



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS, DEL ÁREA DE  
PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

**Ludwin Orlando Cosajay Boror**

**Asesorado por: Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota**

**Guatemala, octubre de 2007**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS, DEL ÁREA DE  
PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**LUDWIN ORLANDO COSAJAY BOROR**

ASESORADO POR: INGENIERA INGRID RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos      |
| VOCAL I    | Inga. Glenda Patricia García Soria   |
| VOCAL II   | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III  | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón    |
| VOCAL IV   | Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz       |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos       |
| EXAMINADOR | Ing. José Anibal Silva de los Ángeles |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Manuel Ramírez Ramírez      |
| EXAMINADOR | Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz       |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas      |

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS, DEL ÁREA DE  
PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.



**Ludwin Orlando Cosajay Boror**

Guatemala, 15 de enero de 2007

Ingeniero,  
Ángel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio le informo que como asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante de la carrera de ingeniería electrónica **LUDWIN ORLANDO COSAJAY BOROR**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS DEL ÁREA DE PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, habiéndolo encontrado satisfactorio.

Cabe mencionar que los puntos planteados en este trabajo contribuyen un valioso aporte a la Universidad de San Carlos de Guatemala, al Hospital General San Juan de Dios y en general a la república de Guatemala.

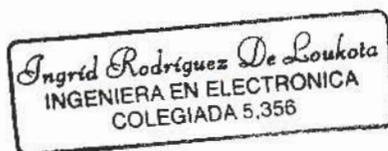
En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitando dar el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente:



Ingrid Rodríguez de Loukota  
Ingeniera en Electrónica  
Colegiada Activa 5356  
Asesora





Guatemala, 12 de marzo de 2007  
Ref. EPS. C. 117.03.07

Ing. Angel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **LUDWIN ORLANDO COSAJAY BOROR**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS DEL ÁREA DE PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Dad y Enseñad a Todos”*

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica



KIER/jm



Guatemala, 12 de marzo de 2007  
Ref. EPS. C. 117.03.07

Ing. Renato Escobedo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS DEL ÁREA DE PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **LUDWIN ORLANDO COSAJAY BOROR**, quien fue asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota 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 supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todas”*

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS



ARSG/jm



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; LUDWIN ORLANDO COSAJAY BOROR titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÈS DEL ÀREA DE PEDIATRÌA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS,** procede a la autorización del mismo.

**Ing. Mario Renato Escobedo Martínez**

**DIRECTOR**



**GUATEMALA, 19 DE SEPTIEMBRE 2,007.**



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: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS INCUBADORAS DE BEBÉS, DEL ÁREA DE PEDIATRÍA DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Ludwin Orlando Cosajay Boror**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, octubre de 2007

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Dios</b>                   | Por su infinita gracia y misericordia al permitirme culminar hoy un sueño, dándome la fuerza necesaria.   |
| <b>Mis padres</b>             | Felipe de Jesús y María Alejandra, por el sacrificio hecho por mí y por el amor y apoyo que me brindaron. |
| <b>Mis hermanos</b>           | Por su comprensión, apoyo y paciencia. Con cariño sincero y aprecio.                                      |
| <b>Esposa e hijos</b>         | Con mucho cariño y aprecio.   |
| <b>Mis abuelos</b>            | Con cariño sincero.   |
| <b>Mis tíos y primos</b>      | Por los buenos momentos compartidos.  |
| <b>Doctor David Hormachea</b> | Por sus sabias enseñanzas, fundamentadas en la Santa Biblia, y por ser un gran psicólogo.                 |
| <b>Siervos de Dios</b>        | Por sus grandes enseñanzas fundamentadas en las Sagradas Escrituras.                                      |

**Radio Cultural y otros  
medios de comunicación  
cristianos**

Gracias por su excelente programación cristiana que da gloria, honra, alabanza y adoración a Dios. Gracias por ser como una luz en mi camino.

**Mis amigos**

Por su amistad y apoyo brindado durante todo este tiempo.

**Ingenieros**

Ingrid de Loukota y Romeo López, por el tiempo dedicado en la revisión de este trabajo.

**Facultad de Ingeniería**

Medio especial para convertirme en profesional.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Dios</b>              | Por ser el único digno de toda honra, gloria, adoración y alabanza. Por ser mi guía y mi fortaleza. |
| <b>Mis padres</b>        | Felipe de Jesús Cosajay Pirir.<br>María Alejandra Boror Guillén.                                    |
| <b>Mis hermanos</b>      | Juan Santos, Ismelda, Luis Rolando, Felipe de Jesús, Olga Marina, Oscar Efraín, Hilda Noemí.        |
| <b>Esposa e hijos</b>    | Les comparto el triunfo, con mucho cariño.  |
| <b>Mis abuelos</b>       | Por ser muy especiales, les comparto el triunfo.  |
| <b>Mis sobrinos</b>      | Magda Andrea, Luis Rolando, Léster Joél, Meriel Alejandra, Marina Louise, Raquel Marie.             |
| <b>Mis cuñados</b>       | Julia Leticia Hernández, Douglas de León, Michael La Force, Gricelda Chacón.                        |
| <b>Mis primos y tíos</b> | Les comparto el triunfo alcanzado.  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Doctores</b>   | David Hormachea y Charles Swindoll, por tener palabras de apoyo y aliento, que me instan a seguir por un buen camino. Por ser hombres de Dios como ejemplos a seguir. |
| <b>Siervos de Dios</b>  | Por ser personas que están dispuestos a hacer la voluntad de Dios. Por ser hombres de Dios como ejemplos a seguir.  |
| <b>Radio Cultural y otros medios de comunicación cristianos</b> | Por ser como luceros más brillantes que los demás, que sobresalen en la inmensidad de estrellas.  |
| <b>Mis amigos</b>   | Por ayudarme a escalar en el momento adecuado, la cumbre del éxito.   |
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>                   | Por forjarme dentro de ésta institución como profesional.   |

# ÍNDICE GENERAL

|  |          |
|--|----------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>             | VII      |
| <b>GLOSARIO</b>                            | IX       |
| <b>RESUMEN</b>                             | XI       |
| <b>OBJETIVOS</b>                           | XIII     |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                        | XV       |
| <br>                                       |          |
| <b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL HOSPITAL</b> | <b>1</b> |
| 1.1 Antecedentes del hospital              | 1        |
| 1.1.1 Reseña histórica                     | 2        |
| 1.1.2 Misión del hospital                  | 2        |
| 1.1.3 Visión del hospital                  | 3        |
| 1.2 Estructura del hospital                | 3        |
| 1.3 Servicios que el hospital brinda       | 5        |
| 1.3.1 Servicio de emergencia               | 5        |
| 1.3.2 Servicio de consulta externa         | 6        |
| 1.3.3 Servicio de enfermedades comunes     | 6        |
| 1.3.4 Servicio de maternidad               | 7        |
| 1.3.5 Servicio de pediatría                | 7        |
| 1.3.5.1 Consulta externa                   | 7        |
| 1.3.5.2 Intensivo                          | 12       |
| 1.3.5.3 Emergencia                         | 12       |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b>          | <b>13</b> |
| 2.1 Conceptos básicos de física            | 13        |
| 2.1.1 Ondas electromagnéticas              | 13        |
| 2.1.2 Longitud de onda                     | 13        |
| 2.1.3 Frecuencia                           | 14        |
| 2.1.4 Velocidad de propagación             | 14        |
| 2.1.5 Espectro de frecuencia               | 15        |
| 2.1.6 Ancho de banda                       | 15        |
| 2.1.7 Luz                                  | 16        |
| 2.1.8 Teoría de emisión y absorción de luz | 16        |
| 2.1.9 Calor                                | 16        |
| 2.1.10 Transferencia de calor              | 17        |
| 2.2 Conceptos de medicina                  | 17        |
| 2.2.1 Termómetro                           | 17        |
| 2.2.2 Incubación                           | 18        |
| 2.2.3 Temperatura                          | 18        |
| 2.2.4 Oxígeno                              | 18        |
| 2.2.5 Humedad                              | 18        |
| 2.3 Conceptos y elementos de electrónica   | 19        |
| 2.3.1 Resistencia de un resistor           | 19        |
| 2.3.2 Diodo                                | 19        |
| 2.3.3 Sensores                             | 21        |
| 2.3.4 Retroalimentación                    | 21        |
| 2.3.5 Sistemas de control                  | 22        |
| 2.3.6 Lógica digital                       | 22        |
| <br>                                       |           |
| <b>3. BIOMÁQUINA DE INCUBACIÓN CERRADA</b> | <b>23</b> |
| 3.1 Ciencia médica                         | 23        |
| 3.2 Ingeniería médica y biológica          | 25        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.3       | Biomáquinas                               | 26        |
| 3.4       | La incubadora                             | 28        |
| <b>4.</b> | <b>CARACTERÍSTICAS DE LAS INCUBADORAS</b> | <b>31</b> |
| 4.1       | Elementos de la incubadora                | 31        |
| 4.1.1     | Panel de control                          | 31        |
| 4.1.2     | Sistema de regulación                     | 32        |
| 4.1.2.1   | Operación y parámetros de temperatura     | 34        |
| 4.1.2.2   | Diagrama del regulador                    | 35        |
| 4.1.3     | Sensores de temperatura                   | 36        |
| 4.1.3.1   | Operación                                 | 36        |
| 4.1.4     | Alarmas y tipos comunes                   | 38        |
| 4.1.5     | Grupo motor                               | 39        |
| 4.1.6     | Batería recargable                        | 39        |
| 4.1.7     | Accesorios                                | 40        |
| 4.2       | Interfase a la computadora personal       | 43        |
| 4.3       | Funcionamiento de la incubadora           | 43        |
| 4.4       | Aplicación                                | 44        |
| 4.4.1     | Bebés prematuros                          | 44        |
| <b>5.</b> | <b>VERIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>            | <b>47</b> |
| 5.1       | Registro del estado actual                | 47        |
| 5.2       | Registro de mantenimiento                 | 50        |
| 5.2.1     | Mantenimiento                             | 50        |
| 5.2.1.1   | Instrumental requerido                    | 51        |
| 5.2.1.2   | Tipo de mantenimiento                     | 51        |
| 5.2.1.3   | Personal utilizado                        | 51        |
| 5.2.1.4   | Procedimiento de mantenimiento            | 52        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6. PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>         |           |
| <b>DE INCUBADORAS</b>                                | <b>61</b> |
| 6.1 Conceptos de mantenimiento                       | 61        |
| 6.2 Rutinas de mantenimiento para las incubadoras    | 64        |
| 6.2.1 Proceso de mantenimiento semanal               | 64        |
| 6.2.2 Proceso de mantenimiento trimestral            | 70        |
| 6.2.3 Proceso de mantenimiento semestral             | 79        |
| 6.2.4 Proceso de mantenimiento anual                 | 83        |
| 6.2.5 Personal a utilizar                            | 83        |
| 6.2.6 Períodos de servicio                           | 84        |
| 6.3 Formatos de control de mantenimiento             | 84        |
| 6.3.1 Historial técnico de las incubadoras           | 84        |
| 6.3.2 Historial de fallas y averías                  | 85        |
| 6.3.3 Control de inspección                          | 85        |
| 6.3.4 Control de limpieza y verificación             | 85        |
| 6.4 Manual de operación                              | 85        |
| <br>   |           |
| <b>7. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN PARA MANTENIMIENTO</b> |           |
| <b>PREVENTIVO DE INCUBADORAS</b>                     | <b>91</b> |
| 7.1 Ejecución del plan de mantenimiento preventivo   | 91        |
| 7.2 Difusión   | 92        |
| 7.2.1 Reuniones con los operarios                    | 92        |
| 7.2.2 Capacitación de personal                       | 93        |
| 7.2.3 Plan de acción                                 | 94        |
| 7.3 Análisis de costos del plan de mantenimiento     | 94        |
| 7.4 Seguimiento del plan                             | 95        |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>CONCLUSIONES</b>    | 99  |
| <b>RECOMENDACIONES</b> | 101 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>    | 103 |
| <b>APÉNDICE</b>        | 105 |
| <b>ANEXOS</b>          | 111 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| 1. Organigrama del Hospital General San Juan de Dios     | 4   |
| 2. Longitud de onda                                      | 14  |
| 3. Ancho de banda  | 15  |
| 4. Curva característica del diodo                        | 20  |
| 5. Diagrama de funcionamiento del regulador              | 35  |
| 6. Modelo Care Plus 1000 producida por Ohmeda Medical    | 111 |
| 7. Modelo Care Plus 4000 producida por Ohmeda Medical    | 111 |
| 8. Modelo Isolette C-2000 producida por AxMediTec        | 112 |
| 9. Modelo de incubadora MJ2001 hecha por Tecnomedical SA | 112 |
| 10. Parte frontal de la incubadora                       | 113 |
| 11. Parte lateral derecha                                | 113 |
| 12. Parte lateral izquierda                              | 114 |
| 13. Accesorios y otros elementos                         | 114 |
| 14. Pantallas y controles de la incubadora               | 115 |
| 15. Partes involucradas en la circulación del aire       | 115 |

## TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| I. Inventario de incubadoras del área de neonatología             | 49  |
| II. Inventario de incubadoras del área de emergencia de pediatría | 49  |
| III. Diagnóstico de fallas y su corrección                        | 58  |
| IV. Formato del historial técnico de las incubadoras              | 105 |
| V. Formato del historial de fallas y averías de las incubadoras   | 106 |
| VI. Formato de control de inspección                              | 107 |
| VII. Formato de control de limpieza y verificación del equipo     | 108 |
| VIII. Formato de control de supervisión                           | 109 |
| IX. Especificaciones eléctricas de la Care Plus series 1000/2000  | 116 |
| X. Especificaciones eléctricas de la Medix PC – 305               | 116 |

## GLOSARIO

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Analizador de oxígeno</b> | Mide el oxígeno dentro de la cabina de la incubadora.   |
| <b>Fusible</b>               | Es un dispositivo que protege el equipo en contra de sobrecargas, cortocircuitos, sobrevoltajes.  |
| <b>Hidrómetro</b>            | Equipo que sirve para medir el peso de la batería de la incubadora.   |
| <b>Humedad relativa</b>      | Relación entre la cantidad de vapor de agua, por unidad de volumen de aire y la máxima cantidad de vapor de agua admitida en un cierto volumen de aire. |
| <b>Interruptor</b>           | Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico.   |
| <b>Monitor de oxígeno</b>    | Mide la presión parcial de oxígeno que hay en la sangre.  |
| <b>Tierra física</b>         | Sirve para proteger un equipo contra sobrecargas, voltajes transitorios y protege a las personas de toques eléctricos.                                  |



## RESUMEN

Con este trabajo de graduación se tiene la absoluta seguridad de contribuir a un buen mejoramiento y administración de las incubadoras de bebés.

El desarrollo de la tecnología de las incubadoras hace que haya una fuerte demanda de administración eficiente del equipo, esto lleva a buscar los mejores métodos y aplicarlos para que haya una excelente administración de equipo.

El mantenimiento preventivo estará estructurado de cuatro rutinas de mantenimiento, que serán necesarias para que exista un buen funcionamiento del equipo. Si al equipo no se le da mantenimiento o no recibe un adecuado mantenimiento, éste comenzará a tener fallas muy frecuentes y aún puede llegar a quedar inservible; esto va repercutir en altos costos por no dar mantenimiento adecuado.

Al mantenimiento aplicado a las máquinas debe dárse mucha importancia, principalmente dentro de una institución de salud pública, donde el objetivo de ésta es conservar la salud de los pacientes; transmitir la importancia de la ejecución de un buen tipo de mantenimiento, hará que el hospital sea más seguro y su demanda crezca más.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Presentar un plan de mantenimiento preventivo para las incubadoras de bebés del departamento de pediatría, que sea de guía para el personal que opere y manipule el equipo.

### **ESPECÍFICOS**

1. Que sean muy productivas las incubadoras.
2. Llevar a cabo una propuesta de mantenimiento a fin de reducir los costos de operación y mantenimiento.
3. Reducción del tiempo que las máquinas se encuentran fuera de servicio.
4. Reducir las interrupciones en el servicio que prestan las máquinas, al tener un mantenimiento eficiente.
5. Conocer las condiciones en que se encuentran las incubadoras.
6. Describir la operación básica de la incubadora.
7. Establecer un manual de operación para el usuario.



## INTRODUCCIÓN

El campo de la ingeniería biomédica ha venido a ser de vital importancia, en el mundo de la medicina, de manera que, ha contribuido a desarrollar sistemas para combatir enfermedades, detectar los mismos y asimismo tomar datos en el cuerpo; su aplicación en los hospitales es inmensa, obteniéndose resultados impactantes; la demanda de los mismos, por diversas causas, hace que la ingeniería biomédica como herramienta médica vaya teniendo un índice de crecimiento grande, así como desarrollándose tecnológicamente, para prestar un mejor servicio. La calidad tecnológica de éstas máquinas hace que se busquen los mejores métodos para brindarles un buen mantenimiento. El presente estudio dará a conocer un método adecuado y preventivo de mantenimiento, para obtener una respuesta satisfactoria por parte de las biomáquinas de incubación cerrada.

La administración de un plan de mantenimiento es parte importante del servicio de calidad conservando la efectividad en el mantenimiento del equipo.

El mantenimiento preventivo se realiza con el propósito de tener a las incubadoras en condiciones óptimas de operación. A través de las rutinas de mantenimiento junto con la documentación adicional que se tenga, se pretende detectar anomalías en su fase inicial y combatirlas, de manera que, las incubadoras se encuentren en estado adecuado de operación.

Con el desarrollo del trabajo de graduación, se llenará un pequeño espacio, para aquel personal que opere o que proporcione mantenimiento preventivo a incubadoras de bebés.



## **1. INFORMACIÓN GENERAL DEL HOSPITAL**

El Hospital General San Juan de Dios depende del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y es asimismo una dependencia pública, cuyo objetivo es brindar atención médica de alta calidad por medio de los muy buenos recursos que tiene, poniendo así en acción las políticas nacionales.

Pone al servicio de la sociedad diferentes especialidades de la medicina, las cuales se encuentran distribuidos en sus diferentes servicios: pediatría, maternidad, consulta externa, medicina interna, emergencia.

