

**REPOTENCIACIÓN DE UN EQUIPO AUTOCLAVE DE LA CENTRAL DE
ESTERILIZACIÓN Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO DE
EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO
DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E.**

WILBER ANDRÉS ZAMBRANO NIETO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2008**

**REPOTENCIACIÓN DE UN EQUIPO AUTOCLAVE DE LA CENTRAL DE
ESTERILIZACIÓN Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO DE
EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO
DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E.**

WILBER ANDRÉS ZAMBRANO NIETO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director
Ing. José Dolores Rodríguez Martínez**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2008**

RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el proyecto de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo Primero del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 3 de Junio de 2008

*“Dedicado a mis padres,
por su cariño, comprensión
y constante apoyo...”*

*“Hay dos cosas infinitas:
El Universo y la estupidez humana.
Y del Universo no estoy seguro.”
Albert Einstein*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Dios, por estar a mi lado cuando necesité su guía, su iluminación, por haber puesto en mi camino todas las personas que hicieron posible alcanzar esta meta.

Desde lo más profundo de mi corazón, a mis padres, por su constancia, su incondicional apoyo, su cariño, su comprensión y tolerancia, por los valores que en mí inculcaron.

A mis hermanos, por ser un soporte constante con el que siempre he contado en vida.

A mis amigos, compañeros de estudio, de tristezas y alegrías, por su lealtad y confianza, especialmente a Luis Felipe Morales Mendoza, camarada en las batallas, por su compañía, por su calma y paciencia, su ingenio y destrezas.

Al ingeniero José Dolores Rodríguez Martínez, por su constante colaboración y disposición en el desarrollo de este proyecto. A todo el personal del Área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., infinitas gracias por su ayuda y conocimientos brindados en el transcurso de la pasantía.

A todas la personas que han influido en mi vida, y han aportado en mi alma, para llegar a ser una mejor persona.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	15
1. REFERENTES DEL PROYECTO	16
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO	16
1.2 MODALIDAD	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCOS	18
3.1 MARCO CONCEPTUAL	18
3.2 MARCO REFERENCIAL	20
4. METODOLOGÍA	22
5. RECUPERACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO AUTOCLAVE DE LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	23
5.1 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO AUTOCLAVE	23
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO	24
5.2.1 Proceso de operación	24
5.2.2 Operación general	25
5.3 OBSERVACIONES REALIZADAS AL AUTOCLAVE – INFORMACIÓN DE CAMPO	29
5.4 RECUPERACIÓN DE EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN UDONO MODELO SRS – II – 24	30
5.5 REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN UDONO MODELO SRS – II – 24	33
5.5.1 Sensor temperatura	36

5.5.2 Adecuación señal (Conversión Análogo - Digital)	37
5.5.3 Microcontrolador / Visualización de temperatura del sensor	38
5.5.4 Control de temperatura	40
5.5.5 Temporizador digital del ciclo de esterilización	42
5.5.6 Temporizador digital del ciclo de secado	42
5.5.7 Circuito de potencia	44
5.6 MONTAJE FINAL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	46
6. IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO. (EQUIPOS BIOMÉDICOS E INDUSTRIALES DE USO HOSPITALARIO)	49
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE DE DATOS	49
6.2 ESTRUCTURA BÁSICA	50
7. APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO	58
7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO A INCUBADORAS NEONATALES	58
7.1.1 Limpieza y desinfección	59
7.1.2 Precauciones	61
7.1.3 Pasos de armado de la incubadora neonatal	61
7.1.4 Normas de seguridad e higiene	62
7.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO ADICIONALES	62
8. ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS	63
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	64
10. CONCLUSIONES	65
11. RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	68

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Especificaciones eléctricas LM35D	36
Tabla 2. Cronograma de actividades	64

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Variación de la Presión en Cámara y Chaqueta	24
Figura 2. Válvula Solenoide – Sistema Mecánico	31
Figura 3. Sistemas de conmutación intervenidos – Diagrama Eléctrico Autoclave (sección)	34
Figura 4. Diagrama de bloques “Sistema Digital y de Potencia – Equipo de Esterilización”	35
Figura 5. Circuito sensor de temperatura	36
Figura 6. Adecuación LM35D - Cubierta metálica	37
Figura 7. Circuito conversión análogo – digital	38
Figura 8. Termómetro digital – Autoclave	40
Figura 9. Circuito comparador de voltaje	41
Figura 10. Circuito de control – Autoclave	43
Figura 11. Circuito básico de potencia	44
Figura 12. Interrupción Circuito de Potencia - Diagrama Eléctrico Principal Autoclave (sección)	45
Figura 13. Panel de visualización y control	46
Figura 14. Manual Básico – Partes Baño de María	55
Figura 15. Diagrama de Bloques Página Web – Base de Datos	57
Figura 16. Incubadora Neonatal de calentamiento de aire por convección – Partes	59

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Equipo de Esterilización Marca UDONO Modelo SRSP – II – 24. (a) Diagrama Físico Autoclave, (b) Tabla con la lista de componentes y (c) Plano Eléctrico	69
Anexo B. Diagramas Electrónicos Circuito de Repotenciación. (a) Visualización Temperatura y (b) Visualización de Tiempos de Esterilización – Secado	72
Anexo C. Diagrama electrónico Circuito de Repotenciación. Control de Temperatura y de Tiempos Esterilización – Secado	73
Anexo D. Manual de Operación – Equipo de Esterilización. (a) Panel digital de control y visualización, (b) Instrucciones de operación y (c) Observaciones	74
Anexo E. Registro Fotográfico – Repotenciación. Equipo de Esterilización Marca UDONO (a) Vista frontal, (b) Vista posterior y (c) Panel de control original	77
Anexo F. Registro Fotográfico – Repotenciación. (a) Panel Digital de Visualización y Control de Usuario y (b) Circuitos de Control y Potencia	79
Anexo G. Registro Fotográfico – Mantenimiento Incubadoras Neonatales	80

RESUMEN

El desarrollo del proyecto de pasantía en el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., estuvo dirigido principalmente a la recuperación y repotenciación del Equipo de Esterilización marca UDONO, el cual se encontraba fuera de servicio, obteniendo como resultado, la restauración de sus condiciones operativas a nivel óptimo, contribuyendo al normal ejercicio de las labores de la Central de Esterilización.

De igual forma, se brindó apoyo en labores de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos, en especial de incubadoras neonatales, además del desarrollo de una herramienta informática para lograr una gestión eficiente relacionada a las diferentes actividades llevadas a cabo en el Área de Mantenimiento.

Lo anterior, enmarca una serie de beneficios que confluyen hacia lo económico, reduciendo futuros gastos en reparación y adquisición de equipos; hacia lo social, reflejado en la asistencia de alta calidad al paciente, y en lo académico, generando un espacio de aplicación para el conocimiento y la adquisición de experiencia en el campo de la electromedicina, ya que desde la perspectiva de mantenimiento, en un ambiente clínico-hospitalario converge una gran variedad trabajos que demandan soluciones técnicas que van desde situaciones relativamente sencillas y de índole artesanal hasta aquellas complejas que requieren conocimientos especializados para comprender la tecnología de algunos equipos médicos; factores todos puestos al servicio de la comunidad hospitalaria, social y académica del departamento.

ABSTRACT

The development of the internship project in the Hospital Universitario Departamental de Nariño, it was directed to the recovery and upgrading of the Equipment of Sterilization, mark UDONO, which was out of service, obtaining as a result, the restoration of its operative conditions at good level, contributing to the normal exercise of the works of the Main Sterilization Station.

As well, other tasks were made like support in works of preventive and corrective maintenance of biomedical equipments, especially of infant's incubators; besides the development of a computer tool to achieve an efficient administration related to the different activities carried out in the Area of Maintenance.

INTRODUCCIÓN

A través de los últimos años, la ciencia y la tecnología han tenido un crecimiento vertiginoso en todos los campos del conocimiento, de los cuales, hay uno en especial, el cual se ha visto influenciado de forma significativa, la medicina.

De este modo, surgen un sinnúmero de innovaciones que transformarían la manera de realizar la praxis de esta área, ya que como se puede observar en la actualidad, los equipos para el diagnóstico, tratamiento de diversas patologías, cirugía y rehabilitación, se han vuelto indispensables y cada vez más sofisticados. Es así como los equipos biomédicos deben funcionar en forma precisa y eficiente, ya que de otra forma las consecuencias, se verían reflejadas desde lo económico, hasta situaciones de mayor gravedad como el comprometer la vida de un paciente. El deterioro de un equipo biomédico, representa deficiencias en el servicio prestado a la persona que hace uso de este, ya sea proporcionando diagnósticos erróneos, tratamientos no apropiados, o asistencias no aptas, condiciones que va en detrimento del bienestar del ser humano, por otra parte, el factor económico es afectado, con incremento en los costos.

Es por estas razones, que es tan importante el mantenimiento de los equipos biomédicos, para evitar posibles averías, dar solución a fallas a corto plazo, optimizar el rendimiento entre otras tareas; garantizando así la completa funcionalidad de los dispositivos para evitar perjudicar a los pacientes, los trabajadores del sector salud y del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

El presente documento, presenta un informe detallado acerca del desarrollo del proyecto de pasantía en las instalaciones del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E, enfocado en la repotenciación de un Equipo de Esterilización marca UDONO, adscrito a la central de esterilización, la creación de una herramienta informática para la gestión de las labores de mantenimiento realizadas en la institución, además de asistir en la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos, con el propósito de conseguir un desempeño correcto, seguro y eficiente de los mismos, satisfaciendo así los estándares de calidad de la institución y aportar en la formación de un ambiente propicio para una correcta prestación de los servicios de salud de nivel hospitalario a fin de proteger al paciente y al recurso humano involucrado.

1. REFERENTES DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

REPOTENCIACIÓN DE UN EQUIPO AUTOCLAVE DE LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E.

1.2 MODALIDAD

Este proyecto se encuentra dentro de la modalidad de Pasantía laboral, estipulada en el artículo 1º del Acuerdo No. 043 de 2002, Reglamento de Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Ejecutar un plan de repotenciación para un equipo de esterilización de la Central de Esterilización y asistir en tareas de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos en el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., con el propósito de asegurar la disponibilidad y garantizar el funcionamiento eficiente de los mismos para la prestación del servicio en salud.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la situación actual de equipamiento médico, mediante el estudio de las hojas de vida correspondientes, verificación y pruebas diagnósticas a fin de confrontar el estado operacional del equipo dentro de los límites especificados.
- Realizar un soporte de información que contenga datos técnicos de los bienes que constituyen el inventario del equipo biomédico propiedad del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., a fin de documentar y mantener actualizado los protocolos de diagnóstico, corrección de fallas y calibración, pertenecientes a la gestión de mantenimiento ejecutados.
- Desarrollar un plan de repotenciación para un equipo de esterilización marca UDONO, adscrito a la Central de Esterilización del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.
- Apoyar en las tareas de mantenimiento preventivo, en especial de Incubadoras Neonatales, equipos distribuidos en las áreas de Neonatología, Unidad de Cuidados Intensivos de Neonatos y Sala de Partos, evaluando periódicamente las condiciones operativas de los mismos, con el objetivo de preservar un estado óptimo para el oportuno y eficiente desarrollo de las labores asistenciales que se prestan a la comunidad.
- Afianzar el conocimiento en el campo de acción del programa de Ingeniería Electrónica y obtener un buen nivel de experiencia, valioso para el desarrollo de la profesión.
- Contribuir al desarrollo y mejora de la calidad en la prestación de los servicios de salud en concordancia con los fines del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

3. MARCOS

3.1 MARCO CONCEPTUAL¹

A continuación se presenta una lista de conceptos básicos relacionados a la Electrónica Biomédica² que son empleados en la realización de este proyecto:

Autoclave. Dispositivo que sirve para esterilizar material médico o de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura para ello.

Base de datos. Colección de registros relacionados y almacenados de forma electrónica, de acuerdo con un modelo o esquema y a los que se puede tener acceso mediante el computador.

Calibración. Es el conjunto de operaciones con las que se establece, en ciertas condiciones específicas, la correspondencia entre los valores indicados en un instrumento, equipo o sistema de medida, o por los valores representados por una medida materializada o material de referencia, y los valores conocidos correspondientes a una magnitud de medida o patrón, asegurando así la equivalencia de las medidas a las correspondientes unidades básicas.

Esterilización. La esterilización es la destrucción de cualquier tipo de gérmenes patógenos, es decir que se refiere exclusivamente a la muerte de aquellos organismos perjudiciales a la salud de los seres humanos, así como también a la destrucción de una forma de vida especial de las bacterias como lo son las esporas. La efectividad de la esterilización está en función de la concentración del agente esterilizante (vapor, aire caliente, oxido de etileno, etc.) y el tiempo de exposición a dicho agente.

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

Equipo industrial de uso hospitalario. Hace parte del equipo industrial de uso hospitalario, las plantas eléctricas, los equipos de lavandería y de cocina, las calderas, las bombas de agua, las autoclaves, el equipo de seguridad, el de refrigeración y aquellos equipos relacionados con servicios de apoyo hospitalario.

¹COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1769 de 1994. Bogotá: agosto de 1994.

²COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. La tecnología biomédica y su evaluación.

Incubadora neonatal. Equipo biomédico que proporciona un entorno controlado para recién nacidos que necesitan cuidados especiales.

Mantenimiento³. El proceso mediante el cual se establece un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, cuidados y reparaciones eficaces, proporcionando al mismo tiempo normas de buen funcionamiento a los operadores y usuarios de las máquinas. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para los equipos, en el que se trata de alargar su vida de forma rentable y asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas.

Mantenimiento hospitalario. Por mantenimiento hospitalario se entiende la actividad técnico-administrativa dirigida principalmente a prevenir averías, y a restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de un equipo.

Mantenimiento Correctivo. Conjunto de procedimientos utilizados para reparar una máquina ya deteriorada, en otras palabras es la ejecución de acciones para reparar elementos defectuosos por el mal funcionamiento o rendimiento o imperativo de los equipos. Realizar seguimiento de intervenciones ordinarias y urgentes realiza recepciones de aviso, llevar a cabo análisis modos de fallo y efectos para la detección precoz de averías potenciales.

Mantenimiento Preventivo. Inspección periódica de máquinas y equipos, para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas, es la ejecución de acciones programadas que tienden a prevenir disfunciones y averías, para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos y garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente.

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Mantenimiento Predictivo. Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar la posibilidad de falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc.

Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

³ HONDURAS. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA - ÁREA LATINOAMERICANA. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario.

Para ello, se usa instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

Tecnología Biomédica. Los conocimientos científicos representados en medicamentos, dispositivos, equipos, y procedimientos Médicos y quirúrgicos, así como los sistemas de organización, administración y soporte (de ingeniería y arquitectura), utilizados en la atención en salud.

3.2 MARCO REFERENCIAL

La complejidad y sofisticación de los instrumentos de los cuales la Medicina hace uso, cada vez es mayor, lo cual demanda conocimiento en la operación y en el mantenimiento en esta clase de equipos, procesos que involucran aspectos médicos, técnicos y económicos.

Dentro de este marco, la Presidencia de la República de Colombia, en conjunto entidades gubernamentales, como el Ministerio de Protección Social, reglamenta lo concerniente a la prestación de los servicios de salud, a fin de regular la calidad en los mismos.

Así, existe una serie de documentación legal, tal como lo es el Decreto 1011 de 2006⁴, por el cual se establece el sistema obligatorio de garantía de calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social, por el cual el gobierno normaliza lo referente al uso de la Tecnología Biomédica, como recurso imprescindible, para garantizar una óptima asistencia al paciente.

Por otra parte, el Decreto 1769 de 1994⁵, tiene como finalidad controlar los componentes y criterios básicos para la asignación y utilización de los recursos financieros, destinados al mantenimiento de la infraestructura y de la dotación hospitalaria en los hospitales públicos y en los privados, por lo que el mantenimiento de equipos biomédicos se constituye en una dependencia de gran importancia en las entidades prestadoras de servicios en salud, al corresponderle un 5% del presupuesto total asignado.

Es por esta razón, que existe la necesidad de establecer un plan de mantenimiento con el fin de evaluar técnicamente y sistemáticamente la dotación de equipamiento biomédico, a fin de asegurar la calidad, seguridad y la efectividad de la instrumentación tecnológica médica a usar.

⁴COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1011 de 2006. Bogotá: abril de 2006.

⁵COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1769 de 1994. Bogotá: agosto de 1994.

El Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., en concordancia a estas disposiciones legales, ha acogido con beneplácito el desarrollo de pasantías en el Área de Mantenimiento, con el propósito de alcanzar altos estándares de calidad en el área de la salud, y cumplir los objetivos propuestos para la consecución de la acreditación.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto de pasantía, es realizado en las instalaciones del Área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., llevado a cabo, a partir de un programa estructurado y secuencial, regido por el cronograma de actividades, en el cual se establecen las etapas necesarias para la consecución efectiva de resultados.

Lo anterior, se regula por la Coordinación de Mantenimiento, dentro de la normatividad interna establecida para estos fines, cumpliendo con los permisos, la documentación pertinente y protocolos de mantenimiento.

Las tareas de repotenciación del equipo de Esterilización y mantenimiento preventivo fueron supervisadas por el personal del área, el cual brinda la información necesaria acerca del funcionamiento y medidas de seguridad relativas a los equipos intervenidos.

5. RECUPERACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO AUTOCLAVE DE LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

5.1 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO AUTOCLAVE

Equipo de Esterilización marca UDONO, modelo SRS – II – 24

- Esterilizador a base de vapor con bomba de vacío.
- Equipo de control automático.
- Puerta de operación manual.
- Cámara rectangular.
- Montaje tipo panel.

A continuación se presenta la información extraída de la hoja de vida del equipo, la cual es diligenciada por el personal de mantenimiento del Hospital:

1) Descripción del equipo. Equipo industrial de uso hospitalario, tipo Autoclave.

