

**REPOTENCIACIÓN BAÑO DE INCUBACIÓN PARA LABORATORIO CLÍNICO
Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS
BIOMÉDICOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE
NARIÑO E.S.E.**

LUIS FELIPE MORALES MENDOZA

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

**REPOTENCIACIÓN BAÑO DE INCUBACIÓN PARA LABORATORIO CLÍNICO
Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS
BIOMÉDICOS EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE
NARIÑO E.S.E.**

LUIS FELIPE MORALES MENDOZA

**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
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2008**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Junio 03 de 2008

*Dedicado al amor de mi vida, a la mujer
que más amo y que más amor me ha
brindado. A quien le doy mi vida, y a
quien todos los días me da la suya.
A ti, madre.*

***“La vida es lo que te pasa mientras estás
ocupado haciendo otras cosas”***

John Lennon

RESPONSABILIDAD

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

Artículo 1, Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia. A mis padres y hermanas, por el inmenso amor y apoyo que siempre, de forma incondicional, me han entregado.

A mis amigos, por su sincera amistad y por el infinito aprecio que día a día he recibido de su parte. Particularmente a Wilber Andrés Zambrano Nieto quien con su valiosa colaboración influyo decisiva y definitivamente en el feliz termino que se dio a esta meta.

Al personal docente de la Universidad de Nariño, con especial mención al ingeniero José Dolores Rodríguez Martínez, por su invaluable contribución y constante motivación durante mi proceso de formación profesional, y especialmente, en el desarrollo del presente proyecto.

Al personal directivo y técnico del área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., por todo el compañerismo, la colaboración y la experiencia puesta a mí servicio.

A todas las personas que de una u otra forma han aportado a mi vida todo su cariño y sabiduría.

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	21
5. REPOTENCIACIÓN BAÑO DE INCUBACIÓN PARA LABORATORIO CLÍNICO	22
5.1 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO	23
5.1.1 Reconocimiento físico	23
5.1.2 Identificación de características técnicas	24
5.1.3 Identificación de parámetros de funcionamiento	25
5.1.4 Puesta en operación	29
5.2 LABORES DIAGNÓSTICAS	29
5.2.1 Detección de errores	30

5.3 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LABORES DE REPOTENCIACIÓN	32
5.3.1 Selección de labores de repotenciación	32
5.3.2 Ejecución de labores de repotenciación	33
6. LABORES DE APOYO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS	52
6.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO EN EL H.U.D.N E.S.E	53
6.2 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO Y EJECUCIÓN DE LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	54
7. ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS PARA REGISTRO Y SEGUIMIENTO DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS	57
8. ACTIVIDADES ADICIONALES	59
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	60
10. CONCLUSIONES	61
11. RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Descripción, ubicación, registro histórico y técnico: Baño de incubación	24
Tabla 2. Características técnicas: Baño de incubación	25
Tabla 3. Características eléctricas sensor LM35D	36
Tabla 4. Características eléctricas conversor análogo - digital ADC0804	37
Tabla 5. Descripción, ubicación, registro histórico y técnico: Monitor de signos vitales	54

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Baño de incubación para laboratorio clínico	24
Figura 2. Secuencia de operaciones para configuración/medición de variables	26
Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de control, potencia y visualización	34
Figura 4. Circuito sensor de temperatura	36
Figura 5. Circuito de conversión analógica – digital	38
Figura 6. Gráfica teórica Valor binario vs. Temperatura	39
Figura 7. Curva teórica y real Valor binario vs. Temperatura	39
Figura 8. Mensaje de error: sobrepaso de temperatura	41
Figura 9. Circuito de visualización: temperatura del agua	42
Figura 10. Mensaje de confirmación: temperatura de usuario	43
Figura 11. Circuito de introducción de parámetros de usuario y control de calefactor	44
Figura 12. Circuito de potencia del calefactor	45
Figura 13. Circuito temporizador	47
Figura 14. Circuitos de potencia: motobomba/motor	48
Figura 15. Fuente de alimentación DC	49
Figura 16. Panel de control para el usuario	50

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Baño de incubación para laboratorio clínico (Repotenciado), marca YAMATO, modelo BT – 47. (a) Baño de incubación, (b) panel de control.	66
Anexo B. Manual de operación: baño de incubación para laboratorio clínico, marca YAMATO, modelo BT – 47.	67
Anexo C. Monitor de signos vitales, marca CRITIKON, modelo DINAMAP PLUS. (a) Monitor de signos vitales, (b) conector circuito – paciente del módulo de monitorización cardiaca, (c) manguitos para monitorización de presión arterial, (d) electrodos para monitorización de temperatura periférica, (e) sensores de saturación de oxígeno (SatO ₂).	83
Anexo D. Formato de documentos electrónicos para registro y seguimiento del mantenimiento preventivo de equipos biomédicos. (a) Hoja de vida, (b) historial de mantenimiento	85

RESUMEN

El objetivo primordial de toda entidad prestadora del servicio de salud es superar las necesidades y expectativas del usuario, ofreciendo asistencia integral y de alta calidad al paciente. Parte importante de este accionar recae en la utilización de los equipos biomédicos, los cuales ponen a disposición de los profesionales en salud un sin número de ventajas (precisión, fiabilidad, rapidez, etc.) que hacen que su trabajo cuente con mayor eficiencia y eficacia, otorgando a los pacientes seguridad y confianza en los procedimientos clínicos y hospitalarios que le prestan las instituciones de salud.

El presente documento constituye un compendio de las acciones adelantadas durante el desarrollo del proyecto de pasantía llevado a cabo en las instalaciones del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. Las labores aquí descritas están encaminadas, primordialmente, a la repotenciación y ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos adscritos a las áreas clínico – asistenciales de esta entidad prestadora del servicio de salud.

De igual manera, se detalla las labores efectuadas en cuanto a la esquematización y elaboración de documentos electrónicos correspondientes al registro y mantenimiento de equipos biomédicos, y demás actividades hechas en el contexto de una institución hospitalaria, tales como capacitaciones y actos educativos similares.

ABSTRACT

The present document constitutes a summary of the activities that were made during the development of the internship project at the Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. The labors here described are related, primary, at the preventive and corrective maintenance execution, also upgrading, for biomedical equipments that belongs at the clinical areas of this health – promotion institution.

Besides, are itemized the effectuated tasks that concerns at the making and schematization of electronic documents for the registry and maintenance of biomedical equipments, and other activities developed in the context of a medical institution, like vocational trainings and similar academic events.

INTRODUCCIÓN

La electrónica, aplicada en el campo de la medicina, tiene como principal característica la preparación técnico-operativa y el desarrollo de habilidades y destrezas para la prestación de servicios en las diferentes áreas del equipamiento biomédico, por medio del estudio y la práctica de la electrónica, los circuitos, la fisiología y la instrumentación, para el mejoramiento de la calidad de los servicios médico-asistenciales. Su objetivo primordial, es generar el aprendizaje de conocimientos que brinden los soportes teórico-prácticos en ciencias técnicas, como base para la instalación, operación y mantenimiento del equipamiento biomédico empleado en el campo hospitalario y su entorno.

Existen diferentes tipos de dispositivos, instrumentos y sistemas de uso clínico en un hospital, y la complejidad de estos se incrementa cada día más debido a la introducción de nuevas tecnologías. El desarrollo de equipos médicos modernos y mejores representa un beneficio para la ciencia médica, pero al mismo tiempo, crea numerosos problemas relacionados con el manejo de dicha tecnología. Un factor fundamental que incide positivamente en la optimización de los servicios prestados por cualquier institución hospitalaria o clínica es la existencia de un sistema integral en gestión de tecnologías, que incluya la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo y/o correctivo de las tecnologías con que cuenta dicha institución, en forma organizada y sistemática.

Ante esta situación, es de vital importancia que las entidades prestadoras del servicio de salud adelanten un continuo proceso de actualización en el manejo de la tecnología puesta a su servicio, a través de la vinculación y capacitación del personal encargado de la operación, y más aún, del mantenimiento de los equipos. Así, el desarrollo de prácticas y la cooperación interinstitucional permite afianzar y poner al servicio de la sociedad los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, generando profesionales calificados que garanticen eficiencia y seguridad en la operación de los dispositivos.

En el presente proyecto se registra las actividades de repotenciación y mantenimiento preventivo de equipos biomédicos desarrolladas en el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., mediante las cuales se evidencia la trascendencia de la aplicación de la electromedicina a fin de: asegurar el uso óptimo de los recursos tecnológicos con que cuenta la institución, adquirir competencia y preparación en la materia y crear espacios aptos para la investigación, aprendizaje y aplicación de conceptos en ingeniería, puestos al servicio de la comunidad académica y hospitalaria del departamento.

1. REFERENTES DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

REPOTENCIACIÓN BAÑO DE INCUBACIÓN PARA LABORATORIO CLÍNICO Y APOYO EN LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 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 1° del Acuerdo No. 043 de 2002, Reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Efectuar labores de reconocimiento, repotenciación y mantenimiento de tipo preventivo a equipos de uso biomédico pertenecientes a las áreas operacionales del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adelantar el reconocimiento del mobiliario biomédico con el que están dotadas las diferentes áreas del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., al igual que sus características de funcionamiento y mantenimiento, a partir de información existente y/o consignada en la entidad (manuales, hojas de vida, etc.)
- Optimizar los procesos de registro de equipos biomédicos y seguimiento de labores de mantenimiento mediante la elaboración de documentos electrónicos que replacen las existencias en papelería y permitan mejorar: la distribución espacial del archivo del área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. y el acceso a dicha información.
- Ejecutar, específicamente para monitores de signos vitales pertenecientes a diversas áreas del hospital, planes de mantenimiento preventivo acordes y sujetos a las necesidades del equipo y la institución, a los lineamientos demarcados, ya sea por el fabricante o por la entidad, y consecuentes con la normatividad que regula el manejo de tecnología biomédica.
- Realizar la repotenciación del equipo: baño de incubación para el área de laboratorio clínico, mediante el reconocimiento del estado del dispositivo, y el análisis y posterior implementación de herramientas y sistemas electrónicos que optimicen su funcionamiento.
- Adelantar labores conjuntas con el personal adscrito al Área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E y demás personal pasante del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Nariño.
- Adquirir conocimiento y experiencia en el manejo de equipos biomédicos.
- Fortalecer la acción interinstitucional e intersectorial, la construcción de alianzas estratégicas y la modulación de las relaciones entre los diferentes actores y sectores, en pro de la salud pública y la educación superior en el departamento de Nariño.

3. MARCOS

3.1 MARCO CONCEPTUAL

El presente proyecto requiere previo conocimiento de conceptos en tecnología biomédica y gestión de mantenimiento para equipos biomédicos¹ así como de las directrices políticas para la implementación de dichos equipos². Estos, aspectos vitales para la consecución del objetivo principal enmarcado en el proyecto, son los siguientes:

- **Entidad prestadora del servicio de salud.** Grupos de práctica profesional que cuentan con infraestructura física para prestar servicios de salud.
- **Servicio de salud.** Conjunto de servicios que se prestan al usuario en el marco de los procesos propios del aseguramiento, así como de las actividades, procedimientos e intervenciones asistenciales en las fases de promoción y prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación que se prestan a toda la población.
- **Tecnología biomédica:** Conocimientos científicos representados en medicamentos, dispositivos, equipos, y procedimientos médicos quirúrgicos utilizados en la atención en salud y los sistemas de administración y apoyo para proporcionarla.
- **Equipo biomédico.** Aparato o máquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, electrónicas, mecánicas y/o híbridas, desarrollado para realizar las actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.
- **Repotenciación de equipos biomédicos.** Sustitución de uno o varios de los subsistemas principales de un equipo biomédico luego de ser usados en la prestación de servicios de salud o en procesos de demostración. El proceso de repotenciación debe cumplir con las normas de seguridad y los requisitos que especifique el fabricante.
- **Mantenimiento de equipos biomédicos.** 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.

¹ RODRÍGUEZ DENIS, Ernesto. Manual Ingeniería Clínica. La Habana: 2003.

² COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. DIRECCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. Manual de adquisición de tecnología biomédica. Bogotá: 1997.

Tipos de mantenimiento:

- a) **Mantenimiento correctivo.** Conjunto de procedimientos utilizados para subsanar un equipo ya deteriorado, en otras palabras, es la ejecución de acciones para reparar elementos defectuosos por el mal funcionamiento o rendimiento de los equipos.
 - b) **Mantenimiento preventivo.** Inspección periódica a los 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, garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente.
 - c) **Mantenimiento predictivo.** Conjunto de procedimientos orientados al monitoreo frecuente de las condiciones de operación de los equipos, bajo el supuesto de que con el transcurso del tiempo sus parámetros de funcionamiento (temperatura, presión, vibración, etc.) empezarán a cambiar. Permite analizar las causas del cambio y dar solución correcta justo antes de que se produzcan fallas catastróficas.
-
- **Laboratorio clínico.** Área clínico – hospitalaria en la que se efectúan trabajos experimentales y se realizan análisis y exámenes bioquímicos, serológicos, histológicos, citológicos, bacteriológicos, etcétera. La actividad más frecuente de un laboratorio de bioquímica clínica es la realización de análisis químicos cuantitativos en líquidos biológicos humanos.
 - **Baño de incubación.** Equipo biomédico de uso frecuente en el área de laboratorio clínico, encargado de llevar y mantener una muestra inmersa en agua a una temperatura específica (por lo general, 37°C para reacciones enzimáticas, 56°C en serología y en algunas pruebas a 100°C para acelerar las reacciones).
 - **Bomba magnética.** Máquina hidráulica generadora que transforma la energía electromagnética con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. Se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud y para efectos de circulación del fluido.
 - **Monitor de signos vitales.** Equipo biomédico que mide, recoge y muestra información sobre los signos vitales de un paciente (sin invasión a los tejidos) sometido a una vigilancia continua. Se consideran como principales parámetros fisiológicos a monitorear: la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la presión arterial, la temperatura periférica, y la saturación de oxígeno mediante pulsioximetría.

3.2 MARCO REFERENCIAL

La tecnología biomédica es actualmente una de las piezas claves de los sistemas de salud, teniendo implicaciones importantes en la calidad de los servicios. Entidades gubernamentales como la Presidencia de la República, el Ministerio de la Protección Social y la Superintendencia Nacional de Salud, han promulgado la normatividad que propende al mejoramiento de estos, desde lo concerniente a la aplicación de un proceso sistemático e integral de evaluación y mantenimiento del equipamiento biomédico que propicie la planeación y el control para su optima utilización y aprovechamiento.

Tal es el caso de la ley 100 de 1993³ que además de definir la importancia de la tecnología biomédica en el campo de la calidad de los servicios de salud, propone resolver los problemas que presentan las instituciones prestadoras del servicio por la ausencia de mantenimiento a los equipos. Con tal objetivo, en su artículo 189 se establece que las IPS, públicas y privadas, que suscriban contratos con la nación o con entidades territoriales por recursos superiores al 30% de sus ingresos totales deberán destinar un mínimo del 5% de su presupuesto anual para actividades de mantenimiento hospitalario.

En desarrollo de esta norma el Decreto 1769 de 1994⁴ determina los componentes y los criterios básicos para la asignación y utilización del 5% del presupuesto que deben destinar todas las instituciones públicas de prestación de servicios al mantenimiento de la infraestructura y dotación hospitalaria. Por esta última se entiende el equipo industrial de uso hospitalario y el equipo biomédico desarrollados para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación.

Cabe destacar que el Decreto 1769 de 1994, que también reglamenta lo relacionado al mantenimiento de los equipos, obliga a las entidades a efectuar actividades de mantenimiento y a informar sobre el valor y porcentaje del presupuesto destinado al cumplimiento de dicha obligación.

Acorde entonces a las directrices estipuladas en el sumario de leyes que normalizan la implementación de tecnología biomédica en las entidades prestadoras del servicio de salud, el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E y a través de él, el área de mantenimiento, efectúa labores técnico – operativas orientadas a garantizar la completa operatividad de los equipos salvaguardando la calidad del servicio prestado y generando condiciones de seguridad para el usuario, el operario y la institución.

En este contexto, el desarrollo del presente proyecto se constituye en un valioso aporte y experiencia que bajo las necesidades de la institución, y sujeto a los criterios que regulan la intervención técnica, propende a optimizar el mobiliario biomédico existente así como mejorar las prestaciones que este otorga a la comunidad de asistencia hospitalaria, a la cual pertenece el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

³ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Op. Cit.

