBP o niveles de presión arterial.....	63
5.6.2.4.2.	Verificación de CO2 o bióxido de carbono.....	64
5.6.2.4.3.	Verificación de IBP o presión arterial.....	65
5.6.2.5.	Rutina anual de mantenimiento preventivo.....	67
5.6.3.	Fallas usuales en utilización y funcionamiento de monitores de signos vitales.....	67
5.7.	Inventario de monitores de signos vitales.....	68
5.8.	Conclusiones y recomendaciones para monitores de signos vitales.....	70

6.	VENTILADOR PULMONAR.....	71
6.1.	Ventilación pulmonar.....	71
6.1.1.	Inspiración.....	72
6.1.2.	Espiración.....	72
6.1.3.	Balance de presiones.....	73
6.1.4.	Intercambio de gases en los pulmones.....	76
6.1.5.	Volúmenes y capacidades pulmonares estáticos.....	78
6.1.6.	Volúmenes pulmonares y flujos aéreos dinámicos...	80
6.2.	Ventilación mecánica.....	82
6.2.1.	Principios físicos de la ventilación mecánica.....	83
6.2.1.1.	Insuflación.....	83
6.2.1.2.	Meseta.....	84
6.2.1.3.	Deflación.....	85
6.2.1.3.1.	Gatillo o <i>trigger</i>	85
6.2.1.3.2.	Límite.....	85
6.2.1.3.3.	Ciclado.....	85
6.2.2.	Objetivos de la ventilación mecánica.....	87
6.2.2.1.	Objetivos fisiológicos.....	87
6.2.2.2.	Objetivos clínicos.....	87
6.3.	Parámetros del ventilador pulmonar.....	88
6.3.1.	Ventilación.....	88
6.3.1.1.	Modo de ventilación.....	88
6.3.1.2.	Volumen de corriente (VC).....	89
6.3.1.3.	Frecuencia respiratoria (Fr).....	89
6.3.2.	Oxigenación.....	89
6.3.2.1.	Fracción inspirada de oxígeno (FiO ₂)...	89
6.3.3.	Mecánica pulmonar.....	89
6.3.3.1.	Relación de la duración entre inspiración y espiración (I:E).....	90

	6.3.3.2.	Flujo inspiratorio (Vi).....	90
	6.3.3.3.	Presiones respiratorias.....	90
	6.3.3.4.	Limites de las alarmas.....	90
6.4.		Funcionamiento del ventilador pulmonar.....	91
	6.4.1.	Modos de funcionamiento.....	92
	6.4.2.	Modos de operación.....	92
	6.4.2.1.	Ventiladores con ciclo de presión.....	93
	6.4.2.2.	Ventiladores con ciclo de volumen.....	93
	6.4.2.3.	Ventiladores con ciclo de tiempo.....	94
	6.4.2.4.	Combinación de modos de operación..	94
6.5.		Partes del ventilador pulmonar.....	95
6.6.		Reingeniería de mantenimiento.....	98
	6.6.1.	Análisis FODA de ventiladores pulmonares.....	98
	6.6.1.1.	Fortalezas.....	99
	6.6.1.2.	Oportunidades.....	99
	6.6.1.3.	Debilidades.....	99
	6.6.1.4.	Amenazas.....	99
	6.6.2.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	100
	6.6.2.1.	Actividades antes de utilizar el ventilador pulmonar.....	100
	6.6.2.2.	Rutina semanal de mantenimiento preventivo.....	102
	6.6.2.3.	Rutina mensual de mantenimiento preventivo.....	103
	6.6.3.	Fallas, causas y soluciones en funcionamiento de ventiladores pulmonares.....	104
6.7.		Inventario de ventiladores pulmonares.....	105
6.8.		Conclusiones y recomendaciones para ventiladores pulmonares.....	107

7.	MÓDULOS TÉRMICOS.....	109
7.1.	Características.....	109
7.2.	Funcionamiento.....	110
7.3.	Partes del módulo térmico.....	111
7.3.1.	Módulo de calentamiento.....	111
7.3.2.	Alarma remota.....	111
7.3.3.	Sistema de fototerapia.....	111
7.3.4.	Panel de control.....	112
7.3.5.	Conector de sonda de temperatura del cuerpo.....	112
7.3.6.	Cuna.....	112
7.3.7.	Módulo de cajones.....	112
7.3.8.	Sistema de oxígeno.....	112
7.3.9.	Base inclinadora de la cuna.....	113
7.3.10.	Rodaja.....	113
7.3.11.	Pedestal.....	113
7.3.12.	Base de pedestal.....	113
7.3.13.	Panel lateral.....	113
7.3.14.	Luz de examen.....	114
7.4.	Reingeniería de mantenimiento.....	114
7.4.1.	Análisis FODA de módulos térmicos.....	114
7.4.1.1.	Fortalezas.....	114
7.4.1.2.	Oportunidades.....	115
7.4.1.3.	Debilidades.....	115
7.4.1.4.	Amenazas.....	115
7.4.2.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	115
7.4.2.1.	Actividades antes de utilizar el módulo térmico.....	115
7.4.2.2.	Rutina diaria de mantenimiento preventivo.....	116

7.4.2.3.	Rutina semanal de mantenimiento preventivo.....	117
7.4.2.4.	Rutina mensual de mantenimiento preventivo.....	118
7.4.2.5.	Rutina trimestral de mantenimiento preventivo.....	118
7.4.3.	Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de módulos térmicos.....	119
7.5.	Inventario de módulos térmicos.....	120
7.6.	Conclusiones y recomendaciones para módulos térmicos.....	122
8.	LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES.....	123
8.1.	Características.....	124
8.1.1.	Iluminación.....	124
8.1.2.	Calidad del color.....	124
8.1.3.	Diámetro de campo iluminado.....	125
8.1.4.	Calor.....	125
8.2.	Tipos de lámparas.....	126
8.2.1.	Lámpara de una luminaria.....	126
8.2.2.	Lámpara multifocal.....	126
8.2.3.	Lámpara quirúrgica portátil.....	127
8.3.	Funcionamiento.....	128
8.4.	Reingeniería de mantenimiento.....	129
8.4.1.	Análisis FODA de lámparas de sala de operaciones.....	129
8.4.1.1.	Fortalezas.....	130
8.4.1.2.	Oportunidades.....	130
8.4.1.3.	Debilidades.....	130
8.4.1.4.	Amenazas.....	130

8.4.2.	Rutinas de mantenimiento preventivo.....	131
8.4.2.1.	Actividades antes de utilizar las lámparas de sala de operaciones.....	131
8.4.2.2.	Rutina diaria de mantenimiento preventivo.....	131
8.4.2.3.	Rutina semanal de mantenimiento preventivo.....	132
8.4.2.4.	Rutina mensual de mantenimiento preventivo.....	133
8.5.	Inventario de lámparas de sala de operaciones.....	134
8.6.	Conclusiones y recomendaciones para lámparas de sala de operaciones.....	135
CONCLUSIONES.....		137
RECOMENDACIONES.....		139
BIBLIOGRAFÍA.....		141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Factores de termorregulación.....	25
2.	Medición de temperatura del tímpano.....	28
3.	Determinación de la presión arterial por el método auscultatorio.....	34
4.	Oscilaciones arteriales.....	35
5.	Zonas para determinación del pulso arterial.....	37
6.	Panel Frontal.....	42
7.	Panel Posterior.....	43
8.	Panel lateral.....	44
9.	Puertos de comunicación.....	45
10.	Tarjeta principal.....	46
11.	Tarjeta fuente.....	47
12.	Módulo NIBP o niveles de presión arterial.....	48
13.	Tarjeta de ECG o frecuencia cardiaca.....	49
14.	Tarjeta de saturación de oxígeno.....	50
15.	Tarjeta de presiones arteriales.....	51
16.	Tarjeta de capnografía.....	52
17.	Tarjeta de gases anestésicos.....	53
18.	Bomba para CO2 y gases.....	54
19.	Tarjeta inversora.....	55
20.	Conexión a tierra del monitor de signos vitales.....	58
21.	Monitor de signos vitales.....	59
22.	Cable ECG o frecuencia cardiaca.....	60
23.	Sensor SPO2 o pulso cardiaco.....	60

24.	Verificación de NIBP o niveles de presión arterial.....	64
25.	Verificación de CO ₂ o bióxido de carbono.....	65
26.	Verificación de IBP o presión arterial.....	66
27.	Curvas de presión (Paw) y de flujo (V) en vías aéreas durante un ciclo respiratorio en ventilación mecánica.....	84
28.	Curvas de flujo (V) y presión (Paw) en respirador volumétrico, manométrico limitado por presión y ciclado por tiempo.....	86
29.	Componentes del sistema.....	95
30.	Ventilador pulmonar.....	96
31.	Circuito paciente.....	101
32.	Filtro.....	103
33.	Lámpara de sala de operaciones.....	123
34.	Lámpara multifocal.....	127
35.	Lámpara quirúrgica portátil.....	127
36.	Lámpara de sala de operaciones.....	129

TABLAS

I.	Clasificación de la presión arterial en adultos.....	31
II.	Temperaturas corporales del ser humano.....	38
III.	Frecuencias cardíacas del ser humano.....	39
IV.	Frecuencias respiratorias del ser humano.....	39
V.	Presiones sanguíneas del ser humano.....	40
VI.	Inventario de monitores de signos vitales en Hospital San Juan de Dios.....	68
VII.	Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de ventiladores pulmonares.....	104
VIII.	Inventario de ventiladores pulmonares en Hospital San Juan de Dios.....	105

IX.	Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de módulos térmicos.....	119
X.	Inventario de módulos térmicos en Hospital San Juan de Dios.....	120
XI.	Inventario de lámparas de sala de operaciones en Hospital San Juan de Dios.....	134

GLOSARIO

Adrenalina	Hormona segregada principalmente por la masa medular de las glándulas suprarrenales, poco soluble en agua, levógira y cristalizable. Es un poderoso constrictor de los vasos sanguíneos, por lo que se utiliza como un medicamento hemostático.
Alveolar	Pertenece o relativo a los alvéolos de los dientes o de los pulmones.
Alveolo	Cada una de las fositas hemisféricas en que terminan las últimas ramificaciones de los bronquiolos.
Barotrauma	Presencia del aire extra-alveolar en los pacientes sometidos a ventilación mecánica.
Basal	Se dice del nivel de actividad de una función orgánica en o durante el reposo y el ayuno.
Capnografía	Representación gráfica generada por la exposición continua de CO ₂ en las vías aéreas del paciente en función del tiempo.
Conducto	Cada uno de los tubos o canales que, en gran número, se hallan en los cuerpos organizados para la vida y sirven a las funciones fisiológicas.

Deflación	Descenso del nivel de oxígeno.
Dilución	Acción y efecto de diluir.
Distensibilidad	Pérdida de la tensión.
Electrostático	Perteneciente o relativo a la electrostática.
Electrostática	Parte de la física que estudia todos los sistemas de cuerpos electrizados en equilibrio.
Espiración	Acción y efecto de espirar.
Espiograma	Medición de la capacidad respiratoria de los pulmones.
Glutaraldehido	Solución en forma alcalina, neutra ó ácida con propiedades anticorrosivas.
Hemoglobina	Proteína de la sangre, la cual es de color rojo característico, que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos.
Impedancia	Relación entre la tensión alterna aplicada a un circuito y la intensidad de la corriente producida. Se mide en ohmios.
Inspiración	Acción y efecto de inspirar o inspirarse.
Insuflación	Acción y efecto de insuflar.

Nebulización	Proyectar un líquido en finísimas gotas.
Noradrenalina	Hormona ubicada en la médula adrenal, la cual actúa como neurotransmisor en el sistema simpático.
Oscilométrico	Característica específica de oscilar métricamente.
Oxihemoglobina	Hemoglobina con oxígeno.
Tetanizar	Tensar. La contracción involuntaria e incontrolable en un músculo.
Viscosidad	Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.
Volutrauma	Síndrome de lesión pulmonar, la cual está asociada a la ventilación mecánica.

RESUMEN

El presente informe final de ejercicio profesional supervisado (EPS) consiste en un proyecto de Reingeniería de mantenimiento del equipo médico: monitores de signos vitales, ventiladores pulmonares, módulos térmicos y lámparas de sala de operaciones, desarrollado para el hospital San Juan de Dios.

El capítulo uno contiene información general acerca de qué es mantenimiento, el mantenimiento hospitalario, el mantenimiento preventivo y correctivo, así como también qué es el análisis FODA. El capítulo dos incluye toda la información acerca de Reingeniería. El capítulo tres contiene la seguridad eléctrica en general, seguridad eléctrica en equipos médicos y en quirófanos.

Los capítulos cuatro, cinco, seis y siete contienen descripción, el funcionamiento y la reingeniería de mantenimiento de monitores de signos vitales, los ventiladores pulmonares, módulos térmicos y lámparas de sala de operaciones, respectivamente.

Cada reingeniería de mantenimiento del equipo médico cuenta con: análisis FODA, rutinas de mantenimiento preventivo antes de instalar el equipo, rutinas de mantenimiento preventivo diaria, semanal, mensual, trimestral y anual, según corresponda; también contiene el inventario del equipo médico existente en el hospital, conclusiones y recomendaciones.

Las principales conclusiones generales son: contratar más personal técnico de mantenimiento, realizar especializaciones técnicas necesarias, evaluaciones periódicas al personal técnico de mantenimiento y capacitar al personal médico operativo acerca del adecuado uso del equipo médico.

El hospital San Juan de Dios es propiedad de la población guatemalteca y todos los servicios que el hospital brinde al ciudadano deben de ser óptimos en la medida de lo que se pueda, atendiendo al presupuesto y al personal con el cual se pueda contar.

INTRODUCCIÓN

Este es el informe final de graduación para proyecto de reingeniería de mantenimiento del equipo médico del hospital San Juan de Dios, comprende los equipos médicos tales como monitores de signos vitales, ventiladores pulmonares, módulos térmicos y lámparas de sala de operaciones.

La situación actual del equipo mencionado en el Hospital San Juan de Dios tiene aspectos buenos, pero también tiene aspectos que no deben existir, los recursos económicos con los cuales funciona el hospital y específicamente el departamento de mantenimiento no son los recursos óptimos, por lo cual es necesario optimizar los recursos existentes al máximo, tanto en dinero como en los equipos médicos que son usados actualmente en el hospital, ya que no hay más presupuesto disponible.

En este proyecto se contempla el funcionamiento, aplicaciones y mantenimiento preventivo del equipo médico, teniendo como meta toda la reingeniería del mantenimiento del mismo y por consiguiente en primer lugar una mejor atención a las personas, en segundo lugar un mejor desempeño y vida útil del equipo médico y en tercer lugar un mejor y total aprovechamiento de los recursos tanto humanos, físicos y económicos del hospital.

OBJETIVOS

General

Diseñar un proyecto de reingeniería de mantenimiento del equipo médico: monitores de signos vitales, ventiladores pulmonares, módulos térmicos y lámparas de sala de operaciones, que sea de gran utilidad en el hospital San Juan de Dios para contribuir al servicio que dicha institución de salud presta al guatemalteco.

Específicos

1. Desarrollar una guía de recomendaciones técnicas de uso que sirva para apoyo al proceso de mantenimiento preventivo.
2. Diseñar proyecto de reingenierías de los equipos médicos mencionados de acuerdo a las necesidades del hospital.
3. Capacitar al personal relacionado con el equipo médico mencionado.

1. MANTENIMIENTO

Definición

El mantenimiento es el conjunto de actividades desarrolladas con el fin de conservar los inmuebles, equipos, instalaciones, herramientas, etcétera en condiciones de funcionamiento óptimo, seguro, eficiente y económico, previniendo daños que pudieran suceder en el futuro y cuando ya no es posible prevenirlos entonces repararlos de la mejor manera.

Los tipos de mantenimiento que pueden prestarse a un equipo pueden significar la prevención de posibles fallas o reemplazo de alguna pieza según la gravedad del equipo. La buena administración de todo el mantenimiento hospitalario asegura que las instituciones hospitalarias funcionen en condiciones compatibles con los objetivos de prestación de servicios de salud.

1.1. Mantenimiento hospitalario

Las actividades del mantenimiento hospitalario deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Técnico: su principal objetivo es el de conservar toda infraestructura y todo el equipamiento de las áreas con las que cuenta un hospital, con el fin de no interrumpir actividades ni servicios de ninguna índole.
- Económico: realiza totalmente la máxima reducción que es posible del costo de operación de la institución.

- Social: el buen funcionamiento de las instalaciones y el equipo repercute en el paciente, el cual es lo más importante.

Existen dos tipos de mantenimiento:

1.1.1. Mantenimiento preventivo

Consiste en anticipar una programación de actividades, para llevar a cabo inspecciones necesarias para el buen funcionamiento de instalaciones y equipos, realizando a través de esta actividad los ajustes, mediciones y calibraciones; actividad necesaria para que instalaciones y equipos funcionen en buenas condiciones.

Consiste en realizar la acción planificada por medio de los programas, este mantenimiento es más barato que el mantenimiento correctivo, ya que tanto el material como la mano de obra y el tiempo están adecuados en cantidad, calidad y costo.

El análisis de operación del mantenimiento preventivo conforme a toda la información recopilada a través del tiempo y a las recomendaciones del fabricante permitirá mejorar constantemente este tipo de mantenimiento.

El desarrollo del mantenimiento preventivo básico se realizará a través de las siguientes actividades: inspecciones, ajustes, lubricación y limpieza.

Entre las ventajas del mantenimiento preventivo está la confiabilidad, la disminución del tiempo muerto del equipo, la prolongación de la vida útil, reducción del costo de reparación y en la existencia de repuestos en bodega.

Se puede considerar que el mantenimiento es la serie de trabajos que se ejecuta en algún artefacto, instalación o edificación, a fin de conservar el servicio para el cual fue diseñado.

El mantenimiento es una actividad íntimamente ligada a la operación de instituciones hospitalarias y tiene como propósito principal el asegurar que dichas instituciones funcionen en condiciones compatibles con los objetivos de prestación de servicios de salud. Tales objetivos deben cumplirse dentro de un nivel óptimo de operación.

El mantenimiento preventivo consta de de las siguientes actividades, las cuales dependen de la antigüedad del equipo y de los años de uso:

1.1.1.1. Descripción de las rutinas de mantenimiento

Para organizar adecuadamente el mantenimiento se debe de tener una rutina bien diseñada. Las rutinas de mantenimiento son esenciales para prolongar la vida del equipo.

Según el tiempo que transcurra se le dará diferente mantenimiento al equipo, mientras el lapso es mayor, así será profundo el mantenimiento. La rutina más pronta en darle mantenimiento al equipo es diaria, continuando con la semanal, mensual y terminando con la trimestral.

1.1.1.2. Control del mantenimiento

Es necesario llevar un control total de la ejecución de las rutinas de mantenimiento respectivas y las fechas que se realizaron por equipo. Para ello

es indispensable que el técnico de mantenimiento lleve una hoja denominada orden de trabajo, en donde se detalla lo que se le hizo al equipo, nombre del técnico, fecha y debe ir firmada por la encargada del servicio en donde está el equipo y por el jefe de mantenimiento. Esto permitirá que se establezca un control de lo ejecutado.

1.1.1.3. Mantenimiento de emergencia

Es la serie de trabajos que es necesario ejecutar en las instalaciones, aparatos o maquinaria, cuando estos dejan de proporcionar, parcial o totalmente, el servicio para el cual fueron diseñados, es decir, cuando ya es necesario recuperar el servicio.

El empleo único de mantenimiento correctivo origina descontrol debido a que se puede tener en uso un equipo que no cumple con las funciones específicas y puede causar daños en la salud del paciente sin que muchas veces la enfermera se percate de que el equipo está en mal estado. En resumen, son muchos los estragos que trae consigo este sistema, por lo que solo debe emplearse como emergencia.

Las fallas se pueden presentar debido a defectos de fabricación e instalación, en un hospital este tipo de falla debería ser cubierta con la garantía de la empresa proveedora. Normalmente se presentan también fallas de tipo ocasional por razones de estadística. También se producen fallas debidas a la edad del equipo, causadas por desgaste de los componentes del equipo, este porcentaje aumenta hasta cierto nivel, cuando todos los componentes son reemplazados.

1.1.1.4. Instructivos y procedimientos

Un equipo siempre debe de contar con un manual que respalde el correcto procedimiento para el buen desempeño del mismo, es por ello que surge la necesidad de hacer un instructivo básico para la operación del equipo médico.

El procedimiento de operación se divide en dos:

1.1.1.4.1. Procedimiento de revisión general funcional

La revisión operacional se debe realizar cada vez que el equipo se pone en servicio, para verificar la operación correcta de todas las funciones y con eso poder garantizar un buen funcionamiento del equipo médico.

1.1.1.4.2. Operación durante uso

Debe utilizarse para operación rutinaria subsecuente durante el período de funcionamiento del equipo médico, con lo cual se verifica un buen desempeño y el cumplimiento exacto de las funciones de dicho equipo.

1.1.1.5. Registros del equipo

Para obtener un eficiente resultado de la administración del programa de mantenimiento se debe tener registros del equipo. La documentación es esencial para medir los resultados obtenidos en cada practica de mantenimiento que se le dé al equipo, además de ello se debe tener un historial del mismo que

ayude en determinado momento a analizar los problemas que han tenido los equipos.

1.1.1.5.1. Fichas de mantenimiento

Para tener organizado el mantenimiento del equipo es necesario tener fichas de mantenimiento, en las cuales se pueden manejar datos necesarios que se utilicen en algún momento para el área de mantenimiento.

La ficha de mantenimiento puede manejar el calendario de limpieza, los datos del técnico que realice el mantenimiento, tiempo de servicio, el tipo de rutina y algún comentario adicional por cada práctica que se realice en el equipo.

1.1.1.5.2. Ficha de registro de consumo e insumos

Esta ficha incluye la información sobre los materiales que requiere el equipo médico cuando se le practica cada rutina de mantenimiento, dicha información debe ser exacta y clara en todos los aspectos.

1.1.1.5.3. Análisis de costos

Los gastos planificados cuidadosamente en mantenimiento, reducen la depreciación del equipo y aumentan su vida útil.

El costo de mantenimiento preventivo contratado a una empresa externa, es alto y el mantenimiento se hace más costoso cuando el equipo tiene varios años de uso y sin el mantenimiento adecuado, porque el costo de fallas

incrementa con el deterioro del equipo. Además su costo inicial baja, conforme el tiempo transcurre por depreciación, uso y desgaste del equipo. Por todo ello, es necesario tener un programa de mantenimiento, para controlar que se lleven a cabo las rutinas en la forma y tiempo adecuado para que la vida útil del equipo se prolongue a pesar del uso continuo.