Tiene una amplia cobertura en varios sectores del país, en él se provee una buena atención, tomando como herramienta los conocimientos y la tecnología; aún cuando el hospital se vea limitado económicamente, esto no ha querido decir que sus servicios sean de baja calidad, sino que más bien se van encontrando soluciones para que haya una muy buena calidad y atención.

### **1.1 Antecedentes del hospital**

Desde que surgió se ha venido desarrollando médicamente y tecnológicamente a lo largo de la historia. A pesar de las catástrofes que ha sufrido, no ha desaparecido, porque su misión y su visión siempre han estado con vida a lo largo de su existencia.

### **1.1.1 Reseña histórica**

El nombre que tiene se debe al apoyo de los hermanos “San Juan de Dios”. La administración la tuvieron bajo su responsabilidad unas personas las cuales en 1873 estuvieron obligadas a dejar la administración a una entidad católica.

El Ministerio de Salud Pública queda al mando en el año de 1944; años después aparecen los siguientes departamentos: Ginecología, Pediatría, Medicina y Cirugía.

Sus instalaciones han sido obligadas a tener cambios, debido a las catástrofes que han causado los fenómenos naturales. Por ejemplo, el terremoto que ocurrió en 1976, hizo que las instalaciones se cambiaran de lugar, ubicándose debido a lo sucedido en el parque de la industria de la zona 9; éste edificio remodelado fue nuevamente ocupado en el año de 1983 donde actualmente funciona.

### **1.1.2 Misión del hospital**

Es uno de los mejores hospitales que hay. Esta institución es nacional-docente (o sea que en el hospital trabajan doctores que también se dedican a compartir sus conocimientos), y también es asistencial del tercer nivel (máximo nivel de calidad) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, esto quiere decir que es de primera calidad. Es responsable de brindar una muy buena atención médica completa, eficaz, eficiente, responsable y adecuada que va contribuir en la salud de la población.

### **1.1.3 Visión del hospital**

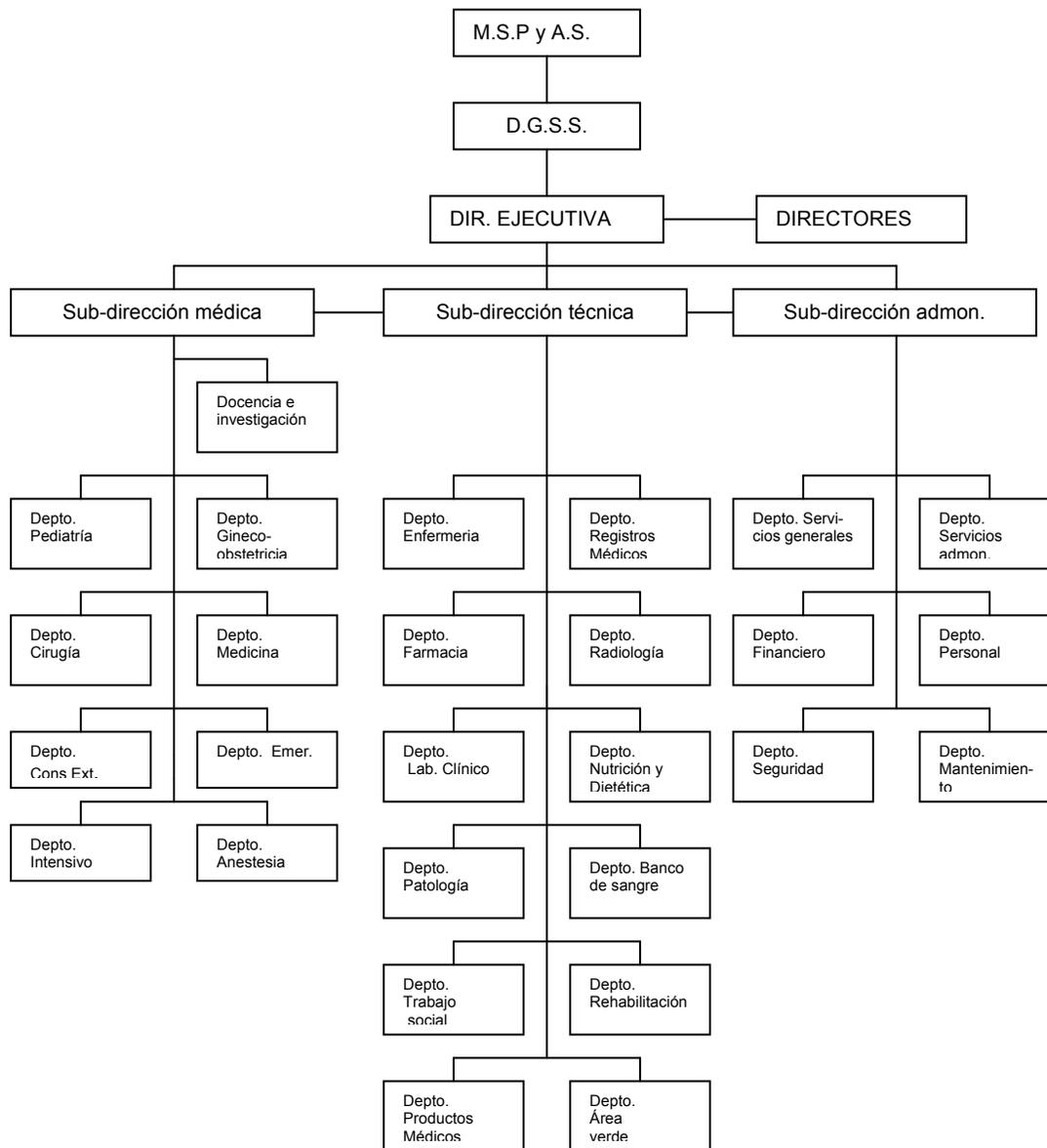
Ser una organización pública que esté a la vanguardia respecto a sus necesidades y que tenga talento docente (médicos que dan clases dentro del hospital), de investigación y asistencial.

Todo esto con el fin de dar atención médica completa de tercer nivel a los pacientes; brindando a las personas una atención de lo mejor, con personal técnico y profesional especializados, usando tecnología de punta (en la actualidad cuenta con varios equipos de alta tecnología).

## **1.2 Estructura del hospital**

La estructura tiene tres divisiones dadas por los niveles que son: el primer nivel o nivel superior, el cual está constituido por la Dirección General o Dirección Ejecutiva, El Consejo Directivo y los comités, quienes tienen bajo su mando supervisar las actividades de organización, dirección, planificación y control. El segundo nivel, pone en acción las directrices provenientes del nivel superior y está compuesto por los subcomités, subdirecciones y departamentos. El tercer nivel se compone de los operativos que desarrollan y ejecutan de una manera directa las actividades de la institución. La estructura es como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Organigrama del Hospital General San Juan de Dios



Fuente: Baten Lara Olga Teresa. **La intervención de la trabajadora social, ante las actuales políticas hospitalarias.** Trabajo de graduación lic. en Trabajo Social. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1999. 37 pp. Pág. 10

### **1.3 Servicios que el hospital brinda**

Es muy importante mencionar que dentro de la institución existen recursos de alta calidad quienes hacen que los servicios brindados a los pacientes sean excelentes, como el recurso médico; los médicos desarrollan su servicio dentro del hospital de una manera eficiente y eficaz; otro recurso que el hospital tiene a su disposición es la tecnología, éste es otro recurso que el hospital aprovecha para el servicio a los pacientes, el hospital tiene equipo de alta calidad el cual hace que el servicio prestado a la población sea de calidad; también cuenta con el servicio técnico entre otros.

#### **1.3.1 Servicio de emergencia**

Existen tres tipos de emergencia, dos de ellas son áreas de servicio, las cuales se refieren a la emergencia de pediatría y emergencia de ginecología y obstetricia, el último tipo de emergencia está compuesto de un departamento; éste último se refiere al departamento de emergencia de adultos.

El objetivo de éste último es atender emergencias, que son las emergencias de personas que están con algún quebranto de salud que le pueda poner en peligro la vida a un plazo muy corto.

Algunas de las especialidades de emergencia para adultos:

- a. Medicina general
- b. Cardiología
- c. Traumatología de emergencias
- d. Cirugía

### **1.3.2 Servicio de consulta externa**

Existen tres tipos de consulta externa, dos de ellas son áreas de servicio, las cuales se refieren a la consulta externa de ginecología y la consulta externa de la pediatría, el último tipo está compuesto de un departamento; éste último se refiere al departamento de consulta externa para adultos.

El departamento de consulta externa para adultos está constituida por varias especialidades, algunas son: neurocirugía, cirugía plástica, otorrinolaringología, oftalmología, cirugía general, traumatología, etc. , en total son 38 disciplinas incluyendo las ya mencionadas; todas éstas especialidades brindan atención a personas que pueden tratarse en forma ambulatoria (o sea personas que pueden recurrir para su tratamiento a clínicas privadas, hospitales privados, etc.), también todas las personas que van a ingresar para cirugía electiva (personas designadas para ser operadas) deben ser preparadas previamente.

### **1.3.3 Servicio de enfermedades comunes**

También se le llama departamento de medicina interna, algunas de las especialidades brindadas: endocrinología, cardiología, dermatología, reumatología, neurología, gastroenterología, nefrología, hematología, neumología, infectología y otros.

#### **1.3.4 Servicio de maternidad**

También se le llama servicio de obstetricia. Se atiende a la distocia de parto, o sea que se da la debida atención a las señoras que tienen problemas en su parto.

#### **1.3.5 Servicio de pediatría**

El servicio que se brinda es completo, eficiente y confiable.

Algunas áreas son: cirugía pediátrica, intensivismo de pediatría, cunas, traumatología pediátrica, nutrición y gastroenterología, medicina de niñas y niños, consulta externa, emergencia de pediatría. Cuenta con varias especialidades, las cuales se encuentran a disposición de todo niño o niña que necesite de ellas. Las especialidades que prestan algunas de estas áreas son como se verá.

##### **1.3.5.1 Consulta externa**

Tiene a su cargo una sección para niñas y niños que no ameritan una hospitalización inmediata, pero si hay ocasiones en consulta externa donde el niño o niña deba ser hospitalizado de inmediato. Se atiende a niños y niñas que van de los cero meses hasta los trece años.

La consulta externa se divide en:

- a. Consulta externa I
- b. Consulta externa II

## **Consulta externa I**

Comprende las especialidades siguientes:

### **Reumatología**

Se brinda atención a pacientes enfermos de los riñones.

### **Nutrición**

Se atiende lo que son problemas del crecimiento y carencias nutricionales.

### **Medicina de niñas**

Se atiende a las niñas que son afectadas por afecciones (alteraciones que causan enfermedades), estas afecciones de ellas pueden tratarse ambulatoriamente, entre algunas afecciones que se atienden son: infecciones gastrointestinales, respiratorias y de crecimiento.

### **Medicina de niños**

Se da atención a niños que también tengan afecciones (alteraciones que causan enfermedades), por ejemplo, infecciones urinarias, respiratorias u otras infecciones.

## **Gastroenterología**

En este servicio se atiende a los pequeños pacientes que tienen problemas de mala absorción, gastritis, úlceras.

## **Procedimientos de Inmunizaciones**

En este servicio se aplican las vacunas (vacunación para las niñas y niños), esto incluye la pentavalente a partir de los dos meses de edad.

## **Nefrología**

En este servicio se da atención a pacientes que estén enfermos de los pulmones.

## **Cardiología**

Aquí se prestan servicios a pacientes que tengan problemas del corazón.

## **Genética**

Aquí se brindan servicios a pacientes que tienen problemas de malformaciones o síndromes relacionados con la leucemia (cáncer en la sangre).

## **Dermatología**

Se atiende a las afecciones de la piel; esto lo realiza el dermatólogo de lunes a viernes, también sólo el día viernes se hace disección (disecación) de verrugas y lunares.

## **Endocrinología**

En este servicio se atienden problemas del sistema endocrino, como por ejemplo, la diabetes.

## **Consulta externa II**

Comprende las especialidades siguientes:

### **Cirugía**

Se atiende a todos los niños o niñas que necesiten intervenciones quirúrgicas, su problema de salud es detectado y en el tiempo oportuno se interviene quirúrgicamente, después de la operación se les da post consulta (seguimiento).

### **Traumatología**

Aquí se brindan los servicios a los niños y niñas que tengan problemas de fracturas, para que luego se dé el respectivo seguimiento para la colocación de yesos.

## **Psicología**

Este servicio es de mucha importancia, ya que se atiende a los pacientes que tienen problemas de conducta, inadaptación, baja autoestima, como también a los que tienen problemas en el núcleo familiar, que han sido abusados y los que tengan otros tipos de problemas que le puedan estar afectando psicológicamente.

A los niños y niñas se les debe dar la debida orientación psicológica, ya que si esto no se hace, pueden resultar con alguna enfermedad física, la cual va provenir a causa de su problema psicológico.

## **Hematología y Oncología**

En este servicio se atiende a pacientes con padecimientos renales y de cáncer.

## **Estimulación temprana**

Se atiende a pacientes que tengan necesidad de estimulación para caminar, hablar o que necesiten estimulación para desarrollar sus facultades.

## **Neurología**

Se atiende a niñas y niños que tienen trastornos del sueño, convulsiones (contracciones fuertes en su cuerpo), hiperactividad y otros.

### **1.3.5.2 Intensivo**

Se brindan servicios a niños y niñas que nacieron en otros hospitales y son traídos a éste hospital para ser atendidos de sus problemas de salud fuertes. También se atiende a pacientes recién nacidos que se ponen muy mal en su casa.

### **1.3.5.3 Emergencia**

Se atiende emergencias de pequeños pacientes (de los cero meses hasta los trece años) con alguna enfermedad que ponga en riesgo su vida a un plazo muy corto.

Aquí se atiende a niños o niñas que puede tratarse en forma ambulatoria (o sea que puedan tratarse ya sea en clínicas privadas, hospitales privados, etc.).

## **2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

Los conceptos de la física, medicina y la electrónica, tienen una fuerte aplicación hoy en día. Ellos son invaluableles.

### **2.1 Conceptos básicos de física**

Son fundamentales en varias áreas como la medicina, la química, telecomunicaciones, biomedicina, electrónica, etc.

#### **2.1.1 Ondas electromagnéticas**

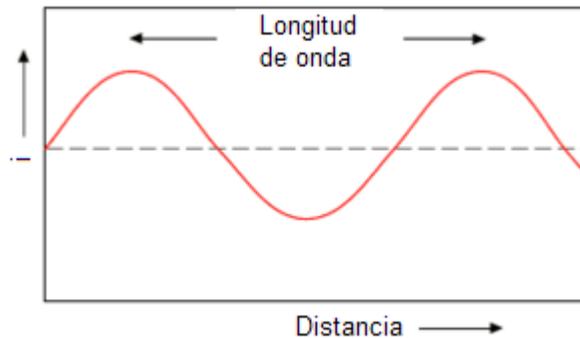
Son señales que transportan energía térmica, el cual tienen parámetros muy importantes como la frecuencia, la amplitud, Longitud de onda, etc., ellas han venido a ser muy significantes en la vida del ser humano; veamos algunos productores de ondas electromagnéticas: los celulares, teléfonos, canal de Televisión, la radioemisora, control remoto infrarrojo, dispositivo de rayos X, equipo médico de resonancia magnética, la incubadora.

#### **2.1.2 Longitud de onda**

Hay tres parámetros que caracterizan a las ondas, que son: la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda.

La longitud de onda es la distancia que hay desde un máximo positivo de una onda hasta el siguiente máximo positivo de la misma onda. Y está representada por la letra griega lambda ( $\lambda$ ).

Figura 2. Longitud de onda



Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

### 2.1.3 Frecuencia

Es la cantidad de veces que se repite una onda en una unidad de tiempo. Es un parámetro invariable y sólo se puede cambiar por la longitud de onda o su velocidad de propagación. Esta propiedad puede servir de beneficio para los seres humanos como también puede causarle perjuicios cuando no se toma la debida precaución.

### 2.1.4 Velocidad de propagación

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de los distintos medios a una velocidad que depende de las propiedades de éstos.

La velocidad de las ondas electromagnéticas en el vacío es de  $3 \times 10^8$  m/s.

### 2.1.5 Espectro de frecuencia

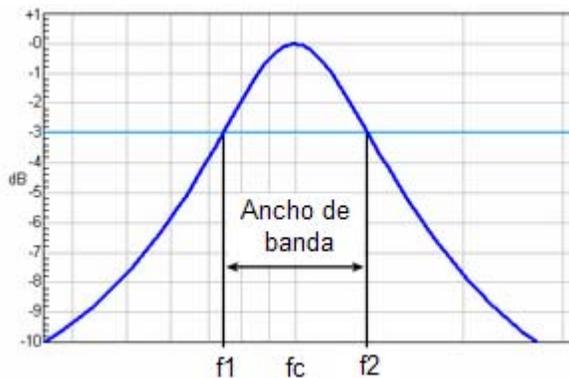
También se le llama espectro electromagnético. Con éste se puede ver como están definidos los límites de cada banda de frecuencias, de manera que se puede identificar muy bien.

Sus ondas electromagnéticas se distinguen una de otra por su longitud de onda y por ende, en su frecuencia. Su estructura es la siguiente: región visible, región ultravioleta, rayos cósmicos, rayos gamma, rayos X, región de ondas de radio largas, región de ondas cortas de radio, región infrarroja.

### 2.1.6 Ancho de banda

Para señales analógicas es un rango de frecuencias. Son las frecuencias que se encuentran entre dos límites, que se les llama frecuencia del límite superior y frecuencia del límite inferior, y se calcula restando el primero de éste último. En éste se concentra gran parte de la potencia de la señal.

Figura 3. Ancho de banda



Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

### **2.1.7 Luz**

La luz se puede definir por medio de dos teorías que son: la teoría ondulatoria y la teoría corpuscular (o cuántica). Según la teoría ondulatoria la luz se vuelve una onda electromagnética cuando viaja en el vacío.

Según la teoría corpuscular o teoría cuántica dice que la luz tiene una conducta de partícula cuando interactúa con la materia, a ésta partícula se le llama fotón o cuanto. Algunas de las formas de la luz son usadas en diversas especialidades de la medicina como neurología, gastroenterología, etc.