⁴ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Op. Cit.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente proyecto de pasantía se lleva a cabo en las instalaciones del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., durante un periodo de seis meses y sujeto al reglamento laboral interno. Las labores de documentación, mantenimiento preventivo y repotenciación de equipos biomédicos que se detalla en el contenido de este documento, se efectúan en el espacio físico asignado por la coordinación del departamento de mantenimiento de la entidad, correspondiente al taller de electromedicina. Esta locación cuenta con toda la instrumentación electrónica, mecánica y computacional requerida para la ejecución de las tareas programadas.

Los dispositivos intervenidos, pertenecientes al mobiliario biomédico de la institución, prestan servicios en las áreas de Laboratorio Clínico y Quirófanos. El acceso y el sometimiento a labores técnicas de estos equipos se adelanta de forma congruente con los planes de mantenimiento implementados para el año en curso, con el cronograma de actividades del proyecto, con el reglamento que estipula el manejo del equipamiento biomédico dentro de la institución y bajo la constante supervisión y asesoría de personal calificado profesionalmente para su operación y mantenimiento.

En cumplimiento de lo estipulado por las normativas que regulan la adquisición, instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento de tecnología de tipo biomédico en las entidades prestadoras del servicio de salud, se documenta en su totalidad el conjunto de procedimientos efectuados, consignando en las instancias pertinentes toda la información concerniente a los reemplazos, reparaciones, revisiones y gestiones realizadas.

La evaluación del proceso adelantado, se ejerce por las instituciones comprometidas en el ejercicio de esta práctica académica (Hospital Universitario Departamental de Nariño y Universidad de Nariño) se basa en el reporte bimestral de las actividades ejercidas y en la continua supervisión de los asesores asignados para tal efecto por ambas partes.

5. REPOTENCIACIÓN BAÑO DE INCUBACIÓN PARA LABORATORIO CLÍNICO

El proceso de repotenciación de un equipo biomédico⁵ comprende el conjunto de labores de tipo electrónico encaminadas a optimizar el funcionamiento del dispositivo, garantizando que este cumpla con las especificaciones y propósitos para los cuales fue diseñado, con los estándares de calidad y rendimiento que se requieren en los ambientes clínico-hospitalarios y con la normatividad que regula la instalación, operación y mantenimiento de tecnología biomédica en las entidades (publicas y/o privadas) prestadoras del servicio de salud.

Las actividades de repotenciación, en primera instancia, parten del reconocimiento del dispositivo y continúan con el diagnóstico de las problemáticas por las cuales se ve afectado este, el análisis de diferentes alternativas y la posterior selección de una de estas a fin de corregir dichos errores. Finalmente concluye con la aplicación y sometimiento a prueba de la opción que ha sido seleccionada.

El área de Laboratorio Clínico del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.⁶ está dotada con una extensa y avanzada gama de equipos que facilitan el diagnóstico de diversas patologías mediante el desarrollo de procesos tales como: química clínica, microbiología, hematológica y coagulación, etcétera. De forma paralela al desarrollo de estos procesos, esta dependencia adelanta un programa de control de calidad nacional e internacional que le permite estar a la vanguardia, no sólo de los organismos de su tipo, sino también de aquellos que prestan servicios de banco de sangre, patología y citología.

Lo anterior pone de manifiesto la vital importancia que tiene, no únicamente para el laboratorio clínico sino para toda dependencia clínica de cualquier entidad de salud, el adelantar de forma eficiente y eficaz, rutinas de mantenimiento preventivo a fin de preservar y garantizar el correcto funcionamiento de los equipos biomédicos; de mantenimiento correctivo con el propósito de asegurar el cumplimiento de las prestaciones que ofrece el dispositivo (salvaguardando el patrimonio de las entidades), y de repotenciación, orientadas a mejorar considerablemente el servicio que suministra la tecnología en mención.

⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2434 de 2006. Bogotá: 2006. 4p.

⁶ HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E. Portafolio de servicios. San Juan de Pasto. 2008.

A continuación se presenta las actividades de repotenciación efectuadas al equipo: Baño de incubación, adscrito al mobiliario biomédico del área de Laboratorio Clínico del Hospital Universitario de Nariño E.S.E., lo que patentiza de manera clara los alcances y los beneficios que arroja este proceso, tanto para la comunidad hospitalaria en general como para la comunidad educativa del sur occidente colombiano.

5.1 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO

La etapa de reconocimiento del equipo está orientada a identificar al equipo y a las condiciones ambientales y operacionales del mismo, es decir, el lugar o dependencia en la cual trabaja, su función dentro de esta dependencia y sus parámetros de operación respectivamente. Esto último contempla las características físicas, eléctricas, electrónicas y mecánicas del equipo, y si es del caso, las neumáticas, magnéticas, etc.

El objetivo primordial de este proceso es obtener familiaridad con el equipo hasta el punto de conocer por completo su funcionamiento, obteniendo así las herramientas necesarias para efectuar una valoración acertada que permita determinar el estado actual del dispositivo.

Las fuentes de esta información son: el reconocimiento físico, el manual de operación del equipo, su hoja de vida e historial de mantenimiento y la puesta en operación.

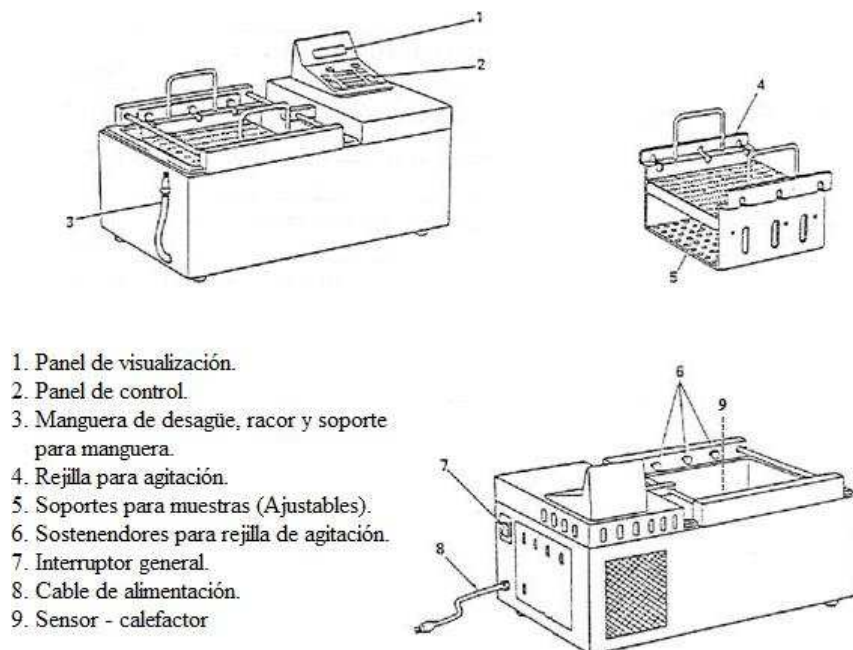
5.1.1 Reconocimiento físico. El baño de incubación con el cual está dotado el Laboratorio Clínico del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E., es un complejo dispositivo, diseñado para operar en esta sección clínica, encargado de generar, mantener y transmitir al agua contenida en su interior una determinada temperatura. El propósito de este accionar, es crear las condiciones térmicas necesarias para que en el agua, puedan ser inmergidos diferentes tipos de muestras químicas y biológicas, las cuales son objeto de estudio de los profesionales que laboran en el área. Las temperaturas de mayor recurrencia son 37°C y 80°C ya que en estos valores, respectivamente, se simula la temperatura corporal (en condiciones normales) y se acelera el cultivo de bacterias.

El efecto de calentar el agua se lleva a cabo mediante el uso de una resistencia de inmersión, junto a la cual, adyacente, se encuentra dispuesto un sensor térmico encargado de medir continuamente el nivel de temperatura del agua.

Por otra parte, el equipo esta dotado de: un sistema de agitación mecánica que comunica (a través de un motor) movimiento de tipo oscilatorio a una rejilla en la cual se dispone las muestras inmersas, con el fin de proporcionar a estas (según los requerimientos del procedimiento clínico a efectuar) una constante agitación; un sistema de circulación de agua, implementado con una motobomba, el cual esta encargado de homogeneizar la temperatura en toda el agua contenida en el gabinete (depósito de agua).

Por último, el baño de incubación cuenta con un panel digital de control que hace las veces de interfaz entre el usuario y el equipo, a fin de que el primero este en capacidad de configurar y controlar (supervisar) las variables que intervienen en la operación del dispositivo, que son: temperatura, velocidad de agitación, circulación del agua y tiempo de operación. La figura 1 presenta la estructura física del equipo.

Figura 1. Baño de incubación para laboratorio clínico



Fuente: H.U.D.N. E.S.E. Manual de operación: Baño de incubación (Marca: Yamato – Modelo: BT-47)

5.1.2 Identificación de características técnicas. Una vez efectuado el reconocimiento físico, a partir de la información consignada en dos de los documentos citados anteriormente: hoja de vida y manual de operación (archivados en el área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E), se determina las principales características de registro, ambientales y técnicas del equipo, obteniendo la información presentada en la tablas 1 y 2:

Tabla 1. Descripción, ubicación, registro histórico y técnico: Baño de incubación

DESCRIPCIÓN	Clase de equipo	Biomédico – Diagnóstico
UBICACIÓN	Servicio/Ambiente	Laboratorio clínico/Químicas
REGISTRO HISTÓRICO	Nombre	Baño de incubación con sistema de agitación y circulación de agua
	Marca	Yamato
	Modelo	BT-47
	Fuente de alimentación	Electricidad
REGISTRO TÉCNICO	Tecnología predominante	Eléctrica
	Voltaje de operación	110 VAC
	Corriente de operación	16 A
	Frecuencia	60 Hz
	Potencia	1500 W

Fuente: H.U.D.N E.S.E. Hoja de vida: Baño de incubación – 0579* (* - Código interno para inventario)

Tabla 2. Características técnicas: Baño de incubación

CARACTERÍSTICA / ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Capacidad (Agua)	22.8 litros
Capacidad (Rejilla para agitación)	
Tubos de ensayo (mm)	240
16,5 dia. x 150/200 largo	
Fascos	18
(Fondo redondo, Erlenmeyer – 100 ml)	
Dimensiones (Exterior)	760 x 340 x 390
(mm: largo x ancho x alto)	
Dimensiones (Interior - Efectivas)	480 x 280 x 170
(mm: largo x alto x ancho)	
Manguera de desagüe	1
Calefactor (Vatios)	1500
Material	Acero inoxidable (SUS 304)
Motor (Tipo condensador - Agitador)	40 Vatios 120 VAC
Sensor	Transistor termo-sensible
Agitador	
Movimiento (mm)	35
# de movimientos por minuto (Variable)	20 a 120
Sistema de circulación (Bomba magnética)	30 Vatios
Temperatura (Precisión de ajuste)	± 0.02 °C (a 37 °C)
Temperatura (Rango de operación)	T° ambiente + 5 °C a 80 °C
Temperatura (Tiempo a la máxima T°)	95
(min., aprox.)	
Temperatura (Uniformemente en el baño)	± 0.05 °C (a 37 °C)
Termorregulador	Microcontrolador, control proporcional, configuración digital y visualización
Temporizador (Rango de configuración)	1 min. Hasta 99 hrs. y 59 min.
Peso (Kg)	40

Fuente: H.U.D.N E.S.E. Manual de operación: Baño de incubación (Marca: Yamato – Modelo: BT-47)

5.1.3 Identificación de parámetros de funcionamiento. Como paso subsiguiente al reconocimiento de las características técnicas del equipo, se adelanta la identificación de los parámetros de funcionamiento de este, al analizar cada uno de los subsistemas que en conjunto constituye el total del dispositivo. Así, la operación del baño de incubación se resume en:

- **Configuración y control de variables (temperatura, tiempo de operación, velocidad de agitación y circulación de agua).** Como se explica anteriormente, el trabajo del baño de incubación está íntimamente ligado con el control de ciertas variables que influye, de forma determinante, en el resultado obtenido para las muestras sumergidas en su interior, al final de un ciclo de funcionamiento. De esta manera, la correcta configuración y el constante control de los valores para estas variables, se convierte en un requisito indispensable a fin de garantizar un proceso exitoso.

Para asegurar la consecución de este objetivo, el equipo está dotado de un microcontrolador encargado de registrar, almacenar y controlar las magnitudes que el usuario dispone para las variables. La interfaz entre el usuario y el microcontrolador consiste en un panel de control que proporciona al operario facilidad en la programación y revisión de los parámetros.

Este panel consta de:

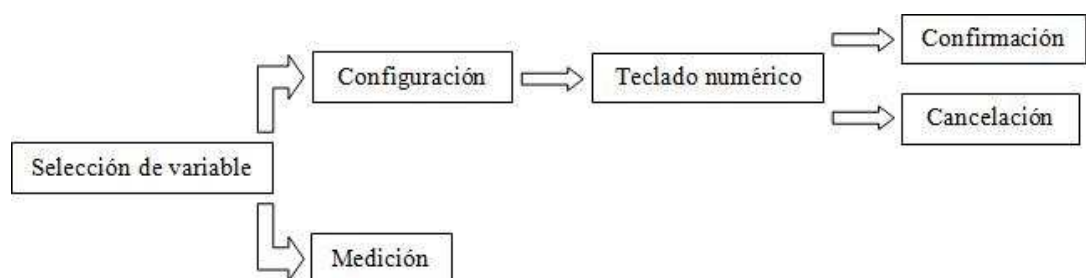
Teclado. Habilita al usuario para encender y apagar el equipo al igual que al sistema de circulación de agua y de agitación, cancelar el proceso en curso y seleccionar una variable, a la cual según sea el caso, se le suministra un valor o se le mide. Consta de:

- Tecla de encendido/apagado
- Teclas de selección de variable (3)
- Tecla de activación del sistema de circulación de agua
- Tecla de selección configuración/medición para la variable
- Teclado numérico de 10 dígitos (0-9)
- Tecla de confirmación/cancelación del valor asignado a la variable
- Tecla de cancelación de proceso en curso

Panel de visualización. Constituido por una pantalla LCD (*liquid crystal display*) de seis caracteres (alfa-numéricos) e indicadores lumínicos que señalan la variable en proceso actual de configuración/medición. Despliega información concerniente (de acuerdo a las necesidades del usuario) al valor a configurar, a la magnitud actual de la variable, y de ser el caso, a errores de manipulación o funcionamiento.

El establecimiento de los procesos de configuración y medición de las variables obedece a la sucesión de operaciones en el teclado mostrada en la figura 2:

Figura 2. Secuencia de operaciones para configuración/medición de variables



Por otra parte, este establecimiento está direccionado por los rangos de configuración (únicos aceptados por el equipo) y condiciones (específicas para cada variable) que se describen a continuación:

Temperatura. El rango de configuración está ubicado entre:

$$(T_{\text{ambiente}} + 5^{\circ}\text{C}) - 80^{\circ}\text{C}$$

En el caso de que bajo alguna circunstancia, anormal al correcto funcionamiento del dispositivo, la temperatura del agua exceda el límite superior de este rango, es decir los 80°C, el proceso se interrumpe, activando además alarmas de tipo visual (mensaje de error en el panel de visualización) y auditivo

Tiempo de operación. El rango de configuración está ubicado entre:

$$1m - 99h\ 59m$$

Una vez confirmada la magnitud deseada para esta variable, inicia el conteo de la misma en forma regresiva. Al término de este se activa la alarma auditiva. Es necesario resaltar, que el fin de este subproceso no implica la cancelación total de la operación del equipo, es decir, este sigue manteniendo estable la temperatura (configurada) del agua. Esta variable, simplemente, permite al usuario controlar el tiempo de exposición de las muestras al agua llevada a una temperatura determinada.

Velocidad de agitación. El rango de configuración está ubicado entre:

$$20\ \text{osc}/m - 200\ \text{osc}/m$$

Circulación de agua. No existe un rango determinado para esta variable. Puede ser activada o desactivada, únicamente.

Por último cabe denotar que la única variable suficiente y necesaria (a implementar y configurar) para el funcionamiento del equipo es la temperatura. El uso de las otras, está ligado a las necesidades del operador, lo cual implica que pueden permanecer activas o inactivas durante el proceso de calentamiento del agua.

- ***Sistema de calefacción.*** Una vez confirmada la magnitud deseada para la temperatura, esta se almacena en el microcontrolador del cual está provisto el baño de incubación. Con esta información, y la proveniente del sensor térmico ubicado de forma contigua al calefactor, el microcontrolador regula la potencia que le suministra a este ultimo, una resistencia de inmersión con potencia nominal de 1500 vatios.

El proceso de regulación, implica la comparación que de los dos parámetros (sensor y temperatura de usuario) hace el microcontrolador, a fin de determinar en que momentos la temperatura del agua se encuentra por debajo o por encima de la temperatura deseada y así, administrar el flujo de corriente suministrado a la carga. Esto se lleva a cabo mediante la utilización, entre otros dispositivos, de un TRIAC

(*triode for alternating current*) dispuesto en la etapa de potencia del circuito, donde confluyen de igual manera el microcontrolador y la resistencia, y mediante el cual se desarrolla la interfaz entre estos dos elementos.