2) Ubicación del equipo. Central de Esterilización.

3) Registro histórico.

- Nombre del equipo: Autoclave a Vapor.
- Marca: UDONO LIMITED
- Modelo: SRSP – II – 24 – 5

4) Forma de adquisición. Donación Japonesa en el año de 1986.

5) Registro técnico.

- Voltaje de operación: 220 V AC
- Potencia consumida: 400 W
- Frecuencia: 60 Hz.
- Temperatura de operación: 130 °C
- Fuentes de Alimentación: Electricidad, Vapor.

6) Registro apoyo técnico. Un manual de operación, planos eléctricos.

7) Clase de tecnología predominante: Electromecánico, Vapor.

8) Dispositivos de medición. Manómetro cámara, Manómetro chaqueta, Termómetro cámara.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Para describir el proceso de operación del equipo, se tiene en cuenta el manual de usuario, además de contar con la información de campo, suministrada por parte de los operarios de la Central de Esterilización, el personal de mantenimiento encargado, el Ingeniero Asesor, y la relacionada con la experiencia directa de manejo con la máquina.

5.2.1 Proceso de Operación. La figura 1, muestra la variación de la presión en la cámara y la chaqueta, variables críticas en el proceso de esterilización.

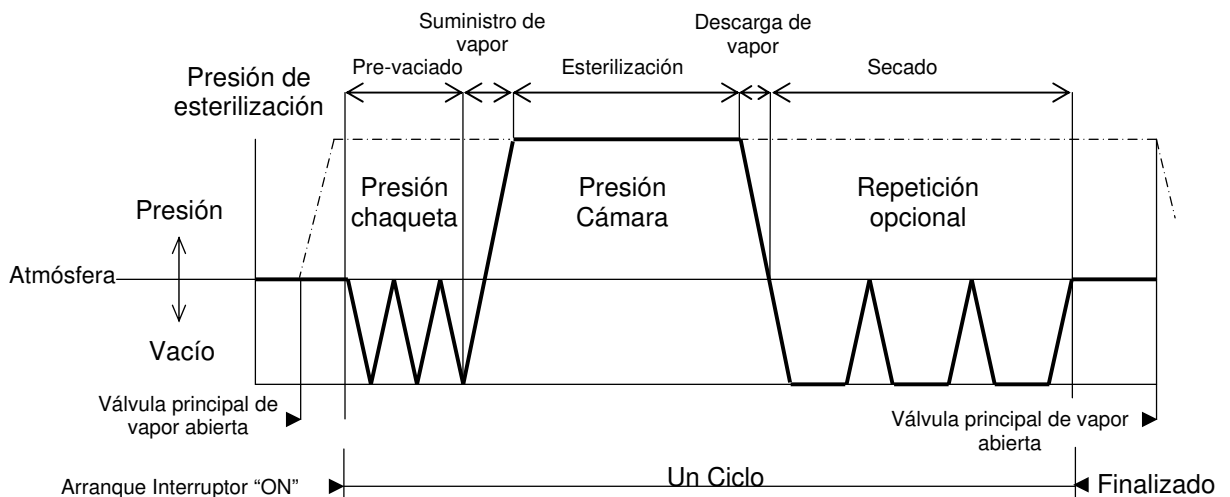


Figura 1. Variación de la Presión en Cámara y Chaqueta

Método de calentamiento de la chaqueta.

Cuando la válvula principal de vapor es abierta, el vapor, llega dentro de la chaqueta y la cámara se resguarda de ser calentada.

La presión del vapor es controlada con una válvula reductora, y esta es de 2.2 KgF/cm², para un volumen de 730 litros de la cámara.

Pre – vaciado.

Como se muestra en la Figura 1, bajo la presión atmosférica, el vacío y el suministro de vapor se repiten (3 repeticiones), y el aire en la cámara y en los objetos estériles contenidos, es forzado a salir; al mismo tiempo el precalentamiento de esterilización es llevado a cabo.

Suministro de vapor – Esterilización.

La temperatura de esterilización oscila entre los 125°C y los 130 °C. El tiempo de esterilización es ajustable hasta los 60 minutos. El temporizador da inicio con una señal del control de temperatura.

Descarga de vapor.

Se adopta el método de condensación – empuje de aire. La descarga de vapor fuera de la cámara es llevada al condensador para ser mezclada con agua, para después ser drenada como agua caliente.

Secado.

Se puede adoptar el método de repetición de vacío.

Durante el proceso de secado, la presión de la cámara es liberada hasta la presión atmosférica desde el tiempo en que se descarga el vapor de agua y se procede al secado de los objetos esterilizados.

El tiempo de secado es ajustable hasta un límite de 60 minutos.

Finalizado.

Proporcionando aire no – bacterial dentro de la cámara, la operación termina.

El filtro de aire utilizado es de nivel de 99.998% según el *Test D.O.P. (Dispersed Oil Particulate)* el cual es un estándar internacional para la regulación de filtros.

5.2.2 Operación General

Requisitos Fundamentales para un correcto proceso de esterilización:

- Los materiales de envoltura y empaque de esterilización, deben permitir la penetración de vapor.
- Contenedores herméticos que no tengan orificios, no deben ser usados.
- Al esterilizar contenedores que no tengan orificios en el fondo, tener cuidado de arreglarlos en la cámara de tal forma que no colecten aire, y puedan drenar el agua.
- No ocupar por completo la cámara, con los objetos a esterilizar.
- Al agrupar los objetos a esterilizar en pilas, dejar un espacio suficiente entre ellos.

Se pretende que los operadores de estos equipos conozcan su correcta operación para que no incurran en fallas que interrumpen innecesariamente el servicio.

Después de garantizar los anteriores requisitos, se siguen los siguientes pasos:

a) Preparación para la operación

- Válvulas y suministro eléctrico.

Todas las válvulas y llaves (de vapor, agua y aire comprimido) preparados en la sala de máquinas que están conectados al esterilizador, deben estar abiertos.

El interruptor principal eléctrico instalado en el panel de distribución de electricidad debe estar encendido.

- Válvula principal e interruptor eléctrico.

Abrir completamente la válvula de suministro principal de vapor del esterilizador. Presionar el interruptor eléctrico principal del panel de control (señal luminosa).

Nota:

(1) Se debe girar el asa de las válvulas hasta que señalen que están completamente abiertas, y luego regresar hasta un nivel medio de giro, (excepto la llave de la válvula balón). Esto se realiza para prevenir el daño de las válvulas por incorrecta operación.

(2) El interruptor de suministro eléctrico es de tipo alterno “encendido” y “apagado”.

- Prefijado del proceso de operación.

Prefijar los temporizadores de esterilización y secado.

Los temporizadores poseen dos escalas de 50 Hz y 60 Hz. Se debe seleccionar una opción, dependiendo de la frecuencia del suministro eléctrico.

El tiempo de esterilización dependerá de la capacidad de la cámara, clase de objetos a esterilizar, método de empaquetamiento y temperatura de esterilización.

Generalmente, este toma de 10 a 30 minutos a 130 – 135 °C y entre 20 a 40 minutos a 120 – 125 °C.

El tiempo de secado, se puede ajustar dependiendo de lo que desee el operario

Nota:

Mientras el indicador del temporizador este encendido, no se recomienda mover la perilla de prefijado o de ajuste del tiempo.

b) Carga de los objetos de esterilización dentro de la cámara y operación de la puerta.

- Se procede a abrir la puerta y cargar los objetos a esterilizar dentro de la cámara, y a asegurar la puerta con fuerza.

Modelo SRS – Cerrado por operación manual. Girar las barras radiales rotativas en sentido horario hasta cerrar y viceversa.

De acuerdo al giro en sentido horario, la señal de puerta cerrada se enciende, pero se debe seguir girando las barras, hasta que quede lo suficientemente seguro.

Nota:

(1) No llenar completamente la cámara con los objetos a esterilizar.

(2) En el modelo SRS, se dispara la alarma sonora en caso de que se intente abrir la puerta.

c) Inicio (operación automática)

- Presionar el interruptor de inicio.

Se presiona el interruptor de inicio en el panel de control para comenzar con la operación automática.

Aquí la serie de esterilizadores R-II tienen algunos componentes para ser operados con aire comprimido. Presionando el interruptor eléctrico el compresor de aire comienza a acumular aire comprimido. De acuerdo a esto la operación de esterilización comienza a trabajar solamente después de que el aire comprimido este lo suficientemente almacenado en el tanque de aire.

El compresor de aire repite la operación de trabajo/parada sin afectar la operación de inicio mientras la fuente eléctrica esta encendida.

Sin la señal luminosa de confirmación de puerta cerrada, la operación no debe comenzar. Cuando la operación de esterilización no comienza a trabajar por pulsación del interruptor de inicio mientras el aire comprimido es suficiente, es necesario revisar la lámpara de confirmación de puerta cerrada.

- La operación automática continúa.
- La señal de finalizado se enciende, alarma sonora de finalización se activa.
- Apertura de la puerta.

Al activarse la alarma de finalizado, se debe abrir la puerta por medio de la manija. Pero, mientras la cámara esta en condición de vaciado (cuando el dispositivo de medición de presión de la cámara señalice el rango de escala roja), la puerta no debe ser abierta.

Es recomendable para el operario, adquirir el hábito de revisar los indicadores de las medidas de presión de la cámara.

Este esta diseñado para que mientras el esterilizador trabaja de manera normal, cuando la cámara tiene presión, la puerta debe estar cerrada, de no ser así la alarma sonora se activa cuando esta se intenta abrir mientras se ejecuta el

proceso de esterilización. Si sucede esto se debe esperar un malfuncionamiento de la máquina.

Para evitar accidentes que puedan causar heridas graves, por favor no abrir la puerta hasta que haya finalizado el proceso de esterilización y la presión en la cámara indique cero "0".

d) Operación manual

Este esterilizador debe ser usado principalmente de manera automática, pero cuando se requiere una operación manual, debido a una condición específica de trabajo o malfuncionamiento del circuito de control automático, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Presionar el interruptor de operación manual en el panel de control. Este interruptor está diseñado para trabajar un proceso por cada pulsación. Por ejemplo, para saltar el paso del ciclo de esterilización al de la descarga de vapor, se debe presionar una sola vez.
- La operación manual está permitida para los siguientes casos
 - a) El control automático no funciona apropiadamente, pero se requiere del proceso de esterilización
 - b) El proceso de esterilización es apropiado, pero debido a alguna condición especial de trabajo, se requiere una finalización inmediata, siendo necesario saltar los pasos siguientes.
 - c) Cuando se requiere abrir la puerta de forma urgente.

Es preciso tener mucho cuidado, cuando se realizan estas operaciones, se debe observar siempre los niveles de presión de la cámara. Es recomendable evitar al máximo estos casos.

- Después de presionar el interruptor manual, si este no es presionado nuevamente, el proceso continuará de forma automática.

e) Finalizado de la operación.

- Al finalizar el proceso de esterilización, se deben retirar los objetos esterilizados. Al colocar otra carga de objetos, repetir los pasos anteriormente descritos.
- Al finalizar un día de trabajo del autoclave, es recomendable desconectar el equipo mediante el interruptor principal en el panel de control y cerrar el suministro principal de vapor.

Una vez descrito el funcionamiento del equipo, e identificada cada una de sus partes, se prosigue a realizar un diagnóstico del equipo mediante un seguimiento de las fallas, por las cuales se encontraba fuera de servicio.

5.3 OBSERVACIONES REALIZADAS AL AUTOCLAVE – INFORMACIÓN DE CAMPO

En el registro del historial de mantenimiento preventivo y correctivo del equipo, llevado a cabo a partir del mes de Febrero de 2002, se anotan los siguientes fallos:

- Falla en Compresor, manguera de conducción de aire defectuosa.
- Válvula reguladora descalibrada, empaque válvula defectuoso.
- Fallos en los procesos de esterilización.
- Equipo fuera de servicio, aproximadamente 1 año.

Al realizar la inspección del equipo, mediante visitas realizadas a la Central de Esterilización, con acompañamiento del Coordinador de Mantenimiento del Hospital, y el Ingeniero Asesor de la pasantía, quien posee un amplio conocimiento de esta clase de equipos, se determinan los siguientes fallos:

- Error en Control automático.

La operación automática del equipo no funciona. Los pasos de esterilización se deben realizar de forma manual.

Los ciclos correspondientes al suministro de vapor, vaciado, finalización del proceso en general, permanecen en un estado de suspensión, sin permitir el avance al siguiente ciclo.

- Errores en procesos de esterilización.

La temperatura y los niveles de presión no son los adecuados para realizar un correcto proceso de esterilización de acuerdo con las normas de bioseguridad establecidas.

- Bomba de Vacío fuera de servicio.

El motor del sistema de vacío se encuentra fuera de servicio, razón por la cual el equipo no realiza los procesos de extracción de aire de la cámara, drenaje y secado.

- Válvulas solenoides defectuosas.

Las válvulas electromagnéticas tipo solenoide del sistema de control neumático se encuentran defectuosas, con los sistemas electromagnéticos anclados, empaques rotos. Algunas de ellas están dañadas.

- Control de temperatura defectuoso.

Se advierte que el dispositivo de acoplamiento magnético, que da inicio al temporizador del proceso de esterilización está defectuoso, el control de temperatura da comienzo al ciclo de esterilización en temperaturas erróneas.

- El equipo no indica la finalización total del proceso.

El autoclave, una vez terminado el ciclo de secado, permanece en este estado, aún cuando se opera de forma manual, lo cual descarta que el sistema de válvulas solenoides estén implicadas en este error.

- Registrador Térmico fuera de servicio.

El termómetro que registra los cambios de temperatura de la cámara en los ciclos de suministro y descarga de vapor, no funciona, limitando de esta forma la seguridad del equipo, ya que el usuario solo depende de los manómetros, para advertir la presencia de vapor en la cámara.

Los anteriores elementos mencionados, hacen parte del equipo y se encuentra referenciado en el Anexo A en donde se muestra la localización de dichos componentes en el Autoclave.

5.4 RECUPERACIÓN DE EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN UDONO MODELO SRS – II – 24.

Para el desarrollo de esta fase del proyecto, y llevar a término los objetivos propuestos, se prosiguió a realizar los correctivos necesarios al equipo, además de trabajar en forma paralela las labores de repotenciación.

Como primer paso, se realiza el mantenimiento correctivo correspondiente a cada uno de los fallos que se menciona en la etapa de diagnóstico.

Cabe resaltar que debido a la falla de un componente, se puede derivar otros errores en el sistema, de esta manera, la corrección de una avería, puede dar solución a otros fallos que presenta el equipo.

La primera labor a realizar, es la corrección correspondiente al sistema de vacío. Con la ayuda de los planos eléctricos del autoclave, se logra identificar el daño en el interruptor electromagnético de la Bomba de Vacío, el cual se encuentra anclado, ya que el núcleo de los embobinados, está corroído debido a la exposición a un ambiente húmedo. Por esta razón las líneas de alimentación trifásica se interrumpen en este punto, sin suministrar fluido eléctrico al motor de este sistema en cuestión. Para dar solución a este problema se reemplaza el contactor averiado con otro usado y de iguales características al original (Contactor marca Siemens, 220VAC, 50/60 Hz, 32 A, 15 KW, tamaño S2).

Una vez hecho esto, se coloca en marcha el equipo, dando como resultado, el correcto funcionamiento del motor de la bomba de vacío. El manómetro de la cámara ya registra niveles normales de presión negativa, en los ciclos de vacío y secado, que oscilan alrededor de los -500 mmHg.

Para la restaurar el funcionamiento automático del equipo, se detalla que el sistema de *micro – switches*, que controla el sistema de avance automático, está operando normalmente; el fallo se origina en el sistema de válvulas neumáticas, ya que estas son las encargadas de dar paso a cada uno de los ciclos, así por ejemplo, existe una válvula para controlar el suministro de vapor a la cámara, una para dar arranque al motor de la bomba de vacío, otra controla la descarga de vapor, etc.

Este tipo de válvulas se utiliza cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presóstatos o mandos electrónicos; para el caso de este equipo, la señales provienen de otras electroválvulas o el sistema de micro interruptores. Su mecanismo depende directamente del flujo de aire, el cual activa el solenoide y conmuta la señal eléctrica. De esta forma, un error en una de estas válvulas, no permitiría, dar inicio o bien, la finalización del ciclo que el dispositivo comanda, así que el proceso en este punto se detiene, hasta que exista la señal para continuar.

Para dar solución a este problema, se desmonta el sistema de electroválvulas del control neumático, para realizar una revisión minuciosa de cada una de ellas. Como resultado se obtiene que la electroválvula que comanda el sistema de vacío, se encuentra cerrada, es decir, permite el arranque del motor, pero no conmuta cuando el proceso requiere detenerlo, razón por la cual el equipo realiza el vaciado de la cámara de forma indefinida, hasta presionar el control manual.

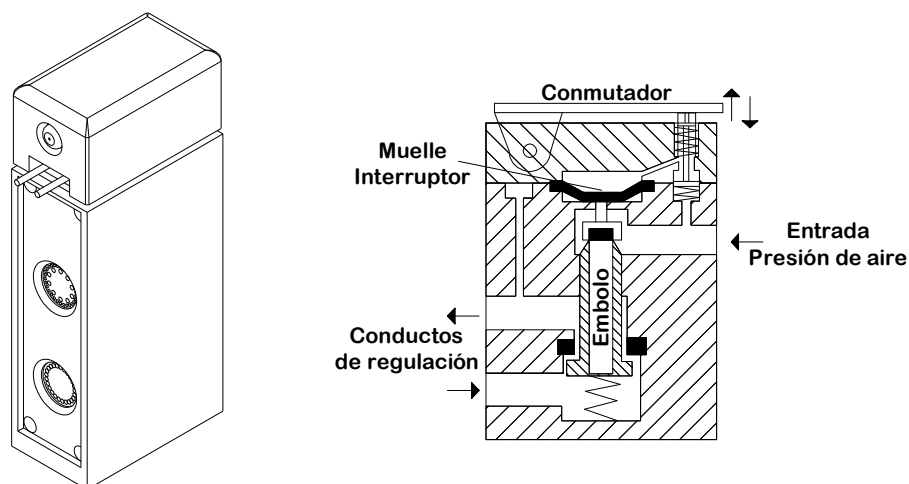


Figura 2. Válvula Solenoide – Sistema Mecánico

De igual manera sucede con las electroválvulas del sistema de suministro de vapor, descarga de vapor y la correspondiente al manejo del aire comprimido. Al permanecer ancladas, los procesos se realizan erróneamente y de manera insegura para el operario, debido a la presencia de vapor en la cámara, cuando no debe haberlo.