### **2.1.8 Teoría de emisión y absorción de luz**

Cuando hay interacción de la luz con la materia, algunos de los electrones alrededor de los núcleos de los átomos brincan a una órbita mayor, éste brinco de una órbita a otra se debe a la energía que los átomos reciben en forma de calor por parte de la luz, y después cuando éstos electrones regresan a su órbita original, devuelven esa misma energía absorbida en forma de fotones (partículas), viéndose de ésta manera la luminosidad, a éste proceso de devolución se le llama emisión de la luz.

### **2.1.9 Calor**

El calor es la energía térmica que se mueve (transporta) de un lugar a otro. Se dice que se desplaza de las temperaturas más altas hacia las más bajas o sea que fluye (se transfiere) sólo si hay una diferencia de temperatura.

El calor es muy esencial en la vida del ser humano y en especial en la de un bebé recién nacido, por eso los diseñadores de incubadoras han hecho énfasis en el calor que la máquina le suministra artificialmente al bebé.

### **2.1.10 Transferencia de calor**

Existen tres formas o medios que usa el calor para transportarse (transferirse) y son: radiación, convección y conducción.

La transferencia por radiación se da cuando el calor se va transportar a través de las ondas electromagnéticas. La transferencia por convección se da cuando el calor se transporta a través del movimiento de un fluido (agua, aire, etc.). La transferencia por conducción se da cuando el calor se transfiere a través de dos cuerpos (madera, hierro, etc.) que están en contacto.

## **2.2 Conceptos de medicina**

Los conceptos básicos de la ciencia médica son de mucha importancia. Existen conceptos y elementos de medicina que sirven bastante para desarrollar sistemas en áreas como: la física, química, bioingeniería, etc.

### **2.2.1 Termómetro**

Es un instrumento que sirve para medir la temperatura, la mide en cualquiera de las escalas más comunes: grados Celsius, grados Fahrenheit, grados Kelvin (unidad fundamental de medición de la temperatura impuesta por el sistema internacional de unidades, SI).

### **2.2.2 Incubación**

Es el acto de suministrarle artificialmente calor, oxígeno y humedad a un bebé prematuro, con el fin de que se mantenga vivo. Estas propiedades son suministradas a un bebé haciendo uso de una incubadora.

### **2.2.3 Temperatura**

Es la cantidad de calor que va existir en un cuerpo (agua, aire, cuerpo humano, etc.). Es una propiedad de mucha importancia en el área de la medicina, por ejemplo se puede usar un termómetro para medirle la temperatura a un bebé que esté con mucha fiebre, y luego darle una buena medicina. También es importante para los diseñadores de incubadoras neonatales.

### **2.2.4 Oxígeno**

El oxígeno es un tipo de gas el cual es insípido, incoloro e inoloro, o sea que es un gas que no tiene sabor, color y ni olor; el cual cuando se condensa obtiene un color azul pálido. El oxígeno abunda mucho en la tierra y es muy esencial e indispensable para los seres humanos como también para los animales y las plantas; sólo hay algunos seres vivos que no necesitan de él.

### **2.2.5 Humedad**

La humedad es aquella cantidad de vapor de agua que existe en el aire y que tiene la capacidad de almacenar energía. Dos instrumentos para medirla son: el psicrómetro y el higrógrafo.

La humedad es una propiedad de la naturaleza que es de mucha importancia en el área de la bioingeniería, ya que en el diseño de las incubadoras, éstas suministran artificialmente humedecimiento al bebé.

## **2.3 Conceptos y elementos de electrónica**

Su aplicación ha hecho que el desarrollo de la tecnología electrónica vaya en crecimiento.

### **2.3.1 Resistencia de un resistor**

La resistencia eléctrica de un resistor, es la medida de la oposición que presenta al flujo de corriente eléctrica. Su magnitud se da en ohmios, y esta representada por la letra griega omega ( $\Omega$ ). Esta definición vale para la corriente continua y alterna, sólo para cuando los elementos sean resistivos puros o sea sin componente inductiva ni capacitiva. Existe una relación la cual es muy importante mencionarla, porque relaciona la magnitud de la resistencia con la del voltaje y la corriente; fue establecida por Ohm y dice que cuando un resistor esta a cierta temperatura, entonces la corriente será directamente proporcional al voltaje; que es,  $V = R \times I$ .

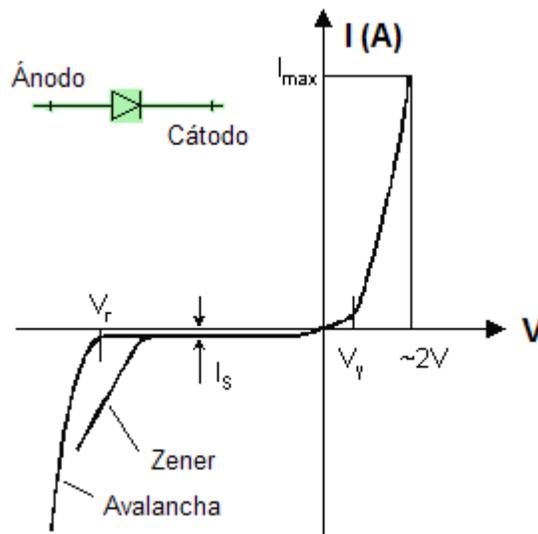
### **2.3.2 Diodo**

Permite el flujo de la corriente eléctrica en una sola dirección. Cuando se le aplica al diodo un voltaje, se dice que está polarizado, pudiendo ser directa o inversa. El diodo con polarización directa conduce la corriente eléctrica.

Algunos parámetros en el funcionamiento del diodo:

- Voltaje de barrera ( $V_y$ ). Pequeño voltaje que se opone al flujo de corriente, el cual cuando es excedido por la tensión aplicada, se reducirá, y el diodo conducirá.
- Corriente directa máxima ( $I_{max}$ ). Es la corriente más alta a través de un diodo antes de que se funda.
- Corriente de saturación inversa ( $I_s$ ). Es creada cuando el diodo está polarizado en inversa y depende de la temperatura.
- Corriente superficial de fugas. También se crea cuando el diodo está polarizado en inversa y depende del voltaje inverso aplicado.
- Voltaje inverso máximo ( $V_r$ ). Es la tensión que se puede aplicar al diodo sin dañarlo.

Figura 4. **Curva característica del diodo**



Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

### **2.3.3 Sensores**

Los sensores captan información de una magnitud física y la convierten en otra magnitud que comúnmente es eléctrica.

Algunos tipos son: de luz, sonido, desplazamiento, posición, contacto, velocidad, deformación, aceleración, temperatura.

Los sensores que utilizan las incubadoras son de temperatura, los cuales son termistores de coeficiente de temperatura negativo. Tipos de termistores:

- a) Termistor de coeficiente de temperatura negativo. Es una resistencia eléctrica variable cuyo valor decrece cuando aumenta la temperatura.
- b) Termistor de coeficiente de temperatura positivo. Es una resistencia eléctrica variable cuyo valor aumenta cuando aumenta la temperatura.

### **2.3.4 Retroalimentación**

Es la reintroducción de la salida de un sistema en la entrada, a esto también se le llama lazo cerrado. Este permite que una señal retroalimentada se compare con una señal que sea de referencia (en un sistema de control pueden existir muchas entradas y muchas salidas); los tipos son:

- 1. Retroalimentación negativa. Se da cuando hay estabilidad en la salida.
- 2. Retroalimentación positiva. Se da cuando hay inestabilidad en la salida.

Algunas características que proporciona la realimentación a un sistema son: reducción de la distorsión, operación más lineal, puede haber pérdida de estabilidad y por ende comenzar la oscilación, reducción del ruido, aumento de ancho de banda.

### **2.3.5 Sistemas de control**

Grupo de componentes que pueden regular su comportamiento o la de otro sistema para tener un funcionamiento predeterminado. Son sistemas que tienen como función principal el hacer mandos, guiar o mantener estabilidad.

En la actualidad los sistemas de control son muy utilizados en los campos de la electrónica, biomedicina, etc.

### **2.3.6 Lógica digital**

Sirve para tomar decisiones de falso o verdadero, fundamentadas en el álgebra de Boole. Una de las representaciones que puede tomar el verdadero es el uno (1) y el falso se puede representar por el cero (0), y están definidas como las señales de voltaje dentro de la circuitería lógica.

La lógica digital también puede demostrar de manera matemática el proceso de la información que va estar en forma binaria. El sistema matemático que usa se llama álgebra Booleana.

### **3. BIOMÁQUINA DE INCUBACIÓN CERRADA**

Es así como también se le puede nombrar a la incubadora. En los hospitales son de mucha utilización. El diseño de éstas junto con otras biomáquinas de medicina hace que el campo de la ingeniería biomédica se vaya expandiendo y desarrollando más, de manera que junto con la ciencia médica puedan brindar uno de los valores más preciados como lo es la salud.

#### **3.1 Ciencia médica**

Ya desde la antigüedad, se ha venido buscando remedios para combatir las enfermedades. Los antiguos usaron un tratamiento basado en la luz solar llamado Helioterapia, este tratamiento servía para curar algunos dolores.

Algunas culturas antiguas tenían conocimientos médicos muy desarrollados, como también practicaban técnicas muy adelantadas, tanto sus conocimientos como prácticas tenían influencias místicas. El mundo occidental ha tenido una revolución médica científica, ya que desde hace dos siglos comenzó a dejar las influencias místicas y comenzó también a estimar medicinas alternativas.

La medicina en nuestros tiempos es fruto de todas aquellas prácticas médicas experimentadas por los antiguos hasta las experimentadas a nuestra fecha.

Todos sabemos que la ciencia médica no es tan exacta como nosotros quisiéramos. En medicina con un mismo tratamiento brindado, no siempre se tendrá los mismos resultados. Existe una diferencia entre la ciencia médica y las ciencias exactas debido a que el fenómeno biológico tiene varias variables difíciles de identificar y en varias ocasiones más difíciles de controlar. Como un objetivo primario se vuelve el identificar esas variables y hacerlas más controlables, hacia este objetivo se va a enfocar la medicina basada en la evidencia.

En la era de la ciencia médica fundamentada en lo que es evidencias, no es malo hacer investigaciones para encontrar explicaciones y hechos que son incontestables que justifiquen la utilización de ciertas prácticas populares que puedan usarse en el trato de diferentes enfermedades.

La ciencia médica aunque no es exacta, es una ciencia que tiene bastante eficacia para combatir enfermedades, con el desarrollo de la tecnología y muchas investigaciones médicas, se ha fortalecido mucho en nuestros tiempos, de manera que podemos confiar en ella, sus aplicaciones a los quebrantos de salud del paciente son de alta calidad y llena de muchas riquezas, que el ser humano debe aprovechar.

En la vida del ser humano ha tenido un papel muy importante para proporcionarle salud, haciendo uso de otras ciencias que son fundamentales para ella, como lo son la química, la biología, la física, la ingeniería biomédica, etc.

### **3.2 Ingeniería médica y biológica**

La ingeniería médica y biológica o ingeniería biomédica, se remonta desde hace algunas décadas. Antes de la segunda guerra mundial, el personal de la medicina y los científicos biólogos, hacían uso de técnicas de ingeniería sencillas y de las cuales tuvieron varios conocimientos, que fueron poniendo en práctica.

En Gran Bretaña muchos biólogos adquirieron sólidas bases en el área de la electrónica, de este modo se tiene la posibilidad de aplicar técnicas más desarrolladas para la solución de los problemas médicos y biológicos.

Con el invento del transistor y los componentes en miniatura, surgió una nueva generación de médicos y biólogos, que no tenían práctica alguna en el área de la electrónica. Los investigadores biólogos, como los investigadores de la ciencia médica, vieron que tendrían muchas ventajas si se familiarizaban con la nueva tecnología.

Es así como ellos fueron los primeros bioingenieros, formando así un lazo entre las ciencias biológicas y la tecnología de la ingeniería, creándose de ésta manera el campo de la ingeniería electrónica médica, la que actualmente se le llama ingeniería biomédica.

En la actualidad, la ingeniería biomédica ha venido a crear profesionales que pueden desarrollarse tanto en la actividad médica como también en otros sistemas biológicos, pero también pueden desarrollarse en el campo de la electrónica, mecánica, computación.

El campo de la ingeniería biomédica es necesaria para desarrollar y construir dispositivos que brinden ayuda a los seres humanos que se encuentren con algún quebranto de salud, o bien aquellos que son discapacitados (por ejemplo los que no tienen un brazo, etc.).

También el campo de la ingeniería biomédica es necesaria para diseñar y usar instrumentos muy complejos en el campo de la medicina y de la biología, también es útil para estudiar y obtener datos que sirven para diagnosticar sistemas biológicos con el objetivo de desarrollar ciertas aplicaciones.

La ingeniería médica y biológica es una rama de la ingeniería, que une los conocimientos de las ciencias exactas con los de la ciencia de la vida, y de esta manera convertirse en una poderosa herramienta, que estará al servicio de la ciencia médica, y juntas hacer maravillas en pos de la humanidad.

### **3.3 Biomáquinas**

El desarrollo y la aplicación a la ciencia médica de tecnologías que provienen de la ingeniería y de la física esta haciendo que existan rápidos avances en los procedimientos de control, diagnóstico y trato de las diversas enfermedades.

El crecimiento cualitativo y cuantitativo de las biomáquinas es muy enorme y en la actualidad se cuenta con una enorme diversidad de ellas; su función es de gran apoyo para el ser humano.

Uno de los avances de mucha importancia en el mundo de la ingeniería biomédica y el área de la ciencia médica es el uso de partes humanas artificiales.

El invento de la máquina cardiopulmonar es uno de éstos avances. Durante las cirugías de corazón abierto, donde se está operando el pecho y el corazón, la biomáquina cardio-pulmonar va sustituir lo que es el funcionamiento del corazón y los pulmones, de ésta manera el médico detiene el latido del corazón sin que existan otros daños al cuerpo.

Hoy en día las máquinas cardio-pulmonares tienen varias funciones del paciente, por ejemplo, administrar medicinas, drogas, cambiar la temperatura del cuerpo, succionar y recuperar aquella sangre que se encuentra alrededor del corazón.

Otro gran avance de la ingeniería biomédica que ha venido a tener bastante éxito hoy en día es la reemplazación total de la cadera. Las personas que sufren de artritis, heridas en el área pélvica y en los huesos de la cadera, tendrán un gran beneficio con ésta operación ya que éste tipo de lesiones son muy dolorosas y no permiten que las personas sean capaces de caminar de manera confortable.

Cuando se está efectuando la cirugía del reemplazo de cadera, el área de la parte inferior del hueso de cadera (área donde hay conexión entre el fémur y la cadera) y el hueso que está dañado en el lado superior del fémur (hueso del muslo), ambos serán removidos. El hueso será reemplazado con una prótesis artificial, hecha comúnmente de plástico o metal. En la actualidad ingenieros biomédicos, entre otros, están investigando y trabajando para poder desarrollar materiales de mejor calidad para las prótesis artificiales.

Entre otros avances importantes de la ingeniería biomédica se tienen los equipos biomédicos con que cuentan los hospitales. Algunos son: sensor de venas, doppler, equipo de ecocardiograma, equipo de electrocardiograma, monitores, extractor de leche materna, equipo de electroencefalograma, desfibrilador, oxímetro, equipo de rayos x, equipo de resonancia magnética, equipo de ventiladores, ultrasonido, analizador de oxígeno, monitor de oxígeno y dióxido de carbono transcutáneo, tomografía, equipo de fototerapia, módulos térmicos, equipo de radioterapia para cáncer, incubadoras.

La incubadora ha sido uno de los grandes desarrollos de los ingenieros biomédicos; ésta reproduce un ambiente como el que la madre tiene en su vientre, ya que el bebé prematuro al nacer no tiene la capacidad de regular su temperatura y también está propenso a tener problemas respiratorios y otros problemas de salud, entonces la máquina proporciona un ambiente artificial donde la concentración de oxígeno, la humedad relativa, y también la temperatura pueden ser regulados, a través de un sistema de control.

### **3.4 La incubadora**

Ya desde el siglo XVIII se han hecho intentos para que se conserve el calor en los niños recién nacidos. A mediados del siglo XX se hizo la demostración de que la permanencia de los bebés prematuros en las incubadoras aumenta su sobrevivencia.

La incubadora es una biomáquina que tiene un entorno que está cerrado y controlado, que provee calor al bebé prematuro, haciendo circular aire caliente sobre su piel.

Las incubadoras son camas que contienen una fuente de calor húmeda y son el mejor entorno para contener a un bebé prematuro, en la actualidad hay una tendencia de que las incubadoras sustituyan casi en su totalidad a las cunas de radiación térmica (biomáquinas de incubación abierta o calentadores), y tienen una tendencia de facilidad en el emprendimiento como el de las cunas térmicas, pero proporcionando una fuente de calor húmeda.

Algunas de las cualidades de la incubadora son:

1. Sistema de posiciones para que se puedan tomar distintos planos de inclinación.
2. Los paneles son transparentes.
3. Facilitación del transporte (comúnmente ruedas).
4. Sistema que minimice los ruidos que puedan existir en la incubadora.
5. Suministro de energía eléctrica.
6. Comúnmente se alojan bebés de menos de 2.2 kg.
7. Sistema de alarmas.
8. Existencia de concentración del calor.
9. Sistema de control de temperatura de la piel del bebé como del ambiente de la incubador.
10. Doble pared para los bebés prematuros que sean de menos de 1500 gr.
11. Sistema de humidificación del ambiente.
12. Fuente de oxígeno.

La utilización de incubadoras tiene menos riesgos que la utilización de calentadores de panel radiante, que pueden calentar mucho o no proveer el calor adecuado al bebé prematuro.

En los últimos años la utilización de las incubadoras pediátricas en el área de neonatología (recién nacidos), ha aumentado debido a que tiene ambientes térmicos muy adecuados que le proporcionan al bebé mayor seguridad y menos riesgos de morir; los bebés que son protegidos contra los excesos de pérdidas de calor tienen más posibilidades de sobrevivencia que aquellos que no la tienen.

Algunos casos que ha habido de muerte y traumatismos de bebés prematuros en incubadoras se han relacionado con fallos del termostato (dispositivo que mantiene constante una temperatura real alrededor de una temperatura de referencia; en una incubadora el termostato puede ser un microprocesador o un microcontrolador) que causan sobrecalentamiento en la incubadora, también defectos que vienen de fabricación y daños que existe en el funcionamiento que causan incendios y también choques eléctricos.