Para el correcto funcionamiento del sistema de calefacción, es necesario garantizar que: el agua a utilizar sea destilada a fin de evitar corrosiones en la superficie del calefactor y el sensor, y que el nivel de líquido sea el suficiente para cubrir en su totalidad la resistencia y así evitar que esta sufra serias averías.

- **Sistema de agitación.** Si el proceso químico o biológico que se pretende adelantar mediante el uso del baño de incubación requiere que las muestras sean sometidas a un movimiento constante (por ejemplo, para evitar concentraciones en el fondo de los recipientes), el operador está en capacidad de hacerlo mediante la activación del sistema de agitación con el que cuenta el equipo, y la configuración de la velocidad del mismo (oscilaciones por minuto).

Esta periodicidad en el movimiento se almacena a manera de información en el microcontrolador, cuyo trabajo consiste en regular la velocidad del motor de corriente alterna que genera la agitación. Este motor, de potencia nominal de 40 vatios, comunica movimiento a la rejilla en que se disponen las muestras mediante una conexión mecánica.

Para garantizar el óptimo desempeño del sistema de agitación, se debe: verificar que el número de muestras contenidas en la rejilla no supera el máximo establecido y que el nivel del agua contenida en el gabinete es el indicado a fin de evitar el desborde y derramamiento del líquido.

- **Sistema de circulación de agua.** Uno de los principales propósitos en la utilización del baño de incubación, además de elevar y mantener la temperatura del agua, es homogeneizarla en todo el volumen del líquido. Activando el sistema de circulación de agua que provee el equipo, el usuario asegura la consecución de este objetivo.

El principal componente de este sistema es una bomba magnética cuya potencia nominal alcanza los 30 vatios. Esta comunica al agua mediante dos mangueras a través de las cuales, respectivamente, impulsa y succiona el líquido depositado en el equipo. De esta manera todo el volumen del agua alcanza la temperatura configurada de manera uniforme.

Las indicaciones para el manejo de este sistema, apuntan a: evitar el trabajo en seco de la bomba, es decir, garantizar que está en constante contacto con el agua mientras opera, y al igual que para el sistema de calefacción, que esta sea destilada.

5.1.4 Puesta en operación. Concluido el reconocimiento del equipo e identificado plenamente sus parámetros y modo de operación, se procede a adelantar la puesta en operación del mismo, teniendo en consideración todas las indicaciones formuladas para garantizar un uso seguro, tanto para el dispositivo como para el operario. La única observación que en esta etapa del proceso es la ausencia de la bomba magnética del sistema de circulación de agua, la cual ha sido desinstalada por el personal del Área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. con varios meses de anterioridad a la ejecución del presente proyecto.

El desarrollo de esta experiencia arroja como resultado que el sistema de encendido del equipo funciona correctamente, sin embargo, inmediatamente este es puesto en marcha, pasa a un estado de bloqueo total acompañado por la activación de las alarmas auditivas y visuales. Estas últimas consisten en dos mensajes, “Err 2” y “Err 3”, los cuales se despliegan de forma alternada e intermitente en el panel de visualización. De acuerdo al manual de operación del baño de incubación, estos mensajes ponen de manifiesto que tanto el sensor de temperatura como el calefactor, respectivamente, presentan defectos⁷.

El estado descrito anteriormente sume al sistema en la inoperancia absoluta, puesto que el teclado del panel de control, único sistema disponible para la programación e interfaz entre el usuario y el equipo, no responde a ningún tipo de orden, imposibilitando por completo su operación.

En conclusión, y acorde a lo consignado en el historial de mantenimiento del equipo, este se encuentra fuera de servicio⁸.

5.2 LABORES DIAGNÓSTICAS

Las labores diagnósticas que se hacen a un equipo electrónico, sea cual sea su campo de aplicación, están encaminadas a reconocer el origen y las causas de las diferentes problemáticas o anomalías que impiden el correcto trabajo del dispositivo.

En la eventualidad de que se haga presente una de estas situaciones adversas, es necesario en primera instancia identificar la naturaleza de la misma, es decir, si es de tipo eléctrico, electrónico, mecánico, neumático, etcétera. Una vez se identifica el carácter de la falencia, se procede a inspeccionar y verificar el estado y correcto desempeño de todos los elementos que intervienen en la operación del sistema o sector al cual se atribuyen las falencias. Por ejemplo, si es una falla de tipo electromecánico se valoran mecanismos tales como motores y engranajes; si es de tipo eléctrico, las conexiones a la red de distribución de energía eléctrica y si es de tipo electrónico, el conjunto de circuitos (y sus componentes) que potencian y controlan el funcionamiento de todos los subsistemas que integra el equipo.

⁷ YAMATO SCIENTIFIC CO., LTDA. Op. Cit. p 10.

⁸ HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E. Op. Cit.

5.2.1 Detección de errores. A la luz de las conclusiones obtenidas con la puesta en operación del baño de incubación, las cuales indican defectos tanto en el sensor térmico como en el calefactor, se inspecciona el estado de cada uno de estos elementos y sus conexiones con los circuitos de potencia y control.

Los resultados obtenidos después de examinar los componentes mencionados anteriormente, son los siguientes:

➤ **Sensor térmico.**

Estado físico. El sensor térmico presenta filtraciones en su superficie de contacto con el agua. La causa de mayor influencia para la presencia de esta situación es el uso de agua no destilada para la operación del equipo. En consecuencia, la información suministrada por este elemento es susceptible de contener un elevado porcentaje de error.

Conexión. La conexión del sensor al circuito de control está en buenas condiciones, al igual que lo están los conductores que los comunican entre sí, habiendo continuidad entre sus extremos.

➤ **Calefactor.**

Estado físico. Se encuentra que la resistencia de inmersión está en óptimas condiciones de funcionamiento. Este elemento se somete a pruebas mediante conexión a tensión alterna (110 VAC), siguiendo un comportamiento acorde a sus especificaciones técnicas y a las necesidades del sistema.

Conexión. Esta se halla en excelentes condiciones. Se comprueba la existencia de continuidad entre el calefactor y el circuito de potencia.

Una vez concluida la detección de fallos, se infiere de manera preliminar, que de los mensajes de error desplegados en el panel de visualización al momento de la puesta en operación del equipo, sólo uno obedece a defectos reales en el dispositivo que asocia la alerta. La aparición del mensaje “Err 2” es consecuente con las falencias físicas que presenta el elemento (sensor de temperatura), mas sin embargo, el mensaje “Err 3” carece de esta propiedad. No obstante, y bajo la imposibilidad de conocer con precisión los parámetros de programación del microcontrolador, se contempla la probabilidad de que el primero de los errores coacciona o injiere en la aparición del segundo, a pesar de que en realidad el desperfecto no existiese.

De esta forma, y como labor de mantenimiento correctivo, se sugiere reemplazar el sensor de temperatura por otro en buen estado y de idénticas características. Este dispositivo, una termocupla tipo K, es suministrado por el Área de Mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E y se sustrae de un baño de incubación idéntico al que se trata en el presente proyecto, haciendo la aclaración de que este ha sido dado de baja con mucha anterioridad y está en proceso de chatarrización. Acto seguido se procede a instalar el nuevo sensor en lugar del defectuoso y se pone de nuevo en operación

al equipo. El comportamiento de este es exactamente el mismo, es decir, aun con el remplazo del sensor térmico el baño de incubación continua en estado de inoperancia, con el teclado bloqueado y desplegando las alarmas visuales ya citadas. Ante esta situación se opta por realizar una nueva inspección, esta vez orientada no a la condición física y a las conexiones del calefactor y del sensor con los circuitos de control y potencia, sino al estado y correcto funcionamiento de estos últimos.

El primero de los circuitos que es sujeto a este proceso es el de potencia, y en este precisamente, se encuentra un problema que además de anormal es sumamente preocupante. Mediante la inspección visual del impreso, en su cara anterior (opuesta a los caminos de conducción), se observa una zona quemada que señala la descomposición u explosión de un componente. Al analizar el circuito, los componentes adyacentes a la zona detallada y la conexión existente entre estos y la etapa de control, se determina que el daño se presenta en el bloque de regulación del voltaje de corriente directa suministrado por una fuente implementada en el circuito de potencia, que a su vez, alimenta al circuito de control y sus componentes, entre ellos claro está, al microcontrolador.

Recurriendo a la información consignada en el historial de mantenimiento del equipo se constata que tras la descomposición de un componente cuya identificación no es posible efectuar (debido al oscurecimiento a causa del calentamiento excesivo) se ha procedido, de manera arbitraria, a remplazarlo por uno de dimensiones semejantes, correspondientes a las de una resistencia de $\frac{1}{2}$ vatio, que en efecto, es el componente utilizado⁹. Frente a esta circunstancia y a las serias implicaciones que conlleva este accionar, el circuito es sometido a limpieza y revisión, verificando al final de esta labor que el elemento original, descompuesto y posteriormente repuesto por la resistencia, es un diodo *zener*. El panorama que propone esta deducción es supremamente grave, puesto que al ser el diodo *zener* el encargado de regular el nivel de tensión que la fuente suministra al circuito de control, la ausencia de este y su remplazo equívoco por un componente no apropiado, sugiere entre otras serias consecuencias, que el voltaje entregado puede haber sobrepasado los límites de tolerancia de muchos de los componentes de la etapa de control, ocasionando que estos sufran severas e irreversibles averías.

A fin de dar validez a esta hipótesis se sustraen del circuito de control diversos elementos, específicamente compuertas lógicas tipo *and* y *or*. El motivo principal de esta práctica lo constituye la facilidad que representa el verificar el correcto funcionamiento de estos circuitos integrados, mediante la implementación de técnicas tales como la comprobación de su tabla de verdad. Los resultados obtenidos indican que el 60% de los componentes estudiados (3 de 5) están dañados.

Al final del desarrollo de la etapa de detección de fallas y en vista de los factores que se mencionan anteriormente, se concluye que de los errores señalados por el equipo sólo uno (sensor térmico) corresponde a una verdadera falencia, siendo esta de tipo físico. Si bien esta situación influye directamente en el anormal funcionamiento del baño de incubación,

⁹ HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E. Op. Cit.

el remplazo de este elemento por uno en perfectas condiciones, no significa mejoramiento alguno en la operación del sistema. En consecuencia, y a partir de nuevas labores diagnósticas, se deduce que el desperfecto está presente en el circuito de control y sus componentes, los cuales en un alto porcentaje y sin descontar al microcontrolador, posiblemente han sufrido daños irreparables. Este último punto, el que atañe al microcontrolador, se convierte entonces en el inconveniente más significativo puesto que aunque se descarta que este dañado por completo (el despliegue de los mensajes propone lo contrario), es probable que algunos sectores del mismo, efectivamente hayan sido afectados dando origen a la inoperancia del equipo.

Por ultimo cabe resaltar que de igual manera a como se hace con el sensor de temperatura y el calefactor, y a fin de adelantar una revisión completa, se efectúan labores de prueba y diagnóstico para los sistemas de agitación y circulación de agua. El estado físico del motor y la motobomba, así como las conexiones de estos a los circuitos de potencia y control, están en perfectas condiciones y no presentan problema alguno.

5.3 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LABORES DE REPOTENCIACIÓN

Representa la última y definitiva etapa del proceso de repotenciación. Sucesivamente a las labores diagnósticas, se constituye en una secuencia de operaciones técnicas encaminadas a solucionar la problemática que presenta el equipo. A partir de los resultados obtenidos en la detección de errores, se desprende: la selección de un conjunto de procedimientos sistemáticos, electrónicos en este caso, condicionados al cumplimiento de las especificaciones técnicas, operacionales, de seguridad y legislativas que caracterizan al equipo en su estado original; la posterior implementación de dichos procedimientos, el sometimiento a prueba del resultado final y la documentación que consigna la totalidad del proceso de repotenciación adelantado.

5.3.1 Selección de labores de repotenciación. A partir de las deducciones derivadas de la detección de errores efectuada al equipo, se determina que los problemas de funcionamiento de este obedecen a daños presentados en la etapa de control.

Entre los factibles procesos a efectuar en aras de solventar esta problemática, se contempla en primera instancia la posibilidad de efectuar el remplazo de los componentes afectados. Esta opción es descartada, entre otros, por los siguientes factores:

- **Dificultad para determinar con exactitud la cantidad y clase de elementos a remplazar.** Esto debido por una parte a la gran cantidad de componentes que contiene el circuito, y por otra, al desgaste sufrido por las referencias con que se identifican los dispositivos, las cuales en una inmensa mayoría, han desaparecido casi por completo.

- **Actual desuso de los dispositivos.** De los elementos que pueden ser identificados muchos han sido descontinuados ya, imposibilitando su adquisición.
- **Desconocimiento del tipo y del código interno de programación del microcontrolador.** Como se menciona en el primer literal, al igual que la de la gran mayoría de los circuitos integrados que constituyen la etapa de control, la referencia del microcontrolador no es cien por ciento legible. Paralelo a esto, el total desconocimiento del algoritmo de programación hace que el remplazo sea totalmente infructuoso puesto que, como es lógico, sus lineamientos de operación deben conservarse fidedignamente.

Frente a los inconvenientes que presenta la sumatoria de las situaciones anteriormente nombradas, se adopta entonces como proceso de repotenciación para el baño de incubación, el diseño e implementación de un nuevo y completo sistema de potencia, control y visualización que reemplaza la totalidad del sistema electrónico y hace uso de la estructura (chasis) y conjunto mecánico (motor y motobomba) ya existente. Esta determinación es tomada en vista de que ante la imperiosa necesidad de desarrollar una nueva etapa de control, el acople de esta con la original de potencia y los elementos activos (calefactor, motor y motobomba) contiene un elevado grado de dificultad. Por el contrario, al renovar totalmente el sistema este inconveniente desaparece, puesto que la elaboración del bloque de potencia se hace de acuerdo al diseño de la etapa de control y visualización (facilitando enormemente la ejecución de las labores), aplicando la misma condición para las interfaces con la resistencia de inmersión y los elementos mecánicos.

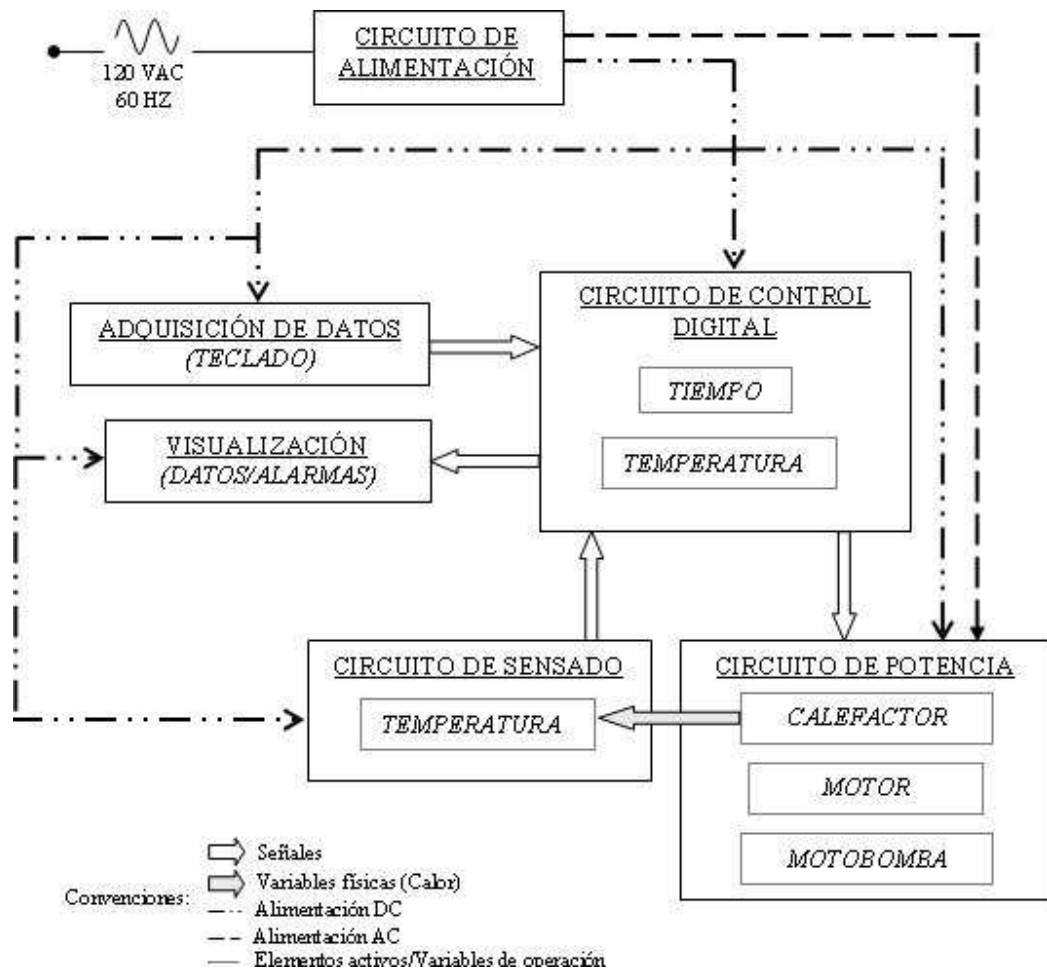
Los lineamientos bajo los cuales se condiciona la elaboración del sistema, son:

- Garantizar que el equipo cumpla a cabalidad con los parámetros de operación bajo los cuales fue diseñado, sin omitir bajo ningún concepto la ejecución de algún proceso y sin reducir su eficiencia.
- Proveer al usuario facilidad en el manejo del equipo con el propósito de reducir al máximo los traumatismos causados por el cambio.
- Asegurar el cumplimiento de la normatividad que reglamenta el mantenimiento y operación de tecnología biomédica, así como la de las normas de seguridad para el equipo y el usuario.