Ventajas de un mantenimiento preventivo

- **Confiabilidad:** los equipos funcionan en condiciones apropiadas de la seguridad y funcionamiento.
- **Tiempo:** es tiempo muerto disminuido y optimiza el tiempo que el equipo está fuera de uso.
- **Vida útil:** la vida útil debe de ser mayor, todas las instalaciones y equipos contarán con mayor duración de funcionamiento con el buen mantenimiento.
- **Costo:** existe costo nulo o menor en reparaciones del equipo, al detectar una falla o reparación en sus fases iniciales, el costo de reparación es menor que un mantenimiento correctivo.
- **Actividades:** con una buena programación de las actividades se logra una buena estandarización en la carga de trabajo para el equipo y el personal.

1.1.2. Mantenimiento correctivo

Conocido también como el mantenimiento de reparaciones, es resultado de un programa administrativo de mantenimiento no adecuado. Su aplicación

consiste en corregir las fallas, no detectadas a tiempo por no contar con un mantenimiento de tipo preventivo o por situaciones imprevistas por medio de las cuales se produce fallas en los equipos.

No prestar la debida atención a instalaciones y equipos que presentan alguna alteración que pueda ocasionar problemas en su funcionamiento puede ocasionar la suspensión de un servicio.

Causas de no realizar un mantenimiento:

- Indiferencia o rechazo a rutinas de mantenimiento
- Falta de recursos económicos para las rutinas de mantenimiento
- Demanda excesiva temporal o permanente de capacidad de los equipos.

1.1.3. Análisis FODA

El FODA es el principio por medio del cual se hace un análisis de la situación actual. En la palabra FODA cada sigla de la palabra tiene su significado, como “F” significa fortaleza, “O” significa oportunidades, “D” debilidades y “A” significa amenazas.

1.1.3.1. Fortalezas

Enmarcan los elementos positivos que el mantenimiento posee y que constituyen recursos muy importantes para alcanzar los objetivos de la planificación para un buen desempeño del mismo.

- Adecuada organización de personal y recursos
- Suficiente personal en el departamento de mantenimiento
- Que el servicio de mantenimiento se realice las 24 horas del día

- Área especial para mantenimiento
- Conocimiento empírico
- Apoyo de mantenimiento externo con casas proveedoras cuando exista adquisición de equipo nuevo.

1.1.3.2. Oportunidades

Detección de las deficiencias de la competencia que constituyen opciones de aprovechamiento positivo.

- Horarios por turno
- Especialización en determinada área para los técnicos
- Evaluación periódica del personal
- Bajo costo de mantenimiento.

1.1.3.3. Debilidades

Son todos aquellos elementos, recursos, habilidades y actitudes que el mantenimiento ya tiene y que constituyen barreras para lograr la eficiente marcha del programa.

- Capacitación irregular para el personal de mantenimiento.
- Deficiencia en supervisión de los trabajos realizados en los equipos.
- Falta de registros y documentación en prácticas de mantenimiento.
- Los usuarios de los equipos en el hospital a veces no siguen de manera adecuada el procedimiento para poder operarlo.
- No se cuenta con un manual de equipo oficial para operar el equipo.

1.1.3.4. Amenazas

Contiene todos los aspectos del entorno que conforman un riesgo para el departamento de mantenimiento del hospital.

- Por el hacinamiento de población, todos los equipos tienen más demanda de uso del cual pueden prestar, por lo que el mantenimiento preventivo actual no es el adecuado.
- Obsolescencia del equipo donado, debido a no tener los manuales para operación y mantenimiento.

2. REINGENIERÍA

Muchas empresas, se vieron obligadas, ante las nuevas características del entorno, a buscar formas diferentes a las tradicionales para enfrentar los grandes desafíos de un mercado altamente competitivo. Las formas tradicionales de dividir el trabajo, de estructurar las organizaciones por funciones, de buscar la especialización, etcétera no eran suficientes para dar grandes saltos en un entorno globalizado, por lo que estudiaron y llevaron a la práctica distintos caminos para enfocar el trabajo.

El mundo se enfrenta por vez primera a un escenario relativamente abierto, caracterizado por lo que algunos denominan las tres C: Clientes, Cambio y Competencia. En efecto, ya no es el que produce o comercializa el factor más importante, sino el cliente. El cambio se transforma de un fenómeno esporádico a algo permanente. La competencia, con la apertura de mercados, pasa de un ámbito nacional o regional a uno mundial. Este entorno exige altos niveles de calidad, servicios expeditos, grandes y buenas reducciones de costos y altos niveles de productividad.

Es en este contexto donde emerge la reingeniería. Los clientes adquieren una posición determinante en los mercados, exigiendo mejores servicios y adaptados a sus propias necesidades, obligando a las empresas a revisar sus conceptos orientados a mercados masivos. La fuerte penetración de los mercados internacionales por parte de las compañías japonesas desde inicios de los años ochenta crea nuevas condiciones competitivas, en que las posibilidades de opción por parte de los consumidores se multiplican.

El cambio se ve presionado por el avance tecnológico, donde se ofrecen nuevas alternativas en los procesos, automatización de los sistemas, mejora de la calidad y costos más bajos. La respuesta de algunas empresas fue negativa y, como consecuencia, buscaron cambios radicales, los cuales dieron nacimiento a lo que hoy conocemos como reingeniería.

El extraordinario éxito obtenido por estas empresas fue motivo de investigación y análisis por parte de consultores y estudiosos de estos temas, entre los cuales destacaron Michael Hammer y James Champy, quienes son considerados los principales exponentes de esta corriente que realizó cambios radicales. Ambos consultores concluyeron que estaban frente a una serie de elementos que, en su conjunto y en ciertas circunstancias, podían crear condiciones muy favorables para una organización. La sistematización de estas experiencias dio origen a la reingeniería.

2.1. Definición

La reingeniería es repensar de manera fundamental y total los procesos de funcionamiento generales y específicos de una empresa o institución y rediseñarlos radicalmente, poniéndolos en práctica con el fin de obtener dramáticos logros en todo. Los factores clave del concepto son: la orientación hacia los procesos, el cambio radical y la gran magnitud de los resultados esperados.

La reingeniería es un enfoque de procesos. Un proceso de negocios es un conjunto de actividades relacionadas entre sí que recibe uno o más insumos y crea un producto de valor para el cliente. Un proceso tiene un proveedor, un cliente y una serie de actividades relacionadas entre sí que convierten los insumos en un producto o servicio. El único elemento que es absolutamente

indispensable en todo proyecto de reingeniería es que se dirija a un proceso y no a una función. Mientras se cumpla este requisito, prácticamente todo lo demás se reduce a técnica.

El punto de partida para el éxito organizacional, es tener procesos bien diseñados. El rediseño es un factor inherente a la reingeniería. El trabajo está diseñado siguiendo prácticas tradicionales que ya no responden al entorno altamente competitivo actual, razón por la cual la innovación de los procesos se hace necesaria en la mayoría de las organizaciones.

Repensar de manera fundamental los conceptos o premisas en que descansa el proceso es otra característica de la reingeniería. La reingeniería empieza sin ningún preconcepción, sin dar nada por sentado y determina primero lo que una empresa debe hacer y después cómo hacerlo. La reingeniería debe olvidarse por completo de lo que es el proceso actual y concentrarse en cómo debe de ser todo.

El rediseño radical de procesos significa que la reingeniería se aparta del concepto tradicional de hacer mejoras a los procesos existentes. Radical significa ir a la raíz de las cosas. Reingeniería no es mejorar lo que ya existe, sino que se trata de desechar lo actual para recomenzar, esto es: reinventar. En efecto, la reingeniería busca la reformulación completa de los procesos existentes, basándose en una concepción del trabajo radicalmente diferente a la que ha predominado hasta ahora, basada en la división del trabajo, la especialización y la departamentalización por funciones.

Se trata de reinventar la forma en que diseñamos un proceso, utilizando conceptos radicalmente diferentes a los tradicionales. La reingeniería se centra en los procesos estratégicos de la empresa, es decir, en aquellos que dicen

relación con las actividades más importantes de la misma y que están fuertemente ligados a su estrategia genérica de negocios. Los procesos no están completamente aislados en una organización, existen estructuras, políticas y prácticas que sustentan a los procesos. Al rediseñar los procesos hay que variar muchos de estos marcos de sustentación.

La reingeniería busca resultados espectaculares, a diferencia de otros enfoques que se caracterizan por buscar resultados incrementales y continuos. El precio de un cambio tan radical como la reingeniería, más allá de su dimensión económica, debe tener una compensación con resultados realmente importantes.

3. SEGURIDAD ELÉCTRICA EN EQUIPOS MÉDICOS

Reducción del riesgo de los efectos dañinos que pueden darse por la aplicación de una determinada técnica que involucre la utilización de equipo médico. La seguridad eléctrica es fundamental en equipos médicos, ya que permite un buen funcionamiento y una vida útil más prolongada y mejor de los mismos. También es vital para el paciente y los operadores del equipo, una falla puede causar daños al paciente o al operador. Seguridad eléctrica es sinónimo de vida y confianza. Una pequeña falla eléctrica puede redundar en la muerte del paciente.

3.1. Problemas de seguridad eléctrica

Las causas más comunes en los accidentes con equipo médico son: cableado defectuoso, equipo en mal estado o mal funcionamiento, corrientes de fuga, mala operación humana. Lo anterior puede causar un *shock* eléctrico, el cual puede ser de dos maneras:

3.1.1. Intercambio de cargas electrostáticas

Puede suceder más frecuentemente en lugares con clima seco, ya que por medio de fricción las personas se cargan eléctricamente y producen una descarga al tocar un objeto con un potencial distinto. Puede provocar una mala práctica médica, ya que se corre el riesgo de estimular una contracción muscular no deseada.

3.1.2. Circulación de corriente

Sucede debido a una corriente generada por la pérdida de aislamiento en el conducto, al estar en contacto con el cuerpo puede provocar un *shock* eléctrico.

3.2. Efecto de la corriente

La corriente eléctrica que se aplica a un ser humano puede ser mortal, tanto para el paciente como para el operador del equipo médico, en el cuerpo humano el órgano más sensible y susceptible es el corazón, ya que solo un estímulo que lo tetanice puede provocar una contracción completa del miocardio que detiene la acción de bombeo del corazón e impide la circulación sanguínea.

Si la circulación de sangre no se restablece rápidamente, puede ocasionar lesiones en el cerebro, llegando a causar la muerte del mismo debido a falta de oxígeno en tejidos cerebrales. Al contrario si la corriente se elimina al poco tiempo y las lesiones no son irreversibles, el latido del corazón se reanuda espontáneamente, si una corriente eléctrica de baja densidad excita solo partes de fibras musculares del corazón, puede ser más peligrosa que una corriente que tetaniza corazón entero, esta excitación puede cambiar las vías eléctricas de propagación en miocardio haciendo que este pierda sincronía de la actividad del corazón, fenómeno conocido como fibrilación.

3.3. Corriente de fuga

Corriente formada normalmente en el chasis conductivo, por efectos capacitivos de los componentes electrónicos, en las condiciones normales esta corriente se drena a través de la tierra física.

3.3.1. Causas de la corriente de fuga

- Una pérdida de aislamiento de los conductores o la conexión eléctrica
- Por fallo de un conductor activo y el chasis del equipo
- Por no estar aterrizado a tierra de manera efectiva.

3.3.2. Tipos de corrientes de fuga

Durante el funcionamiento y operación del equipo médico hospitalario pueden existir varios y distintos tipos de corrientes de fuga, dependiendo de la utilización humana y del mantenimiento preventivo.

3.3.2.1. De origen resistivo

Corriente consecuencia de contacto eléctrico accidental, al aterrizar un conductor activo. Al cortarse continuidad del cable de tierra se corta el camino de corrientes de fuga y fluirán a tierra pasando a través del paciente.

3.3.2.2. De origen capacitivo

Corriente de fuga debida a los fenómenos capacitivos que se producen entre líneas o fases y tierra, que se deben a la capacitancia permanente que presentan los conductores de todo sistema de distribución eléctrica a tierra.

3.3.2.3. Corriente de fuga a tierra

Corriente eléctrica que es medida a través del conductor de protección de tierra desde la red de alimentación de voltaje, dicha corriente va directamente a tierra.

3.3.2.4. Corriente de fuga a chasis

Corriente que fluye del chasis, a través de un camino conductor a tierra, conectado en cualquier parte del chasis y no a través del conductor de protección.

3.3.2.5. Corriente de fuga de paciente

Corriente eléctrica que fluye a través de una parte aplicada a través del paciente a masa, o bien de otro conductor a través del paciente a un equipo flotante.

3.3.2.6. Corriente de fuga auxiliar del paciente

Corriente eléctrica que fluye a través del paciente entre aparatos aplicados en funcionamiento normal, sin el intento de producir efectos fisiológicos.

3.3.2.7. Corriente de fuga funcional del paciente

Corriente eléctrica que fluye a través del ser humano o paciente cuando se aplica uno o más aparatos con la intención de producir uno o más efectos fisiológicos.

4. SEGURIDAD ELÉCTRICA EN QUIRÓFANOS

Los quirófanos llamados también salas de operaciones son lugares en donde se realizan procedimientos quirúrgicos. La seguridad eléctrica en hospitales y en especial en quirófanos son la base del éxito de la operación en todos los aspectos, es necesario calificar y cuantificar los niveles de riesgo causados por problemas de seguridad eléctrica a través de normas estándares internacionales de seguridad eléctrica para que todo sea un éxito.

Actualmente el hospital General San Juan de Dios tiene 14 quirófanos para adultos, en los cuales se realizan un promedio de 30 operaciones diarias, por lo cual es de vital importancia tener en óptimas condiciones los equipos médicos, los quirófanos y el personal médico, para garantizar un buen funcionamiento y seguridad de todo lo concerniente al hospital para el paciente que utiliza los servicios de dicho hospital del gobierno. Los aspectos de seguridad en un quirófano son:

4.1. Condiciones ambientales

Son muy importantes ya que son la atmósfera donde se encuentra el equipo médico en funcionamiento o almacenamiento, siendo condiciones fundamentales que deben existir y son las siguientes:

4.1.1. Humedad

La humedad del ambiente en el quirófano donde trabaja el equipo no debe ser mayor a la que especifica el fabricante, si no se cuenta con esta información

o con los medios adecuados de medición se puede evaluar por sus efectos, por ejemplo oxidación de la carcasa, levantamiento de pintura de paredes o del equipo.

4.1.2. Vibraciones mecánicas

Son causa de falta de calibración mecánica o electrónica de los equipos, sobre todo los que necesitan determinada precisión en los procedimientos que realizan.

4.1.3. Instalación eléctrica

La instalación de un equipo médico insegura ofrece un peligro potencial tanto al equipo mismo como a las personas como los pacientes, operadores o cualquier persona que esté en el quirófano. La instalación debe ser segura para el equipo montado sobre una superficie o instalado en la pared o sobre una superficie móvil. La instalación eléctrica debe estar polarizada, protegida con medios de desconexión apropiados y medios de instalación mecánica segura que no permita la producción de cortocircuitos o falsos contactos por movimientos mecánicos normales.

4.1.4. Temperatura

La luz solar directa o la temperatura excesiva pueden dañar el equipo, o alterar su funcionamiento. La temperatura adecuada es la permitida por el fabricante, si no está disponible no poner equipo en exposición directa al sol o temperatura mayor a la de ambiente.

4.2. Seguridad eléctrica

La seguridad eléctrica debe cumplir con las norma IEC 601 sobre seguridad eléctrica de equipos médicos, siendo fundamental para el éxito o fracaso del funcionamiento de un quirófano.

4.3. Funcionalidad y calibración

El equipo médico en el quirófano está en su campo total de acción, por ello hay que ponerlo en funcionamiento total junto con el operador para detectar posibles fallas del equipo u operador.

La calibración de los equipos, ya sea mecánica, eléctrica o electrónica debe ser exacta. Las mediciones de los parámetros del equipo deben ser acorde a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y calibración.

Los equipos de medida utilizados por los profesionales de la salud y que tengan un efecto sobre la exactitud o validez de los mediciones habrán de calibrarse antes de su puesta en servicio y deben posteriormente, cuando sea necesario de acuerdo con el programa de calibración establecido, ya que las características de medida de los equipos se degradan con el paso del tiempo y de uso.

El programa global de calibración de los equipos ha de concebirse y aplicarse de forma que cuando sea aplicable pueda asegurarse la trazabilidad de las medidas efectuadas en relación con todos los patrones nacionales o internacionales disponibles.

Esto se realiza mediante una cadena ininterrumpida y documentada de comparaciones hasta llegar al patrón exacto y que constituye lo que llamamos trazabilidad.

Así la calibración puede implicar simplemente esta determinación de la desviación en relación con un valor nominal de un elemento patrón, o bien incluir la corrección (ajuste) para minimizar los errores.

El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos deteriora poco a poco sus funciones; cuando esto sucede, los ensayos y las medidas comienzan a perder confianza y se resienten tanto el diseño como la calidad del producto. Esta realidad no puede ser eludida, pero si detectada y limitada, por medio del proceso de calibración.

La correcta calibración de los equipos proporciona la seguridad de que los productos o servicios que se ofrecen reúnen las especificaciones requeridas y es por ello que es muy importante calibrar sus equipos de medida, con el fin de:

- Mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos médicos
- Responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad
- Garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas.

La calibración de un instrumento permite determinar su incertidumbre, valor fundamental dentro de un sistema de calidad, para la agrupación de los instrumentos y equipos en categorías metrológicas para su posterior utilización.

5. MONITOR DE SIGNOS VITALES

Descripción

Equipo médico clasificado en los equipos medico activos de diagnóstico, utilizado en especial en áreas de salas de operaciones, para monitorizar los signos vitales de los pacientes, y detectar anomalías en los mismos.

Los signos vitales constituyen una herramienta valiosa como indicadores que muestran el estado funcional del paciente.

El fin principal del monitor es:

- Observación de las curvas del comportamiento de las medidas básicas del cuerpo humano.
- Permite conocer de forma permanentemente el tipo de comportamiento de el paciente y lo registra en un historial.

5.1. Signos vitales

Se denominan signos vitales a las señales o reacciones fisiológicas medibles y observables que presenta un ser humano con vida y revelan las funciones básicas del organismo, los signos vitales son los principales indicadores del estado de salud de la persona y la base para diagnosticar enfermedades.

Los signos vitales son: respiración, ritmo cardiaco, reflejo pupilar, temperatura y presión arterial. Los más importantes que los médicos y profesionales de la salud monitorizan de forma rutinaria son: temperatura, presión arterial y ritmo cardiaco.

5.2. Tipos de señales

Los signos vitales en un ser humano son los distintos tipos de señales que un monitor de signos vitales mide, monitorea, almacena y muestra de una forma clara y correcta.

5.2.1. Temperatura corporal

Definición

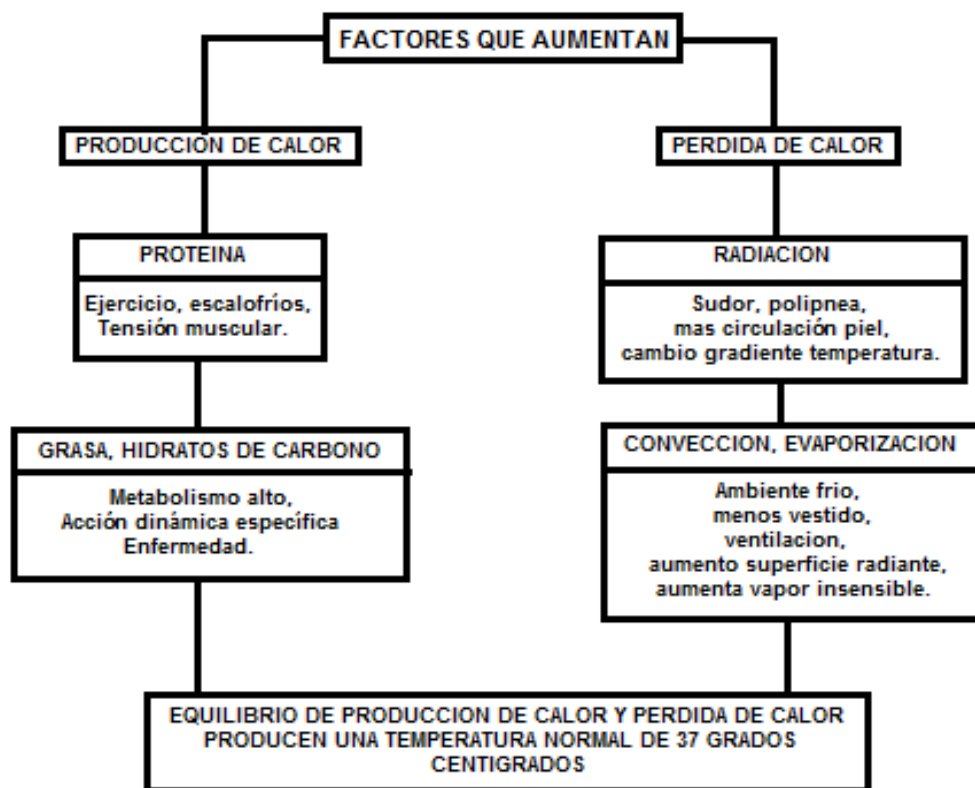
La temperatura corporal es una condición vital necesaria para mantener la intensidad de los procesos biológicos y es la resultante de un balance entre la producción de calor y su pérdida. El órgano encargado de la regulación de la temperatura es el hipotálamo y se encuentra ubicado en el cerebro. La producción de calor en el organismo depende de la intensidad o velocidad del metabolismo, este a su vez depende de la actividad muscular, el tono muscular y la acción dinámica específica de los alimentos.

La producción de calor aumenta notablemente por la presencia de algunas enfermedades infecciosas, aquí radica la importancia de conocer el valor de la temperatura corporal. La fiebre definida como una elevación de la temperatura corporal superior a los 37,7 grados centígrados (medida en la boca), es una respuesta de protección ante una infección. Esta elevación de la temperatura estimula los mecanismos de defensa del organismo. La

temperatura de una persona puede estar elevada también por una inflamación, un cáncer o una reacción alérgica, aunque las causas más comunes de fiebre son la gripe y la neumonía.

La cantidad de calor pérdida en el hombre depende de la superficie del cuerpo, la relación entre su temperatura y la de los objetos que lo rodean y la humedad del ambiente. Los principales mecanismos físicos de eliminación de calor son la irradiación, evaporación y conducción, en la figura no. 1 se observa un cuadro Sinóptico de las causas de incremento en la producción y la pérdida de calor.

Figura 1. Factores de termorregulación



Fuente: elaboración propia.

Normalmente la temperatura sube y baja todos los días, presentando una variación característica de 1 grado centígrado, alcanzándose el punto más bajo entre las dos y las seis de la mañana y el más elevado entre las cinco y ocho de la noche. La curva térmica diaria se relaciona con las variaciones de la actividad muscular y el metabolismo.