Así, las válvulas son desarmadas para realizar el mantenimiento correctivo necesario, que consiste en la limpieza y lubricación de la armadura y pistones o émbolos, correcciones de fallas eléctricas del solenoide y pruebas de conmutación del dispositivo.

Paralelamente, se revisa el filtro regulador para el control de presión del sistema neumático, el cual está adherido, debido a la condensación de minerales provenientes del agua que se almacena en el reservorio de este componente; este error no permite la correcta liberación del vapor en la cámara. Se realiza la respectiva limpieza y lubricación de los mecanismos.

Además, se reemplazan las empaquetaduras de unión de las válvulas con la camisa en donde se acoplan, para eliminar posibles fugas de aire, que podrían provocar deficiencias en la presión diferencial, clave en el funcionamiento de este tipo de dispositivos.

Una vez concluidas estas tareas, se procede a instalarlas en el equipo, realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, medir los niveles de tensión y la presión de aire en este conjunto.

En esta instancia, el autoclave, realiza los ciclos de suministro de vapor, descarga de vapor, inicio y fin del ciclo de vacío, de forma correcta. El sistema automático se encuentra en operación y en funcionamiento.

Como se describe anteriormente, el error perteneciente al finalizado general del proceso de esterilización, no responde al control manual, inclusive cuando el proceso de secado se efectúa con éxito. Se descarta un error derivado con el sistema neumático de válvulas, remitiendo el problema al sistema de control principal.

Se localizan fallas en el temporizador de reemplazo, relacionado al finalizado de la operación, el cual proporciona un tiempo de espera, configurable por el usuario; en este periodo se da lugar a la despresurización de la cámara, y garantiza la seguridad al operario.

El temporizador de reemplazo, no realiza el disparo necesario, que da la orden a la alarma de finalización. El dispositivo se reemplaza con otro de igual referencia (220 VAC, 1A, 60 Hz, tiempo máximo configurable 10 minutos). Una vez hecho esto, el autoclave trabaja normalmente en el último ciclo, se dispara la alarma

correspondiente, y la presión de la cámara se libera de manera adecuada, garantizando la seguridad del usuario.

Para el caso del control de temperatura defectuoso y el dispositivo de registro térmico, se reemplazan por dispositivos digitales, desarrollados en la etapa de repotenciación del equipo.

5.5 REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO DE ESTERILIZACIÓN UDONO MODELO SRS – II – 24.

Paralelamente, a la corrección de los fallos en los componentes del equipo, se comienza a trabajar en la etapa de repotenciación.

En acuerdo con la Coordinación de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño, se decide realizar la implementación de un sistema digital que consta de:

- Control de temperatura para el ciclo de esterilización.
- Sensado y visualización de la temperatura en la cámara.
- Control digital y visualización de las etapas de inicio, finalizado y tiempo, correspondientes al ciclo de Esterilización.
- Control digital y visualización de las etapas de inicio, finalizado y tiempo, correspondientes al ciclo de Secado.

En otras palabras, el nuevo dispositivo, está en capacidad de comandar los disparos de inicio y fin del ciclo de Esterilización, inicio y fin del ciclo de Secado, mediante la configuración de los tiempos correspondientes requeridos por el operario.

Además de la implementación del termómetro digital, como medio de verificación, de que la temperatura de esterilización sea la indicada.

La Figura 3, representa una parte del diagrama eléctrico del Equipo de Esterilización Marca UDONO modelo SRS – II – 24, en donde el circuito de potencia se acopla a los sistemas de conmutación de la red eléctrica del autoclave, involucrados en los procesos que se decide intervenir.

Para una mejor comprensión, en el Anexo A se referencia el diagrama eléctrico completo del Equipo de Esterilización.

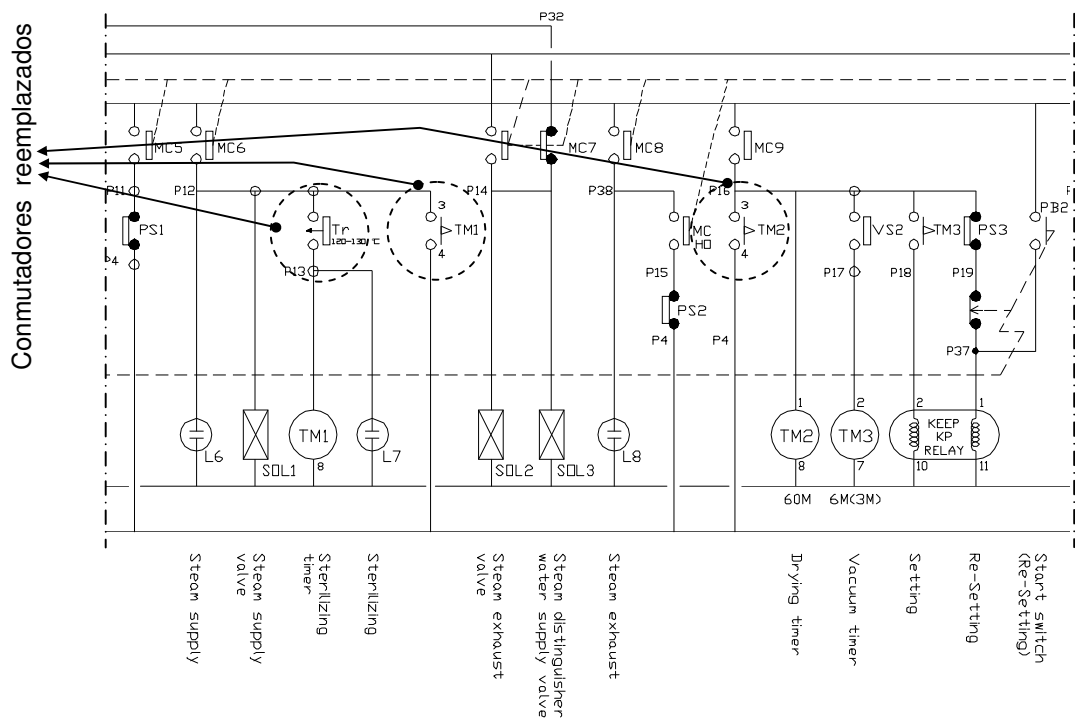


Figura 3. Sistemas de conmutación intervenidos – Diagrama Eléctrico Autoclave (sección)
 Fuente: STERILIZERS UDONO LIMITED. Instruction manual. Japón, 1980.

La secuencia lógica de esta sección del sistema, es que, una vez alcanzada la temperatura de esterilización ($\approx 120^{\circ}\text{C}$), el conmutador del control de temperatura se cierra, dando orden de inicio al Temporizador de Esterilización.

Una vez culminado el tiempo configurado en el Temporizador de Esterilización, el conmutador asociado a este temporizador se cierra, y da paso al siguiente ciclo, así, el Temporizador de Secado comienza a trabajar.

De igual manera, al finalizar el tiempo programado para el secado, se da la señal a su conmutador asociado, para indicar el fin del proceso.

En la Figura 4, se presenta el diagrama de bloques básico del sistema a implementar en el equipo de esterilización, que sirve como plan del circuito electrónico a seguir, y muestra de forma elemental, lo que se requiere para obtener los resultados esperados.

En resumen, la idea central es implementar un sensor, que registre los cambios de temperatura en la cámara. La señal proveniente de este sensor, es utilizada para que en un nivel preestablecido de temperatura, se de inicio al temporizador del ciclo de esterilización, controlado por el *Microcontrolador Temporizador*

Esterilización, y una vez finalizado este tiempo, da la orden de arranque al *Microcontrolador Temporizador Secado*.

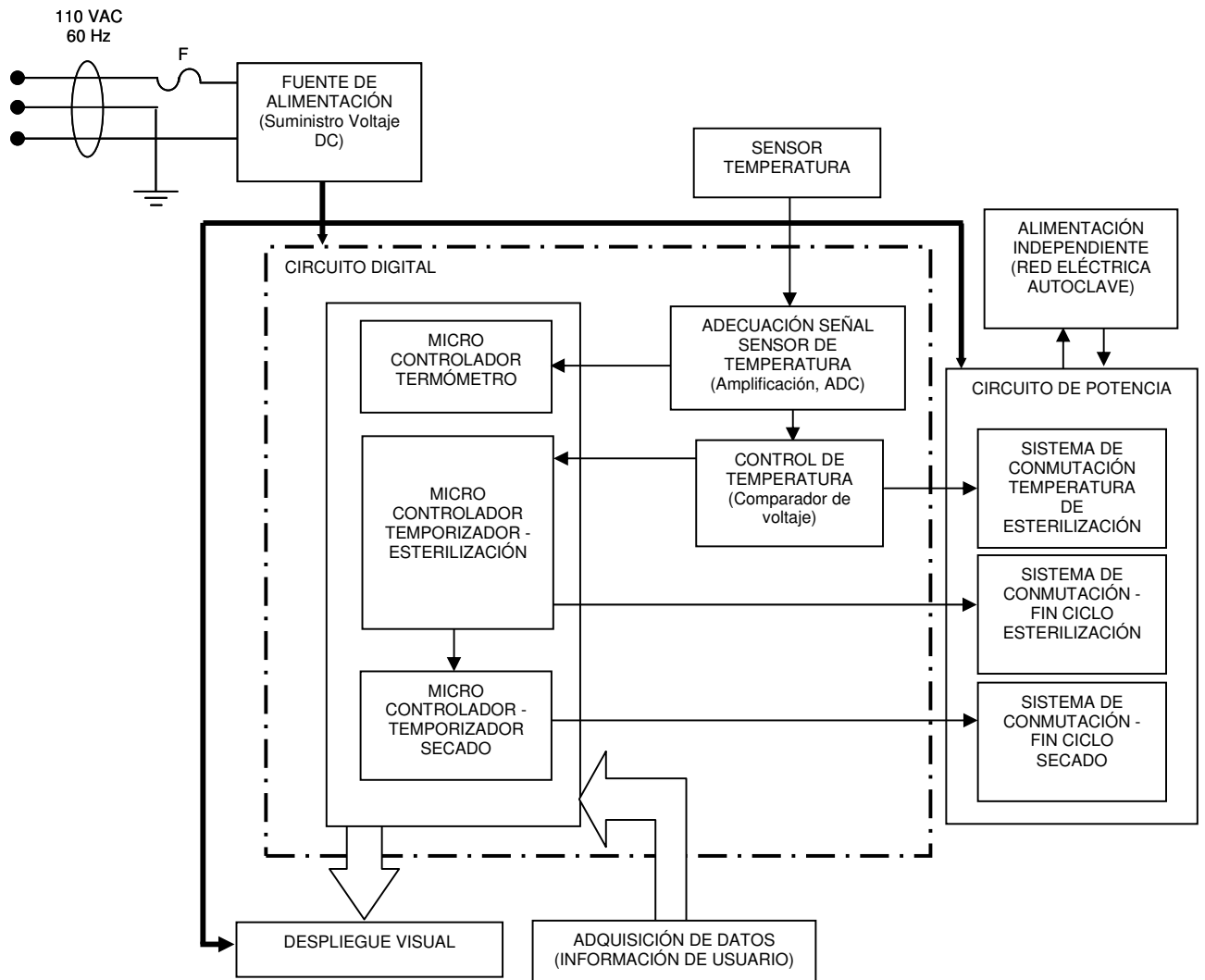


Figura 4. Diagrama de bloques “Sistema Digital y de Potencia – Equipo de Esterilización”

Además, dicha señal, después de ser adecuada, es interpretada por el *Microcontrolador Termómetro*, para posteriormente ser visualizada por el operario.

Los siguientes, son los puntos básicos, para el desarrollo de la repotenciación del equipo de esterilización:

5.5.1 Sensor temperatura. Para la medición de temperatura, existen diversos tipos de sensores, cuya variación de temperatura en su superficie, arrojan niveles de voltaje o corriente analógicos, que pueden ser interpretados de forma digital para su posterior procesamiento.

Para equipos industriales, como los autoclaves, se cuenta con termocuplas, pero que debido a su alto costo, complicado manejo, y variación no lineal de voltaje y/o corriente de salida; de esta manera, se opta por acoplar al sistema un sensor basado en el circuito integrado LM35D.

El circuito integrado LM35D, es un sensor de temperatura cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrada). Posee una precisión aceptable para la aplicación requerida, es confiable, no necesita calibración externa, posee sólo tres terminales, permite el sensado remoto y es de bajo costo. Además, soporta los límites de temperatura establecidos en los procesos de esterilización, que se encuentran alrededor de los 135 °C.

En la Tabla 1, se relaciona las especificaciones eléctricas del sensor LM35D y se presenta el circuito básico, del cual se tomará la señal eléctrica correspondiente a la temperatura de la cámara.

ITEM	VALOR
Voltaje de alimentación (Vs)	4 – 30 Vdc
Factor de escala	10 mV/°C (Lineal)
Rango de utilización	0°C < T < 150°C
Voltaje de salida (Vout)	0 < Vout < 1.5 Vdc
Precisión	0.5°C (a 25°C)

Tabla 1. Especificaciones eléctricas LM35D

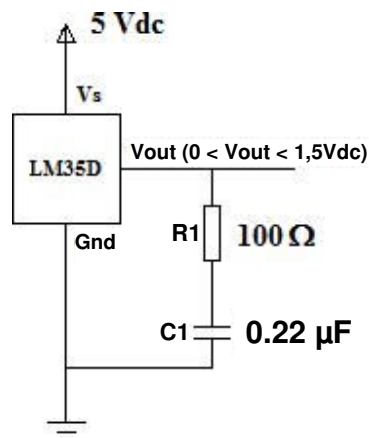


Figura 5. Circuito sensor de temperatura

El conjunto del resistor R1 (100 Ω) y el capacitor C1 (0.22 μ F), que se observa en la Figura 5, filtra el ruido inherente a la señal emitida por el sensor, por otra parte, como el integrado tiene que estar retirado de la tarjeta de procesamiento de la señal, la conexión, se la realiza mediante cable par trenzado, para disminuir el ruido propio del ambiente al que va a ser expuesto.

Como el encapsulado del sensor es de tipo plástico, puede verse afectado si se expone a grandes temperaturas, para evitar cualquier ruptura de este, se protege el sensor con grasa siliconada, dentro de una envoltura similar a una termocupla, tal como se aprecia en la Figura 6, fabricada en aluminio, material propicio para esta aplicación, por su elevada conductividad térmica y excelente permeabilidad.

La Figura 6, muestra como se dispone el encapsulado del integrado LM35D dentro de una cobertura metálica, ya que este, reemplaza al termopar perteneciente al termómetro existente de la cámara, pero que se encuentra fuera de servicio. Las dimensiones del nuevo dispositivo son similares al del antiguo sistema, para así asegurar que los datos obtenidos, sean los correspondientes a la temperatura de la cámara.

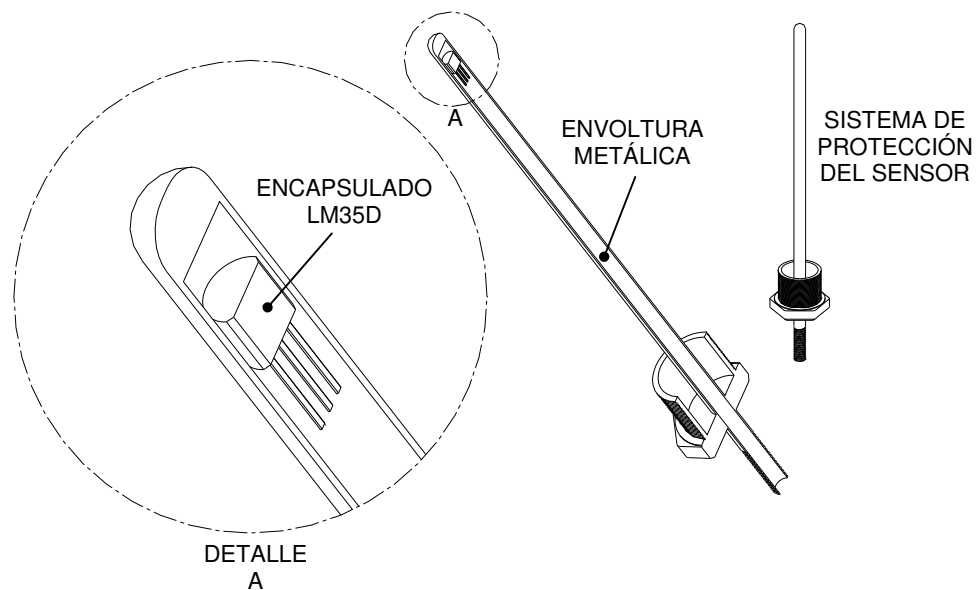


Figura 6. Adecuación LM35D - Cubierta metálica

5.5.2 Adecuación señal (Conversión Análogo - Digital). El objetivo de esta etapa es digitalizar el valor de la señal proveniente del circuito sensor de temperatura, mediante la implementación de un conversor análogo – digital.