5.3.2 Ejecución de labores de repotenciación. Efectuada la selección de las operaciones y en conocimiento de las especificaciones citadas en el numeral anterior, acerca de las condiciones que esta opción debe satisfacer, se lleva a cabo la ejecución de las labores de repotenciación, las cuales comprenden las etapas de diseño, implementación y prueba.

Diseño. En primera instancia, y como paso lógico inicial dentro del diseño electrónico, se elabora el diagrama de bloques del sistema, mostrado en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de control, potencia y visualización



Como muestra la figura, el diseño comprende seis circuitos básicos: alimentación, encargado de suministrar al sistema los niveles de tensión y corriente (AC o DC según el caso) necesarios para su funcionamiento; control digital, que regula las variables de tiempo y temperatura, así como la operación del calefactor a través de su conexión con el circuito de potencia; adquisición de datos y visualización, interfaz entre el usuario y el equipo que permite al primero configurar y supervisar la correcta operación del segundo; potencia, encargado de controlar el funcionamiento de los elementos activos que manejan elevados niveles de voltaje e intensidad eléctrica; sensado, que suministra al circuito de control la información concerniente a la temperatura del agua.

La operación del equipo, contemplada en el diseño sugerido, se esquematiza así:

- 1.- Mediante los circuitos de adquisición de datos (configuración de tiempo y temperatura) y visualización (tiempo, temperatura del agua y deseada) el usuario configura los valores deseados para las variables de tiempo y temperatura e inspecciona su comportamiento.
- 2.- Con la mediación del circuito de sensado, y administrando en el de potencia el trabajo del calefactor, el bloque de control digital regula el nivel de temperatura del agua.
- 3.- De acuerdo con las necesidades y requerimientos clínicos del proceso que se adelanta, el usuario controla a los elementos activos (motor y motobomba) dispuestos en el circuito de potencia, activándolos, desactivándolos o graduando sus niveles de operación.
- 4.- Ante cualquier anormalidad en el funcionamiento del control térmico o en el caso de la conclusión del tiempo configurado, el equipo brinda alarmas (visuales o auditivas) que informan dichas eventualidades.

Implementación. Con base al diseño elaborado se procede a implementar el sistema. La descripción que a continuación se hace, describe el proceso orientándolo a cada subsistema del equipo, haciendo mención al bloque o parte del bloque que interviene en su operación.

- **Control de temperatura.** Incluye: sensado térmico, adquisición y visualización de datos, control digital y de potencia.

- **Sensado térmico (Circuito de sensado).** Constituye en su totalidad al circuito de sensado, encargado de medir el nivel de temperatura del agua.

Implementado mediante el uso del circuito integrado LM35D, perteneciente a la serie de sensores de temperatura LM35 de *National semiconductors*¹⁰. Este dispositivo, en esencia un transistor, es un sensor térmico cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrada). Para su elección se tiene en cuenta que posee una precisión aceptable para la aplicación requerida, alta fidelidad, no necesita calibración externa, permite el sensado remoto y es de bajo costo.

¹⁰ NATIONAL SEMICONDUCTORS. LM35 Precision centigrade temperature sensors. 2000.

Por otra parte, las características técnicas que regulan el comportamiento eléctrico del LM35D se ajustan a los requerimientos de la etapa de sensado de temperatura (rango de medición). Estas se muestran en la tabla 3:

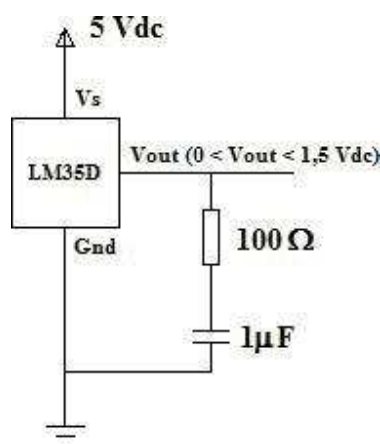
Tabla 3. Características eléctricas sensor LM35D

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

Fuente: NATIONAL SEMICONDUCTORS. LM35 Precision centigrade temperature sensors.

Una vez se selecciona el componente encargado de medir la temperatura del agua, se implementa a este un circuito encargado de filtrar el nivel de ruido inherente a la medición. Esto a fin de proporcionar al final de la etapa de sensado una señal óptima para su posterior adecuación y digitalización. El circuito implementado se muestra en la figura 4.

Figura 4. Circuito sensor de temperatura



La conexión entre el LM35D y el conjunto RC se hace mediante cable UTP (*unshielded twisted pair*) con el propósito de incrementar el efecto que el filtro tiene sobre el integrado.

Con respecto a la implantación del sensor en el gabinete, este es dispuesto en el mismo lugar en el que se encuentra el sensor térmico original. El encapsulado del LM35D es introducido en una vaina metálica, de aluminio específicamente (por su alta transmisión de calor), y bajo parámetros de total hermetismo. Todas estas condiciones

son tenidas en cuenta con el objetivo de proporcionar medidas fieles a las condiciones térmicas existentes en el baño al momento de la operación.

- **Conversión analógica – digital (Circuito de control digital).** El objetivo de este proceso dentro de la etapa de control consiste en obtener una señal de tipo digital a partir de la analógica proveniente del sensor de temperatura, con el fin de facilitar su tratamiento.

Para este fin se hace uso de un conversor análogo – digital, el ADC0804 de la serie ADC08 de *National semiconductors*¹¹. Este dispositivo está en capacidad de convertir una señal analógica entre 0 y 5 Vdc en un valor binario de 8 bits, con un mínimo margen de error y alta velocidad de procesamiento. Las características eléctricas del conversor se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características eléctricas ADC0804

ÍTEM	VALOR
Voltaje de alimentación	4.5 – 6.3 Vdc
Rango de voltaje (Entrada analógica)	0 – 5 Vdc
Resolución	8 bits (256 valores binarios)
Tiempo de conversión	100 μ s
Error total	$\pm 1/4$ LSB, $\pm 1/2$ LSB y ± 1 LSB

Fuente: ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

Mediante una diversa serie de conexiones con sus pines de configuración, la operación del conversor es sujeta a las siguientes condiciones:

Conversión continua. O conversión en “corrida libre”. El ADC0804 realiza la conversión de forma ininterrumpida sin necesidad de ejercer el control para los procesos de lectura/escritura.

Rango de tensión de la entrada analógica. Puesto que el rango de voltaje de la señal análoga generada por el sensor LM35D fluctúa entre los 0 y 1.5 Vdc, se adapta al conversor a este rango con el fin de distribuir el total de su resolución (8 bits, 256 valores binarios) entre estos límites.

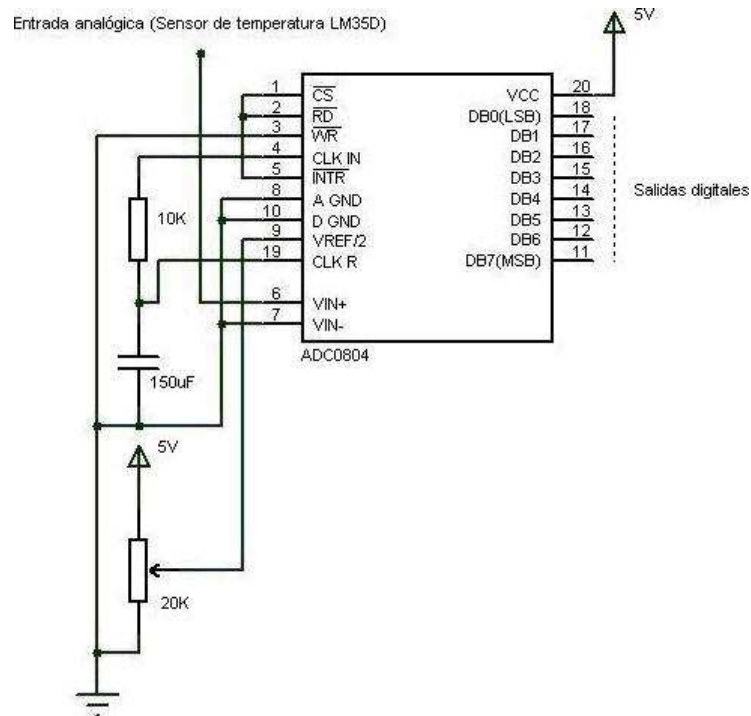
El circuito implementado se muestra en la figura 5.

- **Visualización de la temperatura del agua (Circuito de control digital, visualización).** En principio, a partir de la información arrojada por el conversor

¹¹ NATIONAL SEMICONDUCTORS. ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters. 1999.

análogo – digital, se procede a efectuar la caracterización del sensado, es decir, la relación matemática existente entre las variables temperatura y valor binario.

Figura 5. Circuito de conversión analógica – digital



De acuerdo con las características técnicas del conversor ADC0804 y a la manera en que este es configurado, se tiene que:

$$V_{in_{max}} \Leftrightarrow T^{\circ}_{max} \Leftrightarrow Valor\ binario_{max}$$

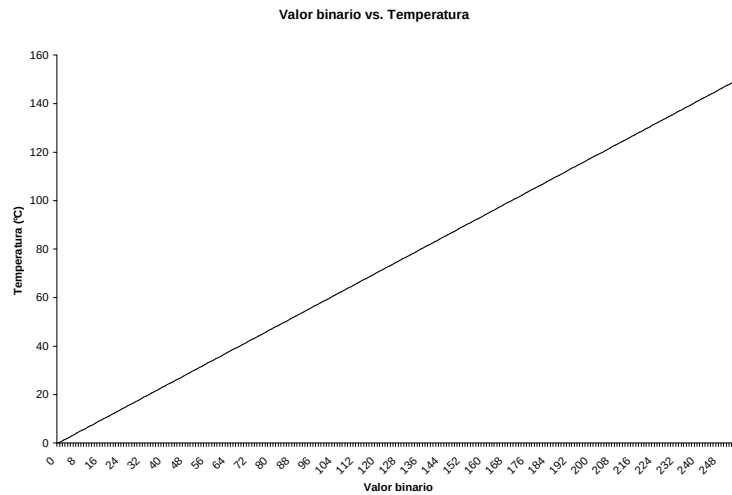
$$1,5V \Leftrightarrow 150^{\circ}C \Leftrightarrow 255$$

A partir de la expresión anterior, se deduce:

$$Valor\ binario \Leftrightarrow \frac{150^{\circ}C}{255} \cong 0.59^{\circ}C$$

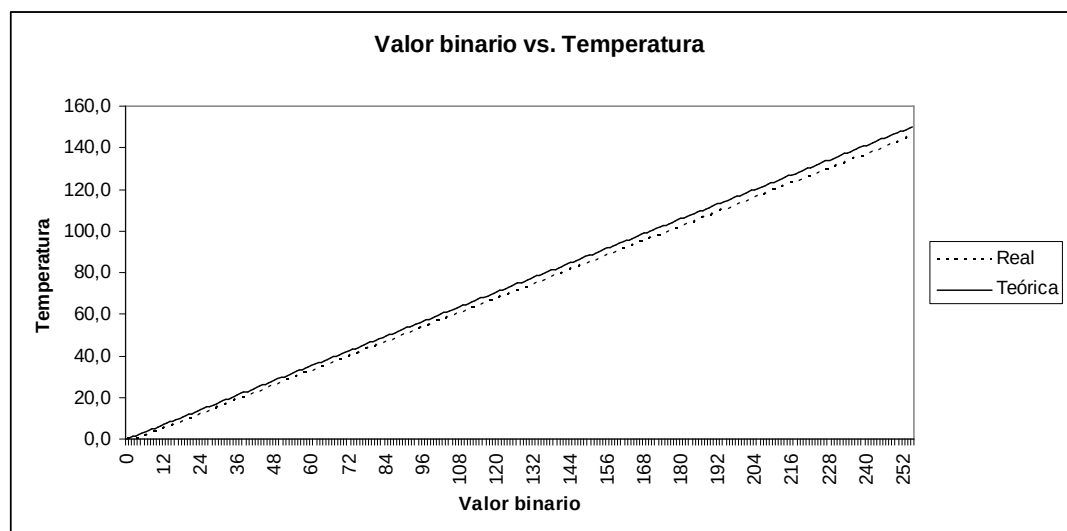
Es decir, que el incremento de una unidad binaria representa a la vez un aumento en la temperatura de 0.59°C. Si a partir de la ecuación anterior, se realiza la gráfica Valor binario vs. Temperatura, se obtiene el resultado mostrado en la figura 6:

Figura 6. Gráfica teórica Valor binario vs. Temperatura



Con la intención de validar el resultado obtenido en el análisis teórico de la relación entre las variables, se procede a desarrollar el mismo estudio de manera práctica. El sensor es sometido a diversas temperaturas, medidas de forma paralela con dos termómetros (digital y de mercurio) perfectamente calibrados. En determinados valores de temperatura (enteros y medios enteros) se aprecia el número binario que arroja el conversor. Tabulando esta información, generando a partir de ésta una nueva curva Valor binario vs. Temperatura (regresión lineal) y comparándola con la obtenida de forma teórica, se obtiene el resultado indicado en la figura 7:

Figura 7. Curva teórica y real Valor binario vs. Temperatura



Como se aprecia en la imagen, en el rango de temperatura que debe manejar el equipo:

$$0 \leq T^{\circ} \leq 80$$

las curvas son muy cercanas, lo cual denota que el porcentaje de error entre la medición práctica y el análisis teórico es bajo, estando en un nivel más que aceptable para la aplicación en desarrollo. De esta manera entonces, se adopta como relación válida, entre las variables temperatura y cifra binaria, la obtenida de forma teórica.

Posteriormente, se procede a implementar el sistema de visualización de temperatura mediante el uso, primordialmente, del microcontrolador PIC16F84A de la serie 16F de *Microchip*¹². La escogencia de este dispositivo, obedece entre otros factores, a: facilidad para programación, capacidad en memoria, velocidad de procesamiento, inclusión de puertos (2) de entrada/salida de datos, bajo costo y disponibilidad en el mercado.

La configuración que se adelanta a este elemento (mediante programación interna) y la disposición de los diversos componentes electrónicos que constituyen esta etapa de visualización, se concentra en las siguientes operaciones:

Grabación de la tabla de valores Valor binario vs. Temperatura. En la memoria del microcontrolador se introducen los valores obtenidos para la relación entre estas variables (sólo para el rango permitido de operación: $0 \leq T^{\circ} \leq 80$). De esta manera, cuando el micro obtiene un valor binario suministrado por el conversor análogo – digital, retorna su equivalente en temperatura.

Observación: En vista de que la visualización de temperatura consta de un número de dos cifras (sin decimales), los valores registrados para esta variable son redondeados al entero más cercano.

Lectura del valor binario/Visualización de temperatura. De forma simultanea, el microcontrolador adquiere el valor binario generado por el conversor, y despliega su equivalencia térmica en el panel de visualización (*displays* de siete segmentos), a través de uno de sus puertos (8 bits). La conexión entre estos tres elementos se lleva a cabo mediante una interfaz de *buffers* tri-estado, que bajo control del micro, alterna los procesos de lectura y escritura.