El hombre puede soportar descensos térmicos de su temperatura hasta de 27-29 grados centígrados. Los ascensos de la temperatura hasta 40 grados centígrados se observan con frecuencia. Difícilmente la temperatura corporal sube por encima de los 40 grados centígrados sin embargo algunas personas han soportado temperaturas de 42 grados centígrados. Casi todos los mamíferos, incluso el hombre, mueren cuando su temperatura corporal alcanza los 44 grados centígrados.

5.2.1.1. Métodos para determinar la temperatura corporal

La temperatura no es uniforme en todo el cuerpo, y es imposible establecer una temperatura media, por lo que se determinan sitios específicos para la medición de la temperatura, los métodos clásicos para medir la temperatura son: bucal, axilar, inguinal y rectal. En últimos años se han desarrollado otros métodos como son el de medir la temperatura del tímpano y la temperatura arterial.

5.2.1.2. Temperatura rectal

Es considerada la más segura en comparación con la bucal y la axilar, debido a que en su medición no intervienen factores físicos como puede ser el de que el paciente no mantenga la boca completamente cerrada mientras dura

el proceso de determinación de la temperatura oral; puede variar diariamente entre 36,3 y 37,4 grados centígrados. No es muy usada debido a la incomodidad que presenta, pero debe determinarse siempre que haya dudas sobre un estado febril.

5.2.1.3. Temperatura bucal

Para su determinación, se utiliza un termómetro de mercurio, o termómetros digitales. El termómetro se debe ubicar bajo la lengua y el paciente debe mantener la boca cerrada. Varía entre 36,5 y 37,5 grados centígrados es más baja que la rectal (0,3 a 0,6 grados centígrados) y más alta que la axilar (0,2 a 0,4 grados centígrados). No puede tomarse si la respiración es bucal y la medida se ve afectada por el frío exterior y las bebidas recientes ya sean estas frías o calientes.

5.2.1.4. Temperatura axilar

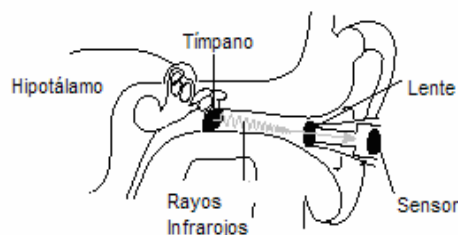
Se determina debajo del brazo utilizando un termómetro de mercurio o digital. Varía entre 36,2 y 36,9 grados centígrados, es un poco inferior a la bucal y entre 0,5 y 1 grados centígrados más baja que la rectal. Puede presentar alteraciones en la medición si el paciente es demasiado delgado.

5.2.1.5. Temperatura del tímpano

Es uno de los métodos más modernos para determinar la temperatura corporal, se basa en la utilización de un sensor infrarrojo cuyo esquema básico de medición se representa en la figura 2. La temperatura del tímpano se considera un indicador exacto de la temperatura corporal interna, ya que el

tímpano comparte vasos sanguíneos con el hipotálamo centro regulador de la temperatura corporal.

Figura 2. **Medición de temperatura del tímpano**



Fuente: facultativo del área de urgencias. Facultativo especialista de medicina intensiva. Sección de Medicina Intensiva. Hospital Universitario Virgen de la Victoria Málaga. p. 64.

5.2.1.6. Temperatura arterial

Este moderno método consiste en medir la temperatura de la arteria temporal, que presenta la ventaja de ser superficial especialmente en la sien donde se encuentra a pocos milímetros de la superficie de la piel. El calor de la arteria temporal es irradiado hacia la superficie de la piel. Para medir esta temperatura se utiliza un sensor infrarrojo que se coloca en la frente del paciente por donde pasa la arteria temporal.

5.2.2. Presión arterial

Es la presión que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales, las cuales a su vez modifican su tensión por lo que se denomina también tensión arterial.

La presión arterial está directamente relacionada con las fases del ciclo cardiaco principalmente con sístole y diástole del ventrículo izquierdo que es de donde se bombea la sangre oxigenada hacia todas las células del organismo; se puede observar variaciones de la presión en la arteria aorta, debido a estas variaciones se han determinado distintos nombres para cada presión.

5.2.2.1. Presión sistólica

Es el valor de la máxima presión alcanzada durante el ciclo cardiaco, se produce en la sístole ventricular los factores determinantes para la presión sistólica o la presión máxima son fundamentalmente el volumen sistólico ventricular izquierdo, la velocidad de expulsión y la distensibilidad de las paredes aórticas, el valor normal de la presión sistólica es de 120 milímetros de mercurio.

5.2.2.2. Presión diastólica

Se denomina así a la presión más baja que se registra durante la diástole ventricular y los factores que la determinan son por la presión alcanzada durante la sístole, la velocidad de flujo a través de las resistencias periféricas y la duración de la diástole, se consideran normales valores alrededor de los 80 milímetros de mercurio.

5.2.2.3. Presión arterial diferencial o presión del pulso

Es la diferencia entre la presión arterial sistólica o máxima y la presión arterial diastólica o mínima, es una de las presiones mas medidas a un ser humano o paciente.

5.2.2.4. Presión arterial media

Se la puede definir como el valor medio de todas las presiones registradas durante el ciclo cardíaco. El valor de la presión media representa un valor de presión constante que puede garantizar un rendimiento igual al de la presión fluctuante. La presión media se determina integrando el área de la curva de presión pero una aproximación se obtiene sumando a la presión diastólica un tercio de la presión del pulso, esta relación se puede ver claramente en la ecuación siguiente:

$$PM = Mn + (Mx - Mn) / 3$$

Donde:

PM = presión arterial media

Mn = presión arterial mínima o diastólica

Mx = presión arterial máxima o sistólica

En los hospitales y centros médicos se mide la presión arterial sistólica y la diastólica y en base a estos valores se determina si la persona está o no con la presión elevada, la presión arterial varía a lo largo de la vida, los niños y los bebés tienen una presión mucho más baja que los adultos. La actividad física también afecta la presión arterial: aumenta durante el ejercicio y disminuye durante el reposo.

La presión arterial varía, además según el momento del día, ya que es más elevada por la mañana y más baja por la noche durante el sueño. Cuando la persona presenta una elevación anormal de la presión dentro de las arterias a lo que se denomina hipertensión aumenta el riesgo de trastornos como una insuficiencia cardíaca, un infarto de miocardio y también lesiones de los riñones,

la hipertensión se clasifica en distintas fases o etapas como se puede observar a continuación:

Tabla I. **Clasificación de la presión arterial en adultos**

Categoría	Presión arterial sistólica	Presión arterial diastólica
Presión arterial normal	Inferior a 130 mmHg	Inferior a 85 mmHg
Presión arterial elevada normal	130 – 139	85 - 89
Hipertensión (leve) fase 1	140 - 159	90 - 99
Hipertensión (moderada) fase 2	160 – 179	100 - 109
Hipertensión (grave) fase 3	180 – 209	100 - 119
Hipertensión (muy grave) fase 4	Igual o superior a 210	Igual o superior a 120

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.5. Métodos para medir la presión arterial

Los métodos para medir la presión pueden clasificarse en dos: invasivos y no invasivos. Los métodos invasivos en la actualidad no son muy utilizados ya que provocan malestar en el paciente, pues requieren que una sonda o algún instrumento se introduzca en el organismo. Los métodos no invasivos son más utilizados por la comodidad que presentan.

5.2.2.5.1. Medición directa

Es un método invasivo que se realiza por punción arterial a través de la piel. Se puede usar la arteria femoral o la radial, y se conecta la aguja a un manómetro de mercurio para registrar la presión media, o a un manómetro óptico o transductor de presión para registrar las oscilaciones de la presión.

5.2.2.5.2. Método palpatorio o de Riva-Rocci

Este es un método no invasivo para la determinación de la presión arterial y requiere de un brazalete colocado por lo general en el brazo del paciente con el objetivo de comprimir la arteria, el brazalete está conectado a un tensiómetro.

Mientras se comprime el brazo inflando el brazalete, se palpa la arteria radial con los dedos índice medio y anular, nunca debe realizarse la palpación con el dedo pulgar debido a que las pulsaciones de la arteria se pueden confundir con las del pulgar. La presión del manómetro se lee exactamente cuando deja de sentirse el pulso. Se infla el brazalete un poco más y luego se descomprime la arteria lentamente, hasta que el pulso se siente nuevamente y en este instante se realiza una segunda lectura del manómetro. El promedio entre estas dos lecturas es considerado como la presión sistólica que es la única que se puede determinar con este método.

5.2.2.5.3. Método auscultatorio de Korotkow

Este método es uno de los más utilizados por ser considerado el más preciso entre los métodos no invasivos. Requiere de los mismos instrumentos que el método palpatorio pero adicionalmente se utiliza un estetoscopio para escuchar los ruidos arteriales que cambian de características por la producción de turbulencias en el flujo sanguíneo debido a la compresión de la arteria. Estos ruidos se denominan sonidos de Korotkow.

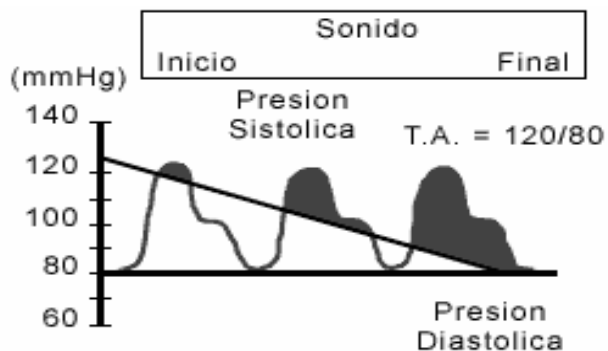
Una vez colocado el mango en el brazo se lo infla hasta alcanzar una presión mayor a la que podría ser la presión sistólica cuyo valor normal es de

120 milímetros de mercurio, por lo tanto se recomienda que la presión del brazalete llegue a los 180 milímetros de mercurio, en estas circunstancias la arteria se encuentra totalmente comprimida debido a que la presión en el brazalete es mayor a la presión máxima de la arteria en consecuencia no se escuchará ningún ruido.

Al disminuir lentamente la presión del brazalete mientras se ausculta con el estetoscopio, se escucha un ruido débil que coincide con los latidos 20 cardiacos. En este momento el manómetro registra la presión sistólica o máxima, al continuar desinflando el brazalete, la arteria va abriéndose gradualmente y permite una aceleración del flujo arterial que produce turbulencia y hace que los ruidos de *Korotkow* sean cada vez más intensos, hasta que por la descompresión de la arteria se incrementa su calibre y la aceleración del flujo disminuye, provocando la atenuación de los ruidos de *Korotkow* y por último su desaparición cuando el flujo es nuevamente laminar y la presión del brazalete es menor que a la presión arterial más baja.

El valor que se registra en este momento por el manómetro corresponde a la presión diastólica. En la siguiente figura se puede observar la curva de la presión arterial relacionada con los sonidos inicial y final que se escuchan en el estetoscopio para determinar la presión sistólica y diastólica y la presión arterial óptima (T.A.) de 120/80.

Figura 3. **Determinación de presión arterial por el método auscultatorio**



Fuente: facultativo del área de urgencias. Facultativo especialista de medicina intensiva. Sección de medicina intensiva. Hospital Universitario Virgen de la Victoria Málaga. p. 66.

5.2.2.5.4. Método oscilométrico

Este método que se ha desarrollado mucho en los últimos años y que se implementa electrónicamente se basa en el análisis de las oscilaciones de la pared arterial. Para medir la presión arterial con este método se necesita un brazalete un manómetro y un transductor de presión con el cual se pueda registrar las oscilaciones de la pared arterial.

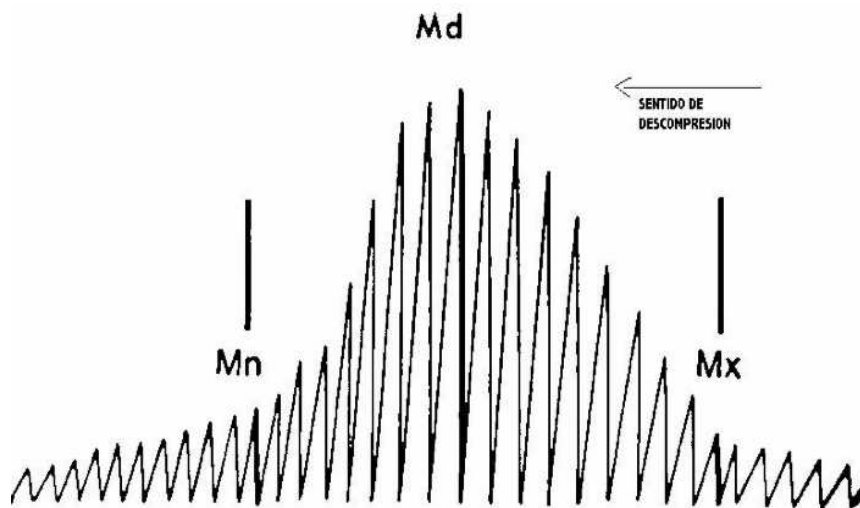
El método consiste presionar la arteria inflando un brazalete colocado alrededor del brazo o la muñeca y registrar las oscilaciones que presenta la arteria por causa de la presión. Cuando la presión del brazalete es mayor a la presión sistólica de la arteria, las oscilaciones son muy pequeñas. Cuando la presión dentro y fuera de la arteria son iguales, las oscilaciones presentan la máxima amplitud, y esta presión corresponde a la presión arterial media. Cuando la presión arterial es mayor que la presión externa las oscilaciones desaparecen nuevamente.

El primer paso a seguir para medir la presión arterial por este método es inflar el brazalete hasta que la presión de éste sea mayor a la presión arterial y las oscilaciones que se registren sean muy bajas, el siguiente paso será desinflar lentamente el brazalete y registrar las oscilaciones hasta que estas desaparezcan.

Para encontrar la presión sistólica se debe determinar la presión a la que la amplitud de las oscilaciones sube con mayor rapidez; la presión diastólica se obtendrá cuando la amplitud de las oscilaciones disminuya con mayor rapidez.

En la figura 4 se puede observar las oscilaciones registradas en la arteria y las presiones arteriales sistólica (Mx), media (Md) y diastólica (Mn).

Figura 4. **Oscilaciones arteriales**



Fuente: elaboración propia.

El principal problema de este método es determinar con exactitud el momento en que la amplitud de las oscilaciones cambia abruptamente, sin

embargo se han desarrollado varios métodos matemáticos para encontrar con la mayor precisión las presiones sistólica y diastólica.

5.2.3. Frecuencia cardiaca

Se lo denomina también como pulso arterial o ritmo cardiaco. Y representa el número de veces que el corazón bombea la sangre hacia el organismo durante un minuto o expresado de otra manera el número de pulsaciones cardiacas por minuto. El pulso arterial se origina durante la sístole ventricular donde la sangre es impulsada desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta, esta contracción del miocardio causa dos efectos: el de mover la sangre a través de los vasos sanguíneos hacia delante dando lugar al flujo sanguíneo y el de establecer una onda de presión que viaja por las arterias, expandiendo sus paredes, esta expansión es palpable en forma de pulso.

Como se dijo anteriormente la contracción de las fibras musculares está controlada por una descarga eléctrica rítmica que se origina en el marcapasos del corazón. La frecuencia cardiaca depende de la velocidad de estas descargas que a su vez dependen de los impulsos nerviosos y de ciertas hormonas como la adrenalina, la noradrenalina y la hormona tiroidea que acelera los latidos cardiacos cuando se encuentra en exceso y produce el efecto contrario cuando escasea.

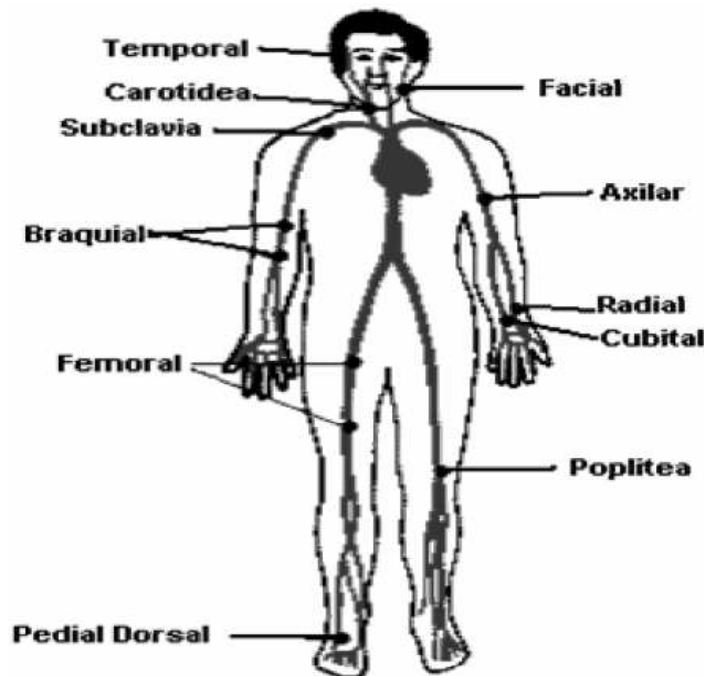
La fuerza del pulso está determinada por la presión de pulso (diferencia entre la presión sistólica y diastólica) y tiene poca relación con la presión media. La frecuencia cardiaca en reposo es de 60 a 100 latidos por minuto, cuando la frecuencia cardiaca excede los 100 latidos por minuto se dice que hay taquicardia; al ser menor a los 60 latidos por minuto se denomina bradicardia; sin embargo en adultos jóvenes que tienen buen estado físico se consideran

normales valores inferiores. Las variaciones en la frecuencia cardiaca son normales. Aparecen no solo por efecto del ejercicio o de la inactividad, sino también por otros estímulos como el dolor y las emociones.

5.2.3.1. Zonas de exploración del pulso arterial

Las zonas que presentan una mayor facilidad para medir pulso arterial son aquellas que la arteria se encuentra muy superficial, es decir no está recubierta por gran cantidad de músculo. Por la facilidad que presenta la arteria radial es donde se toma medida del pulso comprimiendo ligeramente la arteria contra el hueso, pero también el pulso puede ser medido en las arterias cubital, braquial, femoral, poplítea, pedia y tibial posterior, como se puede ver en la figura.

Figura 5. Zonas para determinación del pulso arterial



Fuente: facultativo del área de urgencias. Facultativo especialista de medicina intensiva. Sección de medicina intensiva. Hospital Universitario Virgen de la Victoria Málaga. p. 45.

5.2.4. Frecuencia respiratoria

Proceso para tomar oxígeno del aire ambiental y expulsar el anhídrido carbónico del organismo, comprende fase inspiratoria activa (entrada de oxígeno en pulmones) y fase espiración pasiva (expele anhídrido carbónico al exterior). Se contabiliza de forma manual y aislada contando las contracciones torácicas en el transcurso de un minuto o de forma continua por medio de un monitor con un dato numérico (frecuencia respiratoria) y una onda que nos indicara el tipo de respiración.

5.3. Estándares de señales

Son los rangos de los valores de las señales monitoreadas, medidas, almacenadas y mostradas por el monitor de signos vitales, dicha información perteneciente al paciente.

5.3.1. Temperatura

Rango de valores entre los cuales debe estar la temperatura corporal de un ser humano, temperatura que indica el buen o el mal estado térmico del paciente.

Tabla II. **Temperaturas corporales del ser humano**

Edad	Grados centígrados
Recién nacido	36.1 - 37.7
Lactante	37.2
Niños de 2 a 8 años	37.0
Adulto	36.0 - 37.0

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Frecuencia cardiaca

Rango de valores entre los cuales debe estar el número de pulsaciones por minuto del corazón de un ser humano, frecuencia cardiaca que indica el buen o mal estado cardiaco del paciente.

Tabla III. **Frecuencias cardiacas del ser humano**

Edad	Pulsaciones por minuto
Lactante Menor	120-160
Lactante mayor	110-130
Niños de 2 a 4 años	100-120
Niños de 6 a 8 años	100-115
Adulto	60-80

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Frecuencia respiratoria

Rango de valores entre los cuales debe estar el número de respiraciones por minuto de un ser humano, frecuencia respiratoria que indica el buen o mal estado respiratorio del paciente.

Tabla IV. **Frecuencias respiratorias del ser humano**

Edad	Respiraciones por minuto
Lactante Menor	20-40
Lactante mayor	20-30
Niños de 2 a 4 años	20-30
Niños de 6 a 8 años	20-25
Adulto	15-20

Fuente: elaboración propia.

5.3.4. Presión sanguínea

Rango de valores entre los cuales debe estar la presión sanguínea o arterial de un ser humano, presión sanguínea que indica el buen o mal estado de presión arterial del paciente.

Tabla V. **Presiones sanguíneas del ser humano**

Edad	Presión Sistólica (mmHg)	Presión Diastólica (mmHg)
2 años	78-112	48-78
8 años	85-114	52-85
12 años	95-135	58-88
adulto	100-140	60-90

Fuente: elaboración propia.

5.4. Funcionamiento

El funcionamiento de un monitor de signos vitales se divide en varias partes, ya que son varias y distintas las señales que mide, monitorea, procesa y muestra dicho equipo. El funcionamiento debe ser óptimo en todo momento, ya que de eso depende la vida del paciente, una mínima falla en el monitor puede proporcionar información falsa al personal médico y ocasionar una falla humana que dañe al paciente.

5.4.1. Temperatura corporal

En un monitor de signos vitales la temperatura es medida por un termistor colocado en la punta de una sonda sensora, la cual es colocada en el paciente, en el sitio adecuado según su situación.

5.4.2. Presión arterial

El monitor de signos vitales mide la presión mediante el principio oscilométrico, este dispositivo determina la presión sanguínea a través de obtener la amplitud del pulso esto a través de una manga que se coloca en el brazo y se le inyecta aire a través del monitor. El monitor detecta cambios de presión en el brazalete como consecuencia de variaciones pequeñas de pulso del paciente, entonces la presión media es la oscilación más larga y las otras son determinadas por la amplitud del pulso.

5.4.3. Frecuencia cardiaca

El pulso es la medida de la frecuencia cardiaca, se mide debido a la onda pulsante de la sangre, originada en la contracción del ventrículo izquierdo del corazón y que resulta en la expansión y contracción regular del calibre de las arterias. La onda pulsátil representa el rendimiento del latido cardiaco, que es la cantidad de sangre que entra en las arterias con cada contracción ventricular y la adaptación de las arterias, o sea su capacidad de contraerse y dilatarse.