Para este propósito se hace uso del circuito integrado ADC0804, conversor análogo – digital capaz de convertir una muestra analógica entre 0 y 5 V, en un valor binario de ocho bits, por esta razón, no es necesario realizar otro tipo de tratamiento a la señal, como por ejemplo amplificación de la corriente.

Estos convertidores de aproximaciones sucesivas son muy utilizados por su relación velocidad / precio. Este dispositivo se integra a un circuito diseñado para que trabaje en conversión continua, y no necesite de comandos externos al momento de realizar conversiones.

La resolución del conversor está dada por la siguiente relación:

$$R = \text{Max valor anal} / 2^n$$

En donde n representa el número de bits soportado por el integrado, y *Máx. Valor analógico*, corresponde a la entrada analógica máxima, que para el caso del sensor de temperatura usado corresponde a 1,5 V

$$R = 1,5V / 256 = 0.005859 V/bit = 5.859 mV/bit$$

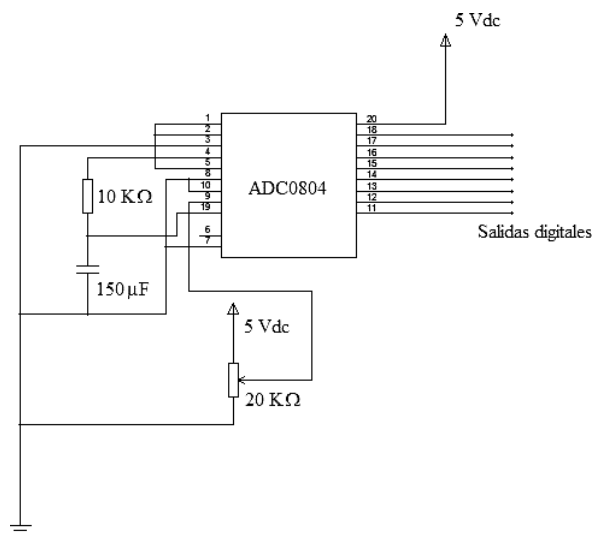


Figura 7. Circuito conversión análogo – digital

5.5.3 Microcontrolador / Visualización de temperatura del sensor. Una vez digitalizada la señal proveniente del sensor de temperatura, es necesario manipular esa información de tal manera que sea posible visualizar el valor real en forma decimal. Esta tarea se lleva a cabo mediante el uso del microcontrolador PIC16F84A de Microchip. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Adquisición: El dato binario obtenido a partir del conversor análogo-digital es enviado al microcontrolador PIC16F84A.
- Conversión: El siguiente paso, es realizar la caracterización del sensor, con el fin de desarrollar el algoritmo capaz de interpretar los valores binarios de entrada y posteriormente ser grabado en el microcontrolador.

De acuerdo a las características de funcionamiento del conversor ADC0804 y a la manera en que este está configurado, se tiene que:

$$1,5V(V_{in}) = 255(\text{Binario}) = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Es decir, que cuando el voltaje de entrada análogo llega a su máximo valor (1,5 V), el número binario que arroja el conversor será también el máximo (255), obteniendo así una resolución de aproximadamente 0.6°C.

Mediante visitas a la central de esterilización, con el propósito de verificar la confiabilidad del sensor, y conjuntamente con el uso de distintas clases de termómetros (Digital, Mercurio), se obtienen datos directamente del equipo de esterilización, en donde se asocian diferentes valores de temperatura con su respectivo valor binario, a fin de calibrar el sensor.

Al comparar, los resultados experimentales con la fórmula teórica obtenida, el margen de error es mínimo, teniendo en cuenta todas las variables que se tiene que tener en cuenta, al realizar una medición.

Recurriendo a la fórmula teórica, se obtiene una tabla que relaciona los valores binarios con la temperatura, para ser almacenada en el microcontrolador, de tal forma que para cada valor binario dispuesto en el puerto de entrada de este se obtiene el respectivo valor de temperatura, y este a su vez, es visualizado en 4 *displays* de 7 segmentos.

Finalmente, se adopta dos microcontroladores, uno de ellos con la información referente a centenas y decenas, y otro con la información referente a unidades y decimales.

La figura 8, representa el circuito diseñado para la visualización de la temperatura, y que conforma una parte del diagrama total del circuito desarrollado. El esquemático muestra los componentes básicos simulados en una herramienta informática de diseño electrónico.

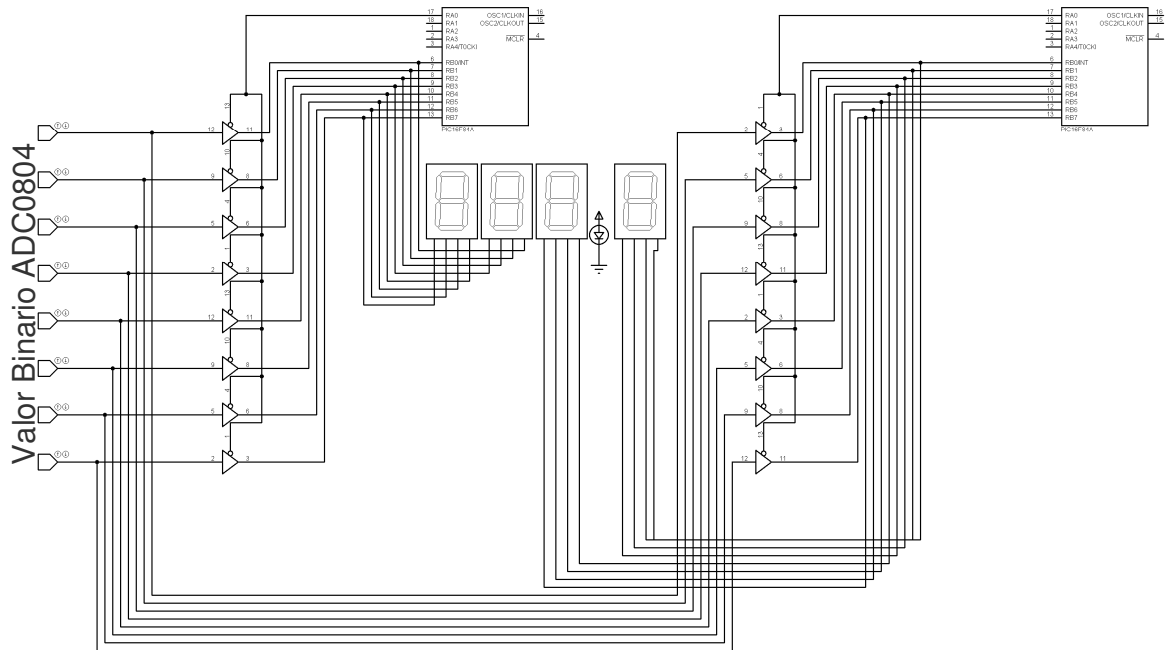


Figura 8. Termómetro digital – Autoclave

5.5.4 Control de temperatura. Como se explica en la descripción del proceso de esterilización del equipo, la temperatura en el interior de la cámara, asciende en el ciclo de suministro de vapor, hasta llegar a un punto límite, que fluctúa entre los 125°C y 130°C. es así que según los requerimientos establecidos para lograr una adecuada esterilización, se adopta que la temperatura que da inicio al proceso, sea de 120°C. Al cabo de pocos minutos la temperatura termina estabilizándose en 130°C, valor relacionado directamente con la presión de vapor en la cámara, con un valor aproximado de 2.2 KgF/cm².

El control original del equipo, se encuentra dañado, sin posibilidad de ser recuperado o reemplazado. Su tecnología se basa en el principio de bobinas tipo embrague, la cual se engancha una vez alcanzada la temperatura deseada, conmutando el sistema del cual hace parte.

Para el desarrollo del sistema de control de temperatura que da inicio al ciclo de esterilización, se diseña un circuito sencillo, basado en un comparador de voltaje mediante el uso de un amplificador operacional.

Al utilizarse como comparador, un amplificador operacional puede ser utilizado para determinar cual de dos señales en sus entradas es mayor. Es suficiente, con que una de estas señales sea ligeramente mayor para que cause que la salida del

amplificador operacional sea máxima, ya sea positiva o negativa, esto se debe a que el operacional se utiliza en lazo abierto (tiene ganancia máxima).

Se recuerda que, el sensor de temperatura LM35D tiene un voltaje de salida entre los 0V y 1.5V, con un factor de escala de 10mV/ °C, lo que significa que existe un valor de temperatura para cada valor de voltaje dentro de este rango.

De esta forma, se calcula que el valor equivalente aproximado para 120°C, está en el orden de 1.18V a 1.19V.

Así, que se toma directamente la señal eléctrica proveniente del sensor de temperatura LM35D, para ser comparada con el equivalente en voltaje de la temperatura de esterilización (120°C).

El circuito de la Figura 9, muestra la configuración básica del comparador de voltaje que se implementa, en donde la fuente de voltaje de referencia representa el voltaje al cual se debe dar el disparo del control de temperatura.

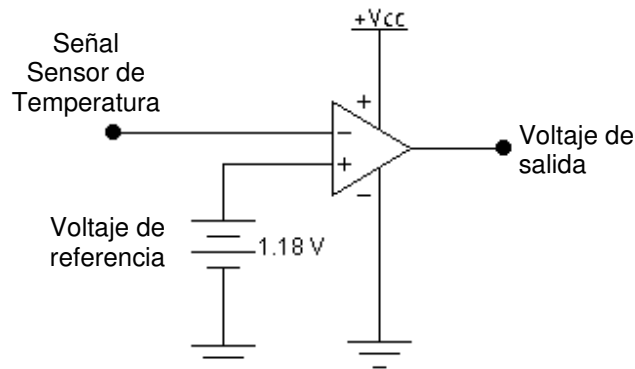


Figura 9. Circuito comparador de voltaje

Al detectar que el voltaje de salida del sensor supera al voltaje de referencia, se obtiene una variación positiva en el voltaje de salida. Este pulso es llevado a una compuerta digital tipo *Schmitt Trigger*, con el fin de obtener un pulso limpio, el cual es enviado al circuito de potencia, en donde un *Triac* se encarga de realizar la conmutación correspondiente, tarea antes realizada por la bobina embrague.

Una vez finalizado el proceso de esterilización, la temperatura en la cámara comienza a descender, de tal forma que se obtendrá un nivel de voltaje bajo a la salida del comparador, desactivando el *Triac*, preparándolo para una posterior utilización. Este pulso digital, también se utiliza para dar arranque al temporizador digital de Esterilización, que se explica mas adelante.

5.5.5 Temporizador digital del ciclo de esterilización. Las características de esta parte de la digitalización a realizar al autoclave, se sujetaron a las del sistema original del equipo.

Se tiene entonces que el temporizador del ciclo de esterilización a implementar, es ajustable por el operario en un rango de 0 a 60 minutos, empieza a trabajar una vez alcanzada la temperatura de esterilización y al finalizar el tiempo programado, envía una señal de arranque al temporizador de secado y otra señal al circuito de potencia para conmutar el sistema que depende de él.

Para desarrollar esta fase, se recurre nuevamente al microcontrolador PIC16F84A de Microchip, el cual se encarga de recibir la señal procedente del Control de Temperatura, dar inicio a un temporizador interno desarrollado mediante programación, la visualización del tiempo programado como también de indicadores de inicio y fin del proceso, y por último enviar una señal de inicio al temporizador digital de secado, el cual sirve también para proporcionar el disparo de conmutación al *Triac*, y cerrar el circuito en la red eléctrica del autoclave, para así activar los mecanismos involucrados en el proceso de secado.

Para la configuración del tiempo de esterilización por parte del operario, se realiza el ingreso de los datos mediante pulsadores.

Como característica especial, se añade un pulsador para el salto del proceso de esterilización, en cual simplemente se envía directamente el pulso de disparo al *Triac*, y se limpia la memoria del microcontrolador.

5.5.6 Temporizador digital del ciclo de secado. Al igual que el temporizador del ciclo de esterilización, las características del nuevo diseño, se ciñe a las del sistema original del equipo.

Para el caso del temporizador del ciclo de secado, se tiene que es ajustable por el operario en un rango de 0 a 60 minutos, inicia su operación una vez concluido el tiempo de esterilización, y al finalizar el tiempo configurado por el operario, envía una señal al circuito de potencia para conmutar el sistema que involucra su activación en el autoclave. Similar al caso del temporizador digital del ciclo de esterilización, se optó por microcontrolador PIC16F84A de Microchip.

En el diseño de este temporizador, se tiene en cuenta que, una vez el microcontrolador recibe la señal procedente temporizador del ciclo de esterilización, comienza un conteo regresivo interno, no programable y no visible; este retardo corresponde al tiempo existente entre la finalización del ciclo de esterilización, el ciclo de descarga de vapor y el inicio del ciclo de secado. Este tiempo se configura a dos minutos, que es un lapso suficiente para que se libere la presión en la cámara, y comience a realizar la etapa de vaciado.

Una vez concluido este retardo, comienza a operar el temporizador del ciclo de secado, además de la respectiva visualización del tiempo programado y los indicadores de inicio y fin del proceso

Al finalizar el tiempo programado, se envía un pulso al circuito de potencia en donde un *Triac* se encarga de la conmutación correspondiente, para así concluir el proceso en general.

Para la configuración del tiempo de esterilización, se realiza el ingreso de los datos mediante pulsadores. Al igual que para el ciclo de esterilización, se adiciona un pulsador para el salto del proceso de secado, el cual simplemente envía directamente el pulso de disparo al *Triac*, y se limpia la memoria del microcontrolador.

La Figura 10, muestra el diseño utilizado para el control de los ciclos de esterilización y secado, así como la visualización de las variables implicadas.

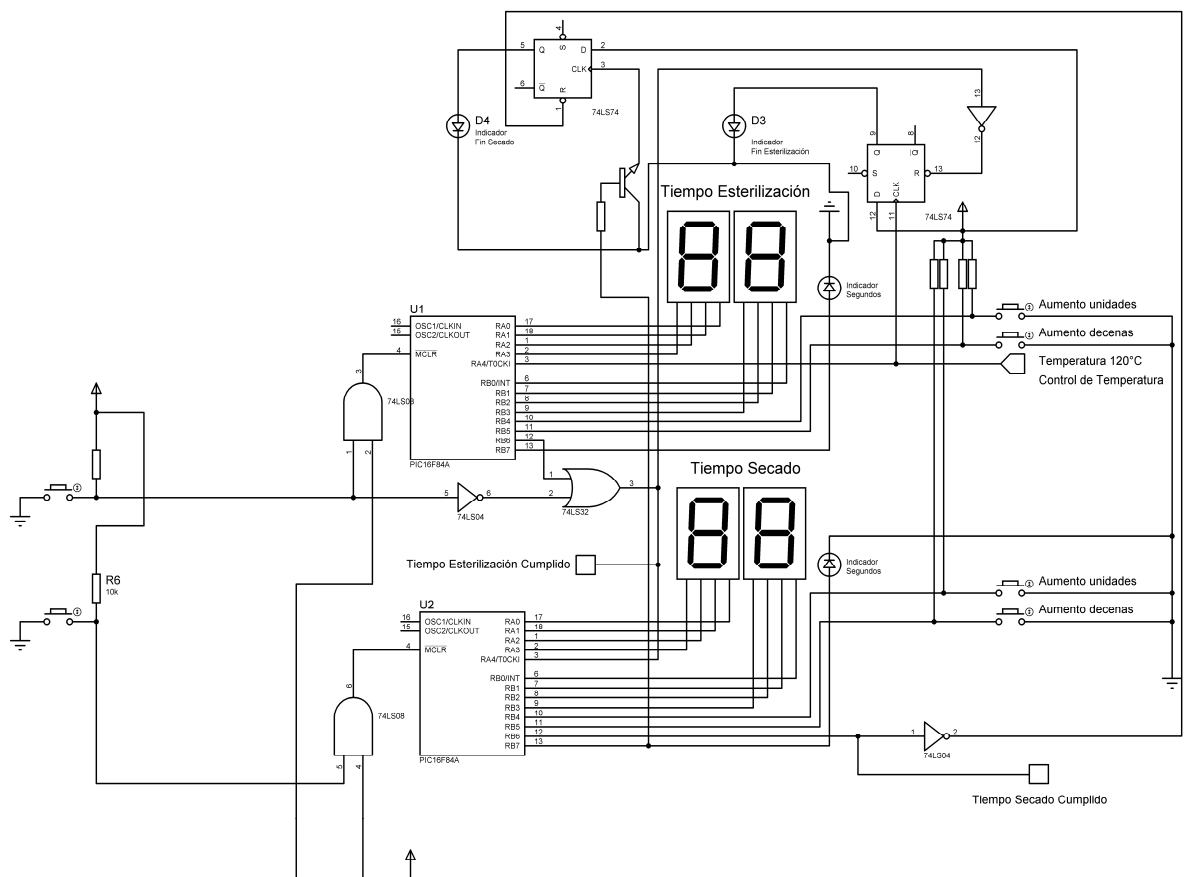


Figura 10. Circuito de control – Autoclave

5.5.7 Circuito de Potencia. Esta fase de la etapa de repotenciación, es la base de la comunicación del circuito digital con la red eléctrica del autoclave.

Como se describe en las especificaciones del equipo, este trabaja en su totalidad con corriente alterna, con un voltaje de alimentación de 220 VAC.

Entonces, para reemplazar los sistemas de conmutación existentes en el equipo, se decide utilizar Triodos de corriente alterna, *Triacs*, de referencia BTA41- 600D, con características de manejo de alto voltaje, alta sensibilidad en compuerta, y utilizado para aplicaciones lineales y de conmutación todo o nada de tipo industrial.

Estos semiconductores son disparados por niveles de voltaje digitales, con lo que se concluye, que para el control de temperatura y los temporizadores digitales de esterilización y secado, les corresponde uno de estos dispositivos, ya que se manejan tres disparos por separado, para tres sucesos diferentes.