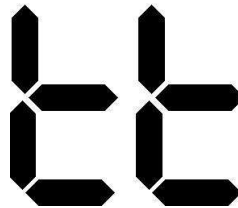
Durante la recepción de datos el puerto actúa como entrada (habilitándose la conexión ADC0804 – PIC16F84A) y el microcontrolador recibe la información binaria. Una vez efectuada la operación de lectura el puerto se reconfigura como salida (habilitándose la conexión PIC16F84A – panel de visualización), y a este el microcontrolador envía el valor de temperatura correspondiente al dato adquirido (en código BCD) para que finalmente pueda visualizarse en los *displays*.

¹²

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F84A Data Sheet. 2001

Control de alarmas. En cada adquisición de datos el microcontrolador compara el valor obtenido con el máximo permitido, es decir, el equivalente a 80°C. Si el primero es superior al segundo se generan dos alarmas: una de tipo auditivo consistente en la activación de un *buzzer*, y otra de tipo visual que despliega un mensaje de error como el indicado en la figura 8.

Figura 8. Mensaje de error: sobrepaso de temperatura



Ante esta eventualidad la operación del sistema de temperatura es cancelada (ver *Control de temperatura: Control del calefactor*), y las alarmas permanecen activadas hasta que el nivel de temperatura desciende al rango indicado.

Control del calefactor. Activación principal y, desactivación por sobrepaso de temperatura. (Ver *Control de temperatura: Control del calefactor*)

El circuito implementado para la visualización de la temperatura del agua, se muestra en la figura 9.

- Introducción de parámetros del usuario (Circuito de control digital, adquisición de datos, visualización). De igual manera que con el sistema de visualización de la temperatura del agua, se centra la elaboración del de introducción de parámetros de usuario en el uso de un microcontrolador PIC16F84A.

En esta ocasión, la configuración que se ejecuta al elemento y a los demás dispositivos se guía con el objetivo de desarrollar los siguientes procesos:

Adquisición y visualización de temperatura de usuario. A través de uno de los puertos del micro (5 bits) configurado como entrada, se implementa la recepción del valor de temperatura deseado por el operario. El algoritmo con el cual es programado el microcontrolador impide que este valor (entero de dos cifras) sea superior a 80°C, cumpliendo con uno de los parámetros de mayor importancia para el funcionamiento del equipo.

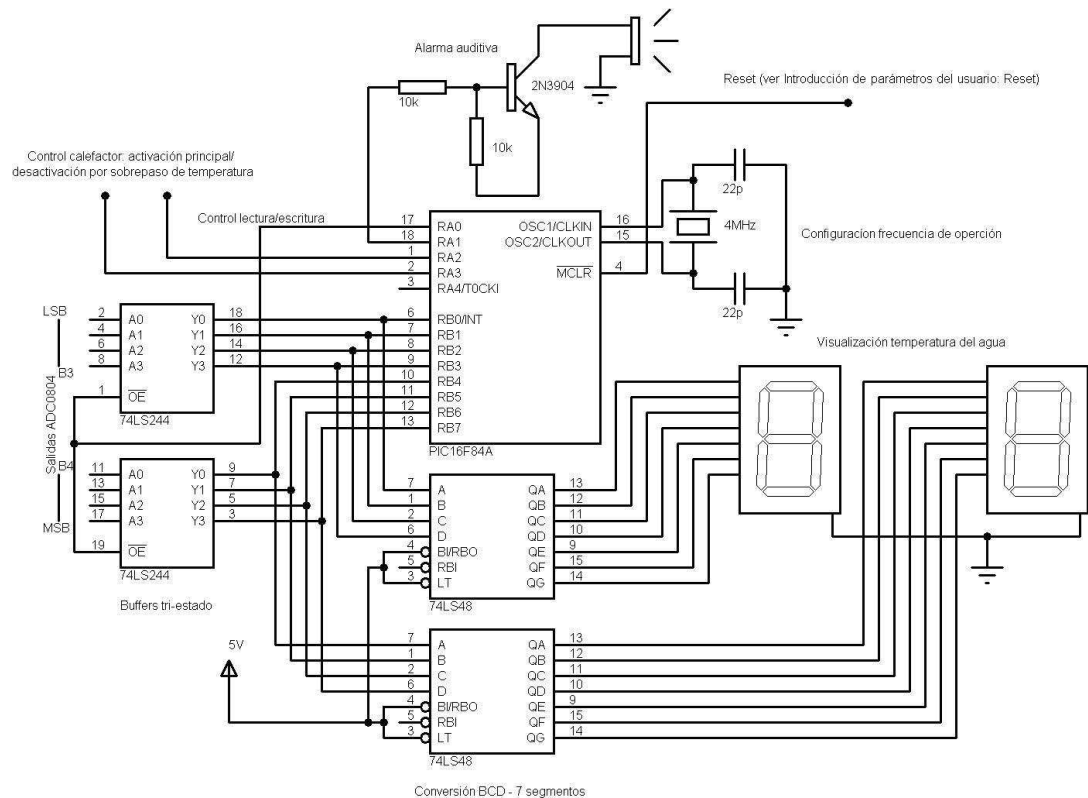
El mecanismo elaborado para el ingreso de dicha información consiste en un conjunto de 3 pulsadores conectados al puerto en mención, los cuales cumplen las siguientes

funciones: ingresar/confirmar temperatura, incrementar decenas, incrementar unidades y cancelar valor. La secuencia lógica de operaciones con los pulsadores, que permite al usuario configurar la temperatura, se describe a continuación:

- 1.- Ingresar/confirmar: Habilita los pulsadores de incremento para generar el valor deseado. Estos, hasta el momento en que se oprime este control se encuentran inactivos.
- 2.- Incremento decenas y/o incremento unidades: Permite definir el nivel térmico requerido.
- 3.- Ingresar/confirmar: Confirma la temperatura ingresada, dando inicio al proceso de calentamiento del agua.
- 4.- Cancelar (Reset): Reinicia al microcontrolador habilitando el ingreso de un nuevo valor de temperatura.

Observación (Figura 9): Esta última operación implica también el reinicio del microcontrolador de la etapa de visualización de temperatura del agua.

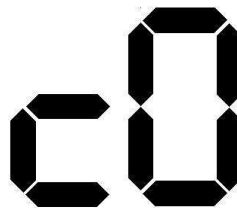
Figura 9. Circuito de visualización: temperatura del agua



Por otra parte, la visualización de este parámetro se lleva a cabo mediante la disposición de dos *displays* de siete segmentos conectados a otro de los puertos del

micro (8 bits, configurado como salida), a donde este último direcciona el valor establecido, y también, un mensaje que señala la confirmación de la temperatura ingresada (Paso 3). El mensaje de confirmación, se muestra en la figura 10.

Figura 10. Mensaje de confirmación: temperatura de usuario



- **Control del calefactor (Circuito de control digital).** La técnica utilizada para adelantar el control de la resistencia de inmersión, y por consiguiente el nivel de temperatura del agua, se basa en la implementación, de forma anexa al microcontrolador, de comparadores digitales que confrontaban los valores de temperatura (agua vs. usuario) suministrados en las dos etapas de visualización (salidas del microcontrolador) descritas anteriormente.

Acoplando finalmente a esta etapa una de lógica discreta (compuertas lógicas tipo *and*, *or* y *nor*) se desarrolla un circuito de control para el calefactor que posee las características y parámetros siguientes:

Señal de entrada para la habitación y deshabilitación del circuito de control del calefactor. Una vez el pulsador ingresar/confirmar ha sido presionado por segunda ocasión (confirmando la temperatura de usuario) el microcontrolador envía una señal a su semejante de la etapa de visualización de temperatura del agua, y este a su vez, retorna una señal de habilitación general para el circuito de control de la resistencia.

Con respecto a la deshabilitación, esta ocurre cuando (durante operación) la temperatura del agua supera los 80°C (ver Visualización de la temperatura del agua), y por la misma vía en la que el primer microcontrolador habilita al circuito de control del calefactor, lo deshabilita.

Señal de salida para la conexión y desconexión del circuito de potencia del calefactor. Habilitado el circuito de control del calefactor, este se encarga de comparar los valores de las temperaturas, y así partir del resultado obtenido, procede a conectar o desconectar el calefactor del circuito de potencia que lo alimenta, es decir, encender y apagar la resistencia (ver Circuito de potencia del calefactor).

Los lineamientos comparativos utilizados por el circuito de control del calefactor son los siguientes:

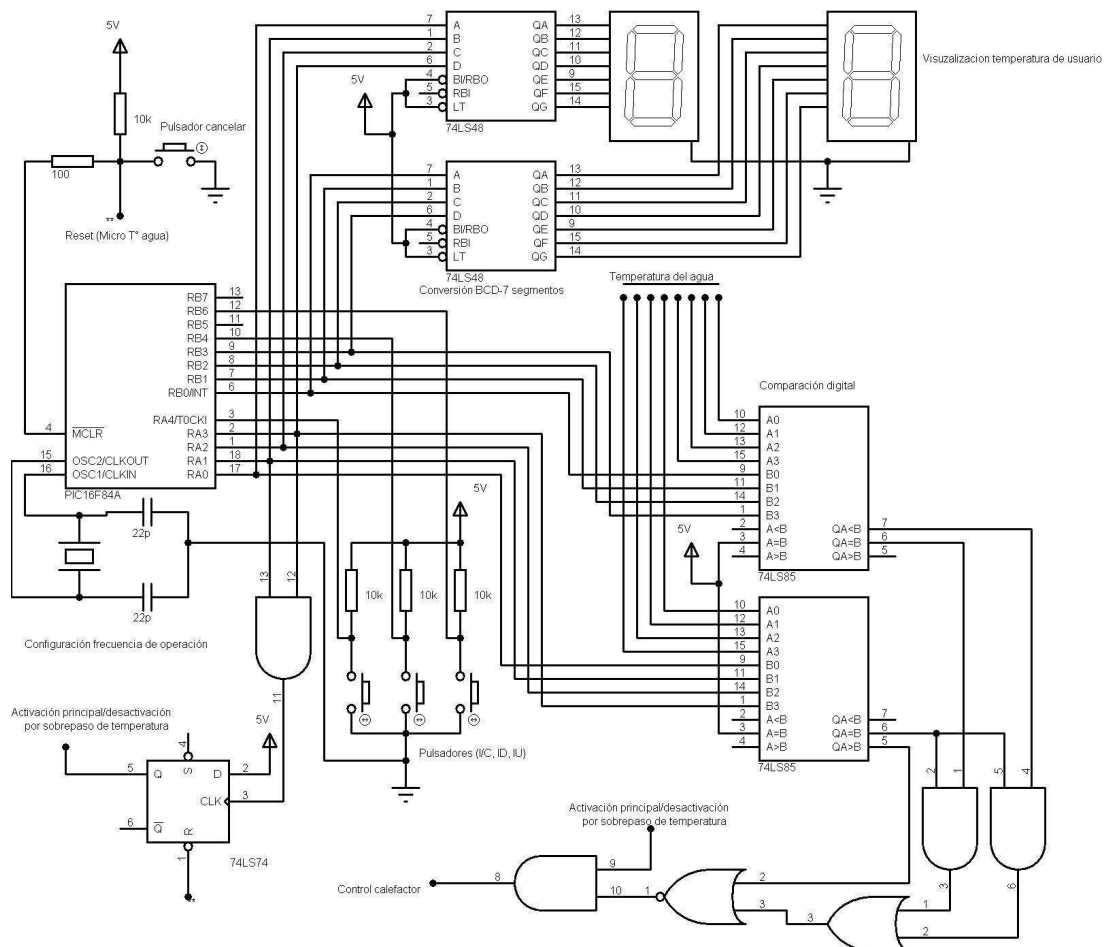
$T^{\circ} \text{ agua} < T^{\circ} \text{ usuario} \longrightarrow \text{Conexión circuito de potencia}$

$T^{\circ} \text{ agua} = T^{\circ} \text{ usuario} \longrightarrow \text{Desconexión circuito de potencia}$

$T^{\circ} \text{ agua} > T^{\circ} \text{ usuario} \longrightarrow \text{Desconexión circuito de potencia}$

Observación: Si el circuito de control del calefactor se encuentra deshabilitado, el de potencia también lo estará (desconexión), por consiguiente, el calefactor.

Figura 11. Circuito de introducción de parámetros de usuario y control de calefactor



- **Circuito de potencia del calefactor (Circuito de potencia).** El suministro de potencia al calefactor se lleva a cabo mediante la implementación de un circuito de corrimiento de ángulo de fase. Este sistema permite regular la corriente otorgada a la carga a través del dispositivo electrónico de potencia TRIAC (*triode for alternating current*), fijándola en una cantidad lo necesariamente alta para: garantizar que la energía

Para la aplicación deseada, se fija el valor de la potencia aplicada a la resistencia en un 60% de la de su capacidad nominal, suficiente para que el equipo este en capacidad de adelantar los procesos en los cuales es utilizado, hacerlo de forma rápida (alcanzar la temperatura deseada en el menor tiempo posible) y para proteger al calefactor de posibles excesos en operación

La figura 12 representa el sistema elaborado.

[illegible]

- Al igual que para el subsistema de control de temperatura, el desarrollo y ejecución de las tareas del temporizador se centra en el uso de dos microcontroladores PIC16F84A. En esta oportunidad los algoritmos lógicos con que se programa los dispositivos y la estructuración física de estos está orientada a efectuar las labores descritas a continuación.

- **Introducción y visualización de parámetros de usuario (Circuito de control digital, adquisición de datos, visualización).** Se genera a partir de la implementación de pulsadores, seis en total: ingresar/confirmar, incremento horas, decremento horas, incremento minutos, decremento minutos y cancelar. Tiene como objetivo principal brindar al usuario noción sobre el tiempo durante el cual una muestra o proceso clínico es sometido a la operación del equipo. Cabe notar, que en cumplimiento de los parámetros bajo los cuales el equipo opera, la programación a la cual es sujeto el microcontrolador impide que se configure tiempos superiores 99 horas y 59 minutos. La sucesión de comandos que habilita al usuario para ingresar un determinado tiempo, se relaciona a continuación:

- 1.- Ingresar/confirmar: Habilita los pulsadores de incremento y decremento para generar el valor deseado. Estos, hasta el momento en que se oprime este control se encuentran inactivos.
- 2.- Incrementar/decrementar horas y/o minutos: Permite definir el tiempo requerido.
- 3.- Confirmar: Confirma el tiempo ingresado, dando inicio al conteo regresivo que finaliza con la conclusión del valor introducido.
- 4.- Cancelar: Reinicia al microcontrolador habilitando el ingreso de un nuevo valor de temperatura.

De otra parte, la visualización de este parámetro se lleva a cabo mediante la disposición de cuatro *displays* de siete segmentos (dos para horas y dos para minutos) e indicadores luminosos tipo LED (*light emitter diode*), para señalar el transcurso de los segundos.

- **Alarmas.** Una vez concluido el tiempo configurado, el microcontrolador activa una alarma de tipo auditivo que indica la finalización. Esta alarma permanecerá activa durante un tiempo, para dar después lugar a un nuevo ingreso de valores.

El circuito temporizador implementado se muestra en la figura 13.

- **Sistemas de agitación y circulación de agua (Circuito de potencia).** Para el manejo en potencia del motor AC y la motobomba se implementa igualmente circuitos de corrimiento de ángulo de fase. El comportamiento de estos circuitos con cargas de tipo inductivo (caso del motor y la bomba) es exactamente igual al que presentan con cargas netamente resistivas (calefactor), otorgando al sistema todas las ventajas mencionadas con anterioridad.

A diferencia del circuito de potencia del calefactor el cual es controlado exclusivamente por el circuito de control térmico, en los circuitos de potencia de estos dos componentes el control es ejercido directamente por el usuario, así respectivamente:

[illegible]

- **Sistema de circulación de agua.** En una de las líneas de alimentación del circuito se implementa un interruptor que está al alcance del operario, permitiéndole a este último controlar el encendido y apagado del sistema de circulación. La velocidad de circulación se fija en un valor lo suficientemente alto para garantizar que todo el volumen de agua contenido en el gabinete (que es estándar para cualquier proceso clínico) sea sometido al efecto de recirculación.