5.4.4. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria es medida utilizando un cable llamado ECG (electrocardiograma), dicho cable se basa en los principios de la impedancia neumografica, mediante la siguiente manera: Se coloca el cable ECG de tres derivaciones en el pecho cerca del corazón, distanciados aproximadamente 15 centímetros entonces como el pecho cambia de tamaño y forma durante una inspiración y expiración, la impedancia entre los electrodos colocados en el pecho cambia, entonces las respiraciones se calculan en base a los cambios de impedancia.

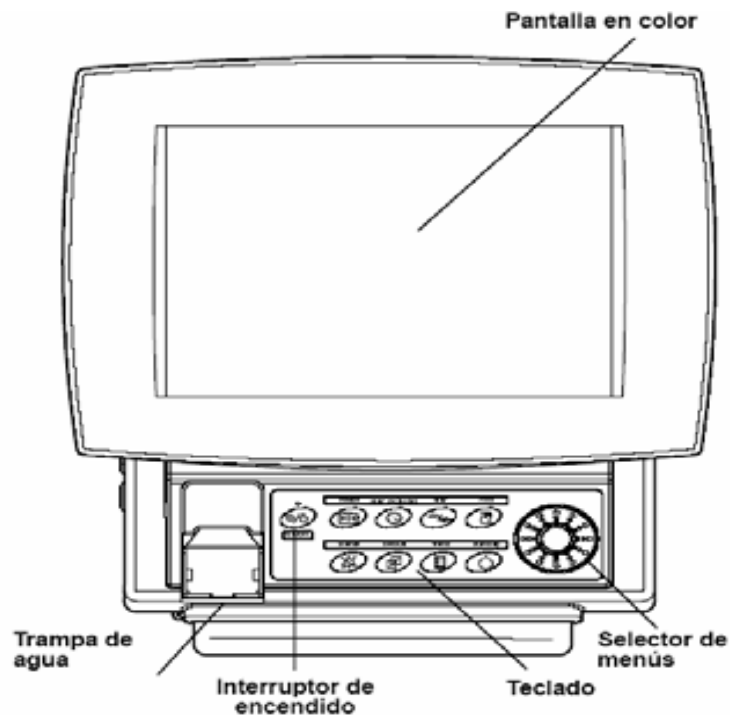
5.5. Partes del monitor de signos vitales

Partes que ejecutan la medición, el monitoreo, el almacenamiento y el despliegue de todas las señales del monitor de signos vitales, siendo señales representativas del estado general de salud del paciente.

5.5.1. Panel frontal

Contiene la pantalla en color de despliegue de señales de signos vitales, el interruptor de encendido y apagado, también el teclado principal y la trampa de agua.

Figura 6. Panel frontal

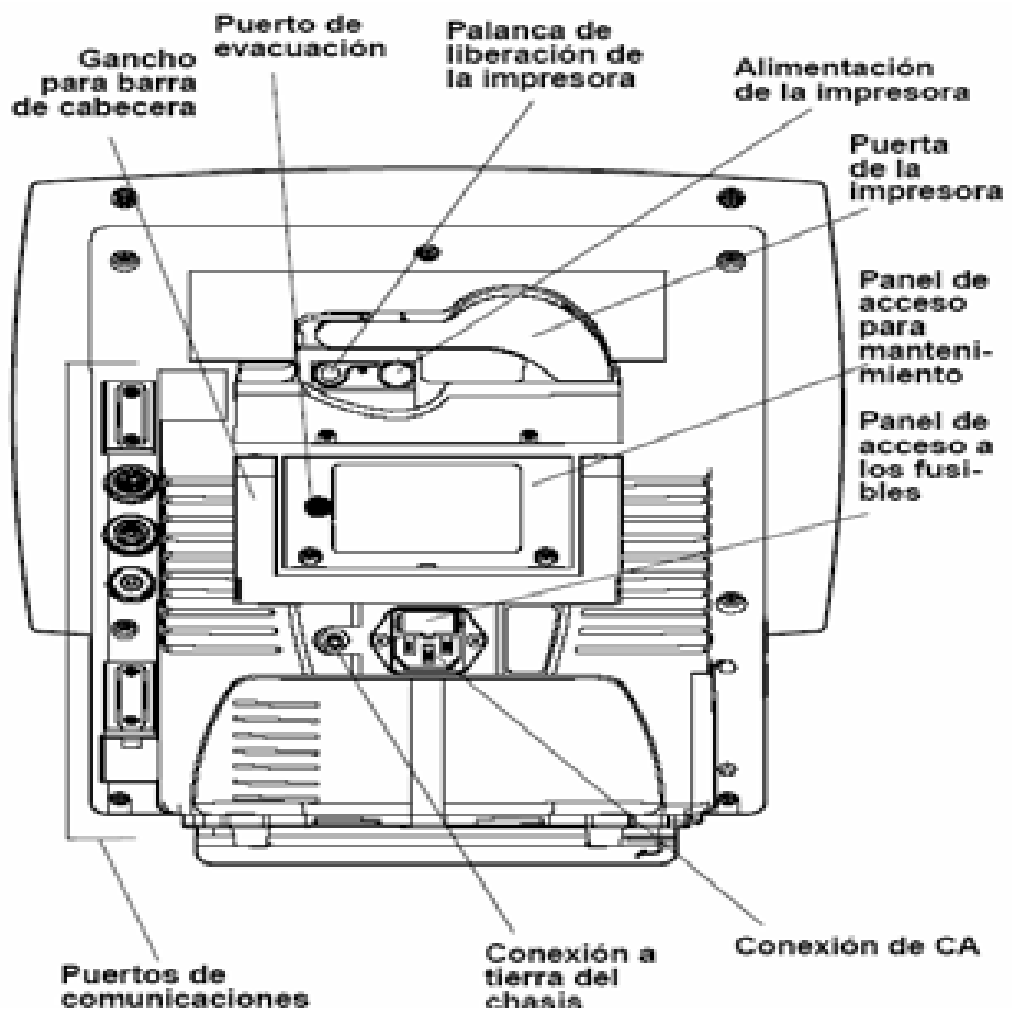


Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Panel posterior

Contiene los puertos de comunicación y evacuación, el gancho para barra de cabecera, palanca de liberación de impresora, fusibles, conexión eléctrica de la impresora, la conexión CA del monitor, la conexión a tierra del chasis y el panel del mantenimiento.

Figura 7. Panel posterior

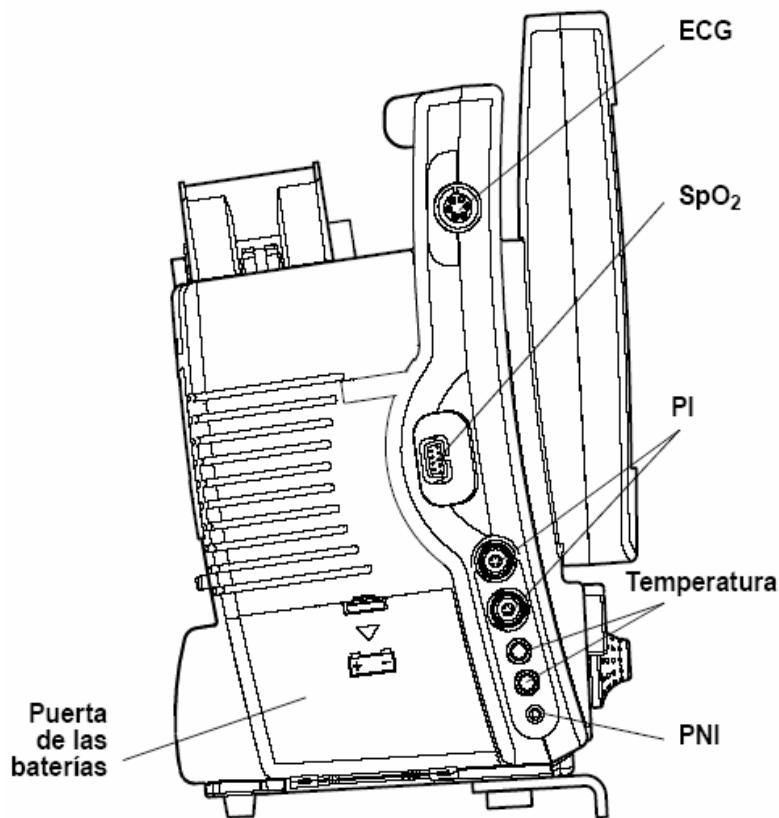


Fuente: elaboración propia.

5.5.3. Panel lateral

Contiene las conexiones para los sensores de medición de los signos vitales de ECG, SpO₂, PI, temperatura y PNI, también el compartimiento de baterías con su puerta.

Figura 8. Panel lateral



Fuente: elaboración propia.

5.5.4. Puertos de comunicación

Contiene los puertos electrónicos de comunicación de datos COM1, COM2, video y el de módulo externo, también conexión del desfibrilador y el interruptor de llamada a enfermera.

Figura 9. Puertos de comunicación



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.5. Tarjeta principal

Tarjeta electrónica que es el cerebro del monitor de signos vitales, realiza el control del funcionamiento de todas las otras tarjetas electrónicas y todos los dispositivos de entrada y salida del monitor de signos vitales.

Figura 10. Tarjeta principal



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.6. Tarjeta fuente

Tarjeta electrónica básica y principal que controla y regula el voltaje que alimenta a todo el monitor de signos vitales, así como también los niveles de corriente de funcionamiento.

Figura 11. Tarjeta fuente



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.7. Módulo NIBP o niveles de presión arterial

Tarjeta electrónica que mide los valores de presión arterial del ser humano o paciente, dichos valores luego son procesados, almacenados y desplegados de forma puntual y correcta.

Figura 12. Módulo NIBP o niveles de presión arterial

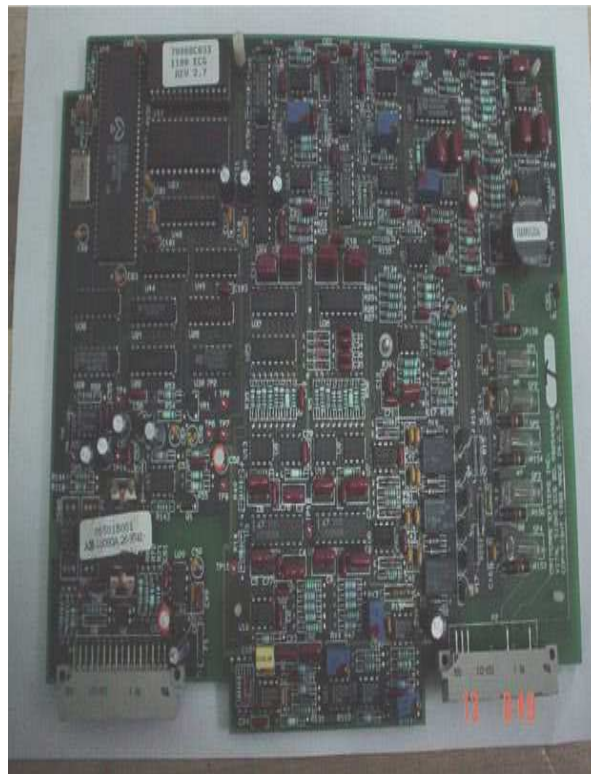


Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.8. Tarjeta de ECG o frecuencia cardiaca

Tarjeta electrónica que mide, monitorea y controla los valores de todos los latidos del corazón o frecuencia cardiaca del ser humano o paciente, dichos valores luego son procesados, almacenados y desplegados de forma puntual y correcta.

Figura 13. Tarjeta de ECG o frecuencia cardiaca

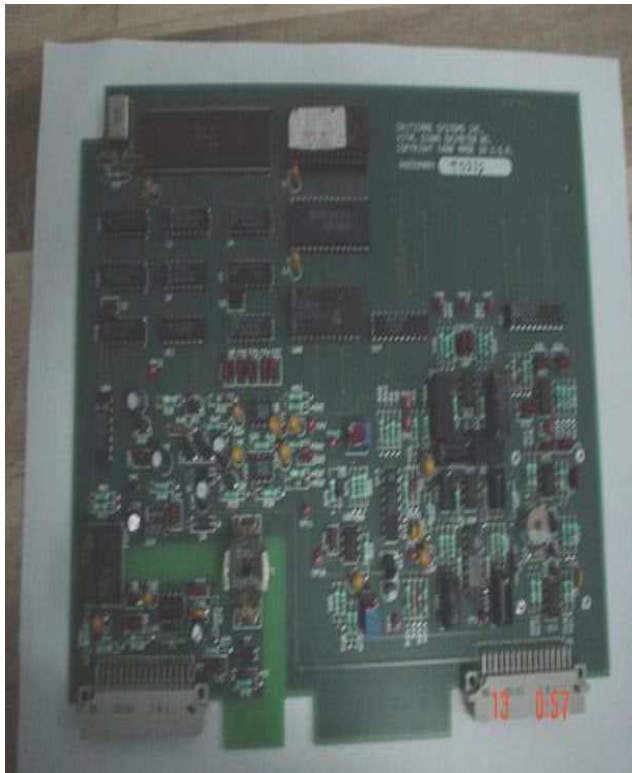


Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.9. Tarjeta de saturación de oxígeno

Tarjeta electrónica que mide, monitorea y controla los valores de frecuencia respiratoria del ser humano o paciente, dichos valores luego son procesados, almacenados y desplegados de forma puntual y correcta.

Figura 14. Tarjeta de saturación de oxígeno



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.10. Tarjeta de presiones arteriales

Tarjeta electrónica que monitorea y controla todos los valores de la presión arterial del ser humano o paciente medidos por el modulo NIBP, dichos valores luego son procesados, almacenados y desplegados de forma puntual y correcta.

Figura 15. **Tarjeta de presiones arteriales**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.11. Tarjeta de capnografía

Tarjeta electrónica que controla todos los datos finales de los signos vitales medidos en el ser humano o paciente para ser desplegados o transmitidos de forma puntual y correcta.

Figura 16. Tarjeta de capnografía



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.12. Tarjeta de gases anestésicos

Tarjeta electrónica que controla los valores y niveles de gases anestésicos requeridos y utilizados por el monitor de signos vitales, dependiendo de la necesidad del ser humano o paciente.

Figura 17. Tarjeta de gases anestésicos

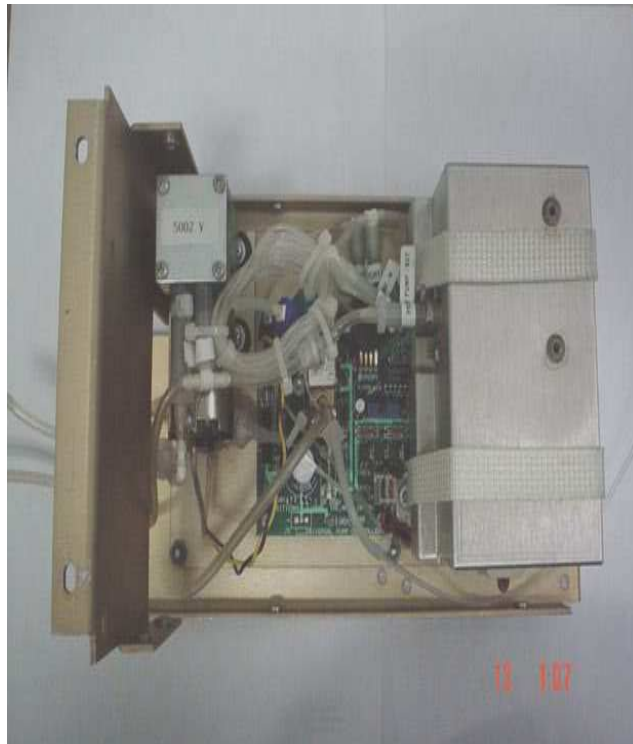


Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.13. Bomba para CO2 y gases

Tarjeta electrónica que controla valores y niveles de CO2 y gases requeridos y utilizados por el monitor de signos vitales, dependiendo de la necesidad del ser humano o paciente.

Figura 18. Bomba para CO2 y gases



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.5.14. Tarjeta inversora

Tarjeta electrónica que regula el voltaje que alimenta a todo el monitor de signos vitales, así como también los niveles de corriente para un buen funcionamiento.

Figura 19. **Tarjeta inversora**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.6. Reingeniería de mantenimiento

Procesos de mantenimiento teóricos y prácticos totales de los monitores de signos vitales del Hospital San Juan de Dios, para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

5.6.1. Análisis FODA de monitores de signos vitales

Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene actualmente el mantenimiento de monitores de signos vitales en el Hospital San Juan de Dios.

5.6.1.1. Fortalezas

- Correcta utilización y organización de todo el personal y los recursos que tiene actualmente el departamento de mantenimiento para optimizar el uso de todos los monitores de signos vitales.
- Departamento y espacio físico determinado solo para realizar la ejecución del mantenimiento y reparación de los monitores de signos vitales.
- El personal de mantenimiento posee un buen conocimiento técnico acerca de mantenimiento y reparación de los monitores de signos vitales.
- Las empresas proveedoras del equipo nuevo hacen parte de todo el mantenimiento de los monitores de signos vitales.

5.6.1.2. Oportunidades

- Si es posible tener más cantidad de presupuesto, se puede mejorar horarios por turno del personal de mantenimiento.
- Con más personal técnico de mantenimiento, es posible realizar más y mejor mantenimiento y reparación a un bajo costo a todos los monitores de signos vitales que no tienen mantenimiento por parte de empresas proveedoras.

5.6.1.3. Debilidades

- Actualmente el personal de mantenimiento es capacitado muy poco.
- Las personas que utilizan monitores de signos vitales no siguen el adecuado procedimiento para poder operarlos.

5.6.1.4. Amenazas

- El número de monitores de signos vitales es poco en el hospital, por lo cual todos los monitores tienen mucha demanda de uso, el equipo puede tener menos vida útil y una mala realización del mantenimiento preventivo.

5.6.2. Rutinas de mantenimiento preventivo

Rutinas de mantenimiento que previenen la falla funcional del equipo y la disminución de la vida útil del mismo para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

5.6.2.1. Actividades antes de instalar el monitor de signos vitales

Actividades obligatorias a realizar totalmente antes de instalar y hacer funcionar el monitor de signos vitales ya sea en el quirófano o en cualquier lugar.

- Cargar baterías al menos cuatro horas.
- Sí se duda de la integridad eléctrica de la instalación desconectar CA y luego trabajar con CD.
- Cargar papel en impresora del monitor de signos vitales.
- Cumplir con el rango de voltaje que demanda el equipo. (110-120 V).
- Impedancia pequeña o nula entre neutro y tierra ($V = 0$).
- Adecuada polarización de la fase, neutro y tierra física.

Figura 20. **Conexión a tierra del monitor de signos vitales**



Fuente: organización panamericana de la salud. Protocolo de mantenimiento preventivo.

Nicaragua. 1995. p. 19.

5.6.2.2. Rutina semanal de mantenimiento preventivo

Rutinas semanales obligatorias a realizar totalmente para un monitor de signos vitales para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Monitor: apagar y desconectar el cable de CA antes de realizar la limpieza de equipo y sensor, usar un paño suave con alcohol diluido en agua.
- Sensor de oximetría: utilizar glutaraldehído al 2 por ciento, para evitar que el sensor adquiera impurezas.
- Brazaletes: utilizar alcohol al 70 por ciento y autoclave de vapor o gas (óxido de etileno), para evitar que el brazalete se deteriore y se pegue en la piel.
- Sensor de temperatura: debe utilizarse detergente suave, agua templada, no autoclaves de vapor y gas, para evitar que el sensor adquiera impurezas.

Figura 21. **Monitor de signos vitales**



Fuente: F. Tanner. Elementos higiene hospitalaria y técnicas de aislamientos en hospital. p. 34.

Figura 22. **Cable ECG o frecuencia cardiaca**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

Figura 23. **Sensor SPO2 o pulso cardiaco**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.6.2.3. Rutina mensual de mantenimiento preventivo

Rutinas mensuales obligatorias a realizar totalmente para un monitor de signos vitales para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Revisión e inspección visual de estructura física.
- Revisión e inspección visual de componentes internos y externos, conectores y tarjetas.

- Verificar cable de ECG en buen estado físico.
- Trazo y lecturas de ECG.
- Realizar cambios de amplitud de señal y velocidad del trazo de ECG.
- Verificar despliegue de respiraciones en pantalla.
- Verificar brazalete y línea de NIBP en buen estado.
- NIBP: modo adulto 120/80 con error +/- 5. (Niveles de presión arterial).
- NIBP: modo neonato 80/50 con error +/- 5. (Niveles de presión arterial).
- Programar tiempo ciclado de NIBP y verificarlo.
- Verificar sensor de temperatura en buen estado.
- Verificar lecturas de temperatura con el sensor.
- Verificar sensor de SPO2 en buen estado y funcionando.
- Verificar cambios de amplitud de trazo SPO2.
- Trazo y lecturas de SPO2.
- Trampa de humedad, líneas y sensores de CO2 en buen estado.
- Comprobar lecturas de CO2 con gases de calibración.

- Verificar Kanister.
- Verificar cable de IBP (presión arterial) en buen estado.
- Verificar activación de canales de IBP (presión arterial).
- Comprobar lecturas de agentes anestésicos con gases de calibración.
- Verificar lectura de celda de O₂ (oxígeno) con gas de calibración.
- Verificar flujos de gases.
- Verificar funcionamiento de panel de membranas.
- Verificar encendido de led conexión a AC.
- Verificar funcionamiento de equipo con batería interna (100 por ciento de carga – respaldo de 30 minutos).
- Limpieza interna y externa. (Sección 7.2.2.).
- Prueba de stress.

5.6.2.4. Rutina trimestral de mantenimiento preventivo

Rutinas trimestrales de verificaciones de niveles de señales de signos vitales y ajustes del monitor, para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

5.6.2.4.1. Verificación de NIBP o niveles de presión arterial

Rutina trimestral de verificación de NIBP o niveles de presión arterial del monitor de signos vitales con el objetivo de mejorar el servicio dado por el equipo médico.

- Monitor
- Simulador de NIBP (Niveles de presión arterial)
- Caja negra de vacío
- Manguera de silicón
- Cable de comunicación
- PC programa de calibración
- Verificar y/o calibrar el punto bajo de presión arterial mínima o diastólica
- Verificar y/o calibrar el punto alto de presión arterial máxima o sistólica
- Realizar pruebas de seguridad eléctrica
- Realizar pruebas de exactitud de medición de parámetros
- Realizar pruebas de velocidad de despliegue de información

- PC programa de calibración.

Figura 24. **Verificación de NIBP o niveles de presión arterial**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.6.2.4.2. Verificación de CO₂ o bióxido de carbono

Rutina trimestral de verificación de CO₂ o bióxido de carbono del monitor de signos vitales, con el objetivo de mejorar el servicio dado por el equipo médico.

- Usar modo de servicio
- Activación de bomba

- Manejar valores de CO2 en porcentajes
- Fluir gas y observar valores (calibrar)
- Asegurarse en usar valores exactos de gas calibrador
- Comprobar lecturas
- Regresar a modo usuario.