Como protección al circuito digital, se aislaron los pulsos mediante optoacopladores, y para evitar que los *triacs* permanezcan anclados, se añade una red resistor-condensador entre sus terminales principales.

El circuito representado en la Figura 11, indica la configuración de disparo utilizada para el Triac.

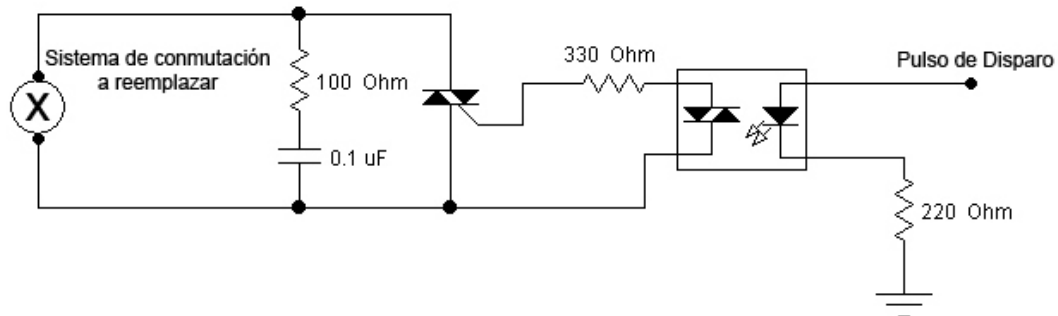


Figura 11. Circuito básico de potencia.

Finalmente, la interrupción del circuito de potencia al diagrama eléctrico principal autoclave (sección), se puede apreciar en la Figura 12.

Una vez concluida la etapa de diseño y las pruebas de funcionamiento de los circuitos propuestos anteriormente, se elaboran las respectivas placas impresas de los circuitos, donde se realiza el montaje definitivo de todos los componentes.

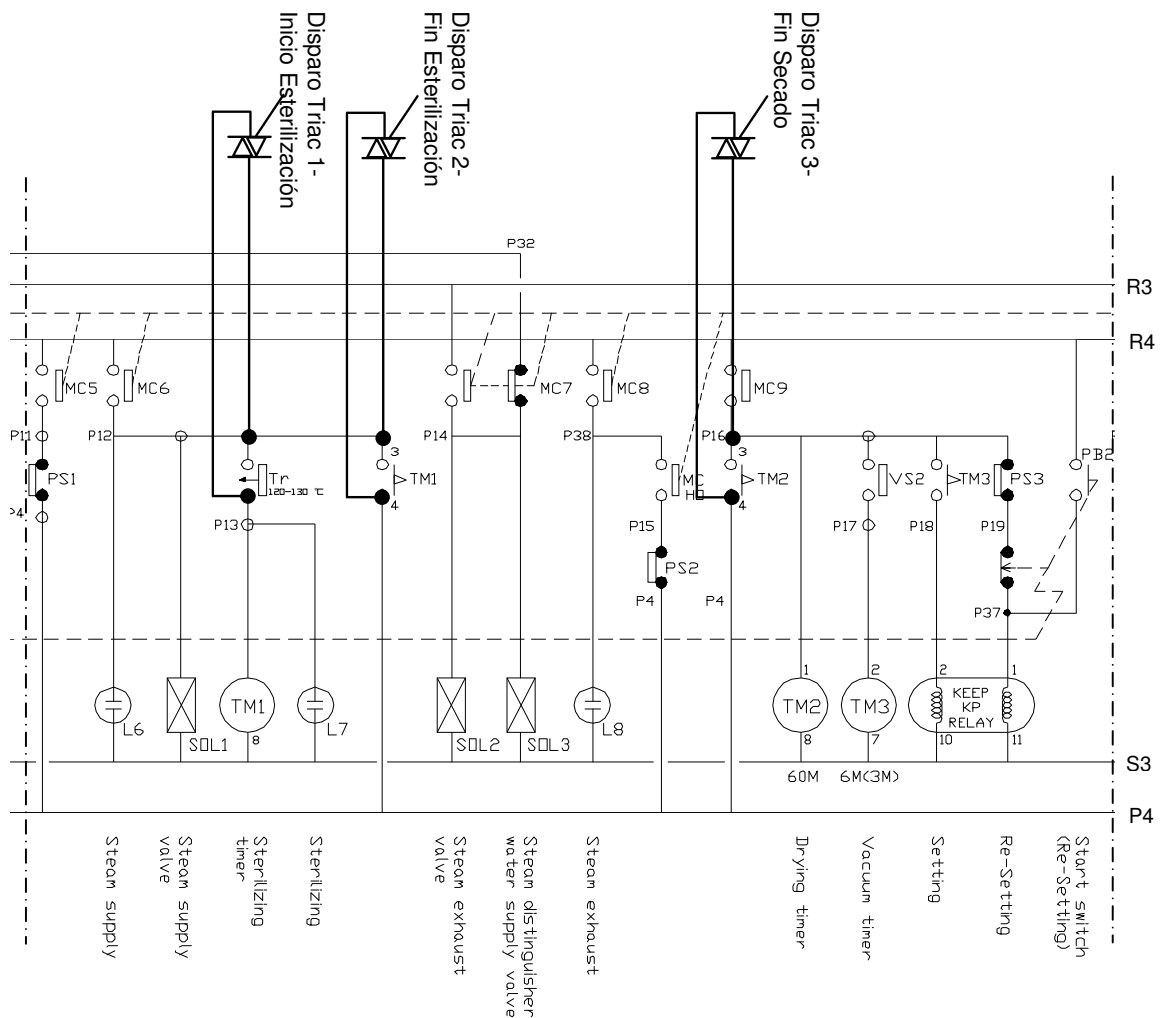


Figura 12. Interrupción Circuito de Potencia - Diagrama Eléctrico Principal Autoclave (sección)
 Fuente: STERILIZERS UDONO LIMITED. Instruction manual. Japón, 1980.

Además, se elabora un panel de control y visualización para el usuario, en acrílico, especialmente diseñado para contener los circuitos de visualización y adquisición de datos.

El Anexo D, muestra el manual básico de operación que se entrega al Área de Mantenimiento y a los operarios de la Central de Esterilización.

La imagen presentada en la Figura 13, indica el modelo elaborado, para una fácil operación por parte del personal de la Central de Esterilización; además, el diseño gráfico del panel, se adapta a la imagen institucional.

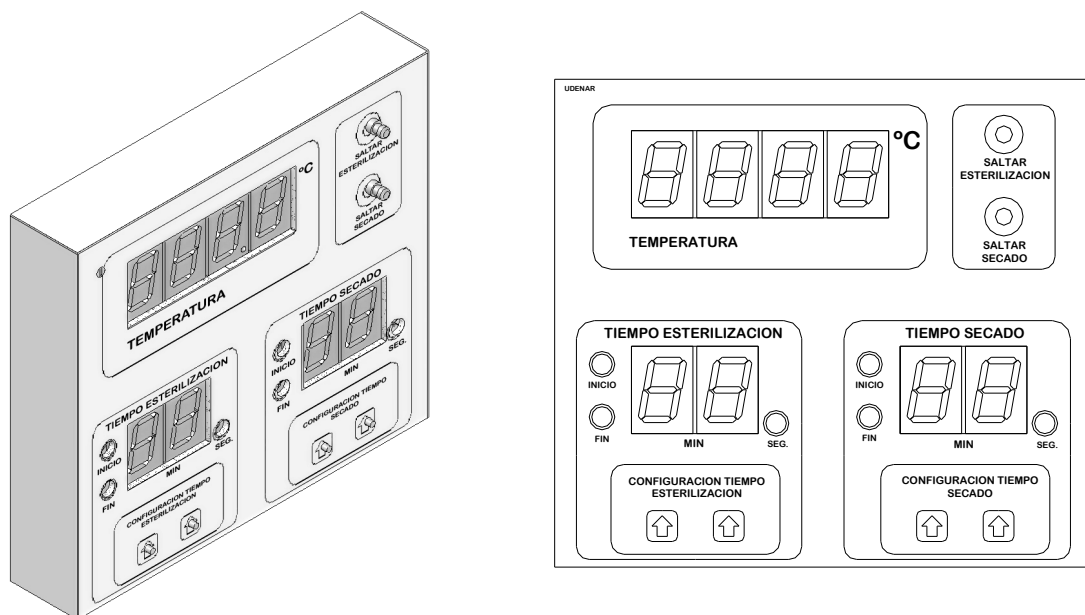


Figura 13. Panel de visualización y control

5.6 MONTAJE FINAL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez desarrollados los circuitos definitivos, se procede a instalarlos en el Equipo de Esterilización y a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

La primera prueba de funcionamiento, es colocar al equipo en funcionamiento con el nuevo sistema, para que realice un proceso completo de esterilización sin carga, y con tiempos cortos para comprobar un correcto trabajo y detectar posibles errores. El sistema funciona correctamente.

Una vez hecho esto, se verifica la fidelidad de los tiempos configurados por el usuario, utilizando como parámetro de comparación un cronómetro digital. Los tiempos empleados son de 30 minutos, que es un tiempo estándar para realizar una apropiada esterilización. Como resultado se obtiene una buena precisión en un ciclo de trabajo completo.

Además, los valores de temperatura, tienen concordancia en relación con la presión de vapor en la cámara.

Cabe recalcar, que una nueva instalación, mantenimiento, reparación, rediseño o recolocación de los equipos son indicadores para probar la eficacia del método de esterilización.

Por esta razón, es necesario probar la eficacia de la esterilización. Para este propósito se recurre a una prueba biológica de lectura rápida, con seguimiento de la Coordinación de Mantenimiento y la Jefatura del Área de Quirófanos del Hospital.

Los controles biológicos, son unidades que contienen microorganismos cuya concentración y resistencia ante un agente esterilizante es conocida, y que se pueda esperar que mueran al ser expuestas a ciertos parámetros. Se utiliza un Indicador Biológico auto-contenido en vial para ciclos por gravedad a 121 °C y ciclos asistidos por vacío a 121 °C-134 °C que contienen una tira de esporas de *Bacillus stearothermophilus*; dentro del vial se encuentra una ampolla de vidrio con el medio de cultivo y un sistema de indicador doble (indicador de ph. púrpura de bromo cresol y substrato no fluorescente); el vial está cerrado con un tapón codificado por el color marrón, con agujeros para facilitar la penetración del agente esterilizante y en la parte interior del tapón existe un filtro hidrófobo, que hace de barrera antibacteriana. En la parte exterior del vial hay una etiqueta con un indicador químico que cambia de rosa a marrón cuando se procesa. Después del proceso de esterilización la ampolla de cristal se rompe para que el medio de cultivo se junte con la tira de esporas procesadas. La incubación se realiza durante 3 horas en una incubadora de lectura rápida de muestras, para obtener una lectura fluorescente. La luz roja indica resultado positivo y la luz verde que el proceso de esterilización es correcto.

Para realizar la verificación, la prueba biológica fue puesta en todos los ciclos del proceso, se identifica la prueba biológica escribiendo en su etiqueta el tipo de esterilizador, el número de la carga y la fecha del proceso. Se coloca el paquete de prueba en una carga completa y se procesa la carga en la forma usual.

Al finalizar el proceso de esterilización, y tras pasar las tres horas de incubación, el indicador de presencia de microorganismos en la muestra da como resultado negativo, lo que significa que el equipo realiza el proceso de esterilización en forma exitosa.

Respecto a los beneficios obtenidos, se tiene un fortalecimiento de la central de esterilización, mejorando tanto en la capacidad de carga de todos los instrumentos y materiales que se utilizan en el establecimiento, primordialmente del área de quirófanos, como en la optimización en el tiempo de entrega de los mismos, lo cual se refleja en la atención pronta y segura de los pacientes.

Por otra parte, aunque el equipo fue adquirido por donación del gobierno de Japón en el año de 1986, el costo de reemplazarlo por un equipo nuevo de estas características, oscila entre los \$100'000.000 y \$120'000.000 millones de pesos, lo que significa un ahorro para el presupuesto del hospital; incluso, la institución podría realizar la venta de dicho equipamiento, a otra entidad prestadora de salud, una vez finalice la etapa de remodelación y ampliación del hospital, en la cual se

encuentra contemplada una nueva central de esterilización, dotada de nuevos equipos autoclaves.

Por último, es necesario aclarar que se hace entrega del equipo de esterilización a la Coordinación de mantenimiento; el equipo se encuentra en funcionamiento al momento de finalizar la pasantía. Se sugiere a los encargados de mantenimiento realizar un constante monitoreo de las partes electromecánicas del esterilizador, debido a que estos componentes son susceptibles a fallos por la antigüedad de los mismos.

6. IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO. (EQUIPOS BIOMÉDICOS E INDUSTRIALES DE USO HOSPITALARIO)

Uno de los objetivos que se presenta en este proyecto, y como una solicitud especial hecha por parte de la Coordinación de Mantenimiento, con el fin de alcanzar los estándares de calidad en salud y obtener la acreditación institucional, se encuentra la implementación de una base de datos, que contenga información acerca del equipamiento biomédico e industrial del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., además de documentación relacionada al mantenimiento preventivo, estadísticas, entre otras características.

Una base de datos, desde un punto de vista informático, es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

En una sociedad, en que la tecnología avanza vertiginosamente, las bases de datos se han convertido en una herramienta imprescindible a nivel organizacional, ya que tiene como características fundamentales la globalización de la información, al considerarla como un recurso corporativo. Además, se prescinde del manejo habitual de la información, mediante el tradicional papeleo, el cual resulta problemático. Permite compartir información actualizada y se mantiene la integridad de la misma.

Para el desarrollo de este instrumento sistematizado, se cuenta con la asesoría de un ingeniero de sistemas, el cual brinda la ayuda necesaria para la consecución de este objetivo.

6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA BASE DE DATOS

El control sistematizado del programa de mantenimiento es de vital importancia para que éste sea auto sostenible en el tiempo, permitiendo evaluar la eficiencia y eficacia del mismo. Esto se logra mediante la implementación de una base de datos debidamente documentada, actualizable permanentemente, con las siguientes características:

- Lenguaje de programación PHP (*Hypertext Pre-Processor*)⁶

Para este fin, la plataforma informática en la que se desarrolló la base de datos, fue en *PHP*, el cual es un lenguaje de programación interpretado, diseñado para la creación de páginas *web* dinámicas. Se usa principalmente en interpretación del

⁶ COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2008. [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/.php>>

lado del servidor y se utiliza desde una interfaz de línea de comandos o en la creación de otros tipos de programas incluyendo aplicaciones con interfaz gráfica; razón por la cual se opta este lenguaje, por su versatilidad, entorno gráfico, sencilla utilización, además de la posibilidad de ser instalada a un servidor para ser cargada fácilmente en una red, de forma de que pueda estar disponible en las distintas áreas de servicio clínico-hospitalario.

PHP es un lenguaje interpretado de propósito general, ampliamente usado y que está diseñado especialmente para desarrollo *web* y puede ser embebido dentro de código *HTML*. Generalmente se ejecuta en un servidor *web*, tomando el código en *PHP* como su entrada y creando páginas *web* como salida. Esta característica es importante, ya que la base de datos se crea con una interfaz de usuario tipo página *web*, ya que es un entorno bastante familiar para el personal de mantenimiento.

Entre otras ventajas, este tipo de lenguaje puede ser desplegado en la mayoría de los servidores *web*, en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno, además de permitir la conexión a diferentes tipos de servidores de bases de datos tales como *MySQL*, *Postgres* u *Oracle*, entre otros.

- **MySQL (Structured Query Language)**⁷

MySQL, (Lenguaje Estructurado de Consulta) es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

Este sistema es el encargado de administrar los datos ingresados, el cual goza de una gran versatilidad que explota la flexibilidad y potencia de los sistemas relacionales permitiendo gran variedad de operaciones sobre los mismos.

Un sistema relacional, es un concepto nuevo en el ámbito de la programación de bases de datos, y significa que gracias al manejo de conjuntos de registros, y no a la manipulación de registros individuales como ocurre en sistemas jerárquicos como el *HTML*, se pueden acceder a una gran cantidad de información, con tan solo una sentencia, lo que representa una alta productividad y velocidad en codificación.

Así, el lenguaje *PHP* es el encargado de acceder a la base de datos, y *MySQL* es el encargado de gestionar dicha información.

6.2 ESTRUCTURA BÁSICA

⁷ COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2008. [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>>

Como se dijo anteriormente, se integra la aplicación a manera de página *web*, la cual fue diseñada en base a las necesidades presentadas por el personal del área de mantenimiento del hospital.

Como respuesta a unos de los requisitos propuestos, se maneja un tipo de acceso multiusuario, lo cual permite establecer una o varias conexiones a la misma base de datos, por esta razón, se fue necesario crear un usuario al que se lo llamó súper-administrador, el cual es el encargado de regular, el registro de nuevos usuarios, permisos de modificación de datos, autorización de nuevas entradas de información, carga de archivos, entre otras. Los demás usuarios registrados, sólo tienen acceso a la información y permiso para la generación de reportes de mantenimiento, que se explica en la arquitectura principal.

La arquitectura principal, se describe a continuación:

- **Página de Bienvenida.** Página en la cual se ingresa el nombre de usuario y contraseña.
- **Inicio.** Describe en forma general la función del área de mantenimiento, se incluye una opción de búsqueda para acelerar diligenciamiento del reporte de mantenimiento. Consta de botones de navegación que dan acceso a distintas opciones tales como la creación de reportes de mantenimiento, información de equipos biomédicos e industriales de uso hospitalario, como por ejemplo hojas de vida, manuales básicos de operación y mantenimiento, historiales de mantenimiento.

Además cada usuario, tiene la posibilidad de acceder a sus datos de registro, actualizarlos, cambiar la contraseña de ingreso.

El súper-administrador, cuenta con opciones adicionales, que son la creación de nuevo usuario, administración de permisos para modificación o ingreso de información y creación de copias de seguridad.