Otro caso es que si el sensor de temperatura de piel no está en contacto con la piel del bebé prematuro, entonces pueden medirse bajas temperaturas incorrectas, y la incubadora podría calentar mucho al bebé. Por otro lado, la utilización de una cinta fuertemente adhesiva para que el sensor sea colocado a la piel, puede producir irritación en la piel o algún otro daño, por ello es recomendable vigilar la colocación de los sensores.

La cantidad en exceso de oxígeno suministrado en una incubadora a un bebé causa lo que se llama hipoxia (cantidad en exceso de oxígeno en los tejidos del cuerpo), y contribuye a la detención del desarrollo del ojo del bebé prematuro y al desprendimiento de la retina. También el mal mantenimiento para la máquina repercutirá en dañarle.

## **4. CARACTERÍSTICAS DE LAS INCUBADORAS**

A pesar de los diferentes modelos, existen características que son comunes, que hacen que la aplicación brindada sea eficiente.

### **4.1 Elementos de la incubadora**

Los componentes más comunes que se encuentran en una incubadora son:

#### **4.1.1 Panel de control**

El panel de control contiene: pantallas de temperatura, indicadores de luz para las alarmas, pantalla del control de potencia, teclado físico de control.

#### **Pantallas de temperatura**

Presentan la magnitud de la temperatura con que se está trabajando. Las pantallas pueden ser: de temperatura del bebé, de temperatura de aire y también puede haber una de la temperatura de referencia.

#### **Indicadores de luz de las alarmas**

Los leds en el panel son indicadores de luz que avisan cuando una alarma se activa, y los más comunes para las alarmas son: de piel, aire, sobretemperatura, flujo de aire, exploración de temperatura, alarma de falla en la alimentación principal.

### **Pantalla de control de potencia**

En esta pantalla se puede apreciar la potencia seleccionada con que trabajará el calentador.

### **Teclado físico de control**

Aquí están contenidos los siguientes botones:

- Botones de modo de control. Sirven para seleccionar la manera de cómo se va operar, ya sea en el modo de temperatura de aire o en el modo de temperatura de piel.
- Botones de aumento y disminución en el modo de temperatura (aire o piel) seleccionado. Sirven para poner la temperatura de referencia (de aire o piel) seleccionada.
- Botón de potencia del calefactor. Es usado para seleccionar la potencia con que trabajará el calefactor.
- Botón para silenciar alarmas. Es usado para silenciar manualmente las alarmas siguientes: de aire, piel, sobretemperatura, exploración de temperatura.

#### **4.1.2 Sistema de regulación**

En la actualidad los sistemas de control son muy comunes en muchos sistemas electrónicos. Tienen como objetivo principal el dirigir, hacer mandos o hacer que haya estabilidad.

Un sistema de regulación es aquel sistema de control que contiene retroalimentación y su entrada de referencia es constante por mucho tiempo. Para el caso de las incubadoras la entrada de referencia sería una temperatura de referencia seleccionada por la enfermera.

Un regulador o sistema regulador no es un servomecanismo; en el servomecanismo la entrada de referencia (voltaje, corriente, etc.) cambia rápido y por ende la salida también, en cambio el regulador mantiene generalmente una salida constante, para el caso de las incubadoras la salida sería una temperatura real estable. El sistema de regulación que utilizan las incubadoras tiene como función mantener una temperatura real que sea muy estable alrededor de la temperatura de referencia que estará entre 36.7° C y 37.3° C, pero esto dependerá de lo que el médico dictamine.

### **Microprocesador**

Puede llegar a interpretar y ejecutar las tareas de una microcomputadora, sistema de control, etc. El cerebro del sistema de regulación en las incubadoras es el microprocesador, su papel en el sistema de control es el eje central de los mandos, hace las comparaciones entre la temperatura de referencia y la temperatura real (de piel o aire) y de ésta manera poder tomar una decisión para conectar, desconectar o seguir manteniendo encendido el calentador; tiene la capacidad para responder rápidamente a los cambios de la temperatura real y así minimizarle las fluctuaciones (variaciones, inestabilidades).

En resumen, mantiene estable la temperatura real alrededor de la temperatura de referencia seleccionada. Hace uso de una memoria RAM como una memoria para el programa del servocontrol, tipo: ROM, EPROM, EEPROM, OTP, FLASH; ambas memorias están encapsuladas en un chip llamado microcontrolador, donde también está integrado el microprocesador; la RAM le sirve para almacenar datos temporales de temperatura (algunas RAM también guardan datos de humedad relativa y niveles de oxígeno); y la otra memoria le sirve para almacenar el programa que manipula el servocontrol.

#### **4.1.2.1 Operación y parámetros de temperatura**

La mayoría de las incubadoras tienen dos modos (o sea dos maneras) como pueden operar el sistema de regulación las cuales se aprecian en el panel de control de la incubadora, que son:

- a) Modo de control de la temperatura de piel.
- b) Modo de control de la temperatura del aire.

##### **Modo de control de la temperatura de piel**

También es llamado modalidad servocontrolada; aquí se compara la temperatura real del paciente con el control de la temperatura del paciente (temperatura deseada o de referencia) con el objetivo de disminuirse o aumentarse automáticamente, pero esto dependerá de si el niño está frío o caliente.

La temperatura de control del paciente se puede ajustar entre 34.0° C y 38.0° C.

##### **Modo de control de la temperatura de aire**

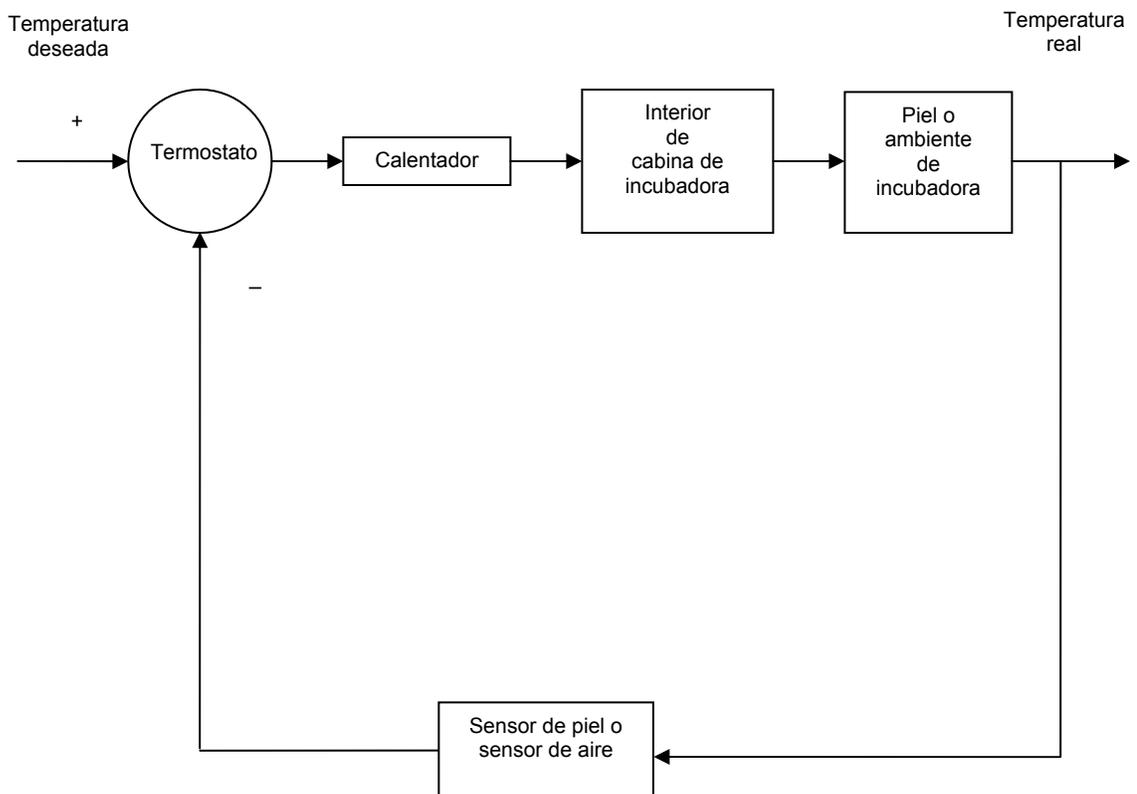
También es llamado manual; su función es hacer una comparación de la temperatura del aire (la que existe dentro de la incubadora) con el control de la temperatura de aire (temperatura deseada o de referencia) para determinar si va conectarse o no el calentador.

Si la temperatura del aire es muy alta respecto a la seleccionada de control del aire, entonces el calentador se apagará, y si es muy baja el calentador se encenderá. La temperatura de control del aire se puede ajustar entre 22° C y 38° C.

#### 4.1.2.2 Diagrama del regulador

A continuación se presenta el diagrama del sistema de regulación cuando está funcionando.

Figura 5. Diagrama de funcionamiento del regulador



### **4.1.3 Sensores de temperatura**

Los sensores juegan un papel importante en una incubadora. Los más comunes son:

- a. Sensor de piel.
- b. Sensor de aire.
- c. Sensor del flujo de aire.
- d. Sensor de alta temperatura.

#### **4.1.3.1 Operación**

##### **Sensor de piel**

El sensor de piel es un termistor, el cual se coloca directamente en la piel del bebé prematuro, a través de una cinta adhesiva especial; la parte metálica brillante de la sonda debe quedar hacia arriba.

El sensor se coloca en el pecho; pero cuando el médico indique que el bebé debe estar boca abajo, entonces la sonda se coloca en la espalda. La temperatura del paciente hace variar la resistencia del termistor de piel (sensor de piel) la cual es comparada a una resistencia que corresponde a la temperatura deseada (referencia) de piel seleccionada en el panel de control.

Los datos que arroje el termistor de piel le servirán al servocontrol para mantener la temperatura de piel muy estable alrededor de la temperatura de referencia.

### **Sensor de aire**

Es un termistor que está alojado en el recinto de la incubadora; la temperatura real del aire dentro de la incubadora hace variar la resistencia del termistor de aire (sensor de aire) y ésta resistencia es comparada a otra resistencia que corresponde a la temperatura deseada (referencia) de aire seleccionada en el panel de control.

Los datos que arroje el termistor de aire le servirán al servocontrol para mantener la temperatura de aire muy estable alrededor de la temperatura de referencia.

### **Sensor del flujo de aire**

Es un termistor y se encuentra colocado en la trayectoria del flujo de aire que proviene del ventilador.

Cuando el flujo de aire para debido a la existencia de alguna falla en el ventilador, entonces aumentará la temperatura del sensor de manera que activará una alarma indicando que hay una falla en el ventilador.

### **Sensor para alta temperatura**

Es también un termistor, el cual se encuentra en la cabina del bebé; su función es limitar la temperatura del aire en la cabina a 40° C aproximadamente, en éste límite se acciona una alarma (la cual se apaga automáticamente si se corrige la falla o se puede apagar manualmente) y entonces se desconectará el calentador de manera automática. Este sensor funciona para el modo de control de la temperatura del aire.

#### **4.1.4 Alarmas comunes**

El rol de las alarmas en las incubadoras es brindar un sistema seguro para el bebé. La alarma se define como un dispositivo que se activa cuando la temperatura real del paciente o del aire esta fuera del rango de diseño, o cuando hay una interrupción eléctrica, un fallo del equipo, un fallo en la sonda del paciente, o como indicador para comprobar la situación actual del bebé.

##### **Alarma de temperatura de piel**

Se activa si la temperatura de piel es un poco mayor o menor de la temperatura seleccionada de control de piel (referencia).

##### **Alarma de temperatura de aire**

Se activa si la temperatura del aire en la incubadora es un poco mayor o menor de la temperatura seleccionada de control del aire (referencia).

##### **Alarma del flujo de aire**

Cuando el flujo del aire para debido a alguna anomalía ocurrida en el ventilador, se accionará la alarma del flujo de aire. Hasta que sea corregida se silenciará.

##### **Alarma para el suministro de energía eléctrica**

Cuando el suministro de energía eléctrica de la incubadora por cualquier circunstancia es desconectada o hay alguna falla relacionada al circuito de potencia de entrada, entonces se accionará la alarma y sólo se apagará si es restaurado la fuente de energía eléctrica, arreglada la falla o si se apaga la unidad.

### **Alarma de exploración (sondeo) de temperatura**

Aquí un circuito controla el sensor de piel y el sensor de aire, buscando alguna desconexión, cortocircuito, circuito abierto, al existir alguno de estos se activa la alarma de exploración de temperatura.

Esta alarma se activa también si el sensor de piel pierde contacto con la piel del bebé prematuro.

### **Alarma para alta temperatura**

Se enciende cuando existe una condición de sobretemperatura de aire mayor a 39° C en la cabina del bebé. Esta alarma no se silencia automáticamente sin que antes se corrija la falla; esta también se puede apagar manualmente.

#### **4.1.5 Grupo motor**

Este grupo se refiere al módulo que contiene al ventilador y al calentador.

#### **4.1.6 Bateria recargable**

Existen incubadoras que pueden tener dos baterías, y hay incubadoras que pueden tener solo una batería; Esto va depender del diseño con que fueron fabricadas. La función de la batería es alimentar al circuito de la alarma de falla en la alimentación principal como también a las memorias y sus circuitos, cuando ocurre una falla en la alimentación principal de energía eléctrica.

#### **4.1.7 Accesorios**

Algunos accesorios de las incubadoras son:

##### **Sistema de humectación**

Sirve para brindarle oxígeno húmedo al bebé. Se encuentra abajo del compartimiento del bebé. La mayor parte de las incubadoras contienen sistemas de humectación que les permite llegar hasta el 95% de humedad relativa y se mantiene normalmente entre el 50% y 60% cuando el reservorio del humedecedor se llena con agua destilada y esterelizada. Comúnmente sólo una vez al día se llena. El aumento de la humedad relativa reduce las pérdidas de calor por evaporación.

##### **Fuente de oxígeno**

Se puede incrementar la concentración de oxígeno en la incubadora, colocándole una fuente de oxígeno, varias incubadoras tienen una o dos entradas para éste elemento. Al suministrarse éste elemento utilice un monitor de oxígeno y un analizador de oxígeno.

También puede existir espacio y protección para los cilindros para cuando se proporcione éste al lactante en la incubadora. La concentración de oxígeno suministrada al bebé debe estar debajo de menos del 40 %, pero esto depende de lo que el médico indique.

El oxígeno es comúnmente administrado de válvulas que se hallan instaladas en la pared o de cilindros. Es importante recalcar que la utilización inadecuada de éste elemento se puede asociar con problemas graves como daño cerebral, ceguera o muerte.

## **Fototerapia**

Provee un nivel de irradiación hacia el centro del colchón en el rango de longitud de onda de 400 a 500 nanómetros para que se pueda tratar a pacientes que tienen hiperbilirrubina. Comúnmente los equipos de fototerapia tienen 3 ó 4 lámparas halógenas de cuarzo que están conectadas en serie.

## **Radiador de calor**

Es utilizado para calentar al bebé. Para usar éste elemento se debe retirar toda la cubierta de la incubadora y acostar al bebé bajo el elemento radiador de calor. Comúnmente cada 15 minutos se activa una alarma y de manera automática se desconecta el calentador, el uso del calentador necesita de una cercana supervisión del personal médico.

## **Otros accesorios:**

1. Colchón: elemento donde se acuesta al bebé.
2. Bandeja del colchón: Sirve de base para el colchón.
3. Mecanismo de inclinación para el bebé: Sirve para inclinar al niño dentro de la incubadora.
4. Palancas del mecanismo de inclinación: Se usan para manejar el mecanismo de inclinación.
5. Tapadera de la plataforma principal: Contiene al mecanismo de inclinación y a la vez sirve de tapadera a la plataforma principal.
6. Plataforma principal: Es donde se alojan el filtro de aire y su cubierta, el humidificador, el panel de control, el grupo motor.
7. Bases laterales de plástico: Sirven para reducir la pérdida del calor adentro de la incubadora.
8. Cabina: Tapa del lugar donde se encuentra el bebé.
9. Seguro de la cabina: Sirve para abrir y cerrar la cabina.

10. Puertas pequeñas en cabina: Se usan para que el médico o enfermera pueda ingresar sus manos y manipular al bebé.
11. Seguros de las puertas pequeñas en cabina: Sirven para asegurar las puertas, de modo que no se abran accidentalmente.
12. Puerta grande de la cabina: También sirve para manipular al bebé cuando se abre.
13. Seguros de puerta grande: Cuando se cierre la puerta grande éstos la aseguran.
14. Acceso para los cables: Sirve para que se pueda ingresar a través de el distintos tipos de cable (como por ejemplo el cable del sensor de piel).
15. Tapadera del filtro: Sirve para tapar al filtro.
16. Seguros del filtro: Aseguran la tapadera del filtro a la máquina.
17. Conector de la sonda del bebé: Entrada donde se conecta el cable del sensor del bebé.
18. Conector del sensor de la temperatura del aire: Entrada donde se conecta el cable del sensor de aire.
19. Gabinete: Sobre él se coloca la incubadora y tiene que ir sujeta totalmente al armario.
20. Silenciador de goma del motor: Es una caja de hule donde se coloca al motor, y sirve para absorber cualquier ruido que tenga el motor de cc.

## **4.2 Interfase a la computadora personal**

Algunas incubadoras en la actualidad tienen un manejo a distancia haciendo uso de una PC, y utilizando lo que es un puerto serie, permitiendo de ésta manera la comunicación con una PC y así monitorear datos de la incubadora.

## **4.3 Funcionamiento de la incubadora**

Comúnmente las unidades calientan al bebé con el flujo forzado de aire caliente o sea calentamiento por convección.

En este caso un ventilador hace que el aire caliente pase a través de las paredes de la cubierta de la incubadora (parte del aire se va al interior del incubador donde está el bebé), siguiendo la superficie de la cabina, después éste se mezcla con aire fresco para luego pasar a la unidad de proceso del aire, ó sea en primer lugar pasa al calentador y después pasa por un filtro de aire (quita partículas que puedan afectar al niño), ya el aire filtrado pasa por el reservorio del humidificador y después se dirige al ventilador, para ser enviado a las paredes de la incubadora, así el proceso se vuelve a repetir hasta que el calentador se desconecte automáticamente ó sea apagada la máquina; de ésta manera obtenemos el calor necesario para el bebé y un ambiente en el que su temperatura sea estable usando un sistema de regulación que es manipulado por un microprocesador (o un microcontrolador) quien es el encargado de comparar la temperatura real con la temperatura de referencia seleccionada en el panel de control, con el objetivo de desconectar, conectar o mantener el calentador prendido.