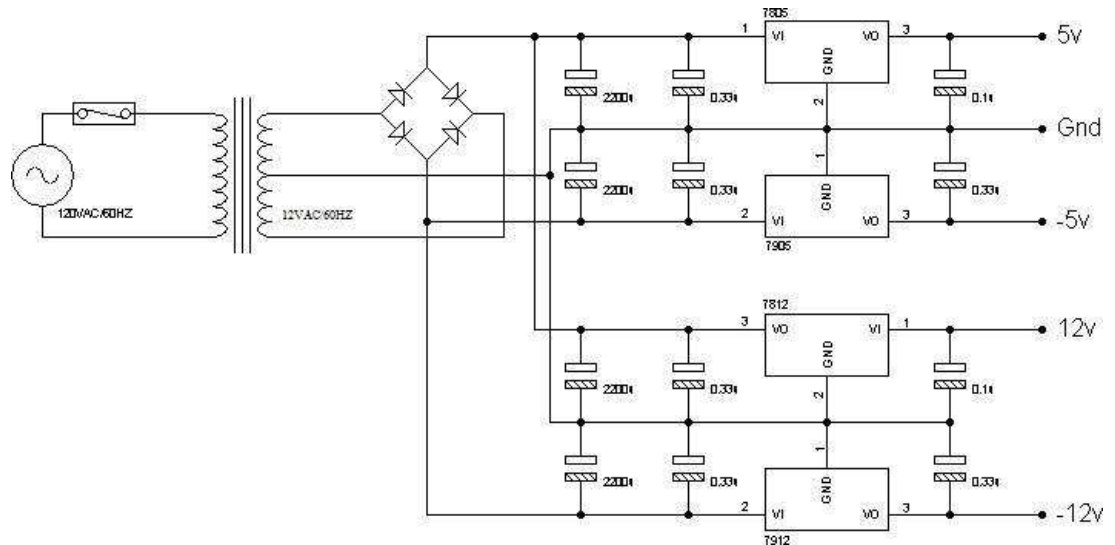
47

The image displays three circuit diagrams for motor control, each featuring a 12V/60Hz AC source, a 741 op-amp, a TRIAC, a MOC3021 optoisolator, and a 74LS107 flip-flop.

- Encendido/apagado (Motobomba):** This circuit controls the on/off state of a motor pump. The 741 op-amp is configured as a comparator, with its non-inverting input (+) connected to a 10kV divider and its inverting input (-) connected to a 100kV divider. The output of the op-amp drives a TRIAC through a 3k6 resistor (R3). The TRIAC is connected to the MOC3021 optoisolator, which is connected to the 74LS107 flip-flop. The flip-flop's output (Q) is connected to the 741 op-amp's non-inverting input.
- Control velocidad motor:** This circuit controls the speed of a motor. The 741 op-amp is configured as a comparator, with its non-inverting input (+) connected to a 10kV divider and its inverting input (-) connected to a 100kV divider. The output of the op-amp drives a TRIAC through a 3k6 resistor (R3). The TRIAC is connected to the MOC3021 optoisolator, which is connected to the 74LS107 flip-flop. The flip-flop's output (Q) is connected to the 741 op-amp's non-inverting input.
- Motor:** This circuit controls the speed of a motor. The 741 op-amp is configured as a comparator, with its non-inverting input (+) connected to a 10kV divider and its inverting input (-) connected to a 100kV divider. The output of the op-amp drives a TRIAC through a 3k6 resistor (R3). The TRIAC is connected to the MOC3021 optoisolator, which is connected to the 74LS107 flip-flop. The flip-flop's output (Q) is connected to the 741 op-amp's non-inverting input.

- La tensión alterna de 120 voltios se obtiene de la red eléctrica pública y la de 12 voltios mediante la utilización de un transformador reductor (independiente al utilizado en la fuente DC)

Figura 15. Fuente de alimentación DC



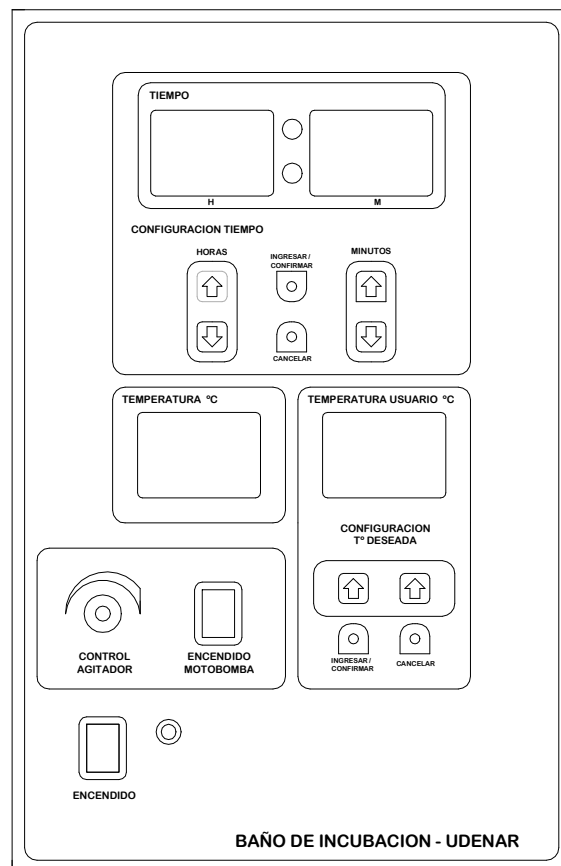
Ensamblaje final y sometimiento a pruebas. Implementado en su totalidad el sistema de potencia, control y visualización, y corroborado el correcto funcionamiento de los circuitos, se procede a ensamblar estos junto con el chasis y los elementos mecánicos. En primera instancia, se elabora los circuitos impresos que contienen los constituyentes eléctricos y electrónicos del sistema, e igualmente, se construye un nuevo panel de control para el usuario en el cual se ubica visualizaciones, pulsadores y control de velocidad del motor, al igual que los interruptores de encendido (motobomba y general).

En la figura 16 se muestra el diseño elaborado para el panel de control. La estructura de este se elabora en material acrílico debido a las prestaciones y ventajas que aporta al momento de trabajar en ambientes húmedos y de elevadas temperaturas.

Ensamblado en su totalidad el equipo, este es puesto a disposición del personal operativo del área de Laboratorio Clínico del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. Durante un periodo de una semana el equipo es sometido a prueba, al operar bajo condiciones normales de funcionamiento, es decir, acorde a las necesidades del hospital, del área y de los procesos clínicos adelantados en él. Los resultados obtenidos al final de este lapso son inmejorables. El trabajo del equipo y el de todos sus componentes es óptimo: el sistema de calefacción eleva y normaliza la temperatura del agua a los niveles deseados (corroborados por mediciones con termómetros de mercurio), el temporizador y el sistema de alarma es preciso (se adelantan mediciones paralelas con diversos relojes) y los sistemas de agitación y circulación proveen al usuario las óptimas condiciones requeridas (velocidad variable, fuerza de succión) al momento de intervenir clínicamente el muestrario.

Actualmente el dispositivo forma parte activa del equipamiento biomédico del cual está proveída esta dependencia, operando bajo normales condiciones de operación y cumpliendo las normas técnicas y de seguridad requeridas en su campo de influencia.

Figura 16. Panel de control para el usuario



El anexo A del presente documento contiene imágenes referentes al equipo ensamblado, una vez concluido el proceso de repotenciación y superada la etapa probatoria.

Documentación. Concluido en su totalidad el proceso de repotenciación se elabora la documentación referente al mismo. Esta, comprende el manual de operación para el usuario donde se registran las características físicas y técnicas del equipo, así como sus parámetros de operación y recomendaciones para la ejecución del mantenimiento preventivo por parte del operario. Igualmente, y orientado al personal técnico del Área de Mantenimiento del Hospital Universitario de Nariño E.S.E., se adjunta a este instructivo el conjunto de planos electrónicos y eléctricos que describen los circuitos implementados.

Para efectos de registro de operaciones de mantenimiento, y en concordancia con el reglamento interno del área, en la hoja de vida del equipo y en su historial de mantenimiento se consignan las intervenciones realizadas.

El documento elaborado se incluye en el anexo B.

6. LABORES DE APOYO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

El mantenimiento hospitalario y específicamente el mantenimiento del equipamiento biomédico se define como el proceso que integra un conjunto de procedimientos técnicos y administrativos diseñados para prevenir averías, mantener, mejorar y restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento¹³.

Este proceso tiene como objetivos generales¹⁴:

- Garantizar la seguridad de los pacientes y del personal administrativo que utilizan los recursos de tecnología biomédica.
- Contribuir a que la prestación de servicios de salud cumpla con las características de calidad previstas por la ley.
- Asegurar la disponibilidad y garantizar el funcionamiento eficiente del recurso tecnológico para obtener el máximo rendimiento posible y de esta forma contribuir a la reducción de los costos de operación.

En este contexto, el área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E es el sector encargado de ejecutar los procedimientos requeridos para la evaluación y mantenimiento de la tecnología biomédica con que está dotada la organización. Las labores efectuadas por el personal técnico de esta dependencia están orientadas a mejorar la seguridad, efectividad, eficiencia y la economía en el uso del mobiliario biomédico existente y operante en las diferentes áreas clínico – hospitalarias con que cuenta esta entidad prestadora del servicio de salud.

A continuación se detalla las actividades de apoyo desarrolladas en el área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E, referentes a la ejecución de mantenimiento preventivo a equipos biomédicos en esta institución, específicamente, monitores de signos vitales.

¹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1769. 1994. Artículo VII. Pág. 1.

¹⁴ GONZÁLEZ CAICEDO, Orlando. El Mantenimiento en Colombia. Bogotá. 1989. Cap. I. Págs. 35-54.

6.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPAMIENTO BIOMÉDICO EN EL H.U.D.N E.S.E

El área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E, en cabeza de su coordinador y a través del personal operativo adscrito a su nómina realiza las siguientes funciones concernientes al mantenimiento preventivo de equipos biomédicos:

- **Registro de inventario y labores de mantenimiento de equipos biomédicos.** Se lleva a cabo mediante el levantamiento de la hoja de vida e historial de mantenimiento de cada dispositivo.

En el primer documento, cuyo formato se encuentra aprobado por la oficina de gestión de calidad del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E se consigna:

- <i>Clasificación.</i>	Prevención, diagnóstico, rehabilitación, etc.
- <i>Ubicación.</i>	Piso, servicio, ambiente, etc.
- <i>Registro histórico.</i>	Nombre, código, marca, etc.
- <i>Forma de adquisición</i>	Compra directa, donación, leasing, etc.
- <i>Registro técnico</i>	Voltaje de operación, corriente, frecuencia, etc.
- <i>Registro de apoyo técnico</i>	Manuales de operación, partes, planos, etc.
- <i>Clase de tecnología</i>	Eléctrica, mecánica, neumática, etc.

Por otra parte el historial de mantenimiento contiene la sucesión de intervenciones técnicas que se adelanta al equipo, proporciona información de fechas, clase de mantenimiento (preventivo/correctivo), labor realizada, repuestos utilizados y observaciones.

- **Revisión y calibración de equipos biomédicos.** La ejecución de estos procesos es realizada por el personal interno de la institución o por contratación externa, y sigue los lineamientos y recomendaciones hechas por el fabricante en el manual de operación del equipo. Incluye las tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos.
- **Elaboración del cronograma de mantenimiento para equipos biomédicos.** Incluye los objetivos, metas, programación de actividades, recursos humanos, físicos, tecnológicos y financieros necesarios para cumplir con los objetivos del mantenimiento hospitalario. Es elaborado cada año y distribuye las labores a efectuar mensualmente, no por la clase de equipo sino por las áreas clínicas (unidad de cuidados intensivos, neonatología, urgencias, etcétera)

En atención al objetivo de este capítulo y a partir de la información generada con las operaciones mencionadas anteriormente, se determina que el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E cuenta con 36 monitores de signos vitales, todos estos de idénticas características (marca, modelo y serie), distribuidos en las áreas de quirófanos, cuidados intensivos y urgencias. Los historiales de mantenimiento de dichos equipos no

registran operaciones correctivas, únicamente preventivas, lo que pone de manifiesto la alta calidad de estos, y por último, las labores de mantenimiento para estos dispositivos son adelantadas por el personal interno del área de mantenimiento.

Durante el desarrollo del presente proyecto de pasantía el plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución exclusiva de labores para la unidad de quirófanos, en la cual se encuentran adscritos 19 monitores de signos vitales. Estos equipos son los que se someten a las labores de apoyo en mantenimiento preventivo.

6.2 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO Y EJECUCIÓN DE LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los monitores de signos vitales, también denominados monitores de pacientes o de cabecera, son equipos electrónicos que miden, recogen y muestran información sobre los parámetros fisiológicos de un paciente sometido a una vigilancia continua.

Producto de la importancia en la aplicación de estos equipos, deben brindar facilidades de operación, visualización y comunicación requeridas por el personal médico y paramédico y la práctica médica moderna. Actualmente, estos monitores recogen información de diferentes parámetros fisiológicos, además almacenan tendencias y eventos de arritmias.

La tabla 5 recoge el registro en inventario de los monitores de signos vitales presentes en el área de quirófanos del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

Tabla 5. Descripción, ubicación, registro histórico y técnico: Monitor de signos vitales

DESCRIPCIÓN	Clase de equipo	Biomédico – Diagnóstico
UBICACIÓN	Servicio/Ambiente	Quirófanos
REGISTRO HISTÓRICO	Nombre	Monitor de signos vitales
	Marca	Critikon
	Modelo	DINAMAP PLUS
REGISTRO TÉCNICO	Fuente de alimentación	Electricidad
	Tecnología predominante	Eléctrica
	Voltaje de operación	110 VAC
	Corriente de operación	16 A
	Frecuencia	60 Hz

Fuente: H.U.D.N E.S.E. Hoja de vida: Monitor de signos vitales – 02533* (* - Código interno para inventario)

La determinación de estas características y el posterior análisis de los parámetros de funcionamiento de estos equipos (a través de su manual de operación) permite definir las prestaciones de estos, que a saber son: monitorización cardíaca y respiratoria, monitorización de la presión arterial, monitorización de temperatura corporal periférica y monitorización de saturación de oxígeno. Cada uno de estos procesos es efectuado por un módulo (circuitual y accesorios) incorporado al monitor.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo y para cada módulo de forma independiente.

- **Monitor de signos vitales (General)**
 - Cable de alimentación* - Revisión de continuidad
 - Estructura física* - Limpieza general
 - Soporte* - Limpieza, ajuste y lubricación
 - Circuitos eléctricos (módulos)* - Limpieza general
 - Revisión de conexiones al sistema de alimentación y visualización
 - Accesorios* - Limpieza
 - Revisión de continuidad de los conductores
- **Módulo de monitorización cardiaca y respiratoria**
 - Circuito* - Limpieza general
 - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
 - Revisión de continuidad de los conductores
- **Módulo de monitorización de presión arterial**
 - Circuito* - Limpieza general
 - Manguito* - Revisión de estado
 - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
 - Revisión de continuidad del conductor
- **Módulo de monitorización de temperatura periférica**
 - Circuito* - Limpieza general
 - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
 - Revisión de continuidad del conductor
- **Módulo de monitorización de saturación de oxígeno**
 - Circuito* - Limpieza general
 - Sensor (con conector)* - Revisión de estado
 - Revisión de continuidad del conductor

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de monitores existentes en el área en mención (19), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Durante su desarrollo, las anomalías encontradas obedecen en mayor parte a defectos en el sensor de saturación de oxígeno, y a discontinuidad en los conectores circuito–paciente de los módulos operacionales. El primer caso sugiere, en todas las situaciones donde hizo presencia, el remplazo del sensor debido a la imposibilidad de intervenir técnicamente el dispositivo (cumplimiento de vida útil), mientras que el segundo, requiere el reestablecimiento de la continuidad del cable conductor (soldadura).

Finalmente, y para efectos de control de procesos y calidad, se registran las operaciones hechas a cada equipo en su hoja de vida, señalando las labores adelantadas, los materiales utilizados y observaciones pertinentes después de efectuar el mantenimiento (recomendación para adquisición de sensores, conectores, sugerencias al personal operativo en cuanto al manejo del equipo, etcétera)

Las imágenes referentes al monitor de signos vitales y los módulos operacionales se presentan en el anexo C.

7. ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS PARA REGISTRO Y SEGUIMIENTO DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

La necesidad de la ejecución de labores de mantenimiento preventivo y repotenciación del equipamiento biomédico en las entidades hospitalarias, pone de manifiesto la importancia que reside en la implementación de una eficiente gestión en manejo de esta tecnología en las instituciones prestadoras del servicio de salud, tanto a nivel público como privado. Uno de los factores con mayor incidencia en la exitosa instauración de este modelo administrativo es el registro en inventario de todos los dispositivos biomédicos que forman parte del mobiliario de una institución y el seguimiento continuo a las intervenciones técnicas para mantenimiento que se han efectuado a tal mobiliario.

Para tal propósito, la normatividad nacional que regula el manejo de tecnología biomédica en las instituciones de salud, obliga a estas a crear dos documentos: la hoja de vida del equipo y su historial de mantenimiento. Estos, como se menciona en el capítulo inmediatamente anterior, contienen información de vital importancia acerca de las especificaciones (institucionales, técnicas y documentales) de los equipos y facilita al personal operativo y de mantenimiento indicaciones cruciales acerca de los parámetros, prestaciones, inclusive fallencias, que estos poseen.