- **Áreas.** En este enlace se encuentran registradas las 20 áreas de servicio clínico-hospitalario, incluida la sección de equipamiento industrial, con opción de registrar nuevas áreas que se creen en el futuro, o bien eliminar alguna que ya no este en servicio.

De esta manera, al enlazarse con determinada área, se direcciona una nueva página con la respectiva dotación de equipos. Dentro de cada área, existe la posibilidad de realizar la entrada de un nuevo equipo.

- **Equipos.** Al remitirse a este vínculo, se encuentra el equipamiento general del hospital, sin tener en cuenta el área al que pertenece.

Aquí, los equipos se encuentran distribuidos por clase, esto quiere decir, que se tiene acceso a determinado equipo ubicando primero a la clase a la que pertenece. En este enlace, es posible crear nuevas variables involucradas en la creación de un nuevo registro de un equipo, tales como, clases de equipo, por ejemplo *Incubadoras Neonatales, Electrocardiógrafos, Ventiladores*, y demás, registrar nuevas marcas, por ejemplo *Atom, Drager, Akoma, etc.*

Así, si se quiere acceder a una Incubadora Neonatal marca *ATOM* modelo *V-80*, se busca la clase a la que pertenece, en este caso es Incubadora Neonatal.

Ahora, dentro de cada clase de equipo, se encuentra consignados todos los equipos pertenecientes a la clase en la que se ingresa, en la que se puede visualizar el código del equipo, el cual es asignado por el Área de Recursos de la institución, la clase de equipo, la marca, y el modelo.

Cada uno de ellos, se direcciona a una nueva ventana de exploración, en la que se puede encontrar hipervínculos para acceder a la hoja de vida, o la creación de la misma si esta no existe, el historial de mantenimiento del equipo, además de un vínculo para generar un nuevo reporte de mantenimiento y otro para acceder a los reportes generados a fin de llevar un control por parte de la coordinación de mantenimiento.

En cuanto a las hojas de vida o fichas técnicas de los equipos, son un recurso que garantiza un adecuado inventario de los diferentes elementos, lo cual facilita el manejo de los mismos y su mantenimiento.

Toda hoja de vida de equipos para control de mantenimiento tiene la siguiente información:

- Nombre del equipo, marca y serie.
- Fecha de recepción del equipo, condiciones de funcionamiento.
- Componentes del equipo.
- Usos del equipo.
- Listado de repuestos y proveedores.
- Duración de las garantías.
- Precauciones en su utilización.
- Historial operativo de emergencias.
- Personal especializado en su utilización.
- Historial de traslados.
- Historial de mantenimiento.
- Procedimiento para puesta a punto.
- Fechas de limpieza, inspección visual y reemplazo de piezas defectuosas.

- Fechas de cambio de aceites y combustibles.
- Personas responsables del mantenimiento y operación del equipo.
- Observaciones generales.

Dentro de este marco, y gracias a la colaboración del personal pasante de ingeniería electrónica que desarrolla el proyecto de pasantía en forma paralela, se encarga de la digitación de cada una de las hojas de vida del equipamiento biomédico e industrial de uso hospitalario del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. con su respectivo historial de mantenimiento preventivo y/o correctivo, lo anterior se desarrolla basado en el formato manejado para este propósito, el cual fue aprobado por Gestión de Calidad, dependencia adscrita al Hospital.

Como resultado se logra asentar las hojas de vida de 472 Equipos, distribuidos en 20 áreas de servicio, dentro de la base de datos desarrollada.

Para la creación de una nueva hoja de vida, se utiliza un formulario, el cual se diligencia, y se guarda en un archivo tipo hoja de cálculo, para ser visualización.

- **Reportes de Mantenimiento.** Una vez se localiza el equipo de interés, es posible generar un reporte de mantenimiento que consigna la siguiente información básica:

- Nombre del equipo
- Localización del equipo.
- Daño encontrado.
- Tipo de mantenimiento realizado.
- Descripción de las actividades realizadas y las piezas reemplazadas.
- Fecha de la actividad.
- Tiempo empleado en el mantenimiento.
- Monto total del mantenimiento.
- Responsables y especialistas que efectuaron el mantenimiento.
- Observaciones.

El objetivo de este recurso, es la de efectuar un control acerca de la intervención realizada en un equipo específico, y sobre la persona quien lo ejecutó, con el fin de tomar las medidas respectivas, de acuerdo al caso que se presente.

El formato que se adopta para la realización del Reporte de Mantenimiento, se ajusta al formato existente, aprobado por Gestión de Calidad del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

Al igual que en las hojas de vida, los reportes de mantenimiento, se generan a partir del diligenciamiento de un formulario, que registra la información básica

antes mencionada; el archivo se guarda en el disco de almacenamiento en formato *PDF (Portable Document Format)*, en versión para impresión.

- **Manuales Básicos.** Conjuntamente a lo anterior, y acatando a una de las solicitudes realizadas por parte del personal de mantenimiento, ante la necesidad de establecer unas normas y cuidados básicos de los equipos, se adjunta instructivos con información general acerca de la descripción del equipo, sus componentes, uso adecuado, precauciones y mantenimiento a realizar de la dotación de las áreas del hospital, con el propósito de que los operarios y el cuerpo del área de mantenimiento, puedan apoyarse en ellos y de esta manera alargar la vida útil del equipamiento y prestar una mejor asistencia en el momento de ejecutar una tarea de soporte técnico.

A continuación, el texto en letra cursiva, muestra un ejemplo de un manual básico de un equipo del área de Laboratorio Clínico:

BAÑO DE MARIA

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

Los baños de María, son equipos de uso frecuente en el Laboratorio Clínico, ya que en las reacciones químicas la temperatura es un factor importante.

Por regla general se utilizarán 37°C para reacciones enzimáticas. Estas tienen la función de llevar y mantener una muestra a una temperatura específica.

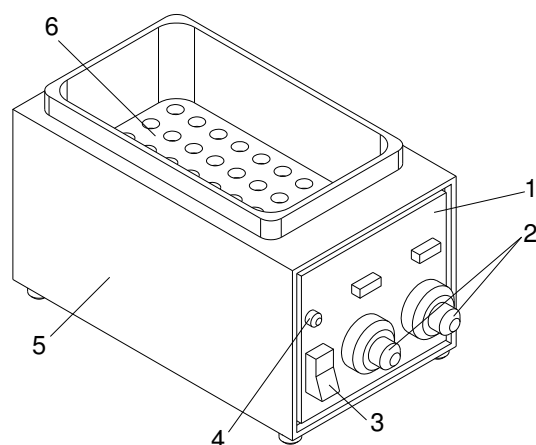
En el laboratorio médico tienen muchas aplicaciones tales como activar procesos enzimáticos o proporcionar condiciones óptimas para cultivos (a 56°C en serología y en algunas pruebas a 100°C para acelerar las reacciones), se pueden clasificar por tamaño en grandes, medianos y pequeños.

OPERACIÓN DEL EQUIPO

Antes de encenderlo, cuidar que tenga agua destilada a la altura marcada por el fabricante, o que esté cubriendo la resistencia.

Ajustar la temperatura deseada, con el regulador termostático.

PARTES DEL EQUIPO



1. Panel de control
2. Controles de temperatura
3. Interruptor
4. Indicador
5. Chasis
6. Rejilla
7. Gabinete

Figura 14. Manual Básico – Partes Baño de María

CUIDADOS DEL EQUIPO

- Al encenderlo, tener cuidado que el agua cubra la resistencia en forma completa, especialmente en los baños que utilizan bombas de circulación.
- Al utilizar termómetros en un Baño de María, este debe estar suspendido dentro del agua, no descansando en el fondo del baño.
- El agua del baño de María, debe cambiarse semanalmente.

Se decidió, incluir los manuales básicos de las áreas de mayor importancia en el hospital, además de la opción de poder incluir nuevos manuales, según sea necesario.

- **Lista de Manuales Existentes.** Este ítem, corresponde al inventario de manuales a los que se tiene acceso en el Área de Mantenimiento. La importancia de esta información radica, en la verificación rápida y sencilla, de la existencia de un manual para ser consultado.

La información disponible acerca de los manuales es la siguiente:

- Clase de equipo
- Marca

- Modelo
- Tipo
- Número de ejemplares
- Idioma
- Observaciones

Para el manejo de préstamos de manuales, se agrega una opción en la cual se registra el nombre de usuario, el número de ejemplares solicitados, y la fecha en que se realiza el préstamo.

- **Plan de Mantenimiento Preventivo.** Este vínculo es exclusivo de cada usuario al que se le haya asignado tareas de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos.

Aquí se registra, el tiempo en el que se tiene que ejecutar el plan en determinada área de servicio clínico-hospitalario, para efectos de control del cronograma establecido por Coordinación de Mantenimiento.

- **Estadísticas.** Espacio diseñado para la carga de archivos relacionados directamente con el Área de Mantenimiento, como por ejemplo, inventario de equipo, documentación relacionada con contratos de mantenimiento externo, oficios varios, entre otros, con el propósito de remitirse a esta documentación en forma simple y ágil.

La concepción y el diseño son originales, siguiendo los lineamientos del entorno gráfico del sitio Web <http://www.hosdenar.gov.co>, perteneciente al Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

Una vez realizada la plataforma, se convoca una socialización de la misma ante la Coordinación de Mantenimiento, el personal involucrado en las labores de mantenimiento del hospital, además de contar con la presencia el Ingeniero director del proyecto de pasantía.

De esta forma, la propuesta es acogida favorablemente, por lo que se procede a la respectiva instalación de la Base de Datos, en el equipo de cómputo designado a Coordinación de Mantenimiento.

A continuación se muestra un diagrama de bloques para explicar en forma sencilla la estructura de la página web encargada de administrar la base de datos. El diagrama no indica la Administración desarrollada en *SQL*, simplemente como la plataforma PHP accede a los datos.

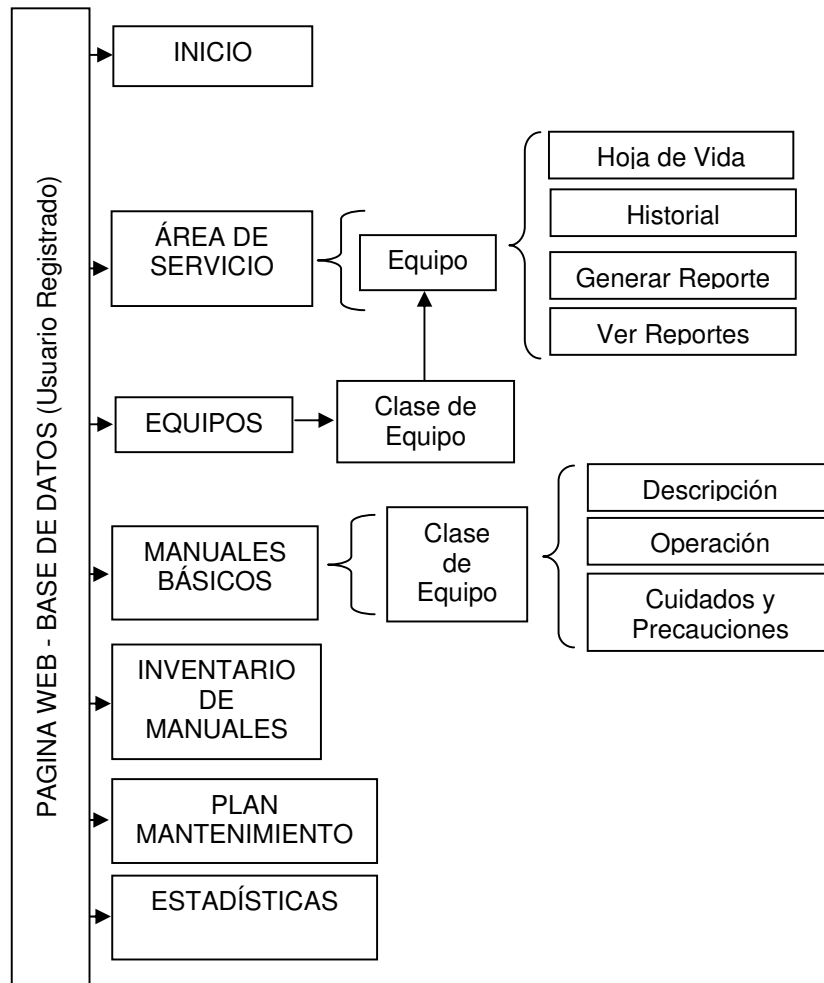


Figura 15. Diagrama de Bloques Página Web – Base de Datos

7. APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO

En forma alterna a las labores de repotenciación e implementación de base de datos, se lleva a cabo diversas labores de apoyo, al personal de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño.

Dichas tareas, están especialmente dirigidas, al mantenimiento preventivo de Incubadoras Neonatales, las cuales forman parte esencial de la dotación de equipos biomédicos de la institución, y que se encuentran distribuidas en las áreas de Neonatología, Unidad de Cuidados Intensivos para Neonatos y Sala de Partos.

La documentación presentada a continuación, hace parte de los conceptos básicos, procedimientos y protocolos empleados al momento de realizar el mantenimiento preventivo de una Incubadora Neonatal estándar.

7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO A INCUBADORAS NEONATALES

La incubadora Neonatal proporciona a los recién nacidos críticamente enfermos o de alto riesgo, que son incapaces de regular su propia temperatura, un ambiente en el que la temperatura, la concentración de oxígeno y la humedad relativa, puedan ser regulados.

En esta situación, es de especial importancia, los requerimientos de oxígeno, ya que los neonatos en estas condiciones, son propensos a problemas respiratorios, debido a que sus pulmones no son capaces de suministrar el suficiente oxígeno.

Actualmente existen varios principios de calentamiento en el que se basa el funcionamiento de las incubadoras. Las más comunes, son las de calentamiento por radiación y las de calentamiento de aire por convección. Estas últimas, son las de mayor preponderancia en las áreas antes mencionadas.

La dotación de incubadoras neonatales del hospital, utilizan básicamente el sistema de calentamiento por convección, el cual trabaja haciendo pasar aire con temperatura controlada a través de la cabina que aloja al bebé para mantenerlo a la temperatura deseada. En los equipos modernos, la temperatura es regulada utilizando un sistema de control proporcional. En principio, la temperatura del flujo de aire hace variar la resistencia del sensor de temperatura o “termistor”, la cual es comparada a una resistencia que corresponde a la temperatura deseada.

Algunos modos de operación de la incubadora utilizan la temperatura de la piel del infante como parámetro de control. En esta modalidad el sensor o “termistor” debe ser colocado directamente a la piel.

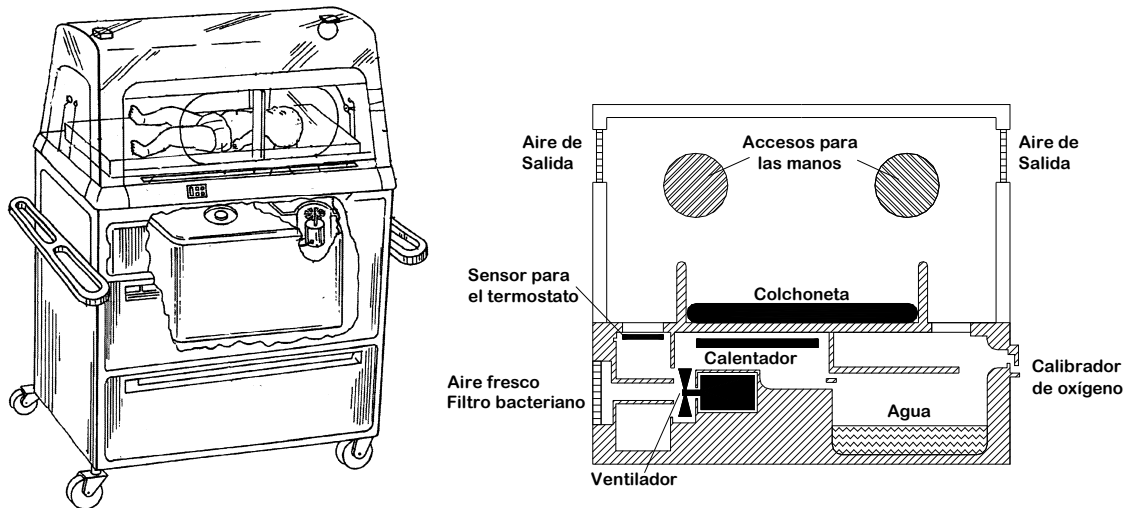


Figura 16. Incubadora Neonatal de calentamiento de aire por convección – Partes
Fuente: INFANT INCUBATOR WITH NON-CONTACT SENSING AND MONITORING.
United States, 2008. < <http://www.freepatentsonline.com/6679830-0-large.jpg>>

La incubadora con control de temperatura de aire puede ser dividida en los siguientes componentes:

- **Compartimiento para el Bebé.** El ambiente que rodea al niño está aislado a través de paredes y compuertas de acrílico transparente. El acceso al bebé se realiza utilizando compuertas de brazo o la compuerta principal de la cabina.
- **Circulación del Aire.** El aire caliente que proviene del ventilador, pasa entre las paredes de la cubierta siguiendo toda la curvatura de la cabina, como se muestra en la Figura 16, para luego mezclarse con aire fresco (u oxígeno) y entrar a la unidad procesadora de aire (calentador, filtro, humidificador y ventilador).

Los procedimientos para el mantenimiento de estos equipos son los siguientes:

7.1.1 Limpieza y Desinfección.

- **Material a utilizar**

Agua tibia, jabón suave, franela limpia y seca, cubeta grande, germicida o desinfectante.

- **Pasos sucesivos para la limpieza**

Antes de limpiar, se debe remover todo desecho sólido encontrado en el equipo.