Figura 25. **Verificación de CO2 o bióxido de carbono**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.6.2.4.3. Verificación de IBP o presión arterial

Rutina trimestral de verificación de IBP o de la presión arterial del monitor de signos vitales, con el objetivo de mejorar el servicio dado por el equipo médico.

- Equipo
- Simulador
- Cable de comunicación
- Usar modo de servicio
- Conectar simulador a puerto para diagnóstico
- Verificar y/o calibrar el punto bajo de presión
- Verificar y/o calibrar el punto alto de presión
- Ajuste de ganancias.

Figura 26. **Verificación de IBP o presión arterial**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

5.6.2.5. Rutina anual de mantenimiento preventivo

Rutinas anuales obligatorias a realizar totalmente para un monitor de signos vitales para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Pruebas anuales de seguridad NIBP, IBP, CO2, SPO2, ECG
- Cambiar celda de O2
- Cambiar Kanister
- Verificar flujo de gas.

5.6.3. Fallas usuales en utilización y funcionamiento de monitores de signos vitales

En la utilización y funcionamiento de monitores de signos vitales hay fallas y errores que pueden suceder debido a un mal mantenimiento preventivo y por errores humanos.

- Desconocimiento del uso y manejo
- Instalaciones inadecuadas
- Preparación inadecuada del paciente (electrodos de ECG)
- Daños físicos en cables y sensores

- Descalibración de parámetros
- Fallas de *software*
- Desgaste mecánico de las bombas
- Fallas electrónicas en tarjetas, *display*, membranas
- Entrada de señales extrañas (campos electromagnéticos).

5.7. Inventario de monitores de signos vitales

Totalidad de monitores de signos vitales existentes en el Hospital San Juan de Dios que actualmente están funcionando, y dan un servicio continuo a los pacientes.

Tabla VI. **Inventario de monitores de signos vitales en Hospital San Juan de Dios**

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
LABOR Y PARTOS	CRITICARE	504 DX	107303440
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	s/n7
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	s/n5
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	s/n6
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	207028343
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	207028385
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	207028405
OBSERVACION	CRITICARE	uGENUITY	207028387
RECIEN NACIDOS	CRITICARE	504 DX	107303419
RECUPERACION	CRITICARE	GENUITY	S 207028400
RECUPERACION	CRITICARE	GENUITY	S 207028381
RECUPERACION	CRITICARE	GENUITY	S 207028374
RECUPERACION	CRITICARE	GENUITY	S 207028403

Continuación de la tabla VI.

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
BACTEROLOGIA	DADE BEHRING	MICROSCAN	
SECRETARIA	ERNEST LEITZ	GMBH	43-74
ANESTESIA	ESCORT	20102	4118
ANESTESIA	ESCORT	20100	4097
ANESTESIA	ESCORT	20101	4104
RECUP. DE ANESTESIA	NEWPORT	E100M	9911MB523
PEDIATRIA	NIHON KODEN	TEC-5521E	359
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	520
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	509
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	517
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	506
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	522
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	513
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	518
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	521
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	523
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	515
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	511
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	61
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	516
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	62
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	512
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	514
INTENSIVO ADULTOS	NIHON KOHDEN	BSM 2351K	508
BACTEROLOGIA	SOUTER	D-7470	24069
QUIROFANO 2	SPACELABS	91369	1369-005030
CONSULTA EXTERNA	WELCH ALLYN	17200	

Fuente: elaboración propia.

5.8. Conclusiones y recomendaciones para monitores de signos vitales

Conclusiones

- El monitor de signos vitales es un equipo médico que puede ser utilizado por cualquier persona adulta sin necesidad de tener conocimientos de medicina o electrónica, su uso es fácil y no precisa de más de una persona para poder realizar las mediciones ya sea de temperatura, frecuencia cardiaca o presión presión arterial.
- Los signos vitales que se ven más afectados por las variaciones físicas en el ser humano son la presión arterial y la frecuencia cardiaca.
- La presión arterial no es fija en todo el cuerpo, puede variar entre un brazo y otro, y varía también una vez que se ha presionado la arteria. Por lo que dos medidas de presión nunca van a ser idénticas.

Recomendaciones

- La frecuencia cardiaca, a pesar de que cambia rápidamente, se puede medir en dos lugares a la vez, lo cual facilita poder realizar la comprobación de las medidas obtenidas.

6. VENTILADOR PULMONAR

Descripción

Aparato electromecánico que substituye la respiración, función natural del ser humano. Genera una presión que debe estar: por debajo de la presión barométrica (PB) ó negativa alrededor del tórax (pulmón de acero o coraza), o bien por encima de la PB ó positiva dentro de la vía aérea (ventilador). En ambos casos se produce un gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea-alveolo) que origina un desplazamiento de un volumen de gas.

6.1. Ventilación pulmonar

En fisiología se llama ventilación pulmonar al conjunto de procesos que hacen fluir el aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares a través de los actos alternantes de la inspiración y la espiración. Los factores que intervienen en esta mecánica son las vías aéreas internas, el diafragma y sus músculos asociados, la cavidad torácica formada por la columna vertebral, el esternón y las costillas, la musculatura asociada y los mismos pulmones. La ventilación es llevada a cabo por los músculos que cambian el volumen de la cavidad torácica y al hacerlo crean presiones negativas y positivas que mueven el aire adentro y afuera de los pulmones.

Hay dos grupos de músculos; aquellos como el diafragma, que causan el movimiento hacia arriba y hacia abajo, cambiando el tamaño de la cavidad torácica en la dirección vertical y aquellos que mueven las costillas hacia arriba y hacia abajo para cambiar el diámetro antero lateral del tórax.

6.1.1. Inspiración

El diafragma es un músculo especial localizado en la base de la caja torácica, que al momento de contraerse se desplaza hacia abajo agrandando la cavidad torácica. Esta acción es la principal fuerza que produce la inhalación. Al mismo tiempo que el diafragma se mueve hacia abajo un grupo de músculos intercostales externos levanta la parrilla costal y el esternón. Esta acción de levantamiento también incrementa el diámetro efectivo de la cavidad torácica. El incremento en el volumen torácico crea una presión negativa (depresión, presión menor que la atmosférica) en el tórax.

Ya que el tórax es una cámara cerrada y la única comunicación con el exterior es el sistema pulmonar a través de los bronquios y la tráquea, la presión negativa causa que el aire entre a los pulmones. Los alvéolos de los pulmones por sí mismos son pasivos y se expanden solamente por la diferencia de presión de aire en los pulmones, la cual es menor que la presión en el exterior de los pulmones. Durante la inspiración la presión intraalveolar es menor que la atmosférica.

6.1.2. Espiración

La espiración normal es esencialmente pasiva; la relajación de los músculos inspiratorios, la elasticidad de los pulmones y la parrilla costal, combinada con el tono del diafragma, reducen el volumen del tórax, desarrollando una presión positiva que saca el aire de los pulmones.

En una espiración forzada un grupo de los músculos abdominales empujan el diafragma hacia arriba muy poderosamente, mientras todos los músculos intercostales internos jalan la parrilla costal hacia abajo y aplican

presión contra los pulmones contribuyendo a expulsar el aire hacia afuera. Al final de la espiración sea forzada o pasiva la presión intrapleural se iguala con la presión atmosférica.

6.1.3. Balance de presiones

Por convenio en el aparato respiratorio las presiones se miden tomando como referencia la presión atmosférica. Una presión será negativa cuando sea menor de 760 milímetros de mercurio y positiva si es mayor. Durante la inhalación normal la presión dentro de los pulmones presión intralveolar, es cerca de -2 centímetros de agua.

La presión, generada por la fuerza de contracción de los músculos inspiratorios tiene que compensar:

- La fuerza de retroceso elástica del pulmón. La disposición de los alvéolos y la presencia de elastina en su estructura les confieren propiedades semejantes a las de un resorte regido por la ley de Hooke:

$$F = - kr$$

Donde r es el desplazamiento, k es el coeficiente de elasticidad y F es la fuerza que se opone al cambio de longitud.

Para mantener un elemento elástico como el alveolo con un determinado volumen se requiere una presión que compense la fuerza elástica. Esto se estudia representando la relación entre presión y volumen.

- La tensión superficial de la interface de aire líquido. En 1929 Von Neergaard descubrió que si se inflaba un pulmón humano con líquido la presión que se necesitaba era mucho menor que cuando se utilizaba aire. Dedujo que esto se debía a que el líquido suprimía la interface del aire líquido y eliminaba la fuerza de la tensión superficial. Cuando el alvéolo se expandía con el aire se generaba una fuerza de tensión superficial que se opone al desplazamiento y que debe ser compensada por la presión de acuerdo con la ley de Laplace.

$$P = (2F) / R$$

Donde p = presión; f = fuerza de la tensión superficial (alveolo) y r = radio del alvéolo.

Sin embargo el pulmón tiene un comportamiento peculiar. En primer lugar la fuerza de tensión superficial es menor que la que se desarrolla en una interface aire plasma. Esto se explica por la existencia, en los alvéolos, de unas células, los neumocitos tipo II, que secretan un agente tensioactivo el surfactante que modifica la tensión interfacial: a mayor concentración de surfactante, menor es la tensión superficial. En segundo lugar de la ley de Laplace se deduce que si la tensión superficial es constante, la presión de equilibrio tiene que ser mayor en los alvéolos pequeños que en los grandes.

Como los alvéolos están intercomunicados, los más pequeños se vaciarían en los mayores y un sistema con alvéolos de distinto tamaño sería inestable. Esto no sucede en la realidad y se debe justamente a la presencia del surfactante alveolar. La masa o cantidad de surfactante permanece constante en el alvéolo, mas no su proporción por unidad de superficie alveolar; es decir, su concentración superficial cambia con el volumen.

Al expandirse el alvéolo durante una inspiración su área se incrementa, pero al permanecer constante la masa del surfactante, la concentración superficial o cantidad del mismo por unidad de área alveolar se vuelve más pequeña; como resultado, incrementa la tensión superficial. Lo contrario ocurre cuando el alvéolo se contrae: disminuye su área y aumenta la concentración superficial de surfactante, con lo cual se reduce la tensión superficial.

En particular en los alveolos pequeños la tensión superficial puede ser hasta diez veces menor que en los mayores. De esta manera, al cambiar el numerador y el denominador en la relación de Laplace se explica que puedan coexistir alvéolos de distinto tamaño con la misma presión intraalveolar. Este mismo fenómeno también coopera en la histéresis que presenta el pulmón, al existir una diferencia entre la distensibilidad pulmonar durante la inflación y deflación ya que la histéresis es mucho menor cuando el pulmón se rellena con líquido en lugar de con aire.

La fuerza elástica y la tensión superficial se analizan, en las pruebas funcionales respiratorias, mediante la adaptabilidad pulmonar (llamada también distensibilidad o complianza) que es el cambio de volumen que produce un cambio de una unidad de presión y cuyo valor normal es de unos 0,2 litros de aire por cada centímetro de agua de presión.

- Resistencia al flujo. Durante el movimiento pulmonar (condiciones dinámicas) la presión debe compensar también la resistencia al flujo. En gran parte de las vías aéreas el flujo se puede considerar laminar y viene regido por la ley Poiseuille:

$$P = V \left(\frac{8\eta l}{3,1416 (r^4)} \right)$$

Donde P es el gradiente de presión, V es el flujo, n es la viscosidad y l y r son la longitud y el radio del tubo.

El factor más importante, porque es el que puede cambiar en el organismo y porque interviene en su cuarta potencia es el calibre de los bronquios, de ahí los efectos dramáticos que puede causar la bronquio constricción. En las grandes vías respiratorias como la tráquea y los grandes bronquios el flujo puede ser turbulento y entonces la presión se relaciona con el flujo y con el cuadrado del flujo y la resistencia depende de la densidad más que de la viscosidad. Esto es importante cuando se respira aire a presión (como en el buceo) ya que, en los gases la densidad es proporcional a la presión y en las pruebas funcionales respiratorias la resistencia de las vías aéreas se estudia mediante las curvas de flujo-volumen.

6.1.4. Intercambio de gases en los pulmones

La sangre venosa del organismo es llevada vía vena cava inferior y cava superior a la aurícula derecha del corazón, desde la cual pasa, a través de la válvula tricúspide al ventrículo derecho. El ventrículo derecho bombea la sangre con una presión pulsátil de 24 milímetros de mercurio sistólica y 9 milímetros de mercurio diastólica, en promedio, en la arteria pulmonar y perfunde los capilares pulmonares situados en las paredes de los alvéolos.

Existen unos 600 millones de capilares que contienen unos 100 mililitros de sangre y una superficie del orden de 70 metros cuadrados por los que pasa la totalidad del gasto cardíaco, aproximadamente 5,4 litros por minuto. Un cálculo simple permite deducir que la sangre atraviesa el capilar pulmonar en un poco menos de un segundo.

Existen unos 300 millones de alvéolos de diámetro entre 0,1 y 0,3 milímetros cuya superficie es de unos 70 metros cuadrados y que, respirando en reposo, contienen unos 3,5 litros de aire que se renuevan mediante la respiración a un ritmo de unos 4 litros por minuto.

Las membranas de los alvéolos y de los capilares en contacto forman una unidad funcional, la membrana alvéolo capilar, a través de la cual se realiza el intercambio de gases en el pulmón. Una parte del oxígeno que hay en el aire alveolar pasa a la sangre del capilar pulmonar y la mayor parte se une a la hemoglobina formando oxihemoglobina. Una parte menor queda como oxígeno disuelto y aumenta la presión parcial de oxígeno sanguíneo hasta igualarla con la del aire alveolar. Por otro lado un volumen similar de dióxido de carbono pasa desde la sangre hacia el alvéolo, desde el cual pasará, con el aire espirado, al exterior. El resultado es la transformación de la sangre venosa en arterial.

De los capilares pulmonares, la sangre arterial es llevada por las venas pulmonares a la aurícula izquierda. De aquí pasa por la válvula mitral al ventrículo izquierdo el cual bombea la sangre hacia la arteria aorta a una presión de 120/80 milímetros de mercurio. Desde aquí es distribuida por el sistema arterial a los capilares de todos los órganos del cuerpo. Tras atravesar los capilares la sangre venosa es recogida por las vénulas y venas del organismo que confluyen en el sistema de las venas cavas completando el circuito de la circulación de la sangre descubierto por Harvey.

En los tejidos la oxihemoglobina entrega parte del oxígeno, mientras que el dióxido de carbono difunde hacia la sangre desde los tejidos y fluidos. De esta forma la sangre arterial se convierte en venosa.

En condiciones de reposo y respiración tranquila una persona normal consume unos 250 mililitros de oxígeno y produce unos 200 mililitros de dióxido de carbono. La relación: $R = (\text{producción de carbónico} / \text{consumo de oxígeno})$, se denomina cociente respiratorio o relación de intercambio respiratorio.

La sangre arterial contiene unos 48 mililitros de CO₂ por cada 100 mililitros de sangre, cuando deja los tejidos como sangre venosa su contenido ha aumentado hasta 52 mililitros cada 100 mililitros de sangre. Esto supone un cambio de presión parcial de 40 a 46 milímetros de mercurio. Lo contrario ocurre a nivel pulmonar cuando se convierte en arterial.

La sangre arterial contiene unos 20 mililitros de oxígeno por cada 100 mililitros de sangre y deja en los tejidos unos 5 mililitros por cada decalitro, por lo tanto contiene unos 15 mililitros de oxígeno por cada 100 mililitros de sangre cuando llega a los pulmones como sangre venosa mixta. Esto supone un cambio de 100 milímetros de mercurio de presión parcial de oxígeno en la sangre arterial a 40 milímetros de mercurio en la venosa. A nivel pulmonar gana una cantidad similar de oxígeno del alveolo pasando a ser sangre arterial. En determinadas circunstancias, como puede suceder durante el ejercicio o en algunas enfermedades cardio pulmonares estos valores cambian de manera notable.

6.1.5. Volúmenes y capacidades pulmonares estáticos

Los volúmenes pulmonares estáticos son un reflejo de las propiedades elásticas de los pulmones y de la caja torácica. La capacidad vital (VC = *vital capacity*, ó "VC lenta") es el volumen máximo de aire que puede exhalarse después de un esfuerzo inspiratorio máximo de forma lenta y completa. Esta

operación es fácil de realizar y constituye una de las medidas más significativas en el estudio de la función pulmonar.

Dado que la VC disminuye a medida que las enfermedades restrictivas empeoran, ésta junto con la capacidad de transferencia de CO₂ pueden ser utilizados como parámetros básicos al efectuar un seguimiento de la evolución de una enfermedad pulmonar restrictiva y por tanto de su respuesta al tratamiento. La capacidad vital forzada (FVC = *forced vital capacity*), una maniobra parecida a la anterior a excepción de que se requiere de una espiración forzada (rápida) máxima, por lo general se mide junto a los flujos espiratorios máximos en la espirometría simple.

La VC (lenta) puede ser considerablemente mayor que la FVC en pacientes con obstrucción de la vía aérea. Durante la maniobra de FVC, las vías aéreas terminales pueden cerrarse de forma prematura (es decir, antes de que se alcance el volumen residual verdadero), atrapando gas en sus porciones distales y evitando que éste sea medido por el espirómetro. La capacidad pulmonar total (TLC = *total lung capacity*) es el volumen de aire que permanece dentro de los pulmones al final de una inspiración máxima.

La capacidad residual funcional (FRC = *functional residual capacity*) es el volumen de aire contenido en los pulmones al final de una espiración normal, cuando todos los músculos respiratorios están relajados. Fisiológicamente, es el volumen pulmonar de mayor importancia, dada su proximidad al rango normal del volumen corriente. Al nivel de la FRC, las fuerzas de retracción elástica de la pared torácica, que tienden a aumentar el volumen pulmonar, se hallan en equilibrio con las del parénquima pulmonar, que tienden a reducirla.

En condiciones normales, estas fuerzas son iguales y de sentido opuesto, aproximadamente el 40 por ciento de la TLC. Los cambios existentes de estas propiedades elásticas modifican la FRC. La pérdida de retracción elástica del pulmón en el enfisema aumenta el valor de la FRC. Por el contrario, el aumento de la rigidez pulmonar que se asocia al edema pulmonar, la fibrosis intersticial, y otras enfermedades restrictivas provoca disminución de la FRC. La cifoscoliosis disminuye la FRC y otros volúmenes pulmonares, debido a que la pared torácica rígida y no distensible restringe la expansión pulmonar. La diferencia entre la TLC y la FRC es la capacidad inspiratoria.

6.1.6. Volúmenes pulmonares y flujos aéreos dinámicos

Los volúmenes pulmonares dinámicos reflejan el estado de las vías aéreas. El espirograma proporciona una gráfica de volumen contra tiempo, obtenida en un espirómetro de campana o electrónico, mientras el enfermo realiza una maniobra de FVC. El FEV1 (*Forced Expiratory Volume in the first second*) es el volumen de aire eliminado durante el primer segundo de espiración forzada, después de una inspiración máxima.

En condiciones normales, su valor es mayor al 75 por ciento de la VC, por lo que a menudo se expresa en forma de porcentaje de la capacidad vital forzada (FEV es 1 por ciento de FVC). El flujo espiratorio forzado medio (FEF25-75 por ciento) durante la fase media (25 al 75 por ciento) de la maniobra de FVC es la pendiente de la línea que corta el trazado espirográfico al 25 y 75 por ciento de la VC. El FEF25-75 por ciento depende menos del esfuerzo realizado que el FEV1 y, por lo tanto, constituye un indicador más precoz de obstrucción de las vías aéreas.

En una curva de flujo volumen normal, la porción inspiratoria de la curva es simétrica y convexa. La porción respiratoria es lineal. Los flujos se miden a menudo en el punto medio de la VC. El MIF50 por ciento es > MEF50 por ciento VC debido a la compresión dinámica de las vías aéreas.

En ocasiones se utiliza el flujo respiratorio máximo para estimar el grado de obstrucción de la vía aérea, pero depende mucho del esfuerzo realizado por el paciente. Los flujos espiratorios medidos por encima del 50 por ciento de la VC, es decir, cercanos al RV son indicadores sensibles del estado de las vías aéreas del pequeño calibre.

En una enfermedad restrictiva, por ejemplo sarcoidosis ó cifoscoliosis, la curva es más estrecha a causa de la reducción de los volúmenes pulmonares, durante una maniobra de espiración forzada, la presión intratorácica positiva determina que las vías aéreas se vayan estrechando de modo progresivo y esta compresión dinámica de las vías aéreas limita las velocidades máximas de flujo respiratorio que pueden alcanzarse.

Durante la maniobra de inspiración se produce el efecto opuesto, ya que la presión intratorácica negativa tiende a mantener al máximo el calibre de las vías aéreas. Debido a estas variaciones de diámetro de las vías aéreas, en la mayor parte del ciclo respiratorio las velocidades de flujo aéreo son mucho mayores durante la inspiración que durante la espiración.

La ventilación voluntaria máxima (MVV = *maximal voluntary ventilation*) se calcula indicando al enfermo que respire durante 15 segundos a volumen y frecuencia respiratoria máximos (la cantidad de aire espirado se expresa en litros por minuto). En general, el valor de la MVV es paralelo al del FEV1, y puede aplicarse una fórmula simple para comprobar la uniformidad interna de la

prueba y valorar el grado de cooperación del enfermo. Es posible predecir la MVV a partir del espirograma, multiplicando el FEV1 (en litros) x 35 o 40, según los autores. Esta fórmula sirve tanto para los individuos sanos como para los enfermos con trastornos respiratorios obstructivos y restrictivos.

Si se observa una MVV muy baja en un usuario que parece cooperar de forma activa, hay que pensar en una debilidad neuromuscular. Exceptuando los casos de enfermedad neuromuscular muy avanzada, la mayoría de los usuarios son capaces de efectuar un esfuerzo respiratorio aislado como un FVC. La MVV requiere un esfuerzo mucho mayor, y su alteración demuestra la existencia de músculos respiratorios débiles y fatigables. La MVV disminuye progresivamente cuando existe un aumento de la debilidad de los músculos respiratorios; junto con las presiones inspiratoria y espiratoria máximas, la MVV es en ocasiones, la única prueba funcional respiratoria anómala en ciertos individuos con una enfermedad neuromuscular que es relativamente grave.

La MVV es importante también en la valoración del riesgo quirúrgico, pues refleja la gravedad de la obstrucción de las vías aéreas y también las reservas respiratorias, la fuerza muscular y el grado de motivación del usuario. Volúmenes pulmonares, valor de volúmenes, capacidad total, capacidad residual funcional, capacidad reserva respiratoria.

6.2. Ventilación mecánica

Definición

Procedimiento de sustitución temporal de la función ventilatoria normal realizada en situaciones en las que ésta por distintos motivos patológicos no cumple los objetivos fisiológicos que le son propios.