## **4.4 Aplicación**

Una de las características de los bebés prematuros es su incapacidad para regular su propia temperatura. Por eso al nacer se ponen en una incubadora, ya que ahí se reproducen las condiciones de temperatura, humedad y oxígeno que tiene la madre en su vientre.

### **4.4.1 Bebés prematuros**

Un bebé prematuro es aquel que nace antes de las 37 semanas gestacionales. Y lo que dura normalmente una gestación es de más de 40 semanas. Cuando nace un bebé entre las 37 y 42 semanas de gestación entonces se dice que es un bebé a término.

### **Partos prematuros**

En estos partos los niños nacen antes de las 37 semanas. Dentro de las causas en la madre que provocan el parto prematuro están: enfermedad renal, diabetes, hipertensión, enfermedades cardíacas, como también hábitos de la madre (tabaquismo, ingesta de alcohol), problemas uterinos (desprendimiento de la placenta, miomas), también embarazos múltiples (o sea que hay más de un feto en el vientre), etc.

### **Problemas de salud del bebé prematuro**

Este tipo de bebés comúnmente tienen problemas de salud con más frecuencia que aquellos nacidos a término, debido a que su peso es menor y a que sus órganos no están bien desarrollados. El riesgo se vuelve más grande cuando nace más pequeño e inmaduro.

Algunas de las enfermedades que el bebé prematuro presenta:

Apnea.

Sangrado intracerebral.

Anemia.

Displasia Broncopulmonar.

Retinopatía de la premadurez.

Inflamación intestinal.

Persistencia del conducto arterial.

Enfermedad de membrana hialina.

### **Pronósticos de sobrevivencia**

Los bebés prematuros que tienen menos de 26 semanas tienen un peso menor de 1 Kg, y sólo el 75% de los casos sobrevive según estadísticas.

Los bebés de 28 semanas tienen un peso de más de 1.5 Kg, y sólo el 80% de los casos sobrevive.

Los bebés prematuros de más de 30 semanas tienen un peso de casi 2Kg, y sobrevivencia el 95% de los casos.

Los bebés de más de 35 semanas, tienen un peso de más de 2.5 Kg y ellos tienen un desarrollo mayor, estando cerca en problemas y pronóstico de vida a los bebés a término.



## **5. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO**

Tener un amplio conocimiento del estado actual en que se encuentran las incubadoras, sirve para tomar mejores decisiones respecto a su administración y mantenimiento.

La exigencia de calidad y servicio requerido, hace que se ponga énfasis en los diferentes equipos. La investigación de la situación de las incubadoras es importante ya que por medio de ella se tendrá información de su estado actual así como otros datos.

### **5.1 Registro del estado actual**

El estado actual en que se encuentran las incubadoras es malo, ya que no se les brinda mantenimiento preventivo, solo correctivo.

Debido a que la tasa de natalidad en este país incrementa, las áreas donde se atienden a los bebés prematuros se vuelven más requeridas y por lo tanto el uso de equipos de incubación cerrada se mantienen al servicio a menudo, hay ocasiones en que la incubadora se mantiene al servicio las 24 horas o más; en los momentos que es apagada (en este caso no debe haber ningún paciente) el personal clínico aprovecha a limpiarla (enfermeras).

El uso continuo de las incubadoras hace que se vayan deteriorando rápidamente, comúnmente no se les da mantenimiento preventivo, porque no se sabe a que horas estará la máquina fuera de servicio; actualmente ya no se brinda, solamente el mantenimiento correctivo, y quienes realizan este tipo de servicio son empleados del departamento de mantenimiento del hospital.

Aún cuando las máquinas ya no se les da mantenimiento preventivo, se encuentran en un estado aceptable, pero si no se les brinda tendrán una vida útil menor.

Uno de los factores por los que no hay tantas incubadoras, es porque su precio es muy alto, debido a esto se ha procedido a comprar cunas térmicas (calentadores) las cuales son más baratas, pero son menos confiables y existe más pérdida de potencia. De estas unidades hay más en existencia que las incubadoras, pero aún así su servicio no es suficiente; es necesario la compra de más equipo de incubación cerrada ya que son más seguros y confiables, así habrá un mejor servicio al paciente y una mejor administración del equipo.

Las áreas donde se encuentran distribuidas las incubadoras en el hospital son: emergencia de pediatría y neonatología.

Los inventarios del 2005 al 2006 se muestran en las tablas I y II.

**Tabla I. Inventario de incubadoras de neonatología**

| <b>No.</b> | <b>Equipo</b>               | <b>Modelo</b> | <b>Serie</b> | <b>Marca</b> | <b>Estado</b> |
|------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 1          | Incubadora                  | Care Plus     | HDFH00037    | Ohmeda       | Regular       |
| 2          | Incubadora                  | Care Plus     | HDFH00038    | Ohmeda       | Regular       |
| 3          | Incubadora                  | Care Plus     | HDFH00039    | Ohmeda       | Regular       |
| 4          | Incubadora                  | Care Plus     | HDEH00170    | Ohmeda       | Regular       |
| 5          | Incubadora                  | Care Plus     | HDEH00171    | Ohmeda       | Regular       |
| 6          | Incubadora                  | Care Plus     | HDEH00172    | Ohmeda       | Regular       |
| 7          | Incubadora                  | Care Plus     | HDE000175    | Ohmeda       | Regular       |
| 8          | Incubadora                  | Care Plus     | HDE000103    | Ohmeda       | Regular       |
| 9          | Incubadora                  | Care Plus     | HDE000174    | Ohmeda       | Regular       |
| 10         | Incubadora<br>De transporte | H – 1000      | 977          | Dideal       | Regular       |
| 11         | Incubadora                  | H – 1000      | 978          | Dideal       | Regular       |

Fuente: Hospital General San Juan de Dios

**Tabla II. Inventario de incubadoras de emergencia de pediatría**

| <b>No.</b> | <b>Equipo</b> | <b>Modelo</b> | <b>Serie</b> | <b>Marca</b>                | <b>Estado</b> |
|------------|---------------|---------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 1          | Incubadora    | 185 A         | 627          | International<br>Biomedical | Regular       |
| 2          | Incubadora    | PC – 305      | 2680         | Medix                       | Regular       |

Fuente: Hospital General San Juan de Dios

## **Demanda de equipo**

Generalmente las incubadoras se mantienen en servicio indefinidamente, esta demanda se debe al crecimiento de la tasa de natalidad y a las condiciones de salud en que se encuentre el paciente.

Cuando un paciente es retirado de una incubadora comúnmente se encuentra que hay otro paciente que la necesita; y cuando no hay una máquina donde poner a un bebé entonces se evalúa a los bebés que están utilizándolas para que alguno de ellos pueda ser quitado de allí y ser puesto en un módulo térmico (equipo muy parecido a la incubadora), entonces se procede a poner en la incubadora al paciente que la necesita. Este servicio se debe a la falta de equipo en el hospital y provoca serios daños en la salud del bebé y aún la muerte.

## **5.2 Registros de mantenimiento pasado**

La información de mantenimiento, puede servir de guía fundamental para el mejoramiento del mismo, aprovechando la experiencia y conocimientos registrados.

### **5.2.1 Mantenimiento**

Se verá los tipos de mantenimiento y el desarrollo de una manera detallada del mantenimiento preventivo, también se presenta los diagnósticos de fallas más comunes de las incubadoras, y la calibración más común de la máquina.

### **5.2.1.1 Instrumental requerido**

Para un adecuado chequeo es necesario contar con el siguiente equipo de medición y análisis: multímetro digital, osciloscopio, capacitómetro, inductómetro, simulador de sensores, hidrómetro.

### **5.2.1.2 Tipo de mantenimiento**

Se le ha efectuado a las incubadoras, el mantenimiento preventivo y correctivo, que han hecho que se encuentren en condiciones de funcionamiento bueno, seguro y eficiente.

Vigilar y examinar el desarrollo que se da al tipo de mantenimiento aplicado a las máquinas, permite tomar buenas decisiones para mejorar el servicio que prestan las incubadoras.

### **5.2.1.3 Personal utilizado**

Los servicios de mantenimiento del hospital pueden ser efectuados por fuentes internas y también fuentes externas.

El mantenimiento preventivo como el correctivo lo hacía el personal de la empresa privada Casa Médica (fuente externa), ellos acudían previo a un llamado de emergencia o a compromisos hechos a través de un contrato.

El departamento de mantenimiento del hospital (fuente interna) tiene una capacidad de servicio que depende de la calidad y cantidad de los recursos (humanos y materiales) que tiene disponible.

Actualmente personal del departamento de mantenimiento (como fuente interna) ha efectuado el mantenimiento correctivo.

También contribuyen a darle un pequeño servicio de mantenimiento a las máquinas, el personal clínico de enfermería, quienes se encargan de limpiar y asear las máquinas en el momento oportuno.

#### **5.2.1.4 Procedimiento de mantenimiento**

Los modos de mantenimiento efectuados a las incubadoras, proporcionan información, conocimientos y experiencia valiosa. Por ejemplo, de los reportes obtenemos información de las reparaciones hechas a menudo.

Una de las ventajas es que se aprovecha la experiencia anterior registrada en los reportes como también la información que se tiene de la situación del equipo, una de las desventajas sería cuando los reportes no son confiables.

Tipos de mantenimiento brindados:

- a. Mantenimiento preventivo.
- b. Mantenimiento correctivo.

### **a. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se desarrolla a través de: ajustes, verificaciones, limpieza, lubricación y calibración, y se brinda cada tres meses. Para dar limpieza y mantenimiento es recomendable usar: jabón suave, detergente germicida, agua tibia, trapos suaves limpios, desarmadores, juego de llaves, etc.

#### Rutina de mantenimiento

1. Verificar que no haya algún paciente.
2. apagar la incubadora y desconectarla del tomacorriente.
3. Remover el módulo de control

Este módulo hay que desarmarlo y luego limpiar la circuitería con un cepillo de dientes o una brocha para quitar el polvo, también se puede usar una aspiradora para extraer el polvo.

4. Limpiar el módulo motor
  - ✓ En primer lugar hay desconectar el suministro de energía de éste módulo.
  - ✓ Limpiar el ventilador y el calefactor, lavarles con agua tibia y jabón suave.
5. Colchón

Hay que limpiarlo con jabón suave y agua tibia. Y luego ponerlo en un lugar limpio.
6. Plataforma principal del colchón

Removerlo y limpiarlo con jabón suave y agua tibia, también aplicarle detergente germicida con una esponja, después secarlo con un paño limpio.

## 7. Cubierta del bebé

- ✓ Limpiar las superficies internas y externas aplicando un trapo o esponja limpio que tenga agua tibia, jabón suave y solución germicida.
- ✓ También los accesorios y las orillas de la cubierta, limpiarlos con un trapo o esponja limpio y que esté remojado con agua tibia, jabón suave y detergente bactericida.

## 8. Entrada de oxígeno

Limpiar la entrada aplicando una solución de limpieza suave.

## 9. Humidificador

No utilizar alcohol en la limpieza del humidificador.

- ✓ Extraer el humidificador.
- ✓ Quitar esa agua destilada estéril que tiene.
- ✓ Limpiar el interior con una solución de detergente desinfectante suave.
- ✓ Desaguar la pieza con agua tibia.
- ✓ Secar el reservorio antes de instalarlo, usar un trapo suave.
- ✓ Volver a llenar hasta el nivel indicado, usando agua destilada estéril.

## 10. Filtro de aire (microfiltro)

- ✓ Proceda a extraer la cubierta.
- ✓ No limpiar el microfiltro, ni darle vuelta para usarlo. El microfiltro se debe sustituir cada trimestre.
- ✓ Quitar el microfiltro usado (si ya hay necesidad de sustituirlo) y poner el nuevo, poner una etiqueta donde se registre la fecha del reemplazo.
- ✓ limpiar y desinfectar la tapa del microfiltro, usando detergente germicida, y un trapo suave limpio.

## 11. Chequear la incubadora

Verifique si la incubadora tiene daños físicos, como: rayones, corrosión, quebraduras, dobleces, quemaduras y hacer los cambios necesarios.

## 12. Revisión de todo el sistema eléctrico

Cordón de alimentación principal, fusible de entrada, tomacorriente, motor eléctrico del ventilador, calefactor. Haciendo uso de un multímetro para hacer mediciones de continuidad y voltaje. También revisar la corriente de fuga con un medidor de corriente de fuga.

## 13. Chequear el módulo de control

Este módulo contiene los circuitos electrónicos de los mandos, se debe chequear con cuidado, verificar el relé de seguridad del calefactor con un multímetro de manera que haga los cambios necesarios, también verificar el relé que entra en acción cuando la potencia del suministro de energía principal es cortada por algún motivo, y también probar otros elementos de las tarjetas electrónicas haciendo uso de un multímetro y un osciloscopio.

## 14. Chequeo de las alarmas y sensores

La revisión se hace con simulaciones de temperatura, y chequeando si se activan las alarmas en los rangos establecidos. Si existe alguna anomalía proceda a revisarles usando un multímetro, y cambie lo necesario.

## 15. Calibración

Con la calibración se verifica si la alarma de alta temperatura se activa en la temperatura adecuada. Esta es la que comúnmente se hace, y se realiza cada seis meses o menos, para brindar seguridad total al bebé prematuro, cuando exista una temperatura mayor a 39° C, en éste nivel se activa una alarma que avisa que el bebé está en riesgo, entonces el calefactor se desactivará automáticamente; pero si no se activa, no sabremos entonces que el niño está en el umbral del peligro y aún de muerte si la potencia del calefactor no se corta automáticamente.

### Procedimiento

- Revise que el cordón de la incubadora esté conectado al tomacorriente.

- Encienda la máquina usando el interruptor de “encendido, apagado”.
- Acople el simulador de sensores a la incubadora.
- Elija el modo de control de temperatura del aire en el panel de control y seleccione una temperatura de referencia de aire (39° C).
- Use el simulador para anular la función del sistema de regulación y así obligar al calentador a proveer calor de forma permanente.
- Encienda la alarma de alta temperatura desde el simulador de sensores, para que cuando la temperatura del aire en la incubadora rebase en 1° C a la temperatura de control de aire (de referencia) entonces se accionará (se escucha y se enciende una pantallita) la alarma de alta temperatura, entonces se corta la potencia en el calentador automáticamente.
- Silenciar la alarma desde la incubadora.
- Al decrecer la temperatura del aire en la cabina, en aproximadamente 3°C, de inmediato se reconecta la potencia en el calefactor.
- Entonces la temperatura del aire crecerá de nuevo, cuando la temperatura del aire vuelve a rebasar por 1° C a la de referencia, entonces se accionará otra vez la alarma de alta temperatura (verifique que en verdad se activo).
- Si comprobó que en las pruebas se activó la alarma de alta temperatura, entonces la calibración está bien.
- Quite el simulador de sensores de la incubadora.

#### **b. Mantenimiento correctivo**

La función de éste mantenimiento es: corregir fallas a medida que vayan surgiendo, haciendo uso de los síntomas que presentan los equipos. Estas no pueden ser detectadas a tiempo, esto se debe a que no se cuenta con un mantenimiento preventivo adecuado, también no pueden ser detectadas debido a circunstancias imprevistas.

## Clasificación de fallas

Las fallas en una incubadora pueden ser: comunes y no comunes.

- ✓ Fallas comunes: Sin lugar a duda estas son las que más se presentan durante la vida útil del equipo. Son causadas debido a la falta de mantenimiento preventivo, falta de limpieza, condiciones de operación y al uso intenso del mismo.
  
- ✓ Fallas no comunes: Aparecen al principio o al final de la vida útil, y son causadas por problemas de diseño, materiales o por envejecimiento de algún elemento. Constituyen una pequeña fracción del total de fallas.

Para corregir las fallas en una incubadora, se requiere de un diagnóstico, de una buena limpieza y la sustitución de los elementos inservibles de la máquina.

En la actualidad hay máquinas de incubación que presentan un código de error en una pantalla cuando ocurre una falla, indicando con el código qué elemento falló, esto sirve de gran ayuda para arreglar la máquina.

Algunas fallas en una incubadora son: el calefactor no calienta, la incubadora no llega a la temperatura de referencia, el grupo motor no está energizado, la alarma de exploración de temperatura se activa, la luz de alguna alarma no enciende, la alarma de falla en la alimentación se activa, hay pérdida de potencia al ser doblado el cable de la alimentación principal, la alarma de flujo de aire se activa, al presionar el botón de prueba de la alarma de falla en la alimentación principal ésta no se activa.

La tabla III, presenta la corrección de las fallas que se presentan.