Al momento de la ejecución del presente proyecto, el área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. almacena esta información en medios impresos recopilados en carpetas. Esto, lógicamente, contrae dificultades tales como la necesidad de un espacio relativamente amplio para archivar la totalidad de los documentos y el difícil acceso a estos.

En vista de esta situación, como otra actividad dentro del desarrollo de la práctica profesional y con motivo de apropiar los normativos para el manejo de equipos biomédicos, se adelanta la elaboración de documentos electrónicos que remplazaran las existencias actuales en papelería. Lo anterior, con la intención de propender al mejoramiento en las condiciones de almacenamiento y acceso a la información, y paralelamente, optimizar los procesos de control que adelanta el área de mantenimiento promoviéndolos a elevados estándares de calidad.

Para llevar a cabo esta labor se adopta la información consignada y los formatos existentes e implementados en el área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E. Estos esquemas (indicados en el anexo D) están aprobados por la oficina de gestión de calidad de la entidad, y son conformes a las obligaciones que demandan instituciones tales como el Ministerio de Salud y la Superintendencia Nacional de Salud.

La conversión electrónica de las hojas de vida e historiales de mantenimiento se efectúa mediante el uso de las herramientas informáticas *Microsoft Excel* y *Microsoft Word* del paquete *Microsoft Office*, respectivamente. Como resultado final se crean 944 archivos digitales, 472 hojas de vida e igual número de historiales de mantenimiento, correspondientes a la totalidad de equipos biomédicos e industriales de uso biomédico registrados en el inventario del área de mantenimiento del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E.

Este compendio de archivos es puesto a disposición del coordinador del área e igualmente del demás personal pasante del programa de ingeniería electrónica de la Universidad de Nariño, en aras de la creación de una base de datos para esta dependencia, objetivo de su proyecto de pasantía.

8. ACTIVIDADES ADICIONALES

De forma paralela al desarrollo de las labores encaminadas a la consecución de los objetivos señalados, se adelanta actividades adicionales relacionadas con el entorno hospitalario y de mantenimiento, suscitadas por el contexto en el cual se desenvuelven las entidades prestadoras de servicios en atención clínica, hospitalaria y sanitaria.

Incluye la asistencia a capacitaciones en operación y mantenimiento de equipos biomédicos, conferencias, y participación activa en eventos de carácter lúdico – educativo. Estas son:

- Capacitación: Operación y mantenimiento preventivo de camillas electrónicas, marca STRYKER.
- Capacitación: Operación y mantenimiento preventivo de equipo de cirugía craneana, marca AESCULAP.
- Conferencia: “Manejo seguro de la red de gases medicinales del Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E”
- Conferencia: “Atención hospitalaria de emergencia en catástrofes naturales”
- Conferencia: “Toxicología”
- Conferencia: “Eutanasia”
- Conmemoración de la 1^{ra} Semana de la Salud Ocupacional.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES																							
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
Recolección y análisis de información																								
Repotenciación baño de incubación para Lab. Clínico																								
Ejecución labores de apoyo en mantenimiento preventivo.																								
Elaboración de documentos electrónicos para registro y seguimiento de mantenimiento.																								
Actividades adicionales																								
Documentación																								

10. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de gestión de tecnología biomédica en las entidades prestadoras del servicio de salud, que esté encargado de la adquisición, registro y mantenimiento del equipamiento, permite optimizar y preservar en el tiempo las prestaciones suministradas por este, asegurando al personal profesional en el área de la salud y al paciente los mejores y más eficientes resultados en campos tales como diagnóstico, tratamiento y recuperación.

La repotenciación de equipos biomédicos, sujeta a la normatividad que regula este proceso, representa una excelente alternativa al momento de optimizar y/o reestablecer el funcionamiento de los dispositivos, generando mejores condiciones de operación, prolongando la vida útil de los equipos y salvaguardando el patrimonio económico de las entidades clínico – hospitalarias.

La continua ejecución de mantenimiento preventivo a equipos biomédicos dentro de las entidades prestadoras del servicio de salud, constituye la forma más efectiva para garantizar el correcto funcionamiento y duración del mobiliario existente en las instituciones. La permanente revisión técnica y la detección temprana de fallas propende a reducir dificultades al momento de la operación, así como los tiempos de inoperancia de los equipos y los casos en los cuales estos deben ser desechados.

Parte importante dentro del sistema de gestión de tecnología biomédica es el registro de los equipos y de las operaciones de mantenimiento a las que este es sometido. La estructuración y dinamización de este proceso mediante el uso de herramientas informáticas mejora considerablemente las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo y refleja esta mejoría en la facilidad para el acceso a la información y la reducción del tiempo empleado en dicho acceso.

La cooperación interinstitucional entre las entidades educativas y hospitalarias, que permite el desarrollo de prácticas profesionales, genera importantes beneficios para los sectores académico y sanitario del departamento. Los conceptos en ingeniería y electromedicina apropiados en el campus y su posterior aplicación llevados hasta las entidades que prestan atención en salud, permite por una parte adquirir experiencia en el manejo de tecnología de tipo biomédico, y por otra poner al servicio de la comunidad, el conocimiento expresado en un servicio de alta calidad y con visión humanitaria.

11. RECOMENDACIONES

Adelantar procesos de capacitación en manejo integral (hardware y software) al personal técnico y operativo del equipamiento biomédico con el que están dotadas las diferentes áreas clínicas y hospitalarias de la institución, a fin de: garantizar el eficiente uso de los recursos disponibles, preservar y asegurar el correcto funcionamiento de la tecnología biomédica, cumplir con las condiciones operacionales y de seguridad establecidas por la normatividad vigente, y primordialmente, ofrecer a los usuarios del servicio de salud prestaciones que cumplan con altos estándares de calidad.

Poner a disposición del personal operativo del área de mantenimiento las herramientas informáticas necesarias (hardware y software) para adelantar de forma sistematizada el control de los procesos técnicos adelantados dentro de la dependencia. Esto proveerá agilidad y eficiencia en el desarrollo de las actividades de registro y mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos e industriales de uso biomédico.

Estimular el desarrollo de prácticas profesionales con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional y generar experiencia en la aplicación de procesos y técnicas de ingeniería, así como investigación en este mismo campo.

Fortalecer la cooperación interinstitucional existente entre el Hospital Universitario Departamental de Nariño E.S.E y la Universidad de Nariño, y fomentar igualmente la institución de nuevas alianzas entre esta última y las demás entidades prestadoras del servicio de salud. Lo anterior, con el propósito de ampliar el sector institucional para la ejecución de pasantías y obtener significativos beneficios en los ámbitos académico y hospitalario del departamento.

BIBLIOGRAFÍA

BURGOS DE ORTIZ, Myriam y ORTIZ GONZÁLEZ, Luis Augusto. Investigaciones y trabajos de grado. Santiago de Cali: N- textos, 2001. 158 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2434 de 2006 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia), (citado, 13 may., 2008). Disponible en: <http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2006/46336/r_mps_2434_2006.html>

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. DIRECCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. Manual de adquisición de tecnología biomédica. Tomo I. Santafé de Bogotá: Fundación Presencia, 1997. 32 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1769. 1994 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia), (citado, 13 may., 2008). Disponible en: <http://www.supersalud.gov.co/normatividad/documentos/CircExt029_1997.pdf>

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1769 de 1994 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia), (citado, 9 ago., 2007). Disponible en: <http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1994/agosto/03/dec1769031994.pdf>

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Ley 100 de 1993 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia), (citado, 9 ago., 2007). Disponible en: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0100_93.HTM - 977k>

GONZÁLEZ CAICEDO, Orlando. El mantenimiento en Colombia [en línea]. (Sante Fe de Bogotá, Colombia), 1989 (citado, 13 may., 2008). Disponible en: <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo14710DocumentNo5094.pdf>>

HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E. Portafolio de servicios [en línea]. (San Juan de Pasto, Colombia), (citado, 13 may., 2008). Disponible en: <<http://www.hosdenar.gov.co>>

NATIONAL SEMICONDUCTORS. ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters [en línea]. (Estados Unidos), 1999 (citado 15 may. 2008). Disponible en: <[http:// www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)>

NATIONAL SEMICONDUCTORS. LM35 Precision centigrade temperature sensors [en línea]. (Estados Unidos), 2000 (citado 15 may., 2008). Disponible en: <<http://www.datasheetcatalog.com>>

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F84A Data sheet [en línea]. (Estados Unidos), 2001 (citado 15 may., 2008). Disponible en: <<http://www.datasheetcatalog.com>>

RODRÍGUEZ DENIS, Ernesto. Manual de ingeniería clínica [en línea]. (La Habana, Cuba), 2003 (citado, 9 ago., 2007). Disponible en: <http://www.cenetec.gob.mx/archivoscenetec/Curso_I_Clinica07/6ING_CLINICA.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Baño de incubación para laboratorio clínico (Repotenciado), marca YAMATO, modelo BT – 47. (a) Baño de incubación, (b) panel de control.



(a)



(b)

Anexo B. Manual de operación: baño de incubación para laboratorio clínico, marca YAMATO, modelo BT – 47.

**BAÑO DE INCUBACIÓN CON SISTEMA DE AGITACIÓN
Modelo: BT – 47**

Manual de operación

**Yamato Scientific Co., Ltda..
Tokio, Japón.**

Elaborado por:

**LUIS FELIPE MORALES MENDOZA
Pasante Universidad de Nariño
Proyecto: Repotenciación Baño de Incubación (YAMATO, BT - 47)**

**HOSPITAL UNIVERSITARIO DEPARTAMENTAL DE NARIÑO E.S.E
ÁREA DE MANTENIMIENTO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**SAN JUAN DE PASTO
2008**

TABLA DE CONTENIDO

Este manual contiene instrucciones para la operación de: Baño de Incubación con Sistema de Agitación, marca YAMATO, modelo BT – 47. Igualmente explica los procedimientos de servicio y mantenimiento que el **operador** puede adelantar.

SECCIÓN 1. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

- 1.1 Propósito y descripción
- 1.2 Características exteriores
- 1.3 Paneles de visualización y funciones
- 1.4 Panel de control y funciones de teclas
- 1.5 Características y especificaciones

SECCIÓN 2. INSTALACIÓN

- 2.1 Instalación

SECCIÓN 3. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

- 3.1 Precauciones durante la operación
- 3.2 Nivel apropiado de agua
- 3.3 Falla de alimentación (ausencia de fluido eléctrico)
- 3.4 Interruptor de protección
- 3.5 Procedimientos para la operación del baño
 - 3.5.1 Disposición del equipo
 - 3.5.2 Configuración temperatura de usuario (secuencia de teclas)
 - 3.5.3 Configuración temporizador (secuencia de teclas)
 - 3.5.4 Configuración velocidad de agitación
 - 3.5.5 Encendido / apagado motobomba para circulación de agua
 - 3.5.6 Apagado del equipo

SECCIÓN 4. MANTENIMIENTO

- 4.1 Mantenimiento del equipo por parte del operador
- 4.2 Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Características exteriores
- Figura 2. Paneles de visualización
- Figura 3. Paneles de control
- Figura 4. Mensaje de error
($T^{\circ} > 80^{\circ}\text{C}$ – Visualización temperatura)
- Figura 5. Panel de control y visualización.
Secuencia de teclas para configuración temperatura
- Figura 6. Mensaje de temperatura de usuario confirmada
- Figura 7. Panel de control y visualización.
Secuencia de teclas para configuración temporizador

SECCIÓN 1. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

1.1 Propósito y descripción

El modelo BT – 47 es un baño de incubación con sistema de agitación, regulado por microcontroladores de precisión y dotado con la propiedad de mantener temperaturas extremadamente uniformes. Provee al operador fácil control sobre la velocidad de agitación. Este sistema es apropiado para proyectos *in vivo* e *in vitro*, por ejemplo incubación así como preparación de muestras biológicas o químicas.

Los microcontroladores, proveen una programación flexible para la temperatura del agua y el tiempo.

1.2 Características exteriores (Figura 1)

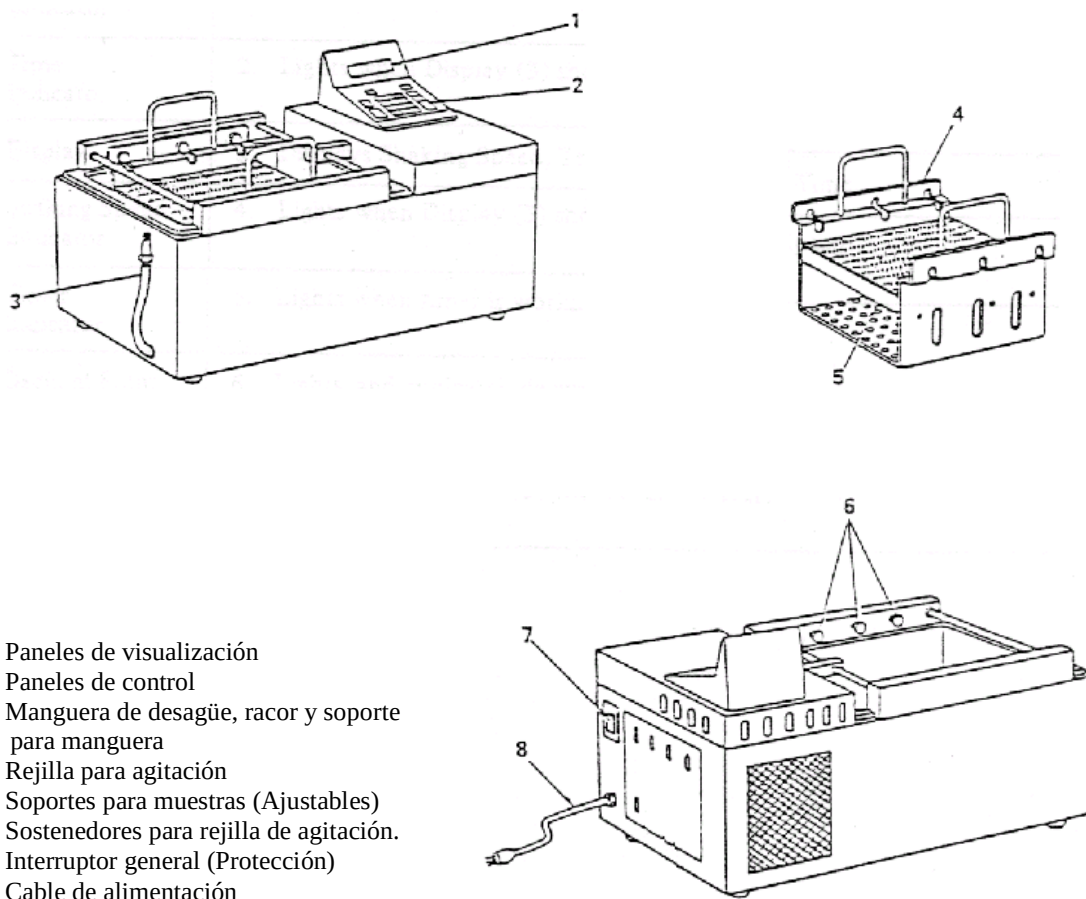


Figura 1. Características exteriores

1.3 Paneles de visualización y funciones

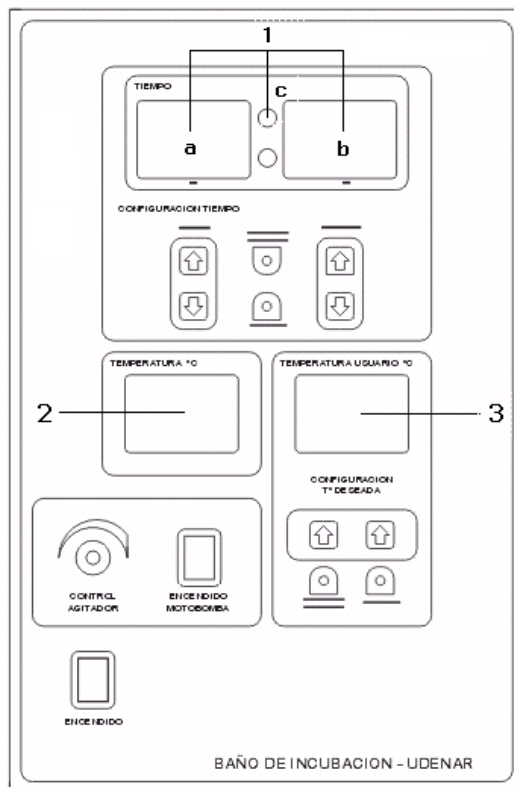


Figura 2. Paneles de visualización

UBICACIÓN	FUNCIÓN
1. Visualización de tiempo	Muestra el tiempo configurado y el tiempo transcurrido. (a. Horas – b. Minutos – c. Indicador segundos)
2. Visualización temperatura (Agua)	Despliega la temperatura a la cual se encuentra el agua contenida en el baño.
3. Visualización temperatura (Usuario)	Despliega la temperatura seleccionada por el usuario.