6.2.1. Principios físicos de la ventilación mecánica

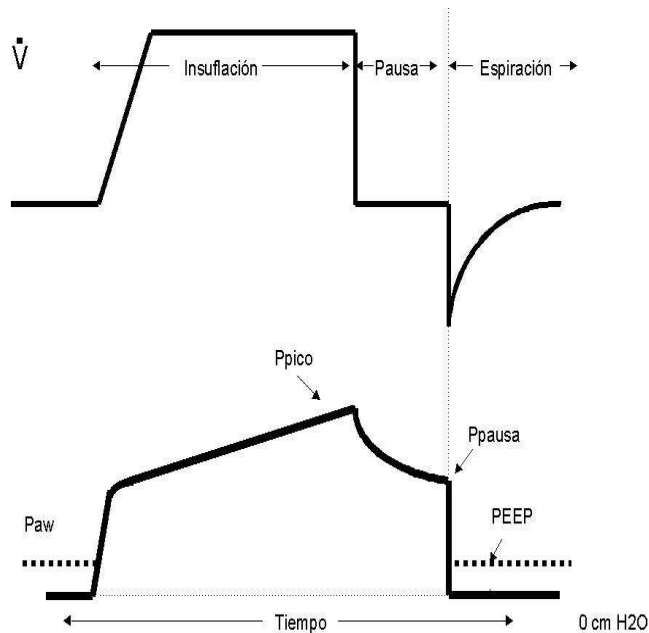
A la presión positiva que genera el respirador durante la inspiración para suplir la fase activa del ciclo respiratorio se opone otra dependiente de: la resistencia al flujo aéreo del árbol traqueobronquial o presión resistiva (Pres) y la resistencia elástica del parénquima pulmonar (Pel). De modo que la Pres depende del flujo (F) y de la resistencia de las vías aéreas (R): $Pres = F \times R$. La Pel depende de la distensibilidad que ofrece el parénquima pulmonar al llenado o compliance (C) y del volumen corriente (VC): $Pel = VC / C$. Con lo cual la presión total (Pt) será la suma de la Pres y de la Pel: $Pt = VC / C + F \times R$.

En el ciclo ventilatorio del ventilador se distinguen tres fases: el cambio de fase se realiza por un mecanismo de ciclado que depende del tipo de respirador.

6.2.1.1. Insuflación

El aparato genera una presión sobre un volumen de gas y tras la apertura de la válvula inspiratoria lo moviliza insuflándolo en el pulmón (volumen corriente) a expensas de un gradiente de presión entre los alvéolos y el flujo inspiratorio. La presión alveolar va aumentando conforme los alvéolos se van insuflando hasta el final de la inspiración que se alcanza la presión alveolar máxima o presión de insuflación o presión pico que está en relación con la resistencia total respiratoria (al flujo y elástica).

Figura 27. **Curvas de presión (Paw) y de flujo (V) en vías aéreas durante un ciclo respiratorio en ventilación mecánica**



Fuente: elaboración propia.

Donde Ppico = presión pico, Ppausa = presión meseta o de pausa inspiratoria y PEEP = presión positiva al final de la espiración.

6.2.1.2. Meseta

El gas que es introducido se mantiene durante un tiempo regulable (pausa inspiratoria) en el interior del pulmón para facilitar su distribución por unidades alveolares. La presión medida en la vía aérea o presión meseta corresponde a la presión alveolar y depende de la compliance pulmonar.

6.2.1.3. Deflación

Se inicia con la apertura de la válvula espiratoria y ocurre de forma pasiva dependiendo sólo de la retracción elástica del pulmón insuflado. Los respiradores incorporan una válvula que puede mantener una presión positiva al final de la espiración o PEEP (*positive end expiratory pressure*). En el ventilador hay unos parámetros o variables de control que producen la inspiración: el flujo o la presión y unos parámetros que provocan el cambio de inspiración a espiración y viceversa.

6.2.1.3.1. Gatillo o *trigger*

Es un mecanismo con distinto grado de sensibilidad que se activa para iniciar el flujo de gas inspiratorio, al detectar una caída de presión o un cambio de flujo en el circuito respiratorio.

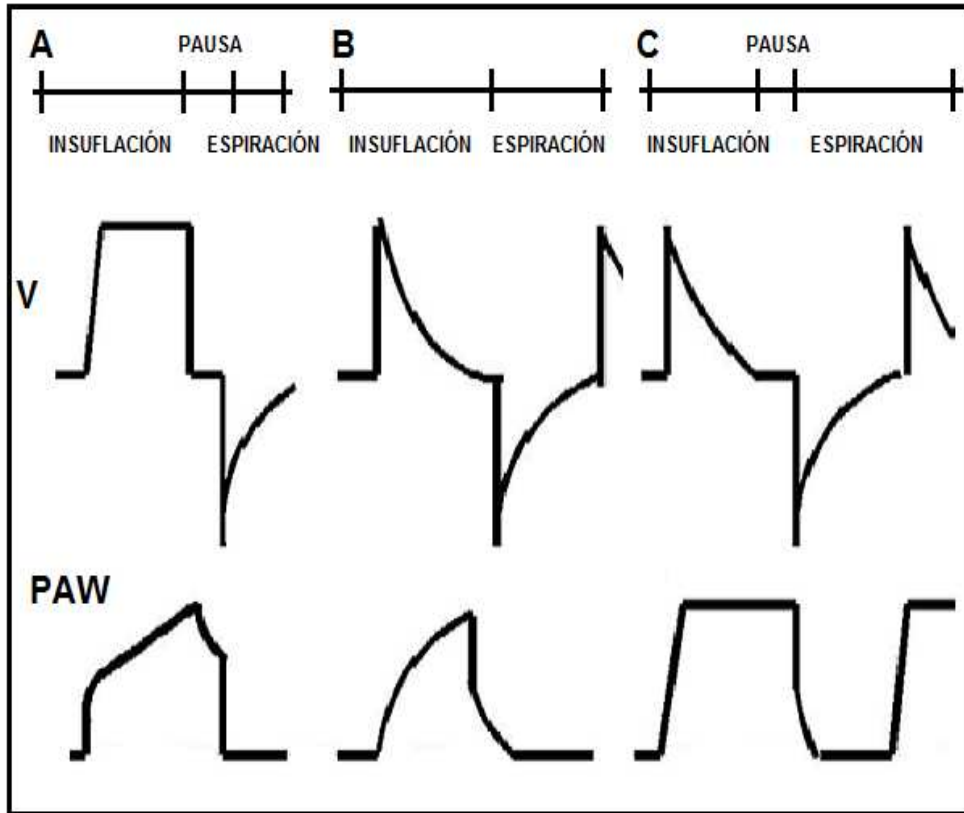
6.2.1.3.2. Límite

Gobierna el flujo de gas y permanece constante durante la inspiración. Se limita el flujo (volumétrico) o la presión (barométrico).

6.2.1.3.3. Ciclado

El tipo de ciclado interviene en el inicio de la fase de espiración, para ello los respiradores incorporan un sensor ajustado a unos valores específicos en la presión, el volumen, el flujo o el tiempo.

Figura 28. **Curvas de flujo (V) y presión (Paw) en respirador volumétrico, manométrico limitado por presión y ciclado por tiempo**



Fuente: elaboración propia.

6.2.2. Objetivos de la ventilación mecánica

La ventilación mecánica, es la base en el funcionamiento del ventilador pulmonar, por lo cual posee varios objetivos importantísimos que deben existir en su funcionamiento.

6.2.2.1. Objetivos fisiológicos

- Mantener o normalizar el intercambio gaseoso proporcionando la ventilación alveolar adecuada y mejorando la oxigenación arterial.
- Reducir el trabajo respiratorio.
- Incrementar el volumen pulmonar abriendo vía aérea y unidades alveolares y aumentando la capacidad residual funcional impidiendo colapso de alvéolos y cierre de vía aérea al final de la espiración.

6.2.2.2. Objetivos clínicos

- Mejorar la hipoxemia arterial
- Aliviar la disnea y el sufrimiento respiratorio
- Corregir acidosis respiratoria
- Resolver o prevenir la aparición de atelectasía
- Permitir el descanso de los músculos respiratorios

- Permitir la sedación y el bloqueo neuromuscular
- Disminuir consumo de oxígeno sistémico y del miocardio
- Reducir la presión intracraneal (PIC)
- Estabilizar la pared torácica.

6.3. Parámetros del ventilador pulmonar

Rangos de valores correctos de medición entre los cuales debe de estar ajustado el ventilador pulmonar, para poder obtener un funcionamiento óptimo y de máxima calidad.

6.3.1. Ventilación

Parámetros de funcionamiento utilizados para estabilizar la respiración de un ser humano o paciente que no puede respirar por sí mismo, parámetros que muestran si el paciente estabiliza su respiración.

6.3.1.1. Modo de ventilación

Parámetro inicial de funcionamiento en la asistencia respiratoria a un ser humano o paciente, es un parámetro básico en el proceso de la recuperación respiratoria del paciente.

6.3.1.2. Volumen de corriente (VC)

Sus valores van de 5 a 12 mililitros por kilogramo, se usan los valores más bajos en situaciones de alto riesgo de barotrauma o volutrauma y para evitar la sobredistensión alveolar.

6.3.1.3. Frecuencia respiratoria (Fr)

Oscila entre 8 a 15 ciclos por minuto, se ajustará para mantener la PaCO₂ deseada, éste parámetro marca la estabilidad de la respiración del ser humano o paciente.

6.3.2. Oxigenación

Parámetros de funcionamiento utilizados para proporcionar y mantener la respiración necesaria de un ser humano o paciente que no puede respirar por sí mismo.

6.3.2.1. Fracción inspirada de oxígeno (FiO₂)

Se debe usar la FiO₂ mínima que permita una PaO₂ igual o mayor de 60 milímetros de mercurio, intentado evitar FiO₂ mayores de 0,6 para no tener ningún problema con el suministro de oxígeno al paciente.

6.3.3. Mecánica pulmonar

Parámetros de funcionamiento mecánico óptimo del ventilador pulmonar en su utilización normal, parámetros que hacen funcionar toda la parte mecánica del equipo médico.

6.3.3.1. Relación de la duración entre inspiración y espiración (I:E)

Lo normal es 1:2, en situaciones de obstrucción al flujo aéreo se usan relaciones I:E más bajas (1:3) para prolongar el tiempo espiratorio y disminuir el atrapamiento aéreo. En situaciones graves del SDRA se pueden usar relaciones I: E invertidas, 2:1.

6.3.3.2. Flujo inspiratorio (V_i)

El flujo inspiratorio tiene un valor de 40-60 litros por minuto, parámetro que permite al ventilador pulmonar proporcionar al paciente el oxígeno necesario para su adecuada estabilización respiratoria.

6.3.3.3. Presiones respiratorias

La presión alveolar debe estar por debajo de 30 centímetros de agua que corresponde a una presión meseta menor de 35 centímetros de agua y a una presión pico menor de 45 centímetros de agua.

6.3.3.4. Límites de las alarmas

La alarma de presión debe estar 10-20 centímetros de agua por encima de la presión inspiratoria máxima. La de volumen un 25 por ciento inferior y superior al volumen espirado del paciente. Las alarmas técnicas comprenden las de desconexión de la red eléctrica y las de fallo en el suministro de gases.

6.4. Funcionamiento del ventilador pulmonar

Los respiradores actuales están gobernados por un microprocesador que controla todas sus funciones. El ciclado del respirador depende de la secuencia de apertura y cierre de las válvulas inspiratoria y espiratoria. La apertura de la válvula inspiratoria puede estar programada de antemano según la frecuencia respiratoria establecida en los parámetros del respirador; éste es el caso de la ventilación controlada.

Habitualmente, además el paciente puede provocar la apertura de la válvula inspiratoria mediante su esfuerzo inspiratorio; la disminución de la presión en el circuito respiratorio producida por un esfuerzo inspiratorio es detectada por el respirador, que dispara la apertura de la válvula inspiratoria; esto ocurre en la ventilación asistida y en este caso la válvula inspiratoria se denomina válvula de demanda.

La válvula inspiratoria también regula la velocidad del flujo inspiratorio mediante la mayor o menor apertura del orificio de salida de la mezcla de gases. El microprocesador calcula el flujo necesario para aplicar el volumen corriente en el tiempo programado. El final de la inspiración, con el consiguiente cierre de la válvula inspiratoria y apertura de la espiratoria, suele estar ciclado por tiempo, ocurre cuando finaliza el tiempo inspiratorio calculado por el microprocesador a partir de la frecuencia respiratoria y de la relación de la duración entre inspiración y espiración (I:E) programadas.

El cierre de la válvula inspiratoria está ciclada por presión (respiradores barométricos o manométricos, se programa la presión) o por el flujo (respiradores volumétricos, se programa el volumen que se efectúa a un tiempo

determinado), es decir, que la inspiración termina cuando se alcanza un determinado valor de presión o de flujo.

La apertura de la válvula espiratoria inicia la espiración, permitiendo el vaciado pulmonar. En la válvula espiratoria está contenido además el mecanismo de la presión positiva al final de la espiración (PEEP). Cuando se aplica PEEP, la válvula espiratoria se cierra cuando la presión en vía aérea, en descenso durante la espiración, llega al nivel de la PEEP prefijado, impidiendo que continúe el vaciamiento pulmonar y manteniendo esa presión hasta el final del período espiratorio.

6.4.1. Modos de funcionamiento

Los ventiladores poseen algunos modos de funcionamiento que se acomodan a las necesidades del paciente. La respiración controlada es usada por pacientes que no pueden respirar por sí solos, sustituye totalmente la función respiratoria del paciente. Es el equipo quien fija el ciclo respiratorio, con independencia del paciente. El modo de asistencia respiratoria, ayuda a la función respiratoria del paciente sin competir con ella, está diseñado para pacientes que tienen dificultades para respirar pero quienes pueden iniciar la inspiración; la presión negativa que el paciente crea cuando intenta inhalar, dispara una respiración. Hay modelos servo control que pasan de respiración controlada a respiración asistida cuando el paciente respira por su cuenta.

6.4.2. Modos de operación

Modos de operación o funcionamiento con los cuales el ventilador pulmonar ejecuta la asistencia respiratoria a un ser humano o paciente, cada modo de operación depende de la necesidad del paciente.

6.4.2.1. Ventiladores con ciclo de presión

En ventiladores ciclo de presión, la presión del aire es medida en la boca, mientras una alta presión positiva (P_v) es desarrollada en el ventilador. Cuando los pulmones se inflan, la presión en la boca empieza a aumentar, tendiendo a alcanzar la presión aplicada P_v , así el flujo de aire a los pulmones es casi constante y el volumen suministrado es prácticamente lineal con el tiempo. Cuando la presión en la boca alcanza la presión de espiración (P_e) previamente fijada, la fase de espiración inicia.

La próxima inhalación ocurrirá de acuerdo a la velocidad de respiración fijada y la velocidad del ciclo debe ser definida, así la espiración pueda ser bien completada antes de que se inicie la próxima inspiración. Variaciones en la elasticidad y resistencia en paso de aire afectan la operación del ventilador, por ejemplo si la elasticidad (C) baja a la mitad, el flujo inicial de gas debería ser el mismo, sin embargo como la presión de espiración ha sido previamente definida y la disminución en elasticidad producen reducción en tiempo para alcanzar dicha presión, da que el volumen "tidal" sea mucho menor que el esperado.

Por otro lado, si existe una fuga en el tubo que conecta la tráquea con el ventilador, el equipo entregará gas hasta alcanzar la presión de espiración (P_e) o hasta que el ventilador no pueda suministrar más gas. Por lo que es necesario exigir al sistema que esté libre de toda fuga.

6.4.2.2. Ventiladores con ciclo de volumen

En este modo de operación, el ventilador suspende la inspiración cuando un determinado volumen de gas es suministrado a los pulmones. Aquí de nuevo una presión positiva relativamente alta, P_v , es desarrollada en el ventilador.

La duración de la inspiración depende de la presión aplicada, volumen de gas a entregar, y de la elasticidad y resistencia del circuito pulmonar. El siguiente ciclo de inspiración depende de la velocidad de respiración seleccionada en el ventilador. Es importante tomar nota, sin embargo, que la dependencia solamente en volumen para fijar la inspiración podría desarrollar una presión demasiado alta (especialmente en condiciones de baja elasticidad). Así que es práctica común fijar la presión de espiración un poco arriba de la presión desarrollada en el circuito para prevenir el desarrollo de una alta presión alveolar.

6.4.2.3. Ventiladores con ciclo de tiempo

En los ventiladores con ciclo de tiempo, la duración de la inspiración es predeterminada. El volumen de gas suministrado depende de la presión del ventilador, P_v , y de la resistencia y elasticidad del sistema pulmonar. Circuitos neumáticos, mecánicos o electrónicos pueden ser utilizados para controlar el tiempo. En este modo de operación, el volumen de gas suministrado puede incrementar, si aumenta la presión en el ventilador o si se prolonga la duración de la inhalación. Una fuga, en este modo de operación, reducirá el volumen "tidal".

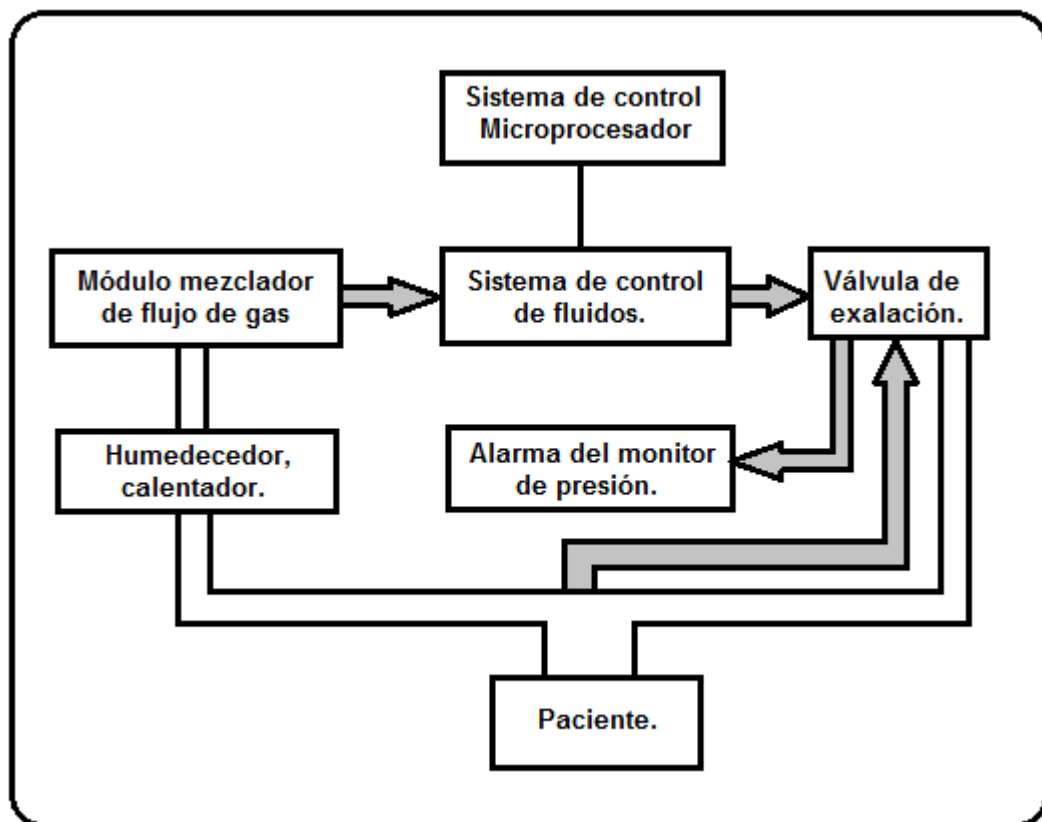
6.4.2.4. Combinación de modos de operación

La mayoría de ventiladores no pueden ubicarse en una única categoría de las arriba descritas. Algunos ventiladores permiten la selección de uno o más de estas modalidades. Otros usan una combinación de ellos. Así por ejemplo, un ciclo de volumen puede ser combinado con un ciclo de tiempo. Si el volumen "tidal" deseado es suministrado en menos tiempo que el fijado, la fase de espiración puede ser iniciada.

6.5. Partes del ventilador pulmonar

Partes físicas y mecatrónicas en las cuales se divide el ventilador pulmonar, partes que son controladas totalmente por el sistema de control por medio de un microprocesador.

Figura 29. Componentes del sistema



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Ventilador Pulmonar**



Fuente: F. Tanner. Elementos higiene hospitalaria y técnicas de aislamientos en hospital. p.38.

- Control de presión: generalmente varían de 0 a 5 centímetros de agua.
- Control de dilución: controla porcentaje de oxígeno en aire suministrado.
- Control de frecuencia respiratoria: se programan los ciclos por minuto.
- Control de tiempo espiratorio: controla tiempo de espiración del paciente.
- Control de inspiración de la nebulización: controla la presión del nebulizador durante la inspiración.

- Control de espiración de nebulización: Se controla la presión del nebulizador durante la espiración.
- Control de presión negativa espiratoria.
- Control de sensibilidad: regula el nivel de la sensibilidad que tiene el paciente, con relación a la fuerza inspiratoria.
- Control de flujo terminal: ajusta el flujo terminal de la válvula.
- Control flujo máximo: controla el flujo máximo en la válvula de salida.
- Control presión: indica la presión de trabajo en el sistema de la tubería.
- Marcador de sistema de presión: indica la presión en el sistema de tubos.
- Humedecedor / Calentador: el gas administrado al paciente debería ser humedecido y calentado a los determinados valores fisiológicos. El volumen del humedecedor normalmente comprime la mayoría de la elasticidad interna del circuito. La elasticidad (C) es uno de los factores a ser considerados cuando un sistema de ventilación es utilizado. Así por ejemplo, en estas condiciones, el tiempo para alcanzar la presión de la descarga en el proceso de respiración será bien corto y esto puede ser o no deseable y debería ser considerado a la hora de configurar el circuito.
- Conector al paciente: permite que la tubería de inspiración y espiración se acoplen al paso del aire en el paciente por medio de una máscara o tubo endotraqueal, con adaptador adicional se podría monitorear presión en el paciente.

- Trampa de agua: accesorio que puede ser utilizado y colocado dentro del circuito, antes de donde ramifica el lado inspiración con el de espiración.
- Válvula espiración: principal componente activo, controla presión creada dentro del circuito en el paciente y cuando una presión es creada en parte superior del diafragma en válvula se moverá hasta cerrar dicha válvula. El flujo de gas que entra en circuito del paciente aumentará la presión dentro de él y se opondrá al movimiento de cierre del diafragma, al cambiar presión de control en válvula habrá un cambio en presión dentro del sistema.
- Tubería: el diámetro de la tubería para el circuito del paciente oscila entre 1/4 a 1/2 de pulgada. La selección de tamaño es por características como flexibilidad y ligereza en peso. Los tramos de inspiración y espiración cuentan con una longitud de 24 pulgadas cada uno.