Tabla III. **Diagnóstico de fallas y su corrección**

| <b>Síntoma</b>   | <b>Diagnóstico</b>  | <b>Corrección de falla</b>   |
|--|---|--|
| El calefactor no calienta.                             | <p>El calefactor está quemado.</p> <p>El relé de seguridad del calefactor esta dañado.</p> <p>El voltaje de alimentación principal está debajo de las especificaciones.</p>   | <p>Apague la máquina y cambie el calentador.</p> <p>Apague la máquina y cambie el relé, úse un caufín.</p> <p>Verifique el voltaje del tomacorriente, también tomar en cuenta que puede haber un falso en él.</p>                  |
| La incubadora no llega a la temperatura de referencia. | <p>Las aberturas de manos están abiertas.</p> <p>Existe enfriamiento fuerte desde el exterior de la incubadora.</p> <p>La incubadora está en un cuarto frío.</p> <p>Las ranuras que son laterales para la circulación del aire están tapadas.</p> | <p>Cierre todas las aberturas de manos.</p> <p>Cierre cualquier puerta de la habitación donde está la máquina.</p> <p>Aumentarle la temperatura al cuarto.</p> <p>Quitar todo artefacto de los ductos de Circulación del aire.</p> |
| El grupo motor no está energizado.                     | <p>El módulo está desconectado de la unidad.</p> <p>La incubadora está desconectada del suministro de alimentación.</p>   | <p>Conecte el módulo a la unidad a través de su cable de alimentación.</p> <p>Conecte la incubadora al suministro de energía y enciéndala.</p>   |
| Alarma de exploración de temperatura se activa.        | <p>Existe un circuito abierto, cortocircuito o una desconexión en los sensores de piel o aire.</p> <p>El sensor de piel pierde contacto con el paciente.</p>  | <p>Localise el sensor malo y revíselo, si no sirve, cámbielo. También verifique que no haya una desconexión de éstos con la incubadora.</p> <p>Colocar el sensor al paciente de modo adecuado.</p>                                 |

## Continuación

|  |  |  |
|--|--|--|
| El indicador de luz (led) de alguna alarma no enciende.                            | La alarma está defectuosa.<br><br>El led está defectuoso.  | Revise el circuito de la alarma con un multímetro, y si existe algún elemento dañado, sustitúyalo.<br><br>Cambiar el indicador de luz.   |
| Alarma de falla en la alimentación de energía se activa.                           | El interruptor de encendido y apagado de la incubadora está abierto.<br><br>Cable de suministro de energía está desconectado.<br><br>Cable quebrado. | Revise el interruptor, y si no sirve entonces cámbielo.<br><br>Conecte adecuadamente el cable o conecte el tomacorriente adecuado.<br><br>Probar continuidad y si no hay, entonces cambiar el cable. |
| Hay pérdida de potencia al ser doblado el cable de alimentación.                   | El cable de suministro de energía principal tiene alguna conexión abierta.   | Reemplace el cable.  |
| Alarma del flujo de Aire se activa.  | Falla en el motor del ventilador.<br><br>Algún artefacto obstruye al ventilador en sus aspas.  | Verifique si le llega alimentación de energía al motor con un multímetro, si no le llega cambiarlo o arreglarlo.<br><br>Apague el equipo, y limpie las aspas.  |
| Al presionar botón de prueba de la alarma de falla de energía principal, no suena. | La batería está colocada de manera incorrecta.<br><br>corrosión en los contactos de la pila.<br><br>Pila descargada.                                 | Apague la incubadora y ponga la batería correctamente.<br><br>Limpiar los contactos con cuidado.<br><br>Cambiar la pila si ya no sirve o verifique el circuito del cargador.                         |

Fuente: Adaptado de: [www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Incubadora-Infantil.pdf](http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Incubadora-Infantil.pdf)



## **6. PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INCUBADORAS**

Es un método para desarrollar de una manera eficaz las técnicas adecuadas, y así mantener en buenas condiciones los elementos y el funcionamiento del equipo.

### **6.1 Conceptos de mantenimiento**

El mantenimiento es la serie de actividades a realizar con el objetivo de conservar el servicio que están proporcionando los equipos, instalaciones, inmuebles, dispositivos, etc., de manera que vayan a brindar un servicio confiable, de calidad, eficaz, económico, de mayor duración, y de ésta manera tener una mejor demanda de los usuarios.

El mantenimiento se puede aplicar en una diversidad de empresas o instituciones que lo necesiten. En los hospitales es una actividad que se practica para asegurar que funcionen adecuadamente y para que presten un buen servicio de salud.

Tipos de mantenimiento:

- a. Mantenimiento correctivo.
- b. Mantenimiento predictivo.
- c. Mantenimiento hospitalario.
- d. Mantenimiento preventivo.

## **Mantenimiento correctivo**

Se ha venido usando desde épocas pasadas y aún en nuestros días es muy útil. Sirve para corregir las fallas a medida que estas vayan surgiendo en los equipos, instalaciones, edificios, etc.,

Es el resultado de un plan de mantenimiento inadecuado, que trae varios problemas consigo y solamente debe usarse como emergencia.

## **Mantenimiento predictivo**

Se utiliza una gran variedad de técnicas para que se pueda detectar la existencia de fallas que pueden ocurrir poco a poco procediendo a corregirlas usando instrumentos de medición y análisis, también haciendo pruebas no destructivas, de ésta manera reducir paros inesperados. Este no se aplica a equipos, instalaciones, etc., que no han tenido antes un mantenimiento preventivo eficiente, ya que resultaría en un desperdicio de dinero y tiempo al aplicar los métodos del predictivo.

## **Mantenimiento hospitalario**

Este tipo de mantenimiento se aplica para conservar la infraestructura y equipamiento de las diversas áreas que tiene un hospital, de manera que no se interrumpan las actividades que puedan tener. Este contribuye en la reducción del costo de operación del hospital.

## **Mantenimiento preventivo**

Sirve para anticipar un conjunto de programaciones para que se pueda llegar a realizar ajustes, inspecciones, lubricación o cambios, necesarios para conservar el servicio que están suministrando equipos, instalaciones o edificios. Para que éste pueda ser desarrollado adecuadamente es necesario una buena organización del mismo, como también tener muchos conocimientos y experiencia para brindar un diagnóstico claro de fallas frecuentes y determinar puntos débiles en el dispositivo, equipo, instalación o edificación. Uno de los beneficios es que es más barato que el correctivo, debido a que el personal de servicio de mantenimiento como el material y el tiempo son los más adecuados en costo, calidad y cantidad, Optimizándose los recursos.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- ✓ Aumento de la vida útil; los dispositivos, equipos, instalaciones o edificios, tendrán una duración mayor si están sujetos a mantenimiento preventivo adecuado.
- ✓ Costo de reparación menor; El costo bajará si se cambia el mantenimiento correctivo por el sistema de mantenimiento preventivo.
- ✓ Confiabilidad; los equipos, instalaciones, etc., van a operar en condiciones adecuadas de seguridad.
- ✓ Baja en tiempo muerto; el tiempo que lo equipos, dispositivos, instalaciones o edificaciones estén fuera de servicio será menor.
- ✓ Existencia en almacén disminuidas; Reducción en la inversión de los repuestos o productos en el almacén, o sea que casi no habrá cambio de repuestos al hacerse éste tipo de mantenimiento.

## **6.2 Rutinas de mantenimiento para las incubadoras**

Las rutinas de mantenimiento preventivo aplicado a una incubadora es una serie de actividades que se repiten para darle mantenimiento, así mantener al equipo en buenas condiciones y aumentarle la vida útil.

Las rutinas son: la semanal, la trimestral, semestral y la anual. Estas se tomaron para dar una buena administración de mantenimiento.

### **6.2.1 Proceso de mantenimiento semanal**

Lo hará comúnmente el operador de la incubadora; se aplicará semanalmente o cada vez que se retire al bebé. Los suministros para dar limpieza y mantenimiento (no usar alcohol ni cualquier otra solución corrosiva) son:

- ✓ Agua destilada estéril (agua tibia que no contenga ningún microbio).
- ✓ Taza pequeña de plástico limpia.
- ✓ Cubeta limpia.
- ✓ Cepillo suave limpio de dientes.
- ✓ Brocha limpia.
- ✓ Juego de llaves.
- ✓ Pistola de aire caliente o secador de pelo.
- ✓ Jabón neutro germicida inodoro (jabón suave desinfectante sin olor).
- ✓ Detergente neutro germicida inodoro (detergente suave desinfectante sin olor).
- ✓ Trapo suave limpio (toalla, paño) o esponja limpia.

## Pasos:

### 1. Apagado y desconexión

Apague el equipo y desconecte el cordón del tomacorriente.

### 2. Enfriamiento del calentador

Si acaba de retirarse un bebé de la incubadora, permita que se enfríe el calentador antes de que se desmonte la incubadora.

### 3. Frenos

Si las ruedas de la incubadora tienen frenos, entonces activarles, para que no se mueva cuando se este dando mantenimiento.

### 4. Accesorios

Levante la cabina y remueva los accesorios: colchón, bandeja para el colchón, mecanismo de inclinación para el bebé y la tapadera de la plataforma principal. Primero limpie estos accesorios usando un paño o esponja que esté humedecido de jabón suave para enjuagarles, después desaguarles con agua tibia, luego de esto volver a enjuagarles pero ahora con un paño que este empapado de una solución de detergente suave germicida para después desaguarles con agua tibia limpia, y por último secarles con un trapo no húmedo, suave y limpio o con una secadora de pelo y ponerles en un lugar adecuado para mientras, no montar rápido los accesorios.

Limpiar también de ésta manera las palancas del mecanismo de inclinación y el seguro para abrir la cabina (éstos están fuera de la cabina).

#### 5. Más accesorios

Limpiar la cabina (no quitar el sensor de aire) y sus accesorios: puertecitas de la cabina, mangas, cubiertas que sirven de acceso para cables, puerta grande de la cabina, seguros de todas las puertas y bases laterales de plástico que se ponen adentro de la cabina. Los accesorios que se puedan quitar, hacerlo.

Limpiar todos los accesorios con un paño empapado de jabón suave germicida y luego desaguarles con agua tibia, después pasarles un paño empapado con detergente suave germicida y luego desaguarles de la misma forma, y por último secarles con una secadora de pelo o con un trapo limpio húmedo y suave. Ponerles en un lugar limpio y adecuado, no montarles rápido.

#### 6. Plataforma principal

Remueva con un cepillo de dientes cualquier basurita para luego limpiar con una esponja humedecida con un poco de solución de detergente germicida para enjuagar, después con un trapo que tenga un poco de agua tibia, desague, luego seque con una secadora de pelo.

#### 7. Humedecedor (reservorio del humedecedor)

Extraer el humedecedor y vaciar el agua que tiene, luego limpiarlo con una solución formada con agua tibia y detergente suave desinfectante para enjuagar, después desaguar con agua tibia, luego secarlo usando una secadora de pelo. También limpiar la tapa del humedecedor del mismo modo.

Después de esto ponga el humidecedor en una superficie plana y llénele de agua hasta el nivel que indica la etiqueta que tiene y tápele. No hay que rebasar del nivel indicado en la etiqueta, porque la humidificación disminuirá.

8. Filtro de aire (microfiltro)

Aflojar las dos perillas de la placa protectora del microfiltro y extraer la placa, para chequearle sin tocarlo, si está sucio entonces cambiarle, también limpie la tapa protectora y el lugar que le aloja con un detergente suave germicida y desaguarlo con agua tibia, para después secarlos con una secadora de pelo. Ponga el filtro nuevo en su lugar y también la placa asegurando las perillas, coloque una etiqueta en la placa donde se registre la fecha del reemplazo. El filtro usado no se debe limpiar y ni hay que darle vuelta para usarlo.

9. Seguros de puertas

Verifique que los seguros de la puerta grande delantera de la cabina y los de las puertas pequeñas en la cabina cierran adecuadamente para asegurarse que no se abrirán accidentalmente cuando ya esté el bebé en la incubadora.

10. Entrada del tubo de aire

Verifique que este tubo no contenga partículas que puedan ingresar, si hay, remueva las partículas con un cepillo de dientes suave o una aspiradora, para luego limpiar con una esponja humedecida con un poco de una solución de detergente bactericida para enjuagar, después lave con una esponja que tenga un poco de agua tibia; por último secar con un trapo no húmedo, suave y limpio.

## 11. Sensores

Verifique y limpie los sensores: el sensor de piel (si es reutilizable), el sensor de aire, de alta temperatura, el sensor de falla en el ventilador. Los sensores de piel y de aire se pueden desconectar de la unidad de control donde están conectados. La limpieza se realiza con un paño humedecido de un poco de detergente germicida para luego aplicar un paño que este humedecido de un poco de agua tibia, para después secar con un trapo no húmedo y limpio. Si la sonda del sensor de piel no es reutilizable, entonces cambiarla por una nueva. De éstos si alguno tiene daño físico, entonces cambiarlo. También limpiar los conectores de los sensores de piel y de aire, usando una brochita para remover el polvo que tengan, luego use un líquido limpiador de contactos eléctricos.

## 12. Grupo motor

Extraiga el grupo motor (módulo que contiene el motor y el calentador) y desconecte su alimentación eléctrica. Quite el calentador para limpiarlo con un trapo suave humedecido de un poco de detergente germicida (no use mucha solución ya que le puede dañar) y enjuagar, luego limpiarle con un trapo que este humedecido de agua tibia, y después secarle con un trapo no húmedo, suave y limpio.

También aproveche a limpiar el lugar donde estaba el calentador usando una brochita o un cepillo de dientes, también se puede usar una aspiradora para remover toda basurita que haya en ese alojamiento; después de la limpieza esperar para colocar el calentador en el grupo motor.

### 13. Ensamblaje

Instale el grupo motor en su lugar y pongale la conexión eléctrica de alimentación; coloque el reservorio de humedad en su respectivo lugar y luego poner la cobertura de la plataforma principal e instale el mecanismo de inclinación adecuadamente, después ponga la bandeja para el colchón y luego el colchón; baje la cabina y asegúrele con su palanca de cierre y abrir, y si se quito algún accesorio de cabina para limpiarle, entonces ponerselo, luego colocar las bases laterales de plástico dentro de la cabina, ahora conecte los sensores de piel y aire en la unidad de control.

Asegúrese que todo está bien instalado, después conecte el cable de alimentación al tomacorriente y encienda la incubadora en su interruptor de “encendido, apagado”.

### 14. Verificación del funcionamiento

Verifique el funcionamiento de las pantallas digitales, alarmas, sensores, calentador, ventilador, y haga las pruebas necesarias.

Usando los botones del panel de control revise que los sensores estén trabajando adecuadamente.

También revise que las alarmas se activan en su momento adecuado, etc.

Verifique que el calentador y el ventilador estén funcionando bien.

### 6.2.2 Proceso de mantenimiento trimestral

Se aplicarán los mismos pasos que en la rutina semanal, pero el paso 12 sera completado en ésta rutina, también se enfatizará el paso 8. Se describirán otros pasos de mantenimiento para la máquina.

Los suministros para dar mantenimiento serán los mismos que en la rutina semanal, pero ahora se agregaran otros.

- ✓ Multímetro.
- ✓ Simulador de sensores.
- ✓ Osciloscopio.
- ✓ Hidrómetro.
- ✓ Capacitómetro. Inductómetro.
- ✓ Medidor de corriente de fuga.
- ✓ Líquido limpiador de contactos eléctricos.
- ✓ Termómetro especial para pruebas de algunos sensores; que tenga una resolución de  $\pm 0.1^{\circ} \text{C}$  (o más alta).
- ✓ Aspiradora.
- ✓ Soldador (cautín). Estaño.
- ✓ Juego de desarmadores.
- ✓ Sonómetro (usar la clase adecuada).

Pasos:

#### 1. revisión de elementos

Verifique todos los elementos de la incubadora y busque daños como: quebraduras, corrosión, raspaduras fuertes y luego haga los cambios adecuados.

## 2. Verificación de fecha del microfiltro

Verifique la fecha en que fue cambiado el filtro de aire por última vez, si ya necesita cambio, hacerlo, procediendo a aflojar los seguros de la tapa y retirar ésta, pero antes de instalar el nuevo, hay que limpiar la tapa y el lugar que aloja al filtro, con un trapo humedecido de detergente suave bactericida y enjuagar, luego limpie con un trapo que tenga agua tibia y por último seque con una secadora de pelo o con un trapo limpio.

También hay que cambiar el filtro si está sucio. Este se debe cambiar trimestralmente.

## 3. Grupo motor

Extraer el ventilador del grupo motor, usando una brocha limpia o un cepillo de dientes para quitar toda suciedad y basurita de las aspas el eje y la carcasa, después limpiar el lugar que aloja el motor con una brochita o una aspiradora.

## 4. Panel de control

Extraer con cuidado el panel de control (si para esto es necesario desatornillar, entonces haga uso del desarmador adecuado), y luego limpiar los elementos de las placas de los circuitos electrónicos como también las conexiones eléctricas; para esto use una brochita para quitar el polvo o también se puede utilizar una aspiradora, después de esto rociarles con líquido de limpiacontactos.

Los fusibles que hayan en la placa proceda a quitarlos y limpiarles junto con sus portafusibles en el área de sus contactos con líquido de limpiacontactos.

## 5. Chequeos en panel de control

Haciendo uso de un multímetro verifique continuidad en los cables que van a las placas electrónicas del panel de control, si no hay continuidad en algún cable entonces cambiarlo usando un caudín y estaño, también si hay falsos en las conexiones eléctricas de las placas entonces estañar.

Verifique el estado de los fusibles que están en las placas electrónicas del panel de control probando continuidad con un multímetro, si no hay cambiarlo.

También verifique los relés (del calentador y de la batería de cd) y pruebe con un multímetro la bobina de éstos y también cada par de patas adyacentes, si encuentra alguno malo, cámbielo.

Pruebe continuidad en los interruptores de control con un multímetro, si se encuentra alguno malo, cámbielo.

Ahora proceder a prender la máquina y verifique si hay algún elemento en las placas electrónicas que esté sobrecalentándose (no confundir con elementos que se calientan y tienen sus propios disipadores de potencia) y luego verificar con el instrumento electrónico adecuado (multímetro, osciloscopio, etc.) si aún esta bueno, si ya esta quemado, cámbielo.

## 6. Chequeos en grupo motor

Verifique toda conexión eléctrica en el motor de corriente directa del ventilador; haciendo uso de un multímetro pruebe continuidad en sus cables eléctricos y conexiones eléctricas, al no haber continuidad en algún cable, cámbielo, luego soldarle con un cautín y estaño; si alguna conexión eléctrica está falsa, soldarle.

También revise la circuitería electrónica externa que tiene el motor, verificando que no haya falsos, cortos circuitos y circuitos abiertos, esto se hace con un multímetro, también prenda la máquina haciendo las conexiones necesarias y presionando el botón de encendido, entonces verifique si hay algún elemento frío que deba estar caliente o recalentamiento en un elemento, probarle con un medidor adecuado (osciloscopio, capacitómetro, inductómetro, multímetro), el elemento que se recalienta es muy probable que no sirva entonces quítelo y ponga uno nuevo.

No hay que confundir estos dispositivos que se recalientan con los dispositivos que se calientan y tienen sus propios disipadores de potencia. También chequear los componentes internos del motor con un multímetro, si hay algún componente en mal estado, entonces cambiarle si es posible o cambiar el motor.

Revise el calentador; verificando que no esté quemado, midiendo su resistencia con un multímetro, si esta fuera de las especificaciones técnicas de la máquina, entonces cambiarle.

Revise los cables y toda conexión eléctrica en el calentador, haciendo uso de un multímetro, para luego hacer la revisión de la misma manera como se hizo con el motor del ventilador, también haga cualquier cambio necesario. Pruébe el cable de alimentación del grupo motor con un multímetro, si no hay continuidad o hay daños, cámbielo.