- 1) Desconectar el cable de suministro de energía eléctrica, y todo suministro de oxígeno.
- 2) Extraer el módulo de control.
- 3) Colchón:
 - a) Remover y limpiar todas las superficies con jabón y agua tibia.
 - b) Colocar aparte en una superficie limpia.
- 4) Plataforma principal y empaque principal.
Remover y limpiar con jabón suave y agua tibia, en detergente germicida. El Jabón y el detergente deben ser inodoros.
- 5) Mangas del diafragma:
 - a) Remover y lavar en agua tibia con jabón suave.
 - b) Colocarlas en una superficie limpia cubriendo con toalla limpia.
- 6) Conjunto de aros para las mangas del diafragma:
 - a) Remover el aro retén.
 - b) Remover el conjunto de aros hacia interior de la cubierta.
 - c) Limpiar el retén y aros con jabón suave y agua limpia.
- 7) Deflector de humectación.
 - a) Remover de la incubadora y colocar dentro de la cubeta de esterilización.
 - b) Llenar la cubeta con detergente germicida cubriendo el deflector.
 - c) Dejarlo en la cubeta por lo menos 10 minutos.
- 8) Grupo motor (módulo).
 - a) Desconectar el cable de alimentación del costado de la incubadora.
 - b) Remover el grupo motor totalmente.
 - c) Colocar el grupo motor en la cubeta de esterilización llenada con detergente germicida hasta el reborde de apoyo (Si este esta sellado herméticamente).
- 9) Tubo de aire.
 - a) Llenar el depósito de humedad volteando la boquilla de llenado.
 - b) Lavar todas las superficies con un trapo empapado con detergente germicida.
- 10) Fundición de acondicionamiento y depósito de humedad.
 - a) Drenar el depósito de humedad volteando la boquilla de llenado.
 - b) Lavar todas las superficies con un trapo empapado con detergente germicida.

- 11) Boquilla de llenado del depósito de humedad.
 - a) Llenar el depósito de humedad con detergente germicida.
 - b) Después de 10 minutos, drenar a través de la boquilla de llenado, dándole vuelta a la misma.
 - c) La boquilla de llenado puede removerse para facilitar la limpieza.

- 12) Placa corrediza de ajuste de humedad.
 - a) Remover las dos perillas que guían la placa corrediza localizada sobre el extremo izquierdo de la plataforma.
 - b) Lavar la placa y asiento con detergente germicida.

- 13) Cubierta transparente.
 - a) Limpiar todas las superficies internas con trapo limpio empapado con agua tibia, jabón suave y detergente germicida.
 - b) Seguir el mismo paso con superficies exteriores como también todos los accesos y orificios de la cubierta.

- 14) Microfiltro
 - a) No tratar de limpiar el microfiltro usado ni debe darle vuelta. Reemplazarlo por lo menos cada tres meses.
 - b) Aflojar las dos perillas de la cubierta del filtro.
 - c) Remover el microfiltro usado.
 - d) Limpiar las superficies del reverso del filtro con detergente germicida.
 - e) Al reemplazar el elemento de filtro, se debe pegar una etiqueta en el exterior de la tapa, con la fecha inscrita.

7.1.2 Precauciones. Desechar todo material descartable después de cada limpieza. No se debe emplear alcohol, tinturas o agentes limpiadores fuertes, pues estas sustancias producen grietas y manchas en el material de la cubierta transparente.

7.1.3 Pasos de Armado de la Incubadora Neonatal.

- 1) Colocar el grupo motor (módulo de control).
- 2) Colocar el deflector de humedad dentro del depósito.
- 3) Colocar las placas corredizas de la humedad donde corresponda.
- 4) Colocar el empaque principal en la base de la campana.
- 5) Conjunto de plataforma.
- 6) Colocar el colchón.
- 7) Colocar los aros e iris.
- 8) Colocar las mangas del iris.
- 9) Colocar la campana y ciérrela.
- 10) Colocar el cable de alimentación al módulo de control.

11) Si es posible, se debe cubrir con una funda protectora para mantener limpio hasta que se ponga en uso.

7.1.4 Normas de Seguridad e Higiene. Para poner en funcionamiento, después de un Mantenimiento a la incubadora, se deben mantener las siguientes normas de seguridad:

- a) La incubadora y el reductor de oxígeno deben estar limpios, es prohibido usar lubricantes diluidos o tocar el equipo con las manos impregnadas de grasa o aceite. En las llaves de tuercas no está permitido ningún tipo de aceite.
- b) En caso de defectos o deterioros del manómetro o reductor (de oxígeno) está prohibido permitir trabajar con dicho equipo hasta corregirlos.
- c) Está prohibido abrir la válvula de entrada de oxígeno, repentinamente o golpearla.
- d) Después de la dosificación de oxígeno, la válvula de entrada de oxígeno debe encontrarse en posición cerrada, al mismo tiempo el reductor se debe liberar de la presión.
- e) Los accesorios y empaques para oxígeno deben mantenerse libres de aceites y grasas, las válvulas deben abrirse lentamente.

7.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO ADICIONALES

Entre otras tareas de mantenimiento realizadas, se encuentra las labores de apoyo en mantenimiento correctivo en el Área de Sistemas, en dispositivos de potencia como Unidades de Potencia Ininterrumpida y estabilizadores de energía, así como en el Área de Radiología y Laboratorio Clínico, en equipos de grabación y Equipos de Rayos X.

Lo anterior, supervisado por el personal de mantenimiento encargado de estas áreas de servicio. Los reportes de estas actividades se encuentran almacenados en Coordinación de Mantenimiento.

8. ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS

Gracias a la gestión de Coordinación de Mantenimiento, y de manera constante, se contó con la oportunidad de asistir a capacitaciones dirigidas al recurso humano de esta área.

Los temas tratados son de diversa índole entre las cuales se destacan:

Mantenimiento preventivo y correctivo de diferentes dispositivos y elementos de uso biomédico como Camillas y Equipos de Cirugía - Stryker.

Manejo de Riesgo Hospitalario concerniente al manejo de Gases Medicinales, dirigido por la empresa AGA FANO S.A.

Seminarios de Prevención ante Desastres Naturales y Toxicología, presentados en el marco del desarrollo de la Semana de la Salud Ocupacional.

Además, se participó, en distintas actividades lúdicas programadas por el Hospital, con el propósito de fomentar buenas relaciones humanas entre los trabajadores de la Institución y así alcanzar un mejor ambiente de trabajo.

Las actividades antes mencionadas, no afectaron el normal curso del cronograma propuesto.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES															
	Mes 1		Mes 2			Mes 3			Mes 4		Mes 5		Mes 6			
Recopilación de Información.	■	■	■	■												
Evaluación y análisis.		■	■	■	■											
Implementación Base de Datos.			■	■	■	■	■	■								
Mantenimiento preventivo. Incubadoras Neonatales)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Estudio y reconocimiento Equipo de Esterilización.				■	■	■										
Recuperación Equipo de Esterilización.						■	■	■	■	■						
Análisis y Diseño (Repotenciación Equipo de Esterilización).							■	■	■	■						
Pruebas y simulaciones (Repotenciación Equipo de Esterilización).								■	■	■	■					
Montaje y Pruebas Finales (Repotenciación Equipo de Esterilización.)											■	■	■	■	■	
Documentación			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 2. Cronograma de actividades

10. CONCLUSIONES

Una adecuada planeación de mantenimiento a equipos biomédicos e industriales de uso hospitalario, como es el caso del Autoclave en el cual se trabajó en esta pasantía, es indispensable para sostener a largo plazo la vida útil de la dotación tecnológica de aplicación médica, de una entidad que presta servicios en salud.

Así, los equipos actuales pertenecientes a las distintas áreas de servicio clínico – hospitalario, del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., debido a diferentes causales de deterioro, como la incorrecta manipulación del dispositivo, desgaste normal del equipo por tiempo de operación, entre otras, pueden generar un estado inseguro y poco funcional para la atención oportuna a los pacientes, situación que no obedece a la misión propuesta por esta prestigiosa entidad. Tal fue el caso de uno de los Autoclaves adscrito a la central de esterilización, que se encontró fuera de servicio durante un extenso periodo de tiempo, en un área de vital importancia para el normal desarrollo de las actividades del hospital. En el transcurso de la pasantía, se logró restablecer las condiciones operacionales del equipo, permitiendo aplicar el conocimiento adquirido en el Alma Mater, y orientarlo al servicio de la comunidad nariñense.

Por otra parte, la solicitud especial de la Coordinación de Mantenimiento, ante la necesidad de gestionar un correcto soporte de información de los equipo en cuestión, el cual que sea práctico y eficiente, para su empleo por parte de los encargados del mantenimiento, como para operarios y directivas de la institución, fue el motor para la realización de la Base de Datos implementada.

En general, la experiencia adquirida en un entorno laboral, principalmente, en el área de equipos electrónicos especializados en la rama de la medicina, consolida el vínculo del profesional de Ingeniería Electrónica en el ámbito de las instituciones prestadoras de salud que requieran este tipo de asistencia.

11. RECOMENDACIONES

Continuar el proceso de repotenciación de los equipos de esterilización, ya que debido a su antigüedad, presentan fallos con regularidad en sus componentes análogos, convirtiéndose así en un campo propicio para la aplicación de conocimientos en electrónica.

Realizar un seguimiento al equipo intervenido, mediante las rutinas de mantenimiento reglamentadas por el Área de Mantenimiento de la institución.

Capacitar al personal encargado de la operación de equipos biomédicos y de uso hospitalario, a fin de garantizar el uso eficiente, correcto y seguro de los mismos.

Capacitar al personal del Área de Mantenimiento, en el manejo de la base de datos implementada, ya que este es un recurso multiusuario, que facilita las operaciones llevadas a cabo en esta área. Además, es conveniente instalar una red informática local, en cuyo servidor se encuentre instalada la base de datos, con el propósito de acceder desde cualquier punto en el Hospital, a la información allí consignada.

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL -. La Tecnología Biomédica y su Evaluación.

Disponible en la página Web:

<<http://minproteccion-social.gov.co/VBeContent/Library/documents/DocNewsNo15750DocumentNo3403.pdf>>

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Dispositivos Médicos, Decreto 4725 de 2005. Bogotá 2005.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1011 de 2006. Bogotá: 3 de abril de 2006.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1769 de 1994. Bogotá: agosto de 1994.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2008.

Disponible en la página Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/index>>

DEPERT W. / K. Stoll. “Dispositivos Neumáticos” Ed. Marcombo Boixareu. España. Barcelona, 2000.

ELECTRONICSFORU. Circuit Lab. EFY Enterprises, 2008.

Disponible en la página Web:

< <http://www.electronicsforu.com/electronicsforu/default.asp>>

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA - ÁREA LATINOAMERICANA. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario.

Disponible en la página Web: <<http://www.gruposaludgtz.org/>>

MAILXMAIL – CURSOS GRATUITOS. Gestión De Mantenimiento Hospitalario.

Disponible en la página Web:

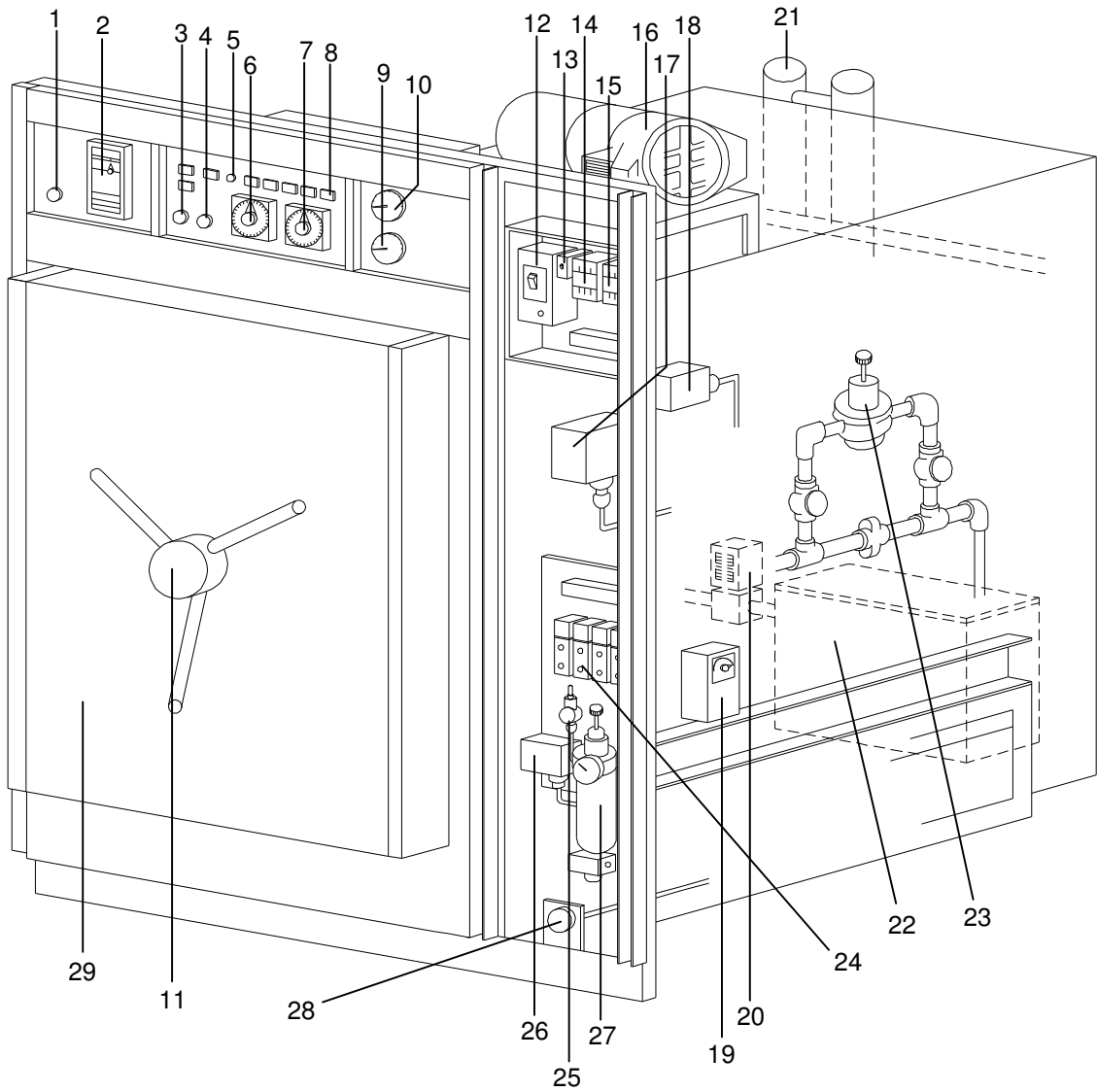
<<http://www.mailxmail.com/curso/vida/mantenimientohospitalarioii>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Compendio Tesis y otros trabajos de grado. Edición Actualizada. Bogotá: ICONTEC, 2007.

UDONO LIMITED. STERILIZERS -. Instruction Manual. Japón, 1980.

ANEXOS

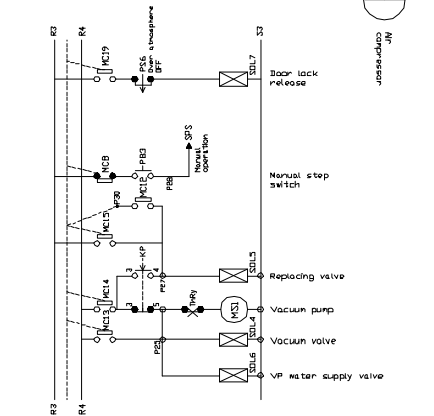
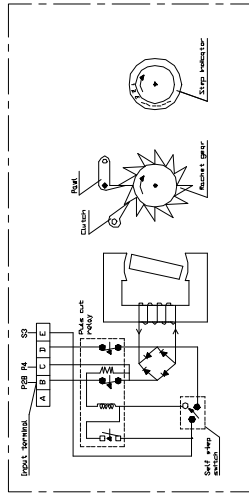
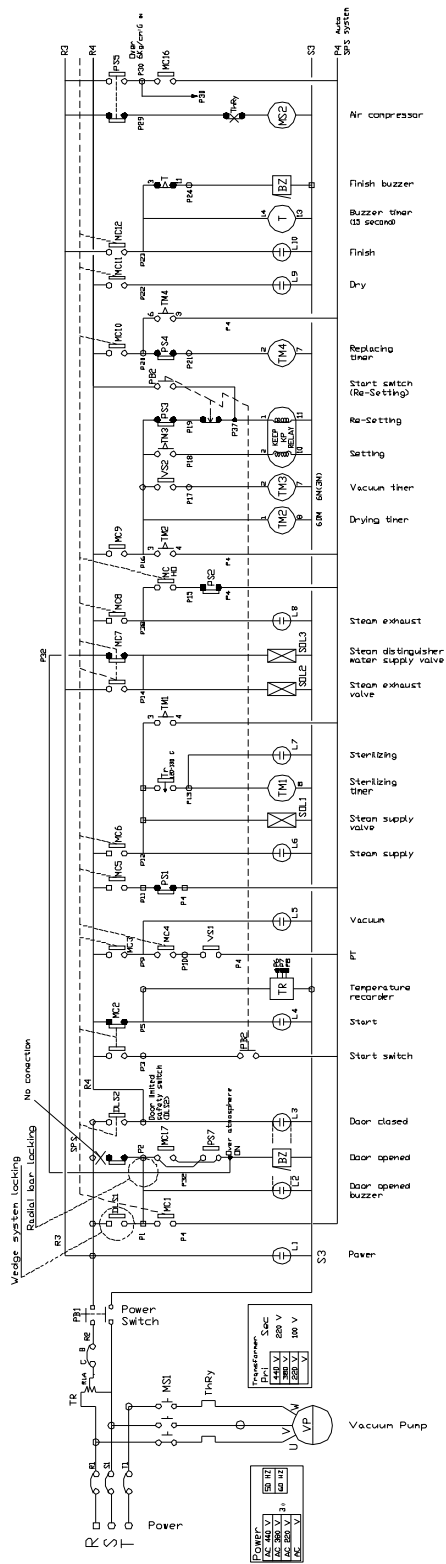
Anexo A. Equipo de Esterilización Marca UDONO Modelo SRSP – II – 24
(a) Diagrama Físico Autoclave, (b) Tabla con la lista de componentes y
(c) Plano Eléctrico



(a)

NUMERO COMPONENTE	NOMBRE
1	Alarma sonora de Finalizado
2	Registrador Térmico. (Registra la temperatura de descarga de vapor en la cámara).
3	Interruptor Eléctrico Principal.
4	Interruptor de Inicio.
5	Interruptor para Operación Manual.
6	Temporizador de Esterilización. Configurable a una hora máximo.
7	Temporizador de Secado. Configurable a una hora máximo.
8	Bombillos pilotos. Indicadores de condición del proceso.
9	Manómetro compuesto. Indica la presión en la cámara, la escala roja indica vacío.
10	Manómetro Chaqueta.
11	Manija manual de cerrado.
12	Interruptor diferencial sin fusible.
13	Interruptor diferencial para accidentes en el circuito operacional.
14	Interruptor Magnético ON/OFF de la Bomba de Vacío.
15	Interruptor Magnético ON/OFF del Compresor de Aire.
16	Compresor de Aire.
17	Pulsador al sensor de presión, para operación automática.
18	Interruptor de presión al sensor de presión remanente en la cámara.
19	Control de Temperatura, registra los cambios de temperatura en la cámara.
20	Válvula de Control de Temperatura al control de temperatura del agua del tanque de condensación.
21	Tanque de almacenamiento de aire comprimido.
22	Tanque de condensación para procesos de drenaje de cámara y chaqueta.
23	Válvula de control de vapor para cámara y chaqueta.
24	Válvulas Electromagnéticas tipo Solenoide, para control neumático.
25	Válvula del sistema principal de presión para distribución de aire comprimido.
26	Interruptor de Presión para el control del aire comprimido.
27	Filtro Regulador para el control de presión del sistema neumático.
28	Válvula principal de suministro de vapor.
29	Puerta Equipo Esterilización.