6.6. Reingeniería de mantenimiento

Procesos de mantenimiento teóricos y prácticos totales de los ventiladores pulmonares del Hospital San Juan de Dios, para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

6.6.1. Análisis FODA de ventiladores pulmonares

Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene actualmente el mantenimiento de ventiladores pulmonares en el Hospital San Juan de Dios.

6.6.1.1. Fortalezas

- El personal técnico de mantenimiento está bien organizado y optimiza recursos para el buen funcionamiento de los ventiladores pulmonares.
- El personal técnico de mantenimiento cuenta con un área especial para el mantenimiento y reparación de los ventiladores pulmonares.
- El conocimiento teórico y técnico de ventiladores pulmonares del personal de mantenimiento es de un nivel bueno.

6.6.1.2. Oportunidades

- Los horarios de los turnos del personal de mantenimiento se pueden mejorar contratando más técnicos de mantenimiento.
- Los ventiladores son reparados a bajo costo por el personal técnico, esto puede mejorar con capacitaciones continuas al personal técnico.

6.6.1.3. Debilidades

- El personal técnico de mantenimiento tiene poca capacitación acerca de los ventiladores pulmonares.

6.6.1.4. Amenazas

- Es necesario adquirir más ventiladores pulmonares, en un mínimo de 50 por ciento más para dar el servicio requerido a pacientes y para que los ventiladores actuales tengan mejor vida útil.

6.6.2. Rutinas de mantenimiento preventivo

Rutinas de mantenimiento que previenen la falla funcional del equipo y la disminución de la vida útil del mismo para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

6.6.2.1. Actividades antes de utilizar el ventilador pulmonar

Actividades obligatorias a realizar de una forma total antes de instalar y hacer funcionar el ventilador pulmonar ya sea en el quirófano o en cualquier lugar.

- Verificar instalación, ajuste y no obstrucción de válvula de alivio.
- No utilice instrumentos o equipo que puede o pudo estar expuesto a contaminación de aceites o grasas para evitar una explosión.
- Siempre se debe monitorear la concentración del oxígeno, con un analizador del oxígeno confiable, de preferencia con alarma que asegure el apropiado FIO₂ que se suministrará al paciente.
- No permita que la presión leída en el manómetro aumente más allá del rango permisible, ya que el manómetro puede dañarse permanentemente.
- Verificar buen estado de funcionamiento del manómetro.
- No exponer el bloque plástico de la válvula de espiración a las temperaturas mayores de 60 grados centígrados (140 grados fahrenheit).

- Verificar que no exista ningún residuo de agua líquida en el suministro de aire comprimido, puede producir un mal funcionamiento en el equipo.
- Verificar el suministro de gas, el cual debe estar limpio, seco, libre de aceite y tener la calidad de grado médico.
- No debe existir restricción para el flujo de gas en la línea de suministro.
- Verificar que el humidificador tenga un bajo factor de elasticidad (C), para lo cual el nivel de agua debe mantenerse alto.
- Proteja el ventilador contra choques mecánicos y manténgalo en condiciones limpias.
- Verificar que la válvula de espiración sea nueva, ya que es desechable y se deberá reemplazar con cada paciente atendido.
- Verificar circuito de paciente, debe ser cambiado al menos cada 24horas.

Figura 31. **Circuito paciente**



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

6.6.2.2. Rutina semanal de mantenimiento preventivo

Rutinas semanales obligatorias a realizar totalmente para un ventilador pulmonar para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico y consisten en verificar el buen funcionamiento de:

- Control de presión y dilución
- Tubería
- Control de tiempo espiratorio
- Control de inspiración y espiración de nebulización
- Control de presión negativa espiratoria
- Control de sensibilidad y flujo terminal
- Control de flujo máximo y presión
- Marcador de sistema de presión
- Humedecedor / calentador
- El conector al paciente y trampa de agua
- Válvula de espiración y control de frecuencia respiratoria.

6.6.2.3. Rutina mensual de mantenimiento preventivo

Rutinas mensuales obligatorias a realizar totalmente para un ventilador pulmonar para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Limpieza total de las partes principales del ventilador: para una buena limpieza debe ser completamente desarmado y cada componente lavado con solución con detergente médico y luego enjuagados con agua destilada, después se debe esterilizar con líquidos químicos u óxido de etileno (según recomiende el fabricante). Asegúrese que el agente químico sea compatible con superficies plásticas y que la mezcla con óxido de etileno se utilice a temperaturas menores que 60 grados centígrados. Debe tomarse en cuenta que el uso de óxido de etileno causa daños en los componentes plásticos y acortará su vida útil.
- La exactitud del equipo debe de ser revisada a través de la calibración de los manómetros, controles de tiempo y medidores de flujo.

Figura 32. Filtro



Fuente: Departamento de Electromedicina del Hospital San Juan de Dios.

6.6.3. Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de ventiladores pulmonares

Las fallas en el equipo médico pueden suceder en cualquier momento, a continuación las fallas que pueden presentar los ventiladores pulmonares, sus causas y sus soluciones.

Tabla VII. Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de ventiladores pulmonares

Problema	Posible causa	Solución
<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de Flujo no calibrado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación interna por humedad o suciedad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar completamente el tubo y bola del medidor.
<ul style="list-style-type: none"> • Incapaz leer presión cero en manómetros o pérdida de su exactitud. 	<ul style="list-style-type: none"> • El fuelle del manómetro este sobre presionado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplace el manómetro.
<ul style="list-style-type: none"> • Fuga en el circuito del paciente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga en válvula de exhalación. • Filtros entrada contaminados. • Circuito interno contaminado. • Mala calibración en la unidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revise fugas. • Reemplace filtro. • Revisión profesional.
<ul style="list-style-type: none"> • Alarma del mezclador no se activa con una fuente de gas activa. • Alarma del mezclador activada con ambas fuentes de gas encendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos del gas contrario permanecen presente en el módulo neumático. • Fuente de gas agotado o la presión salida es muy baja. • El conector no se adapta. • En circuito dc de Compresor de aire, el fusible está abierto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gire el mezclador hasta el 60%, y descargue el gas residual con la válvula Veriflo. • Reemplace con una fuente adecuada. • Ajustar adecuadamente. • Verificar los daños que lo pueden haber causado y darle Reset.
<ul style="list-style-type: none"> • La luz del piloto no enciende y el ventilador funciona bien. • Incapacidad de alcanzar el pico en presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Luz piloto dañada. • Fuga en el sistema. • Insuficiente flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar por el apropiado LED. • Corrija fugas en circuito, humedecedor, trampas de agua. • Aumente el flujo o aumente el tiempo de inspiración.

Continuación de la tabla VII.

Problema	Posible causa	Solución
<ul style="list-style-type: none"> • Momentánea alta presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oposición del paciente al ventilador (llanto, movimientos involuntarios). • Uso de terapia a través de Aerosol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar válvula pop-off como principal limitador de presión. • Drenar toda agua del circuito de respiración.
<ul style="list-style-type: none"> • Incapaz de alcanzar la velocidad en respiración deseada. • La presión del cilindro cae en un rango > 200 PSIG por más de 5 minutos. • Incapaz de alcanzar el deseado FIO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de ventilación y el tiempo de inspiración fijados son incompatibles. • El sello DIN está defectuoso. • Se ha soltado la llave de Acoplamiento. • Caída de la presión en la fuente del oxígeno abajo de 45 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuya la frecuencia de ventilación o el tiempo de inspiración. • Reemplace el sello. • Apretar la llave, no apretarla demasiado. • Restablezca la presión en la fuente de oxígeno. • Corregir posibles daños en el bloque o salida de alta presión.

Fuente: elaboración propia.

6.7. Inventario de ventiladores pulmonares

Totalidad de ventiladores pulmonares existentes en el Hospital San Juan de Dios que actualmente están funcionando y dan un servicio continuo a los pacientes.

Tabla VIII. **Inventario de ventiladores pulmonares en Hospital San Juan de Dios**

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
RECUPERACION DE ANESTESIA	NELLCOR	N-180	20220760
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001737
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001738
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001739
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001741
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001742

Continuación de la tabla VIII.

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501982547
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001735
EMERGENCIA DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001736
INTENSIVO DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001743
INTENSIVO DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001744
INTENSIVO DE ADULTOS	NELLCOR PURITAN BENNETT	760	3501001740
EMERGENCIA DE ADULTOS	NEWPORT	HT50	1050365
EMERGENCIA DE ADULTOS	NEWPORT	HT50	1050363
EMERGENCIA DE ADULTOS	NEWPORT	HT50	1050364
EMERGENCIA DE ADULTOS	NEWPORT	HT50	1050362
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9712MB246
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9711MB239
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9711MB245
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB460
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB461
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB462
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB463
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB464
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9909MB465
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9911MB514
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9911MB515
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9911MB531
INTENSIVO DE ADULTOS	NEWPORT	E100M	9711MB240
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB522
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB518
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB521
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB520
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB519
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB517
INTENSIVO DE PEDIATRIA	NEWPORT	E100M	9911MB516
RECUPERACION DE ANESTESIA	NEWPORT	E100M	9911MB541
CONSULTA EXTERNA	SCHULZ	MSV 6/30	2052147
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30121
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30115
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30114
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30113
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30105
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30104
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	IV-100B	14512
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	IV-100B	14515
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	IV-100B	14525
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30124
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	IV-100B	14511
INTENSIVO DE PEDIATRIA	SECHRIST	MILLENNIUM	30122
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14513
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	11013
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	10810
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	11010

Continuación de la tabla VIII.

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14508
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14506
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14505
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	7448
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	7446
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14507
NEONATOLOGIA	SECHRIST	IV-100B	14509
CONSULTA EXTERNA	TAKAGI	358	91145
INTENSIVO DE ADULTOS	TAKAOKA	MONTERREY	2830
INTENSIVO DE ADULTOS	TAKAOKA	MONTERREY	2831
INTENSIVO DE ADULTOS	TAKAOKA	MONTERREY	2833
INTENSIVO DE ADULTOS	TAKAOKA	MONTERREY	2834
INTENSIVO DE ADULTOS	TAKAOKA	MONTERREY	2829
INMUNOLOGIA, ENDOCRINOLOGIA	VWR	1500 E	41F-12
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04623
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04602
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04533
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04529
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04520
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04540
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04546
INTENSIVO DE ADULTOS	VYASSYS HEALTHCARE	VELA	AGT 04620

Fuente: elaboración propia.

6.8. Conclusiones y recomendaciones para ventiladores pulmonares

Conclusiones

- El manómetro debe estar correctamente fijado al cilindro de oxígeno.
- Las conexiones tanto del humedecedor como de alarma de presión pueden llegar a afectar la elasticidad (C) del sistema.

Recomendaciones

- Un paciente conectado a un respirador depende completamente del equipo, por lo que tiene que asegurarse de que todos los controles funcionan muy bien y correctamente para mantener seguro al paciente.
- El sistema debe ser armado en la secuencia de como fluye el gas, desde la fuente hacia la válvula de exhalación.
- Sí un tubo es comprimido o mal tratado puede resultar con daños parciales o totales permanentes. Cuando se desarme al circuito se debe hacer con el sumo cuidado.
- El óxido de etileno es tóxico, por lo que componentes esterilizados con esta sustancia deben ser expuestos al aire apropiadamente para disipar cualquier residuo.

7. MÓDULOS TÉRMICOS

Descripción

El módulo térmico es un aparato que tiene la función de proporcionar al paciente la temperatura adecuada para sobrevivir, es utilizado para niños pequeños, usado por pacientes que tienen más defensas en su cuerpo, mayor peso y deben de ser más maduros. Es necesario proporcionar ayuda a los infantes cuando tienen problemas en su nacimiento. El módulo térmico es un apoyo para proporcionarle al paciente un ambiente caliente para que regule normalmente su temperatura corporal, además puede someterse a terapia de oxígeno, dependiendo de las condiciones del mismo.

7.1. Características

- El módulo térmico está diseñado para proporcionar un sistema integrado que pueda utilizarse inmediatamente después del nacimiento, durante todos los procedimientos especiales o durante tratamientos duraderos de infantes que requieren acceso, visibilidad y soporte térmico.
- El sistema del módulo térmico se compone de un ensamblaje de carro y una cuna, módulo de calentamiento y con una luz para examen integrada, cuenta con elemento calefacción y luz de examen para procedimientos especiales.
- El módulo térmico se puede mover hacia la izquierda o derecha de la posición central, para acomodar el equipo de rayos X y en esta posición,

el calentador seguirá liberando calor al área del colchón, sin embargo, el nivel de calor liberado al área del colchón disminuirá cuando el calentador se coloque a cualquiera de los lados de la posición central.

- La cuna proporciona una máxima visibilidad y acceso al infante, el carro incluye un montaje para el módulo térmico y la cuna y el panel posterior de la cuna cuenta con puertos de acceso para guiar la tubería, cables de registro.
- Además cuenta con control de temperatura del cuerpo del paciente, con los medios para subir o bajar la cuna fácilmente y para alcanzar la altura conveniente para trabajar.

7.2. Funcionamiento

El módulo irradia calor en la sección superior a través de una resistencia eléctrica o lámparas fototerapia. Además cuenta con aditamentos para oxígeno que pueden ser suministrados al paciente, si éste lo requiere.

La temperatura del paciente se puede detectar a través de una sonda colocada en el abdomen del paciente. Dicha sonda puede ser variable, por determinados factores: por la graduación de fototerapia, temperatura ambiental, fiebre corporal (si la presenta el paciente) y cercanía del colchón con el módulo de calentamiento.

El módulo térmico es de ambiente abierto, ya que los niños que son colocados en este equipo deben tener más defensas en su cuerpo y deben tener un peso mayor de 1,8 kilogramos. Para calentar el módulo térmico se requiere de una resistencia eléctrica y tiene cámaras de oxígeno, es móvil su

base de colchón, tiene sonda para detectar la temperatura corporal y tiene luz blanca de examen.

7.3. Partes del módulo térmico

El módulo térmico hospitalario cuenta con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que trabajan por separado y en conjunto para brindar la temperatura necesaria al neonato o paciente.

7.3.1. Módulo de calentamiento

Base superior del módulo donde se coloca al neonato o paciente y que tiene como función proporcionar al paciente la temperatura necesaria por medio de una resistencia eléctrica.

7.3.2. Alarma remota

Sistema electrónico que avisa al usuario o personal médico que la temperatura del neonato o paciente está fuera del rango establecido para tener una recuperación.

7.3.3. Sistema de fototerapia

Lámparas de cuarzo-halógeno que están conectadas en serie y que proporcionan una intensidad de irradiación al neonato o paciente, lo cual proporciona una estabilidad térmica.

7.3.4. Panel de control

Controlador de todos los datos que programa el usuario para las condiciones ideales del paciente, dicho panel es la entrada y la salida de toda la información.

7.3.5. Conector de sonda de temperatura del cuerpo

Base en la que se conecta la sonda que detecta la temperatura corporal del neonato o paciente, este conector es fundamental porque a través de él pasa la información térmica del paciente.

7.3.6. Cuna

Accesorio central y área donde se coloca al paciente o neonato para suministrarle el calor térmico necesario para estabilizar su temperatura lo más pronto posible.

7.3.7. Módulo de cajones

Estante inferior del módulo en el cual se puede almacenar los aditamentos necesarios del equipo médico, expediente y los medicamentos del neonato o paciente.

7.3.8. Sistema de oxígeno

Base que alberga el tanque de oxígeno, el cual se conecta al paciente o neonato para suministrarle el oxígeno necesario, dicho tanque de oxígeno siempre debe revisarse antes de utilizarlo.

7.3.9. Base inclinadora de la cuna

Sistema hidráulico de movimiento que permite inclinar la cuna hacia delante o atrás, según la posición requerida por el paciente o neonato para poder ser estabilizado térmicamente lo más rápido posible.

7.3.10. Rodaja

Rodos que permiten la movilización del módulo térmico de una manera rápida y eficiente, dichos rodos deben tener siempre un funcionamiento óptimo para evitar problemas de desplazamiento y que pueda darse vuelta.

7.3.11. Pedestal

Barra metálica que soporta los demás componentes del módulo térmico, a la cual no se le debe agregar peso extra para evitar accidentes, ya que tiene una capacidad de soporte de peso.

7.3.12. Base de pedestal

Plataforma que asegura que el equipo permanezca en posición firme y vertical, a la cual también no se le debe agregar peso extra para evitar accidentes, ya que también tiene una capacidad de soporte de peso.

7.3.13. Panel lateral

Barandas laterales de la cuna, que no permiten caer el paciente o neonato al suelo, las cuales también tienen una capacidad de soporte de fuerzas, por lo cual no se debe aplicar fuerzas extras a dichas barandas laterales.

7.3.14. Luz de examen

Luz blanca que se utiliza para alumbrar al paciente cuando el doctor le practica algún tipo de análisis y cualquier asistencia médica que necesite el neonato o paciente.

7.4. Reingeniería de mantenimiento

Procesos de mantenimiento teóricos y prácticos totales de los módulos térmicos del Hospital San Juan de Dios, para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

7.4.1. Análisis FODA de módulos térmicos

Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene actualmente el mantenimiento de módulos térmicos en el Hospital San Juan de Dios.

7.4.1.1. Fortalezas

- Buen mantenimiento preventivo realizado a módulos térmicos.
- El personal técnico de mantenimiento cuenta con un área especial y equipo necesario para mantenimiento preventivo y reparación de módulos térmicos.
- El personal técnico de mantenimiento posee los conocimientos necesarios para ejecutar todo el plan de mantenimiento preventivo y reparaciones de los módulos térmicos.

7.4.1.2. Oportunidades

- El costo de mantenimiento económico realizado por el personal técnico a los módulos térmicos puede bajar y optimizarse más, adquiriendo nuevo equipo y capacitando más al personal técnico.

7.4.1.3. Debilidades

- Poca capacitación en mantenimiento y reparación de módulos térmicos para el personal de mantenimiento.

7.4.1.4. Amenazas

- Por sobrepoblación de pacientes y uso extremo o exagerado de los módulos térmicos, dicho equipo médico reduce en un 20 por ciento su vida útil.

7.4.2. Rutinas de mantenimiento preventivo

Rutinas de mantenimiento que previenen la falla funcional del equipo y la disminución de la vida útil del mismo para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

7.4.2.1. Actividades antes de utilizar el módulo térmico

Actividades obligatorias a realizar de una forma total antes de instalar y hacer funcionar el módulo térmico ya sea en la sala del neonato o paciente o en cualquier lugar.

- Revise las roldanas del gabinete estándar que no estén flojas, ya que si no están seguras, el equipo puede volcar hacia el piso.
- Conectar el cable de energía AC directamente al equipo cuando esté seguro sobre su respectivo gabinete. La conexión debe de tener tierra física, con tres conectores en tomacorriente, ya que la tierra previene cualquier carga eléctrica que perjudique al equipo.
- Oprima el interruptor de energía y al encenderse indica que si ha llegado la energía para poder encender el equipo.
- Programe pantalla digital a la temperatura ambiental del módulo térmico que indique el doctor.
- Revise los elevadores del colchón, para que se mantenga estable y seguro el paciente o neonato en el momento de ingresar al equipo.
- Conecte la sonda de temperatura corporal para observar si tiene lectura en la correspondiente pantalla digital.
- Haga pruebas con las alarmas según cada manual de operación.
- Revisar que ninguna lámpara fluorescente esté quebrada.

7.4.2.2. Rutina diaria de mantenimiento preventivo

Rutinas diarias obligatorias a realizar totalmente para un módulo térmico para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico al neonato o paciente.

- Inspeccione la limpieza en general del módulo y limpie la superficie exterior diariamente utilizando jabón suave y agua o una solución germicida.
- Verifique que todos los accesorios eléctricos y mecánicos del módulo térmico funcionen adecuadamente, comprobando el funcionamiento de los mismos.
- Verificación de parámetros de funcionamiento según lo establecido.
- Revisar que los paneles estén bien colocados en sus bases.

7.4.2.3. Rutina semanal de mantenimiento preventivo

Rutinas semanales obligatorias a realizar totalmente para un módulo térmico para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico al neonato o paciente.

- Realizar limpieza general del equipo, es importante desconectar el equipo de la red eléctrica por seguridad. La limpieza de módulo térmico se deberá hacer con un jabón suave y agua tibia, haciéndose después un enjuague también con agua tibia y complementándose con una solución germicida.
- Quitar la suciedad que está en la fototerapia, para hacer esto se debe retirar al paciente.

7.4.2.4. Rutina mensual de mantenimiento preventivo

Rutinas mensuales obligatorias a realizar totalmente para un módulo térmico para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico al neonato o paciente.

- Verificar funcionamiento de la lámpara de luz blanca.
- Verificar funcionamiento de las lámparas fluorescentes.
- Realizar una inspección al cable de tomacorriente de energía, es muy importante que se encuentre integro sin dobleces ni roturas. La clavija deberá tener una toma de tierra y hará contacto rígido con tomacorriente de pared.
- Inspeccionar la unidad de potencia y hacer una inspección del fusible, limpie con líquido para contactos eléctricos.
- Verifique controles del sistema de alarma: temperatura, falta de energía. Haga simulaciones de falta de estos parámetros, verifique temperatura y compruebe la integridad del sensor de temperatura.

7.4.2.5. Rutina trimestral de mantenimiento preventivo

Rutinas trimestrales obligatorias a realizar totalmente para un módulo térmico para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico al neonato o paciente.

- Lubricar el sistema hidráulico, además revisar el pistón este en buen estado.
- Verificar el excelente funcionamiento general de cada una de las partes del módulo térmico.

7.4.3. Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de módulos térmicos

Las fallas en el equipo médico pueden suceder en cualquier momento, a continuación las fallas que pueden presentar los módulos térmicos, sus causas y sus soluciones.

Tabla IX. **Fallas, causas y soluciones en el funcionamiento de módulos térmicos**

Falla	Causa	Acción
1. La cuna no se puede levantar ni bajar.	Interrupción térmica del motor abierta.	Esperar 30 minutos para que el motor se enfríe. Si todavía no se puede subir o bajar la cuna, referir la unidad al servicio.
2. Indicador temperatura corporal °C en blanco cuando se opera en modo manual.	Sonda del paciente desconectada del controlador.	Reconectar la sonda del paciente al controlador.
3. Las lámparas de la fototerapia no se encienden.	3.1. Un interruptor de fototerapia en el módulo de calentamiento asociado no está en encendido, los cables del sistema de fototerapia no están conectados al módulo de calentamiento asociado. 3.2. Alguna lámpara está quemada.	3.1. Colocar el interruptor fototerapia en encendido, conectar los cables a los Conectores de fototerapia en el módulo de calentamiento. 3.2. Cambiar lámpara.