#### 7. Probar los sensores

Para hacer éstas pruebas se deben quitar de la cabina los sensores de aire y de alta temperatura, pero siempre deben permanecer conectados a la unidad de control; luego encienda la máquina.

Los sensores son: de piel y aire. Proceda a poner en un vaso de agua tibia el sensor seleccionado y un termómetro especial para éstas pruebas con resolución de  $\pm 0.1^{\circ} \text{C}$ , luego mueva el agua y espere el tiempo adecuado hasta que la lectura del termómetro sea estable, verifique que la temperatura del paciente mostrado en la pantalla del panel de control se encuentra a menos de  $1^{\circ} \text{C}$  de la mostrada en el termómetro (lecturas casi iguales). Cámbie el sensor si la diferencia es más de  $1^{\circ} \text{C}$ .

Para probar el sensor del flujo de aire debe estar prendida la máquina; luego quitar la alimentación de corriente alterna del grupo motor, entonces se apagará el ventilador, después oír si la alarma de falla de aire se activa, si no sucede, es muy probable que el sensor no sirva, entonces apague la máquina y cámbiele por uno nuevo. Después haga el mismo experimento, si la alarma enciende es porque el sensor sirve.

Para probar el sensor de alta temperatura, active el modo de control de aire (en el panel de control) y seleccione una temperatura de referencia de 39 grados Celsius, también ponga un termómetro especial para ésta prueba en la cabina, que tenga resolución de +/- 0.1° C (o más alta). Cuando la temperatura del aire rebase a la temperatura de control de aire (de referencia) en 1° C, se activará la alarma de piel y la de sobret temperatura, fijarse que se active la alarma de sobret temperatura cabalmente en 1° C, chequeando en el termómetro que está en cabina, si se activo después de 1° C, entonces cámbie el sensor de alta temperatura por uno nuevo.

8. Probar las alarmas (alarma de piel, de aire, de sobret temperatura)

Esto se hace teniendo la máquina encendida. Utilizando el panel de control usar el sensor seleccionado para rebasar o disminuir la magnitud de la temperatura de referencia y oír si la respectiva alarma se enciende, si no sucede esto revise sus circuitos con un multímetro y si hay un elemento dañado, cámbiele. Luego vuelva a realizar la prueba para verificar que ahora si encenderá la alarma.

Pruebe la alarma de falla de alimentación principal. Para este caso también debe estar encendida la máquina; entonces desconecte la alimentación principal sin apagar la máquina de su interruptor de “encendido, apagado”, entonces revise si enciende la alarma, si no ocurre esto, verifique la batería que le alimenta y examine si está cargada o no usando un multímetro, también pruebe el peso de la batería con un hidrómetro, si está cargada y el peso se encuentra en el rango establecido por las especificaciones técnicas de la máquina, entonces la alarma es probable que está dañada.

Verifique la circuitería del cargador de la batería y si se encuentra algún elemento dañado, cámbielo. En caso de que estén bien, revise la circuitería de la alarma con un multímetro (o el equipo de medición adecuado), si encuentra algún elemento dañado, reemplácelo; luego vuelva a realizar la prueba (desconectar la alimentación principal) para verificar que la alarma si se encenderá.

Verifique la alarma del flujo de aire. La máquina debe estar encendida, después quite la alimentación del grupo motor (no es la alimentación principal), entonces el ventilador se apagará, automáticamente encenderá la alarma y si no sucede entonces chequearle la circuitería usando un medidor (multímetro, osciloscopio, etc.) para comprobar si existe un elemento dañado. Luego realice la misma prueba desconectando la alimentación del grupo motor y si de nuevo la alarma no enciende entonces es muy probable que el sensor se encuentre dañado, reemplácelo; luego haga la prueba y ahora si encenderá la alarma.

Pruebe la alarma de exploración de temperatura; también debe estar encendida la máquina. Utilice el panel de control para poner una temperatura de referencia de piel; para ésta prueba se deberá colocar nuestra mano en la incubadora y ponerle el sensor de piel, después de unos momentos quítelo de la mano y entonces automáticamente la alarma se activará, si no sucede, entonces revísela con un multímetro y cambie cualquier elemento dañado.

Repita el mismo experimento, ahora si se activará, aunque el sensor de piel esté dañado eléctricamente ya que esta alarma se activa también cuando el sensor está dañado eléctricamente.

## 9. Chequeos eléctricos

Verifique continuidad en el cable de alimentación principal con un multímetro y examinar que no esté quebrado o dañado. Si el cable está muy dañado o no hay continuidad, reemplácelo.

Revise la resistencia de tierra física de la alimentación principal usando un multímetro y teniendo la máquina apagada, la lectura de la resistencia debe ser de 0.5 ohmios o menos (hacer esta prueba en varios lugares del chasis, entre la tierra física y algún lugar del chasis no pintado); si la resistencia supera los 0.5 ohmios, reemplácelo.

Verifique que la corriente de fuga en la tierra física de la alimentación principal se encuentre dentro de la especificación técnica de la máquina, realice esto con un medidor de corriente de fuga, teniendo prendida la máquina; si la corriente de fuga no se encuentra dentro de la especificación técnica, cámbielo.

Limpiar el fusible y portafusible de la alimentación principal usando una brochita para remover el polvo y también limpiarles sus contactos con un líquido limpiador de contactos eléctricos.

También verifique la potencia eléctrica en el tomacorriente y compare si concuerda con la potencia eléctrica requerida por la máquina; revise que el tomacorriente tenga su respectiva tierra física y también que haya en el área donde se encuentra la incubadora, interruptores dañados, conexiones en mal estado y tomacorrientes dañados, al existir alguno de estos, cámbie o corrija, para evitar posibles cortos circuitos.

#### 10. Lubricación

Lubrique aquellos elementos (motor, ruedas, etc.) que les haga falta esto. Utilice líquido de lubricación especial para las incubadoras.

#### 11. Chequeo del peso de la batería

Chequee el peso de la batería usando un hidrómetro; si no se encuentra dentro de las especificaciones técnicas del equipo, cámbiele.

#### 12. Aplicar paso 13 de rutina semanal, luego ensamble el resto de equipo.

#### 13. Verificación del nivel sonoro de daño auditivo

Usando una clase de sonómetro adecuado verifique el máximo nivel de ruido en el interior de la cabina en uso normal, y cuando se activa una alarma, también verifique el mínimo nivel de ruido auditivo a 3 metros de la máquina cuando se activa alguna alarma, todos los datos arrojados se deben encontrar dentro de las especificaciones técnicas de la incubadora.

### **6.2.3 Proceso de mantenimiento semestral**

Se realizarán los mismos pasos que en la rutina trimestral, como también otros pasos de mantenimiento.

Los suministros para dar mantenimiento serán los mismos que en la rutina trimestral, solamente que ahora utilizaremos el simulador de sensores.

Pasos:

#### 1. Calibración manual

Para realizar la calibración manual los sensores de aire y piel deben estar buenos como requisito. Con la calibración se examinará si la alarma de alta temperatura se accionará en 40° C; ésta es La calibración (tanto para la calibración manual como para la calibración usando simulador de sensores) que generalmente se aplica a las incubadoras.

La calibración se hace con el objetivo de proporcionar seguridad total al bebé, cuando exista una temperatura peligrosa de 40° C. Si al realizar esto la alarma no enciende, entonces busque la falla en la alarma y haga toda corrección necesaria; vuelva a realizar la prueba de calibración.

La calibración se lleva a cabo cada seis meses o menos.

El proceso es como sigue:

- Verifique que el cordón de alimentación principal esté conectado al tomacorriente adecuado.
- Encienda la máquina desde su interruptor de “encendido, apagado” o “1, 0”.
- Elija el modo de control de temperatura del aire en el panel de control y seleccione una temperatura de referencia de aire, para este caso debe ser 39° C.

- Espere el tiempo necesario para que la temperatura del aire en la cabina llegue a los 39° C.
- Verifique que cuando la temperatura del aire (temperatura real dentro de la cabina) es mayor a la temperatura de control (de referencia) en 1° C, se activará la alarma de temperatura de aire y la de sobretemperatura, entonces la potencia del calefactor se cortará automáticamente, y ambas alarmas se silenciarán.
- Al disminuir la temperatura del aire en la cabina, en aproximadamente 3° C, activará solamente la alarma de temperatura de aire, entonces inmediatamente se reconecta la potencia en el calefactor y la alarma se silenciará automáticamente.
- Entonces la temperatura del aire aumenta otra vez, después cuando la temperatura del aire vuelva a rebasar por 1° C a la temperatura de referencia, esto activará la alarma de temperatura de aire y la de alta temperatura (verifique que en verdad se activó). Si comprobó que en las dos veces de prueba se activó la alarma de alta temperatura, entonces la calibración está bien.
- En éste proceso de prueba se encendía también la alarma de temperatura de aire, a ésta no tomarle atención.

## 2. Calibración usando el simulador de sensores

### Pasos:

- Revise que el cordón de la incubadora esté conectado al tomacorriente.

- Prenda la incubadora con su interruptor de “encendido, apagado”.
- Instale el simulador de sensores a la incubadora.
- Elija el modo de control de temperatura del aire en el panel de control y seleccione una temperatura de referencia de aire, para este caso debe ser 39° C.
- Espere el tiempo necesario para que la temperatura del aire en la cabina llegue a los 39° C.
- Use el simulador para anular la función del servocontrol y así obligar al calentador a suministrar potencia de manera permanente.
- Prender la alarma de alta temperatura desde el simulador de sensores, para que cuando la temperatura del aire en la incubadora rebase en 1° C a la temperatura de control de aire (de referencia) entonces se accionará (se escucha y se enciende una pantallita) la alarma de alta temperatura, entonces se corta la potencia automáticamente.
- Silenciar la alarma desde la incubadora.
- Al disminuir la temperatura del aire en la cabina, en aproximadamente 3°C, inmediatamente se reconecta la potencia en el calefactor.
- Entonces la temperatura del aire aumentará otra vez, cuando la temperatura del aire vuelve a rebasar por 1° C a la de referencia, entonces se accionará otra vez la alarma de alta temperatura (verifique que en verdad se activo).

- Si comprobó que en las pruebas se activó la alarma de alta temperatura, entonces la calibración está bien.
  
- Retirar el simulador de sensores de la incubadora.

### 3. Revisión del gabinete

Limpiar el gabinete usando una brocha o una aspiradora para remover todas las basuras y polvo. Si es de madera entonces proceda a revisar que no tenga polva u otro tipo de animales que puedan degradar el gabinete. Si está hecho de plástico, proceda a lavarlo con un trapo humedecido de jabón germicida y después lávelo con un trapo que tenga agua tibia, por último séquelo. Revise que los elementos (puertas, seguros de puertas, ruedas, frenos) estén bien, si hay algún elemento malo, cámbielo.

#### **6.2.4 Proceso de mantenimiento anual**

Se realizarán los mismos pasos que en la rutina semestral, también se aplicarán otros pasos de mantenimiento.

Los suministros para dar mantenimiento serán los mismos que en la rutina semestral.

Pasos:

1. Verifique la última fecha en que se sustituyó el calentador, y según especificaciones de la máquina si ya llegó el tiempo de sustituirlo, entonces, hágalo.

2. Verifique cuando la batería tuvo la última sustitución, y según especificaciones de la máquina, si ya llegó el tiempo de reemplazarle, hágalo.
3. Reemplace los silenciadores de goma del motor del ventilador.

### **6.2.5 Personal a utilizar**

Para que se lleve a cabo un mantenimiento preventivo adecuado es necesario que el departamento de mantenimiento trabaje en conjunto con la gerencia general, personal clínico de enfermería que operan las máquinas, jefes de neonatología y emergencia de pediatría.

Se deben programar reuniones de trabajo para que se pueda delegar la responsabilidad del mantenimiento de incubadoras al personal adecuado del departamento de mantenimiento y a las enfermeras que operan las máquinas.

Las enfermeras contribuirán limpiando y verificando el funcionamiento de los componentes de las máquinas.

Comúnmente el personal del departamento de mantenimiento ha dado el mantenimiento correctivo, pero su capacidad de servicio puede agrandarse, cuando empiece a implementar el mantenimiento preventivo en conjunto con personal de enfermería.

### **6.2.6 Períodos de servicio**

Los períodos de distribución del calendario de servicio de las rutinas de mantenimiento serán:

- Semanal (o después de cada paciente).
- Trimestral.
- Semestral.
- Anual.

### **6.3 Formatos de control de mantenimiento**

Para que se pueda realizar una buena administración del mantenimiento preventivo se debe contar con registros del equipo.

#### **6.3.1 Historial técnico de las incubadoras**

Esta ficha sirve para registrar el historial técnico de las incubadoras.

Esta ficha de mantenimiento maneja el área de ubicación, departamento, fecha, rutina aplicada, repuestos usados y su costo, mano de obra y su costo, costo total. Vea formato en apéndice 1.

#### **6.3.2 Historial de fallas y averías**

Este formato sirve para registrar las fallas y averías de las incubadoras. Su elaboración constará de lo que es fecha de actividad, número de equipo, modelo, serie, marca, elementos o accesorios dañados, síntoma de falla, causante de la falla. Vea formato en apéndice 1.

### **6.3.3 Control de inspección**

Este formato sirve para revisar los chequeos mecánicos y eléctricos efectuados.

Su elaboración consta de funcionamiento del equipo, elementos eléctricos y mecánicos chequeados, etc. Vea formato en apéndice 1.

### **6.3.4 Control de limpieza y verificación**

Sirve para llevar un control de la limpieza y verificación de las incubadoras; comúnmente esta ficha la llenaran las enfermeras. Vea formato en apéndice 1.

## **6.4 Manual de operación**

Es una guía para que el usuario opere adecuadamente las incubadoras.

Pasos:

- ✓ La incubadora no debe estar en un cuarto frío.
- ✓ Asegúrese que haya una buena iluminación en el cuarto.
- ✓ Asegúrese que la instalación eléctrica en el entorno del cuarto donde se encuentra la incubadora se encuentra en buenas condiciones.
- ✓ Conecte el cable de alimentación a un tomacorriente que tenga tierra, y que suministre el voltaje que piden las especificaciones técnicas del equipo.

- ✓ No conecte muchas incubadoras (u otros aparatos) al mismo tomacorriente.
- ✓ Presione el botón del interruptor de “encendido, apagado”, para prender el equipo.
- ✓ Ajuste los frenos de las ruedas para que la incubadora no se mueva.
- ✓ Antes de poner al bebé en la máquina, asegúrese que la máquina está limpia y esterilizada, y que ha tenido un mantenimiento adecuado. Verifique que todo el equipo digital y mecánico esté funcionando perfectamente.
- ✓ Abra la cabina; afloje el seguro de la cabina para hacer esto.
- ✓ Coloque al bebé en el colchón de la incubadora. No obstruya las aberturas de circulación del aire que están alrededor del colchón, ya que cualquier obstrucción disminuye el calor y la circulación del aire, y así incrementará el nivel de dióxido de carbono.
- ✓ Cierre la cabina y ajuste el seguro para que no se abra accidentalmente.
- ✓ Asegúrese que las puertecitas de la cabina como también la puerta grande de la cabina, queden bien cerradas.
- ✓ Preguntar al médico con qué modo de control de la temperatura va operar la incubadora.

- ✓ Use el botón del modo de control de temperatura del panel de control para seleccionar el modo, seleccione una temperatura de referencia con los botones de aumento o disminución del modo de control de temperatura seleccionado. la temperatura de referencia y el modo de control de temperatura a usar los establece el médico del paciente.
- ✓ Si el doctor establece que se utilice para el bebé el modo de control de temperatura del aire, entonces no usar la sonda del bebé (sonda de temperatura de piel).
- ✓ Si el médico estableció usar para el bebé el modo de control de temperatura de piel, entonces utilice la sonda de piel.
- ✓ Si el paso anterior se cumple. Entonces ingrese la sonda por la tapa del acceso de cables.
- ✓ Si hizo el paso anterior, ponga la sonda en el pecho del bebé (no en otro lugar, ya que esto puede mandar malos datos al servocontrol; si el bebé está volteado entonces la sonda se pone en la espalda) colocando la parte metálica sobre él y quite el papel que protege la cinta adhesiva de la sonda, ahora asegure con la cinta la sonda al pecho.
- ✓ Pregunte al médico la graduación de potencia con que trabajará el calentador.
- ✓ Proceda a usar el control del calentador que está en el panel de control, para seleccionar una magnitud de potencia.

- ✓ Si el médico dictamina que hay que utilizar el cilindro de oxígeno, entonces hacerlo.
- ✓ Conecte el cilindro de oxígeno a la entrada del tubo de aire (utilice un juego de llaves limpio y desinfectado para esto), la cantidad suministrada, lo dictamina el médico. Si el panel de control tiene graduación de flujo del aire, entonces gradúe. Siempre que se suministre éste elemento úse un analizador de oxígeno y un monitor de oxígeno.
- ✓ Si el médico establece que haya reservorio de humedad, entonces llénelo hasta el nivel indicado por el componente, usando agua destilada estéril.
- ✓ Si alguna alarma se silencia, entonces controle cuidadosamente al bebé.
- ✓ Si alguna alarma se enciende, entonces rápidamente verifique cuál fue la alarma.
- ✓ No levante la cubierta mientras el bebé se encuentra en la incubadora.
- ✓ No hacer ruidos fuertes, ya que esto puede dañar el sistema auditivo del bebé.
- ✓ No ingiera alimentos y bebidas en el lugar donde se está utilizando la incubadora.
- ✓ Cada vez que vea una anomalía en la máquina, verifíquelo, si puede arreglarle hágalo, de lo contrario llame al técnico.

- ✓ Cada vez que se retire un bebé, entonces procure limpiar la máquina y también esterilizarla.
- ✓ No ponga a un bebé en una máquina que no esté limpia ni esterilizada, ya que le puede causar daños.
- ✓ Después que se retire a un bebé, y haya procedido a limpiar y esterilizar la incubadora, y ningún otro bebé usará la máquina, entonces apague la máquina, usando el interruptor de “apagado, encendido”; después de esto desconecte el cordón de la alimentación principal tomándole de su base (conector) que se encuentra en el tomacorriente.