(b)



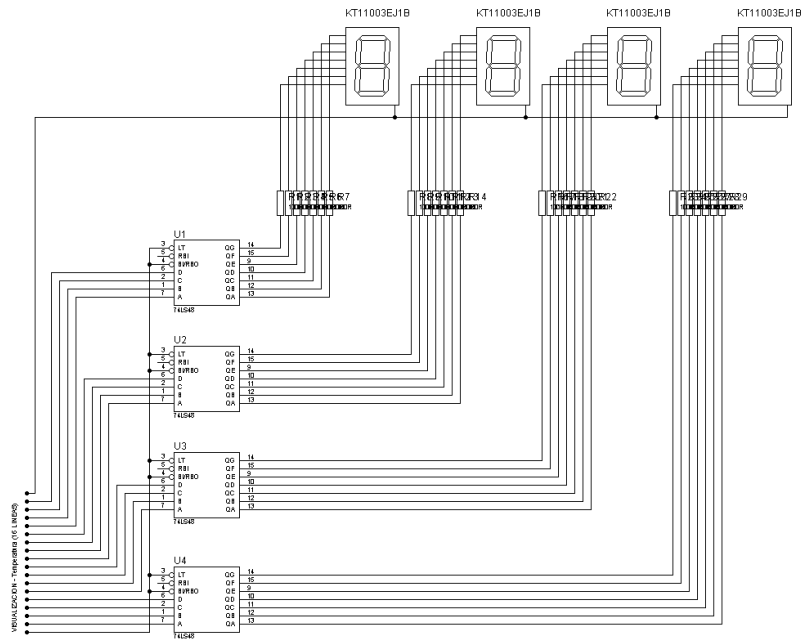
STEP No.	MC MICRO SWITCH No.																			CYCLE NAME	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
1																					START
2																					WAIT
3																					VACUUM
4																					STEAM SUP.
5																					VACUUM
6																					STEAM SUP.
7																					VACUUM
8																					STEAM SUP.
9																					STERILIZING
10																					STEAM EXH.
11																					DRYING
12																					REPLACING
13																					FINISH

	1	2	3	4	5
Set Pressure	VS1 -600mmHg	PS1 -50mmHg	FS2 0.2kg/cm ² G	VS2 -600mmHg	PS3 PS4 -100mmHg

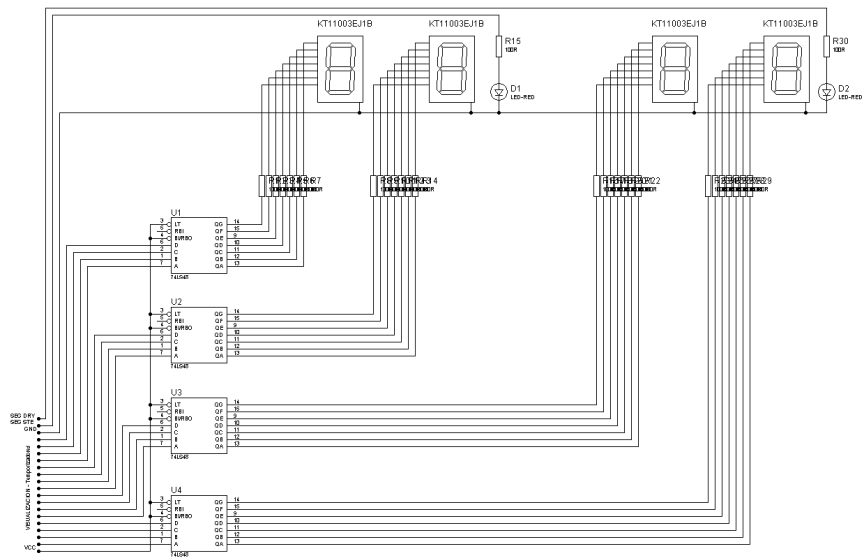
udomo limited Tokyo	SEQUENCE with door lock mechanism	U24395E
	TYPE CSRS3 R-II-N	

(c)

**Anexo B. Diagramas Electrónicos Circuito de Repotenciación.
 (a) Visualización Temperatura y (b) Visualización de Tiempos de Esterilización – Secado**

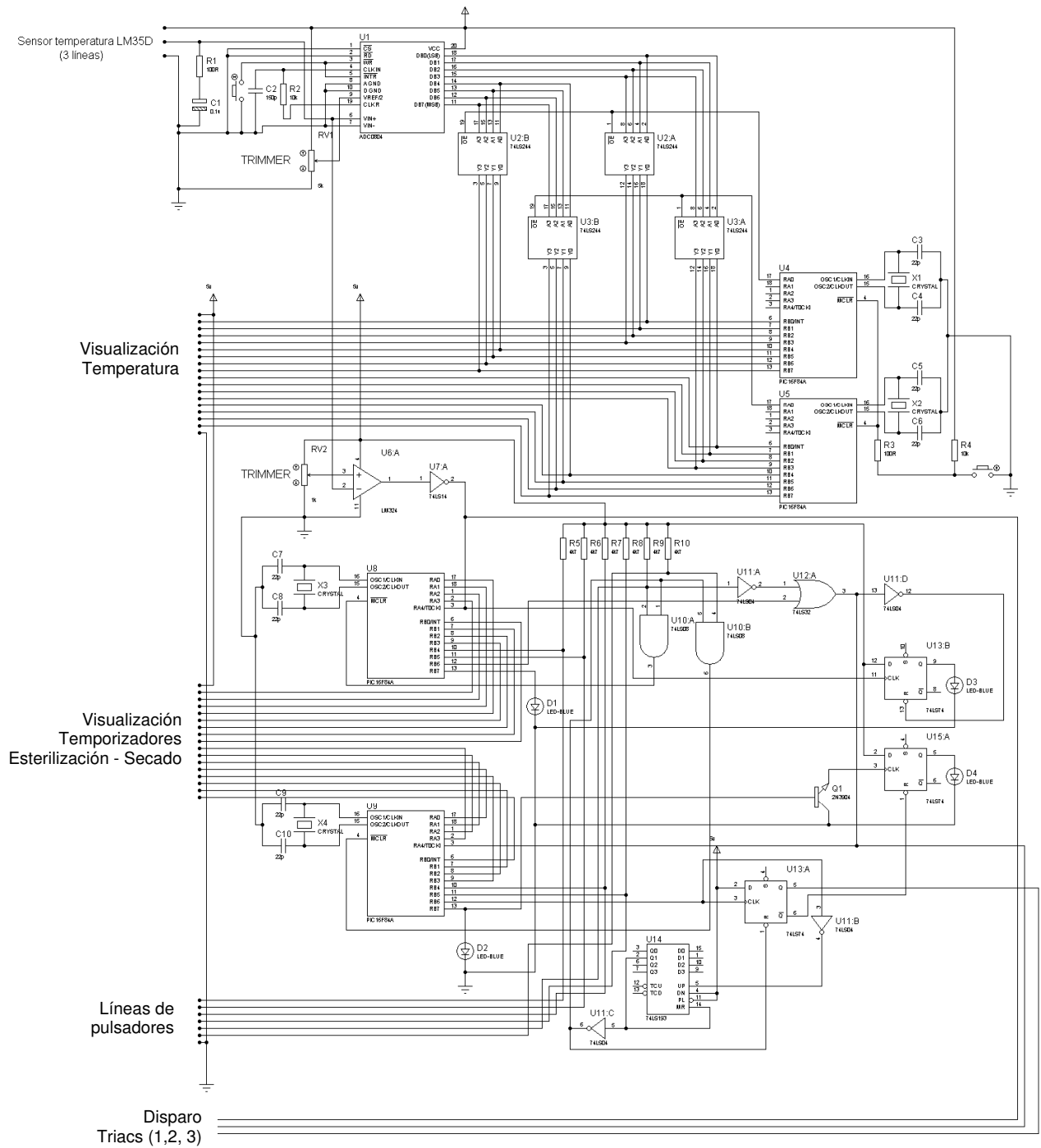


(a)

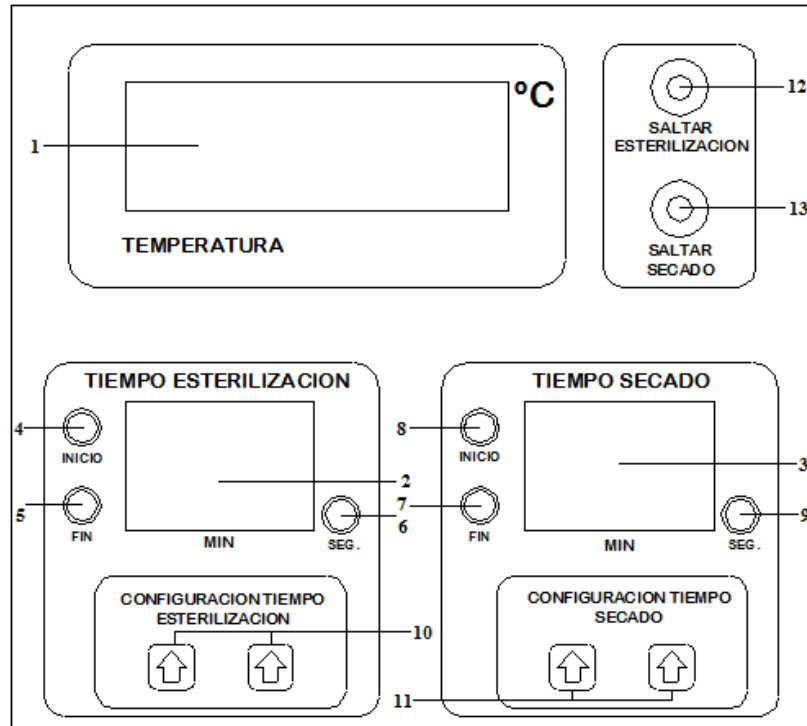


(b)

Anexo C. Diagrama electrónico Circuito de Repotenciación. Control de Temperatura y de Tiempos Esterilización – Secado



Anexo D. Manual de Operación – Equipo de Esterilización
(a) Panel digital de control y visualización, (b) Instrucciones de operación y
(c) Observaciones



1	Panel <i>visualización temperatura cámara °C</i>
2	Panel <i>visualización tiempo de esterilización</i>
3	Panel <i>visualización tiempo de secado</i>
4	Indicador <i>inicio esterilización</i>
5	Indicador <i>fin esterilización</i>
6	Indicador <i>segundos tiempo esterilización</i>
7	Indicador <i>fin secado</i>
8	Indicador <i>inicio secado</i>
9	Indicador <i>segundos tiempo secado</i>
10	Botones <i>configuración tiempo esterilización</i>
11	Botones <i>configuración tiempo secado</i>
12	Botón <i>saltar esterilización</i>
13	Botón <i>saltar secado</i>

(a)

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

1. Encienda el equipo, presionando el botón POWER (Panel principal).
2. Introduzca la carga o material a esterilizar.
3. Cierre la puerta por completo (El indicador D.OPEN cambiará a D.CLOSE).
4. Una vez cerrada la puerta proceda a configurar los tiempos de esterilización y secado en el panel digital de control y visualización, así:
 - a) Pulsando los botones 10 configure el tiempo de esterilización. Estos botones incrementan respectivamente las decenas y unidades del tiempo, permitiendo un valor máximo de 60 minutos.
 - b) Pulsando los botones 11 configure el tiempo de secado. Estos botones incrementan respectivamente las decenas y unidades del tiempo, permitiendo un valor máximo de 60 minutos.
5. Una vez configurados los tiempos deseados, presione el botón START (Panel principal), para dar inicio al proceso.
6. El proceso se desarrollará automáticamente de la siguiente manera:
 - Primera etapa → Prevaciado: Tres ciclos de vacío
 - Segunda etapa → Suministro de vapor: Ingreso de vapor a la cámara, hasta alcanzar temperatura de esterilización (120 – 122 °C).
 - Tercera etapa → Esterilización: El indicador 4 se enciende, el tiempo de esterilización descende, y el indicador 6 parpadea, señalando el transcurso del tiempo; se registrarán valores uniformes de temperatura, en el panel de visualización 1. Una vez finalizado el tiempo de esterilización el indicador 5 se enciende, dando paso a la siguiente etapa.
 - Cuarta etapa → Descarga de vapor (EXH): Transcurre un tiempo aproximado de 1m 30 segundos, garantizando la descarga de vapor de la cámara.
 - Quinta etapa → Secado: El indicador 8 se enciende, el tiempo de secado descende, y el indicador 9 parpadea, señalando el transcurso del tiempo; la temperatura descenderá, señalando la realización del ciclo de vacío. Una vez finalizado el tiempo de esterilización el indicador 7 se enciende, dando paso a la siguiente etapa.
 - Sexta etapa → Fin (FINISH): Se normalizan los niveles de presión en la cámara (0), se enciende el indicador FINISH (Panel principal) y suena la alarma indicando el fin del proceso de esterilización.
7. Abra la puerta, cerciorándose de que la presión en la cámara es la adecuada y que la temperatura no supera los 100 °C. Retire el material esterilizado, y apague el equipo presionando el botón POWER (Panel principal).

(b)

OBSERVACIONES

1. El panel digital de control y visualización permanecerá siempre encendido, indicando la temperatura actual de la cámara. Los temporizadores, antes de ser configurados, estarán en cero (0), de no ser así, presione los botones 12 y 13 para llevarlos a cero (0).
2. En caso de corte de energía, reinicie el proceso.
3. El botón 12 interrumpe el proceso de esterilización, mientras este se esté llevando a cabo, dando paso a la siguiente etapa. El botón 13 interrumpe el proceso de secado, mientras este se esté llevando a cabo, dando paso a la siguiente etapa.
4. Si desea apagar el panel digital de control y visualización, desactive el interruptor eléctrico general del equipo.
5. El equipo puede ser también operado de forma manual, haciendo uso del botón **MANUAL** del panel principal.

(c)

**Anexo E. Registro Fotográfico – Repotenciación.
Equipo de Esterilización Marca UDONO (a) Vista frontal, (b) Vista posterior y
(c) Panel de control original**



(a)



(b)

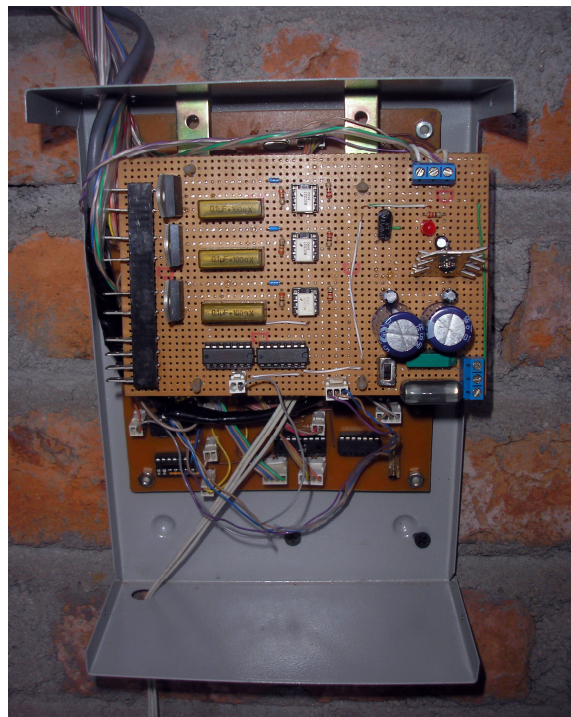


(c)

Anexo F. Registro Fotográfico – Repotenciación.
(a) Panel Digital de Visualización y Control de Usuario y (b) Circuitos de Control y Potencia



(a)



(c)

Anexo G. Registro Fotográfico – Mantenimiento Incubadoras Neonatales