Continuación de la tabla IX.

Falla	Causa	Acción
4. Activada la alarma de falla de energía.	4.1. El interruptor de circuito se desconectó. 4.2. Desconectados los cables de energía. 4.3. Cable de energía defectuoso.	4.1. Reprogramar los interruptores del circuito. 4.2. Confirmar que estén bien conectados a los receptáculos tanto de pared como del panel de control y el módulo de Calentamiento. 4.3. Sustituir el cable.

Fuente: elaboración propia.

7.5. Inventario de módulos térmicos

Totalidad de módulos térmicos existentes en el Hospital San Juan de Dios, que actualmente están funcionando y dan un servicio continuo a los pacientes.

Tabla X. **Inventario de módulos térmicos en Hospital San Juan de Dios**

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
BANCO DE SANGRE	DIANA		054-085-1195
LABOR Y PARTOS	DIDEAL	N1W 5000	9810257
QUIROFANO PEDIATRIA	ESCORT	20100	41044118
AISLAMIENTO I	FANEM	BA51TS	JU7520
AISLAMIENTO II	FANEM	BA51TS	JU7402
CUNAS I	FANEM	BA51TS	JU7380
CUNAS I	FANEM	BA51TS	JU7391
EMERGENCIA DE PEDIATRIA	FANEM	BA51TS	JU7383
GASTRO Y NUTRICION PEDIATRICA	FANEM	BA51TS	JU7404
GASTRO Y NUTRICION PEDIATRICA	FANEM	BA51TS	JU7405
GASTRO Y NUTRICION PEDIATRICA	FANEM	BA51TS	JU7390
INTENSIVO A1	FANEM	BA51TS	JU7377
INTENSIVO A1	FANEM	BA51TS	JU7399

Continuación de la tabla X.

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
INTENSIVO A1	FANEM	BA51TS	JU7398
INTENSIVO A2	FANEM	BA51TS	JU7403
INTENSIVO A2	FANEM	BA51TS	JU7407
INTENSIVO A2	FANEM	BA51TS	JU7397
INTENSIVO A2	FANEM	BA51TS	JU7388
INTENSIVO B1	FANEM	BA51TS	JU7409
INTENSIVO B1	FANEM	BA51TS	JU7389
INTENSIVO B1	FANEM	BA51TS	JU7378
INTENSIVO PEDIATRICO	FANEM	BA51TS	JU8000
INTENSIVO PEDIATRICO	FANEM	BA51TS	JU7384
INTENSIVO PEDIATRICO	FANEM	BA51TS	JU7379
LABOR Y PARTOS	FANEM	2151-UCI	NAC-19197
LABOR Y PARTOS	FANEM	2151-UCI	NAC- 19481
NEONATO	FANEM	BA51TS	JU7401
NEONATO	FANEM	BA51TS	JU7408
NEONATO	FANEM	BA51TS	JU7521
NEONATO	FANEM	BA51TS	JU7400
TRANSFERENCIA	FANEM	BA51TS	JU7381
BANCO DE SANGRE	MTS	DG-225	225575247
EMERGENCIA DE MATERDAD	NAKAMURA		
BACTEROLOGIA	OHAUS	HARVARD TRIP	41H-10
CUNAS I	OHMEDA	3300	
CUNAS I	OHMEDA	3300	HCCD50421
CUNAS I	OHMEDA	3300	HAJV00067
INTENSIVO A1	OHMEDA	3300	HCCH50072
INTENSIVO A1	OHMEDA	3300	HCCH50071
INTENSIVO A1	OHMEDA	3300	HCCH50070
INTENSIVO A1	OHMEDA	3300	HCCH50069
INTENSIVO B1	OHMEDA	3300	HCCH50073
INTENSIVO B1	OHMEDA	3300	HCCH50074
INTENSIVO B1	OHMEDA	3300	HCCH50077
INTENSIVO B1	OHMEDA	3300	HCCH50076
INTENSIVO B1	OHMEDA	3300	HCCH50075
INTENSIVO PEDIATRICO	OHMEDA	3300	HAJV0007
INTENSIVO PEDIATRICO	OHMEDA	3300	HAJV0005
LABOR Y PARTOS	OHMEDA	3300	HAJV00203
LABOR Y PARTOS	OHMEDA	3300	HAJV00135
LABOR Y PARTOS	OHMEDA		HFUV20183
LABOR Y PARTOS	OHMEDA	3300	HAJV00164
RECIEN NACIDOS	OHMEDA	CARE PLUS	HDFH00037
RECIEN NACIDOS	OHMEDA	3300	HAJV00103

Fuente: elaboración propia.

7.6. Conclusiones y recomendaciones para módulos térmicos

Conclusiones

- Los módulos térmicos desempeñan una importancia básica en el servicio del Hospital San Juan de Dios y con un mantenimiento optimo puede mejorar el rendimiento del equipo un 20 por ciento comparado con el rendimiento actual.

Recomendaciones

- No se debe colocar el módulo térmico sobre ningún tipo de base porque el equipo puede tambalear y caerse.
- Evitar el uso de ventiladores de aire acondicionado que puedan alterar la temperatura del sistema del modulo térmico.
- No colocar equipo en un lugar que tenga contacto directo con el sol o algún medio energético radiante, ya que esto altera la temperatura y este aumento de calor no lo lee la pantalla digital y perjudica la temperatura del paciente.
- Revisar el cable que conduce corriente eléctrica del tomacorriente al equipo, chequear que no esté mascado porque puede no dejar que fluya la energía eléctrica o que se encuentre pelado o desgastado de su forro o aislamiento y esto puede provocar un corto circuito que perjudique seriamente la salud del neonato o paciente.

8. LÁMPARAS DE SALA DE OPERACIONES

Descripción

Las lámparas quirúrgicas son dispositivos que emiten una luz la cual ilumina un campo quirúrgico por un tiempo prolongado, para una visualización óptima de objetos pequeños y de bajo contraste en profundidades variables o a través de incisiones pequeñas. Además de proporcionar suficiente iluminación, este tipo de luz reduce las sombras y produce una mínima distorsión del color.

Debido a que estos dispositivos son utilizados por periodos prolongados, es necesario el uso de dispositivos que limiten la cantidad de calor radiante que pudiera causar molestias y daños al tejido que se encuentra en el campo quirúrgico.

Figura 33. Lámpara de sala de operaciones



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Protocolo de mantenimiento preventivo. p. 22.

8.1. Características

Los factores que se deben de tomar en consideración en una lámpara de quirófano o sala de operaciones para que posean un buen desempeño y una vida útil correcta son:

8.1.1. Iluminación

La iluminación de quirófano debe ser diseñada considerando la generada por lámparas quirúrgicas y las propias del quirófano complementarias. La iluminancia de lámparas complementarias debe ser de 1000 lux en todo el quirófano y el color debe ser lo más parecida a las lámparas quirúrgicas.

La iluminancia de 100 000 Lux equivale a la emitida por el sol a mediodía. Debido que en zona de operaciones gran parte de la luz no se ve reflejada, sino absorbida, las lámparas de quirófanos han de suministrar una cantidad de luz especialmente elevada. Las lámparas de quirófano deben de generar una iluminancia sobre el campo quirúrgico entre 20 000 y 100 000 lux.

Los tipos de focos, la mayoría de lámparas de quirófano manejan focos de tungsteno-halógeno, xenón-halógeno o cuarzo-halógeno, sin embargo también hay lámparas con focos de descarga eléctrica en gas xenón-halógeno las cuales emiten mayor cantidad de luz con la misma cantidad de watts pero suelen ser más caras.

8.1.2. Calidad del color

Expresada por medio de la temperatura de color y del índice de reproducción de color. La curva de temperatura de color de *Planck* muestra lo

siguiente: la luz con una temperatura de color baja contiene preferentemente componentes de amarillo y de rojo. La luz es blanca únicamente a partir de 4500 Kelvin. Dentro de este campo se encuentra también la temperatura de color de luz diurna y como mejor ve el ojo humano es con luz diurna, la temperatura de color que deben emitir lámparas quirúrgicas debe estar dentro del rango de 4000 a 5000 Kelvin. El índice de reproducción de color expresa el efecto que la luz tiene sobre la apariencia de los tejidos en un campo quirúrgico.

Este método fue desarrollado por la Comisión Internacional sobre iluminación (CIE por sus siglas en francés *Commission Internationale de l'Eclairage*) y está basado en una escala de 0 a 100 para expresar la habilidad de la luz para igualar la reproducción de una luminaria de referencia con una temperatura de color establecida. Una lámpara con baja iluminancia requiere de un índice de reproducción alto para lograr un brillo y una buena claridad visual. El índice de reproducción es de mucha utilidad para comparar diferentes tipos de luces del mismo color de temperatura.

8.1.3. Diámetro de campo iluminado

Las lámparas quirúrgicas producen planos de luz que se juntan para formar un cilindro de luz homogénea. El campo iluminado debe de tener un diámetro de campo mínimo de 20 centímetros y una profundidad de campo de trabajo de 70 centímetros como mínimo.

8.1.4. Calor

Luz significa luminosidad, pero también calor. Especialmente en aquellos casos en los que las operaciones se prolongan durante mucho tiempo puede llegar a ser muy molesto para el cirujano el calor, que se genera a causa del

componente de infrarrojos de la luz. Además el calor seca los tejidos en el quirófano. El cirujano necesita luz suficiente al realizar una operación, pero ningún calor, considerar un incremento máximo en la zona de la cabeza del cirujano de 2 grados centígrados y en la zona de operación de 15 grados centígrados como máximo. Para prevenir calentamiento de tejidos, la eficacia luminosa o rendimiento de iluminación en campo quirúrgico debe ser de cuando menos 170 milímetros por watt, lo cual nos daría radiación menor de los 600 Watts por metro cuadrado para una iluminancia de 100 000 lux.

8.2. Tipos de lámparas

Las lámparas quirúrgicas se diferencian principalmente por la forma de generación de la luz con el objetivo de minimizar las sombras por interposición de cuerpos.

8.2.1. Lámpara de una luminaria

Normalmente tiene reflectores periféricos. Este tipo de equipos debe de contar con bombilla de repuesto o emergencia con reemplazo automático, con el objeto de no afectar la intensidad luminosa en ningún momento. El equipo debe tener buen indicador en panel de control que muestre la necesidad del cambio de bombilla defectuosa. En caso de falla de una lámpara, la iluminancia no debe de disminuir en más de 50 por ciento.

8.2.2. Lámpara multifocal

En este tipo de lámparas las luces se pueden enfocar en un punto para maximizar la iluminación en el área deseada dependiendo de las necesidades del personal médico.

Figura 34. **Lámpara multifocal**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Protocolo de mantenimiento preventivo. p. 23.

8.2.3. Lámpara quirúrgica portátil

Utilizada para iluminar el campo quirúrgico en caso de suspensión del suministro de energía eléctrica alterna, cuenta con batería recargable la cual asegura funcionamiento continuo sin variación de calidad de luz por 3 horas, las lámparas con una luminaria y las multifocales pueden tener dos o más satélites.

Figura 35. **Lámpara quirúrgica portátil**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Protocolo de mantenimiento preventivo. p. 23.

También se pueden incluir accesorios como:

- Sistema de video con cámaras: son muy útiles para una buena documentación, consulta y entrenamiento, también pueden fijarse a la lámpara en sí o uno de los brazos adjuntos. Hay cámaras fijas y otras son intercambiables, lo que facilita poder colocarlas en diferentes quirófanos y no depender de una sola sala para la grabación de la operación.
- Brazos adicionales: a los cuales se les pueden colocar monitores o repisas para sistemas de video.

8.3. Funcionamiento

Las lámparas quirúrgicas operan a través de la generación de luz que proviene de una fuente encontrada en la cabeza de la lámpara, la cual normalmente es un foco o un arreglo de focos que reflejan la luz a través de reflectores o espejos.

Las lámparas se encuentran montadas en uno o varios brazos porta lámparas que permiten una rotación ilimitada y movimiento vertical, para lograr una configuración flexible de posicionamiento se usan mangos desmontables, esterilizables o desechables, así como con frenos automáticos para controlar y mantener una ubicación por arriba y alrededor del campo quirúrgico.

El buen funcionamiento de este equipo es de una importancia básica en el quirófano o sala de operaciones, las lámparas son la atmósfera visual del personal médico y no debe existir ninguna falla en dicho equipo.

Figura 36. **Lámpara de sala de operaciones**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Protocolo de mantenimiento preventivo. p. 24.

8.4. Reingeniería de mantenimiento

Procesos de mantenimiento teóricos y prácticos totales de las lámparas de sala de operaciones del Hospital San Juan de Dios, para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

8.4.1. Análisis FODA de lámparas de sala de operaciones

Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene actualmente el mantenimiento de lámparas de sala de operaciones del Hospital San Juan de Dios.

8.4.1.1. Fortalezas

- Óptima organización del personal técnico de mantenimiento y de los recursos con que cuenta el hospital para dar el mantenimiento a todas las lámparas de sala de operaciones.
- Muy buen conocimiento técnico del personal técnico de mantenimiento para la reparación y el mantenimiento preventivo de todas las lámparas de sala de operaciones.

8.4.1.2. Oportunidades

- Capacitar a todo el personal técnico de mantenimiento en la más nueva tecnología en lámparas de sala de operaciones.
- Es posible evaluar periódicamente al personal técnico de mantenimiento.

8.4.1.3. Debilidades

- El hospital actualmente no tiene el número de los repuestos necesarios y adecuados para reparar inmediatamente las lámparas de sala de operaciones existentes.

8.4.1.4. Amenazas

- El hospital no tiene el número total de lámparas de sala de operaciones de repuesto si fuese necesario cambiar todas las lámparas.

8.4.2. Rutinas de mantenimiento preventivo

Rutinas de mantenimiento que previenen la falla funcional del equipo y la disminución de la vida útil del mismo para mejorar el servicio dado por el equipo médico.

8.4.2.1. Actividades antes de utilizar lámparas de sala de operaciones

Actividades obligatorias a realizar de una forma total y correcta antes de instalar y hacer funcionar las lámparas de sala de operaciones para que no existan fallas técnicas.

- Verificar la instalación eléctrica. Dependiendo del equipo puede ser de 120 o 220-240 VAC.
- Verificar limpieza de la lámpara de sala de operaciones.
- Verificar movilidad de la lámpara de sala de operaciones.
- Verificar funcionamiento de la lámpara de sala de operaciones.

8.4.2.2. Rutina diaria de mantenimiento preventivo

Rutinas diarias obligatorias a realizar totalmente para las lámparas de sala de operaciones para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Limpieza general de las lámparas de sala de operaciones.

- Revisión de pintura de lámpara, debe de estar en buenas condiciones ya que de lo contrario puede la pintura despostillarse o dañarse y caer en el campo estéril contaminándolo, también puede caer sobre el paciente en el momento de la operación.

8.4.2.3. Rutina semanal de mantenimiento preventivo

- Verificar buen funcionamiento de los filtros de protección de acumulación de calor.
- Verificar los focos de iluminación, la iluminancia y la luminancia.
- Verificar la instalación eléctrica. Dependiendo del equipo puede ser de 120 o 220-240 VAC.
- Verificar limpieza de la lámpara de sala de operaciones.
- Verificar movilidad de la lámpara de sala de operaciones.
- Verificar funcionamiento de la lámpara de sala de operaciones.

8.4.2.4. Rutina mensual de mantenimiento preventivo

Rutinas mensuales obligatorias a realizar totalmente para las lámparas de sala de operaciones para mejorar el funcionamiento y el servicio dado por el equipo médico.

- Verificar la buena sujeción de la lámpara de sala de operaciones a su base, así como también la buena sujeción de partes mecánicas y todos sus movimientos.
- Verificar el excelente funcionamiento eléctrico total de la lámpara de sala de operaciones.
- Verificar el excelente funcionamiento eléctrico total del quirófano o sala de operaciones.
- Verificar que la calidad de iluminación de la lámpara de sala de operaciones sea excelente.

8.5. Inventario de lámparas de sala de operaciones

Totalidad de lámparas de sala de operaciones existentes en el Hospital San Juan de Dios, que actualmente están funcionando y dan un servicio continuo a los pacientes.

Tabla XI. **Inventario de lámparas de sala de operaciones en Hospital San Juan de Dios**

Área de Ubicación	Marca	Modelo	Numero de Serie
QUIROFANO 1	HANALUX		L0020
QUIROFANO 11	HANALUX		SO42-01.2.255.001
QUIROFANO 12	HANALUX		L0022
QUIROFANO 13	HANALUX		L0043
QUIROFANO 4	HANALUX		5042-01-2.235-0
QUIROFANO 9	HANALUX		L0035
QUIROFANO 14	HANAU		SO42-01.2.258.001
QUIROFANO 6	HANAU		SO42-01.2.242.001
QUIROFANO 5	S.T. FRANCIS	OLH11-006	L 11060072
QUIROFANO INFANTIL 3	S.T. FRANCIS	OLH11-006	L 11060068
QUIROFANO 1	SKYLUX	COSMIC 6664	AC-3666
QUIROFANO 1	SKYLUX	COSMIC 6664	AC-3661
QUIROFANO INFANTIL 2	SKYLUX	COSMIC 6664	AC-3663

Fuente: elaboración propia.

8.6. Conclusiones y recomendaciones para lámparas de sala de operaciones

Conclusiones

- Puede suceder que existan quemaduras a los pacientes por un mal mantenimiento a los filtros de protección de acumulación de calor.
- Requisito necesario para la instalación y el buen uso del equipo es una instalación eléctrica que dependiendo del equipo puede ser de 120 o 220-240 VAC.

Recomendaciones

- El contacto físico con otros equipos y también el uso de periféricos, así como con otras lámparas, puede causar que la pintura de las lámparas despostille, esto puede hacer que partes de pintura caigan al campo estéril y al paciente dentro de una cirugía. Se requiere de un uso profesional y adecuado de las lámparas, así como un mantenimiento e inspección constante para prevenir estos incidentes.
- La falta de una limpieza constante de las lámparas puede causar la acumulación de polvo, el cual puede caer en el campo quirúrgico en el momento que son movidas.
- Se debe saber el peso del equipo con y sin el transformador, los cuales varía entre 30 a 150 kilogramos aproximadamente.

- Es necesario evaluar el tiempo de vida en horas de los focos y el costo de los repuestos.
- Tener las guías mecánicas de las lámparas para poder escoger una que no tenga problemas de instalación en el quirófano debido a las medidas, todos los movimientos y altura de paso requerida.
- Para un quirófano para cirugías ambulatorias o para las salas de consulta, es posible tener lámparas de un solo satélite, pero sin embargo para la mayoría de las cirugías se debe contar con lámparas de dos satélites. En el caso de cardiología, para la realización de bypass se requieren de tres satélites ya que dos se enfocan en la cirugía principal y el otro se encuentra con el cirujano.

CONCLUSIONES

1. La situación actual del equipo médico en el hospital San Juan de Dios no es la adecuada, debido al poco recurso económico que tiene el hospital y el Departamento de Mantenimiento.
2. El número de unidades de los equipos médicos: monitores de signos vitales, ventiladores pulmonares, módulos térmicos y lámparas de sala de operaciones es insuficiente para el número de pacientes que utilizan esos servicios.
3. La vida útil de dichos equipos médicos baja considerablemente debido al uso exagerado del equipo, lo que impide realizar los mantenimientos requeridos de una forma adecuada, obteniendo como resultado una disminución del 20 por ciento de la vida útil.
4. El presupuesto del Departamento de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios es insuficiente; para poder brindar un buen servicio a las personas que en promedio mensual utilizan los servicios de dicho hospital.
5. Dichos equipos médicos pueden ser utilizados de forma adecuada por cualquier persona sin necesidad de tener conocimientos de medicina o electrónica.
6. La utilización de dichos equipos médicos es muy importante, ya que de una buena o mala utilización depende la salud y la vida de los pacientes.

RECOMENDACIONES

1. Realizar gestiones necesarias ante la instancia correspondiente para contar con más personal técnico de mantenimiento ya que actualmente es insuficiente para la cantidad de trabajo en el hospital.
2. Realizar toda la especialización técnica necesaria al personal técnico del departamento de mantenimiento.
3. Realizar las evaluaciones periódicas de conocimiento teórico y práctico total al personal técnico de mantenimiento.
4. Practicar todas las rutinas del mantenimiento, según el calendario planificado para el mismo y en su justo momento, con los materiales mencionados, ya que cualquier equipo sin mantenimiento se deteriora aceleradamente, esto en un poco tiempo lo haría obsoleto por el mal funcionamiento.
5. Si algún equipo médico del hospital se encuentra en mal estado, es mejor repararlo bien y ponerlo de nuevo en funcionamiento, que dejarlo abandonado, si ya no tiene reparación por falta de repuesto o alguna otra razón, adquirir equipo nuevo que reemplace el equipo inservible.
6. Antes de adquirir el equipo nuevo, es necesario y obligatorio obtener toda la información del proveedor del equipo, datos como: nombre de la casa representante en Guatemala, amplia gama de repuestos y facilidad de adquisición, las marcas distribuidas en la casa, manuales informativos

del equipo, país de origen o fabricación del equipo, costo aproximado de los equipos y componentes.

7. Capacitar correctamente al personal médico operativo del hospital, ya que son quienes utilizan el equipo, para que sigan un procedimiento estándar y adecuado para antes, durante y después de utilizar dichos equipos médicos, porque si se da una mala utilización al equipo por parte del personal médico operativo, puede dejar de funcionar más pronto de lo que estaba previsto.
8. Tener todos los registros de datos informativos cada vez que se preste el servicio de mantenimiento por el personal técnico de mantenimiento del hospital y también por el mantenimiento hecho por empresas privadas contratadas, tanto donde se encuentre el equipo funcionando o donde se encuentre sin funcionar y en el departamento de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. BUFORN GALIANA, Andrés. *Facultativo del Área de Urgencias del Hospital Universitario Virgen de la Victoria*. 3a ed. Málaga: J. Gil Cebrián, 2008. 267 p.
2. ECRI Institute. *Health Product Comparison System*. 2a ed. Washington DC: MacGraw-Hill, 2002. 328 p.
3. Organización Panamericana de la Salud. *Protocolo de mantenimiento preventivo*. 3a ed. Managua: OPS, 1995. 194 p.
4. TANNER, Francine. *Elementos de higiene hospitalaria y técnicas de aislamientos en el hospital*. 2a ed. Madrid: Cunsa, 1998. 250 p.
5. TOBIN, Martin. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 2a ed. New York: MacGraw-Hill, 1994. 286 p.