## **7. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INCUBADORAS**

La implementación del plan de mantenimiento preventivo se debe realizar con el apoyo y utilización de todos los recursos disponibles, de manera que ésta propuesta pueda ejecutarse con mucho éxito, dándole el seguimiento adecuado para que se cumpla el objetivo deseado.

### **7.1 Ejecución del plan de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se debe realizar usando instrucciones, las cuales se desarrollan aplicando las rutinas de mantenimiento.

La ejecución del plan se realizará con inspecciones, ajustes, chequeos, lubricación, limpieza y calibración dentro de las rutinas, usando los suministros adecuados de mantenimiento. Todo esto con el objetivo, que al aplicarse todos los pasos de mantenimiento preventivo, la incubadora se volverá muy eficiente en funcionamiento, como también presentar un buen estado en su estructura.

También para llevar a cabo el plan se debe registrar información de la máquina como de su mantenimiento, en los formatos de control adecuados.

También para que se ejecute el plan de mantenimiento es necesario utilizar el manual de operación que se mencionó en el capítulo anterior.

Las revisiones se realizarán con pruebas de funcionamiento del equipo como también chequeos eléctricos, electrónicos y mecánicos del equipo; de esta manera se podrá hacer los ajustes y los cambios necesarios.

También se debe ejecutar la limpieza y esterilización del equipo, ya que es parte de las rutinas de mantenimiento,

## **7.2 Difusión**

Una de las maneras para que el plan se lleve a cabo exitosamente, es dándole a conocer a través de reuniones y capacitaciones, de manera que se compartan dudas, se deleguen responsabilidades y se compartan conocimientos.

### **7.2.1 Reuniones con los operarios**

En estas reuniones se contempla tener reunidos a personal clínico de enfermería quienes se encargan de operar las incubadoras y se les presentará la única rutina que tendrán a cargo comúnmente, también se delegarán las responsabilidades necesarias para que se lleve a cabo la primera rutina de mantenimiento (limpieza y verificación de equipo), y se dará a conocer cuales son los momentos oportunos para darle limpieza a la máquina.

Las dudas que el personal clínico de enfermería tenga respecto a la máquina o información de la misma, se deben presentar para que el plan vaya en crecimiento.

También se tendrán en cuenta las propuestas hechas por parte de las enfermeras las cuales se deben enfatizar.

## **7.2.2 Capacitación de personal**

El objetivo es preparar al personal en la operación y mantenimiento del equipo.

Se dará a conocer las rutinas de mantenimiento preventivo como también los formatos de control y también el manual de operación del equipo.

Las personas con que se trabajará, es el de enfermería y personal seleccionado del departamento de mantenimiento; éstos solamente estarán reunidos para la capacitación de la primera rutina, la capacitación de las demás rutinas será solo para el personal seleccionado de mantenimiento.

Con estas capacitaciones el personal de enfermería como el de mantenimiento deberán estar aptos para realizar su trabajo de una manera completa, eficiente, responsable y adecuada; así optimizar los recursos y brindar un mejor servicio con la máquina.

La capacitación deberá ser constante, completa y eficaz, para que los conocimientos puedan ser mejor recibidos por el personal y no tengan problemas a la hora de operar la máquina.

Se debe animar al personal a servir cada vez mejor y también se debe premiar a los mejor preparados.

### **7.2.3 Plan de acción**

El plan de acción para que se realice la implementación del programa de mantenimiento preventivo incluye, tener el respaldo y apoyo de:

1. Director y subdirector del hospital
2. Jefes de neonatología y emergencia de pediatría
3. Gerente de mantenimiento y jefe de electromedicina
4. Personal seleccionado de mantenimiento
5. Personal de enfermería de neonatología y emergencia de pediatría

La base del plan se fundamenta en hacer constantes reuniones con estos grupos y dar a conocer los beneficios que la implementación traerá; también se deberá llegar a un mutuo acuerdo para que se trabaje mejor.

El objetivo del plan de acción es obtener apoyo de los grupos mencionados para que se llegue a ejecutar el plan de mantenimiento, esto es muy necesario dentro de la institución, ya que será muy eficiente para mantener al equipo en buenas condiciones, y así conservar la salud de los bebés prematuros.

### **7.4 Análisis de costos de la implementación del plan**

El beneficio económico que trae consigo la implementación del plan de mantenimiento preventivo hace que se reduzcan los costos de mantenimiento.

Debido a que los equipos, en cierto momento fallarán y poco a poco se irán deteriorando, de manera que se vuelven inservibles, es por éstas situaciones que ocurren, que se debe implementar el plan de mantenimiento preventivo, aunque implique costos que pueden llegar a verse como gastos preventivos, benéficos, de inversión y ahorros; estos van a significar la optimización económica del mantenimiento preventivo.

El desgaste y envejecimiento que se da en los equipos, se presenta a través de frecuentes fallas, y si un equipo no está recibiendo mantenimiento preventivo, entonces los costos a la hora de darles, serán altos. También cuando se emplea sólo el mantenimiento correctivo entonces se corre el riesgo de creer que la máquina está totalmente en buenas condiciones, pero en realidad puede estar en mal estado y no esté cumpliendo a cabalidad con sus funciones, esto puede acarrear muchos problemas como lo son la pérdida de vida de algún paciente infantil y los altos costos que trae cuando se le da un debido mantenimiento.

Justificando el costo de la implementación del plan mantenimiento preventivo, respecto a los casos mencionados que no tienen un mantenimiento adecuado; se deja claro que es el más ahorativo económicamente, aunque el beneficio económico que trae la implementación del plan no siempre se da a corto plazo.

## **7.5 Seguimiento para la implementación**

El adecuado seguimiento que se le da a la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, hará que vaya creciendo, de manera que sirva de mucho beneficio y no venga a convertirse en una carga para las personas que ejecutarán el plan de las máquinas.

Algunos beneficios de dar el respectivo seguimiento al plan de mantenimiento son:

- a. Mayor vida útil en las máquinas.
- b. Ahorro económico.
- c. Mayor seguridad.
- d. Mejor servicio de la máquina hacia paciente y menos pérdidas de vida.
- e. Reducción en el tiempo que las máquinas permanecen fuera de servicio.
- f. Más conocimiento del equipo, a través de la información registrada en los formatos.
- g. Fallas menos frecuentes.

La supervisión de la ejecución del plan de mantenimiento, traerá como resultados un mejoramiento continuo para el personal clínico de enfermería como para el personal seleccionado de mantenimiento.

La debida supervisión dada al mantenimiento será el fortalecimiento para la continuidad en el plan propuesto de mantenimiento preventivo y para que se haga cumplir; y con esto llevar una buena administración del control de actividades hechas.

Dentro del plan existen formatos que nos sirven para registrar información del equipo como también del mantenimiento dado al equipo, con esta información se puede dirigir buscando mejorar aún más el mantenimiento preventivo.

Haciendo uso de la información registrada en los formatos del plan, es necesario que se evalúe los resultados del mantenimiento preventivo. Al evaluar éstos con los que se esperaban, se podrá visualizar la eficiencia de la ejecución del plan de mantenimiento; y así tomar una buena decisión para darle un mejor seguimiento.

Después que se haya aplicado el mantenimiento preventivo, el supervisor deberá verificar el equipo para comprobar que en verdad se está llevando a cabo el mantenimiento de una forma adecuada.

La verificación de las actividades debe hacerse a través de visitas periódicas y se deben de registrar en el formato de control del supervisor, esto se hace para llevar un control de las actividades. Así contribuir a una buena administración del plan de mantenimiento. El formato de supervisión se encuentra en el apéndice 2.



## CONCLUSIONES

1. Actualmente, el Hospital San Juan de Dios cuenta con pocas máquinas de incubación cerrada, de modo que las existentes casi siempre están ocupadas. Esto hace que se vayan deteriorando rápidamente, y la cantidad de fallas aumente.
2. La incubadora es un equipo que puede proporcionar calor, oxígeno y humedad al bebé prematuro.
3. Los parámetros de temperatura, oxigenación y humidificación que comúnmente se le suministran al bebé son: temperaturas que están entre 36.7° C y 37.3° C, La concentración de oxígeno debe estar abajo de menos del 40% y el rango de la humedad relativa está entre el 50% y 60 por ciento. Pero la magnitud de éstos parámetros depende de lo que el médico dictamine.
4. Llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para incubadoras da como resultado el incremento de la vida útil de las máquinas, con esto se pretende reducir altos costos que traen la consecuencia de la falta de ejecución de este plan.
5. El establecimiento de rutinas de mantenimiento preventivo para el equipo de incubadoras garantizan que el servicio de salud dado a los pacientes sea excelente y confiable.

6. En la actualidad, las incubadoras de las áreas de emergencia de pediatría y neonatología no se les da mantenimiento preventivo, solamente reciben mantenimiento correctivo; esto repercute afectando a los pacientes que necesiten del servicio de las incubadoras.
  
7. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo hace que el operador tenga menos problemas con la incubadora, debido a la reducción de fallas y al control de los elementos en el equipo.

## RECOMENDACIONES

1. Incluir programas de capacitación al personal de enfermería y al personal seleccionado de mantenimiento; quienes tendrán a cargo el mantenimiento de las incubadoras.
2. Realizar reuniones entre Dirección general, jefe de neonatología, jefe de emergencia de pediatría, enfermeras seleccionadas de neonatología, enfermeras seleccionadas de emergencia de pediatría y el departamento de mantenimiento, para ponerse de acuerdo en implementar un programa de mantenimiento preventivo tomando en consideración los beneficios que trae.
3. Reconocer la importancia del departamento de mantenimiento, ya que ella tiene a cargo el mantener los equipos e instalaciones en buenas condiciones. No llevar a cabo la tarea, podría provocar serias pérdidas en los pacientes.
4. Tomar en cuenta toda idea u conocimiento que sea aportado por los ingenieros del departamento de mantenimiento o por personal del mismo, con el fin de fortalecer la administración de las incubadoras.
5. Es aconsejable poner en acción el plan de mantenimiento preventivo, para servir mejor a los pacientes.

6. Tener más equipo de incubación cerrada hará que la administración del mantenimiento sea mejorado, ya que la demanda por máquina disminuirá.
7. Tener siempre disponible registros de datos de la máquina, para cuando efectúe un servicio de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Baten Lara, Olga Teresa. La intervención de la trabajadora social, ante las actuales políticas hospitalarias. Trabajo de graduación Lic. en trabajo social. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.1999. 37 pp.
2. Medix i.c.s.a. **Manual de servicio técnico**. Incubadora de terapia intensiva Medix PC 305. Argentina. 2001. 76 pp.
3. Ohmeda inc. **Manual de uso y mantenimiento**. Incubadora Ohio Care Plus series 1000/2000. [www.google.com](http://www.google.com) . EEUU. Mayo de 1997. 54 pp.
4. ECRI. **Planificación, adquisición y gestión**. Tecnología en salud ECRI Monitor. [www.google.com](http://www.google.com). (Volumen 4). Abril 1998.
5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. **Manual de operación para incubadora infantil**. Proyecto de mantenimiento hospitalario.
6. <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Incubadora-Infantil.pdf> . Salvador. Octubre de 1996. 13 pp.
7. Estudio del control inteligente de incubadoras. <http://www.nib.fmed.edu.uy/Berenfus.pdf> . Uruguay. 6 pp.















## ANEXOS

### Anexo 1. Modelos de incubadoras

Figura 6. **Modelo Care Plus 1000** producida por Ohmeda Medical, EEUU



Fuente: Ohmeda medical

Figura 7. **Modelo Care Plus 4000** producida por Ohmeda Medical, EEUU



Fuente: Ohmeda medical

Figura 8. **Modelo Isolette C-2000** producida por AxMediTec, Polonia



Fuente: AxMediTec

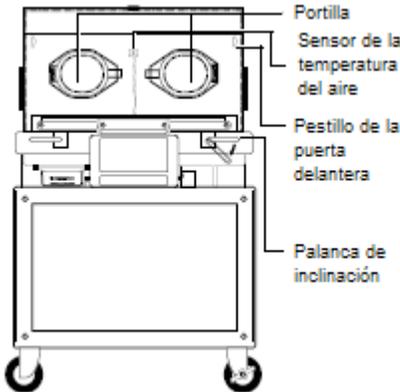
Figura 9. **Modelo de incubadora MJ2001** hecha por Tecnomedical SA de Argentina



Fuente: [www.tecnomedical.com.ar](http://www.tecnomedical.com.ar)

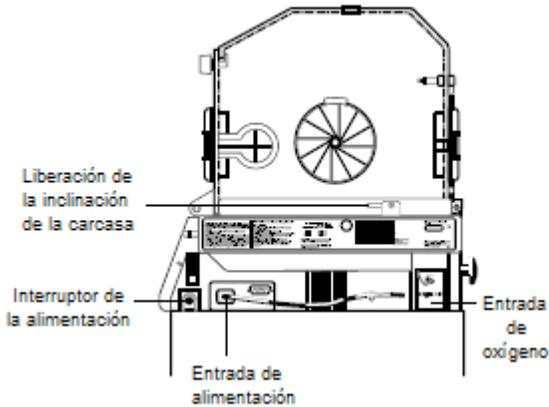
Anexo 2: Estructura de Incubadora Care Plus serie 1000/2000

Figura 10. Parte delantera



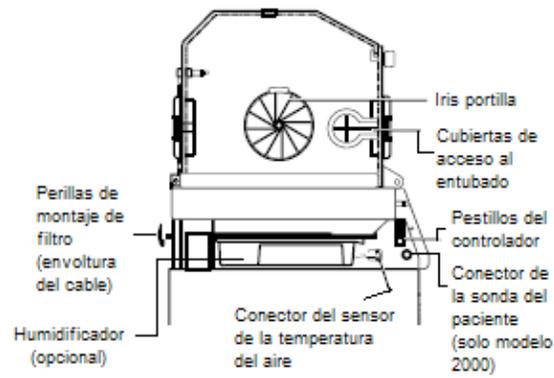
Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Figura 11. Parte lateral derecha



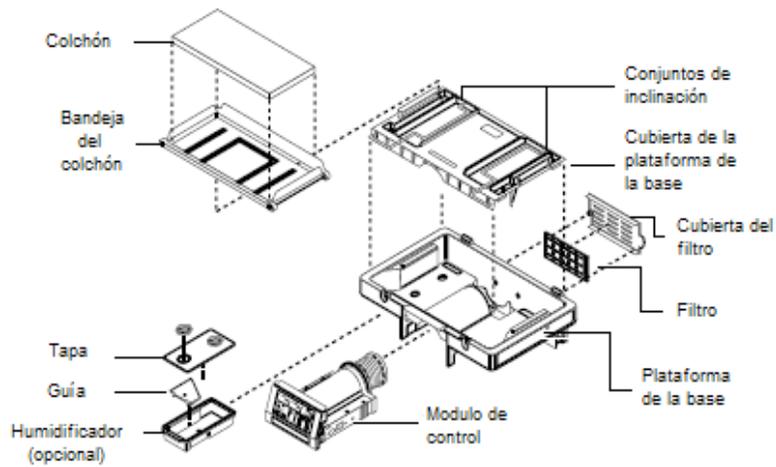
Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Figura 12. Parte lateral izquierda



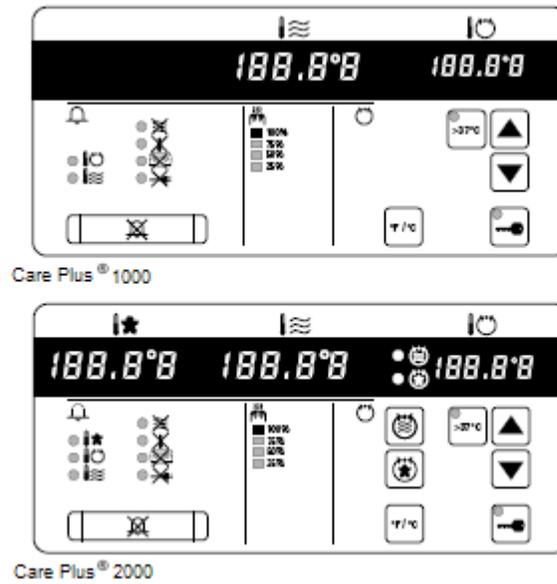
Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Figura 13. Accesorios y otros elementos



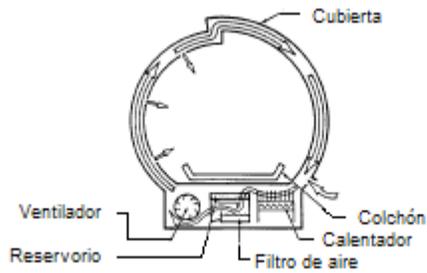
Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Figura 14. Pantallas y controles de la incubadora



Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Anexo 3. Figura 15: Partes involucradas en la circulación del aire



Fuente: Ministerio de salud pública, el Salvador

Anexo 4: **Especificaciones eléctricas de las incubadoras Care Plus serie 1000/2000 y de la Medix PC - 305**

Tabla IX. **Especificaciones eléctricas de la Care Plus series 1000/2000**

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| <b>Especificaciones de voltaje y corriente:</b>    |                                       |
| Modelos 120 Vac, 50/60 Hz                          | (115 Vac +/- 10%, 5.7 Amperios)       |
| Modelos 220 Vac, 60 Hz                             | (220 Vac +/- 10%, 3.0 Amperios)       |
| Modelos 220 – 230 Vac, 50 Hz                       | (220 Vac-10%, 230 Vac+10%, 3.0 Amps.) |
| Modelos 240 Vac, 50/60 Hz                          | (240 Vac +/- 10%, 2.7 amperios)       |
| <b>Corriente de fuga:</b>                          |                                       |
| Fuente de alimentación: 120 V, 50/60 Hz            |                                       |
| Corriente de fuga: menor de 100 µA                 |                                       |
| Fuente de alimentación: 220/240 V, 50/60 Hz        |                                       |
| Corriente de fuga: menor de 200 µA                 |                                       |
| <b>Consumo de potencia nominal del calentador:</b> |                                       |
| 450 W, es la potencia máxima del calefactor        |                                       |

Fuente: Ohmeda inc. EEUU.

Tabla X. **Especificaciones eléctricas de la Medix PC – 305**

|   |
|---|
| <b>Alimentación:</b> 220Vac, 50/60 Hz.                      |
| <b>Potencia:</b> 1 Amperio para 220V, 2 Amperios para 110 V |

Fuente: Medix i.c.s.a. Argentina