NOTA

Al momento de iniciar la operación del equipo, los paneles de visualización tienen la siguiente configuración:

1. Visualización tiempo:
 - a) Horas: “00”
 - b) Minutos: “00”
 - c) Indicador segundos: Encendido
2. Visualización temperatura agua: T° actual del agua contenida en el baño
3. Visualización temperatura usuario: “00”

1.4 Paneles de control y funciones de teclas

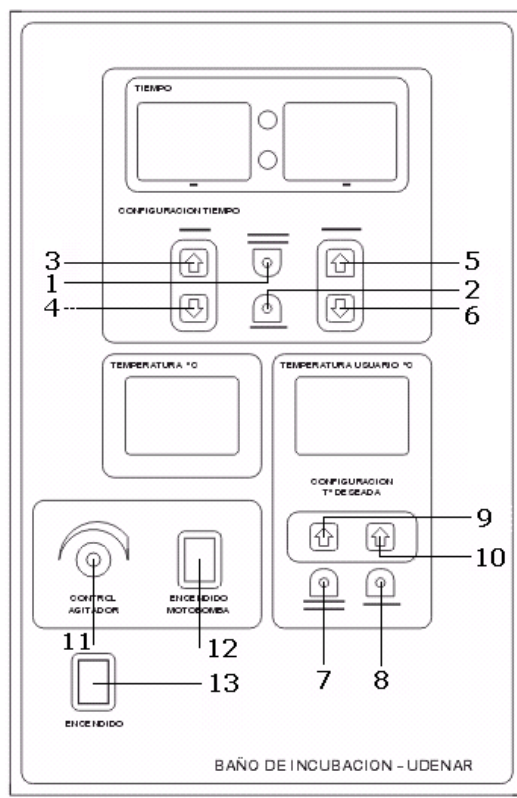


Figura 3. Paneles de control

TECLA / CONJUNTO DE TECLAS	FUNCIÓN
A. Configuración del temporizador	1. Ingresar / Confirmar a) Activa las teclas para la configuración del temporizador b) Confirma el tiempo configurado por el operador 2. Cancelar a) Cancela la operación de configuración del temporizador. b) Detiene el temporizador, llevándolo a su estado inicial (nueva configuración) c) Silencia la alarma activada por cumplimiento del tiempo configurado 3. Incremento horas: Incrementa el número de horas del temporizador. 4. Decremento horas: Decrementa el número de horas del temporizador. 5. Incremento minutos: Incrementa el número de minutos del temporizador. 6. Decremento minutos: Decrementa el número de minutos del temporizador.

B. Configuración temperatura de usuario	7. Ingresar / Confirmar a) Activa las teclas para la configuración de la temperatura de usuario. b) Confirma la temperatura configurada por el operador 8. Cancelar a) Cancela la operación de configuración de la temperatura de usuario b) Elimina la temperatura de usuario actual, llevándola a su estado inicial (nueva configuración) 9. Incremento decenas: Incrementa las decenas de la temperatura de usuario 10. Incremento unidades: Incrementa las unidades de la temperatura de usuario
11. Control del agitador	Controla la velocidad del agitador
12. Encendido de la motobomba	Activa / desactiva la motobomba para circulación de agua
13. Encendido panel de control y visualización	Enciende / apaga el panel de control y visualización

1.5 Características y especificaciones

CARACTERÍSTICA / ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Capacidad (Agua)	22.8 litros
Capacidad (Rejilla para agitación)	
Tubos de ensayo (mm)	240
16,5 dia. x 150/200 largo	
Frascos	18
(Fondo redondo, Erlenmeyer – 100ml)	
Dimensiones (Exterior)	
(mm: largo x ancho x alto)	760 x 340 x 390
Dimensiones (Interior - Efectivas)	
(mm: largo x alto x ancho)	480 x 280 x 170
Manguera de desagüe	1
Calefactor (Vatios)	1500
Material	Acero inoxidable (SUS 304)
Motor (Tipo condensador - Agitador)	40 Vatios 120 VAC
Sensor	Transistor termo-sensible
Agitador	
Movimiento (mm)	35
# de movimientos por minuto (Variable)	20 a 120
Sistema de circulación (Bomba magnética)	30 Vatios
Temperatura (Precisión de ajuste)	$\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ (a 37°C)
Temperatura (Rango de operación)	T° ambiente + 5°C a 80°C
Temperatura (Tiempo a la máxima T°)	
(min., aprox.)	95
Temperatura (Uniformemente en el baño)	$\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ (a 37°C)
Termorregulador	Microcontrolador, control proporcional, configuración digital y visualización
Temporizador (Rango de configuración)	1 min. hasta 99 hrs. y 59 min.
Peso (Kg)	40

SECCIÓN 2. INSTALACIÓN

2.1 Instalación

1. Ubique el baño en una mesa estable, posicionándolo con espacio suficiente en todos sus lados.
2. No instale el baño en ambientes donde:
 - Haya humedad
 - La temperatura ambiente sea superior a 35 °C
 - Esté expuesto en forma directa a la luz del sol
3. Conecte el cable de alimentación a una toma-corriente (una fase, 120 VAC / 10 A)
4. El baño está listo para operar

SECCIÓN 3. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

3.1 Precauciones durante la operación

ADVERTENCIA

Mantenga dedos y manos fuera del baño cuando este esté en modo de agitación. El movimiento de la rejilla de agitación puede oprimir o contusionar dedos y manos.

1. Antes de operar el equipo, cerciőrese de que los controles de la motobomba y el agitador estén desactivados.
2. El baño no operará, ni permitirá configurar temperaturas superiores a 80 °C. Si el baño alcanza una temperatura superior a 80 °C el panel de visualización de temperatura (2 – Figura 2) mostrará el siguiente mensaje de error:

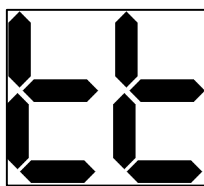


Figura 4. Mensaje de error ($T^{\circ} > 80^{\circ}\text{C}$ – Visualización temperatura)

y se activará la alarma. Cuando esto suceda, presione la tecla Cancelar del panel de control de temperatura de usuario (8 – Figura 3), esta acción hará que la temperatura de usuario sea 0 °C y que la temperatura del agua disminuya progresivamente (de ser necesario, repita este proceso hasta resolver la situación).

3. Siempre seque cualquier salpicadura de agua que desde el baño llegue a los paneles de control o visualización.

3.2 Nivel apropiado de agua

NOTA

El baño ha sido diseñado para ser usado únicamente con agua destilada o desionizada. El agua común produce descamaciones que pueden contaminar el baño y perjudicar la eficiencia del calefactor. Limpie el baño periódicamente.

1. Para operar el baño de la manera más eficiente, mantenga el nivel del agua 50 mm por debajo del tope del equipo (Con la rejilla de agitación cargada y puesta en su lugar).

3.3 Falla de alimentación (Ausencia de fluido eléctrico)

En el evento de ausencia de fluido eléctrico (momentáneo), los valores de temperatura de usuario y de temporizador se revertirán a 0. El estado del motor y la motobomba continuaran según el estado que presentaban al momento del fallo (recuerde las recomendaciones anteriores respecto a estos dos componentes). Para reiniciar el baño, introduzca de nuevo las variables de tiempo y temperatura.

3.4 Interruptor de protección

Al equipo ha sido incorporado un interruptor general para proteger la alta tecnología de los microcontroladores y otros componentes eléctricos – electrónicos en caso de sobretensión. Siempre opere el baño con el interruptor general de protección en la posición “ON” (hacia arriba), para proteger el equipo ante una subida de voltaje inesperada.

3.5 Procedimientos para la operación del baño

3.5.1 Disposición del equipo

- a) Ubique el interruptor general en la posición “ON”
- b) Llene la rejilla de agitación con el numero apropiado de recipientes (Especificaciones 1.5)
- c) Ajuste el soporte para muestras con el fin de asegurar el equipo durante la agitación.
- d) Ubique firmemente la rejilla en los sostenedores (6 – Figura 1)

NOTA

En este punto defina la velocidad de agitación, para determinar que tan lleno de agua debe estar el baño.

- e) Llene el baño, hasta el nivel apropiado, con agua destilada o desionizada únicamente.

3.5.2 Configuración temperatura de usuario (Secuencia de teclas)

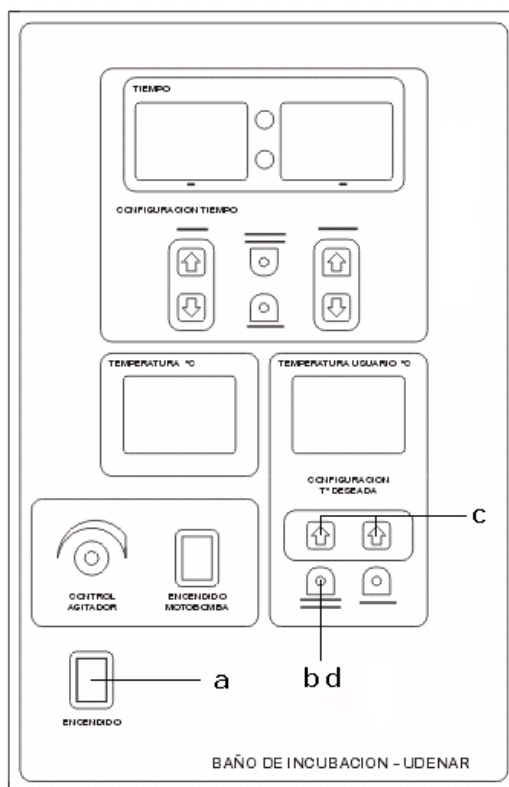


Figura 5. Panel de control y visualización. Secuencia de teclas para configuración temperatura

Para configurar la temperatura de usuario, presione:

- Encendido panel de control y visualización: Inicia todas las funciones del baño. (llevar a la posición |). Si este paso ya fue realizado con anterioridad, omite esta instrucción.
- Ingresar / confirmar: Habilita las teclas para la configuración de la temperatura de usuario.
- Incremento decenas / incremento unidades: Configura la temperatura deseada mediante el incremento de las unidades y las decenas independientemente.
- Ingresar / confirmar: Confirma el valor de temperatura seleccionado. Una vez confirmado, el panel de visualización de temperatura de usuario mostrará el siguiente mensaje:



Figura 6. Mensaje de temperatura de usuario confirmada.

- e) Para interrumpir el proceso de configuración de temperatura de usuario, o establecer un nuevo valor, presione la tecla Cancelar del panel de configuración de temperatura de usuario (8 – Figura 3) y repita el proceso anterior.

3.5.3 Configuración temporizador (Secuencia de teclas)

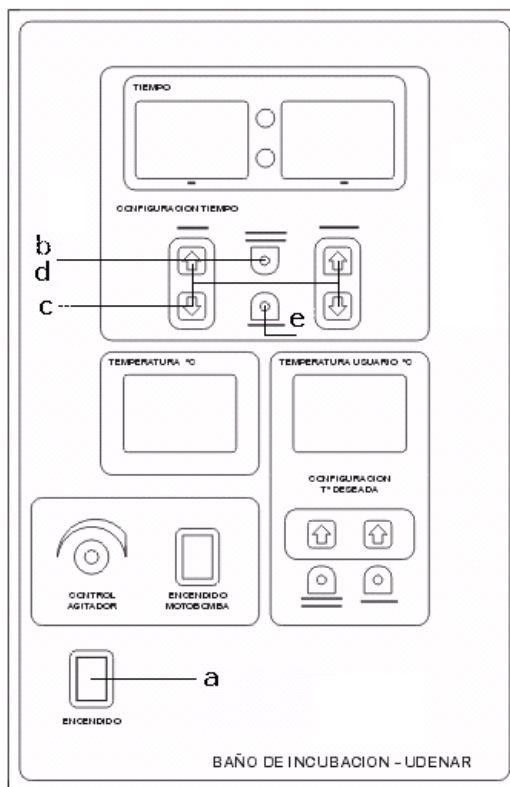


Figura 7. Panel de control y visualización. Secuencia de teclas para configuración temporizador

Para configurar el temporizador, presione:

- Encendido panel de control y visualización: Inicia todas las funciones del baño (llevar a la posición |). Si este paso ya fue realizado con anterioridad, omite esta instrucción.
- Ingresar / confirmar: Habilita las teclas para la configuración del temporizador.
- Incremento / decremento horas - Incremento / decremento unidades: Configura el tiempo deseado, mediante el incremento y decremento de las horas y los minutos.
- Ingresar / confirmar: Confirma el valor de temperatura seleccionado. Una vez confirmado el temporizador inicia su conteo regresivo, el indicador de segundos (1.c – Figura 2) comenzará a parpadear. Una vez haya concluido el tiempo configurado, la alarma se activará.
- Cancelar: Desactiva la alarma.

- f) Para interrumpir el proceso de configuración de temporizador, o detener el conteo regresivo de este, presione la tecla Cancelar del panel de configuración de temporizador (2 – Figura 3) y repita el proceso anterior.

3.5.4 Configuración velocidad de agitación

NOTA

En sus posiciones limite (Totalmente a la izquierda o derecha), la velocidad de agitación sera nula y máxima respectivamente.

Para configurar la velocidad de agitación, presione:

- a) Encendido panel de control y visualización (13 – Figura 3): Inicia todas las funciones del baño (llevar a la posición |). Si este paso ya fue realizado con anterioridad, omite esta instrucción.
- b) Control agitador (11 – Figura 3): Desplace la perilla de izquierda (apagado o < agitación) a derecha (encendido – > agitación – máxima velocidad) para incrementar la velocidad de agitación, y viceversa para disminuirla.

3.5.5 Encendido / apagado motobomba para circulación de agua.

NOTA

En sus dos posiciones (I y O), la motobomba estará encendida y apagada respectivamente.

Para hacer uso de la motobomba de circulación, presione:

- a) Encendido panel de control y visualización (13 – Figura 3): Inicia todas las funciones del baño (Llevar a la posición |). Si este paso ya fue realizado con anterioridad, omite esta instrucción.
- b) Encendido de la motobomba (12 – Figura 3): Ubique el interruptor en la posición (I) para encender la motobomba o en la posición (O) para apagarla.

3.5.6 Apagado del equipo

NOTA

Antes de apagar el baño, verifique que el control del agitador y el encendido de la motobomba estén en sus respectivas posiciones de apagado. Recuerde que al desactivar el equipo los valores actuales de temperatura de usuario y temporizador desaparecen.

Para apagar el equipo, presione:

- a) Encendido panel de control y visualización (13 – Figura 3): Detiene todas las funciones del baño (Llevar a la posición O).
- b) Ubique el interruptor general en la posición “OFF” (7- Figura 1).

SECCIÓN 4. MANTENIMIENTO

4.1 Mantenimiento del equipo por parte del operador

Las labores de mantenimiento por parte del operador hacen referencia a la limpieza general de: estructura, gabinete contenedor, calefactor y panel de control y visualización.

Para este efecto se recomienda utilizar un paño humedecido en agua, evitando el uso de sustancias corrosivas.

4.2 Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo

Para efectos de mantenimiento preventivo del equipo, remitirse con la periodicidad adecuada al Área de Mantenimiento. Cualquier anomalía que atente contra el normal funcionamiento del dispositivo, informarla de inmediato a esta misma dependencia.

Anexo C. Monitor de signos vitales, marca CRITIKON, modelo DINAMAP PLUS. (a) Monitor de signos vitales, (b) conector circuito – paciente del módulo de monitorización cardiaca, (c) manguitos para monitorización de presión arterial, (d) electrodos para monitorización de temperatura periférica, (e) sensores de saturación de oxígeno (SatO₂).



(a)



(b)



(c)



(c)



(e)

Anexo D. Formato de documentos electrónicos para registro y seguimiento del mantenimiento preventivo de equipos biomédicos. (a) Hoja de vida, (b) historial de mantenimiento

HOJA DE VIDA EQUIPOS DE OPERACIÓN		CODIGO FAMAN - 05	FECHA DE ELABORACIÓN de Noviembre de 2005		15
		VERSIÓN 00	FECHA DE ACTUALIZACIÓN 15 de Noviembre de 2005		
		HOJA: 1 DE 1			

1. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL EQUIPO							
BIOMÉDICO	PREVENCIÓN	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO	REHABILITACION			
EQUIPO INDUSTRIAL DE USO HOSPITALARIO	PLANTA ELECTRICA		EQ. LAVANDERIA	EQ. COCINA	CALDERA	BOMBA DE AGUA	
	AUTOCLAVE	EQ. DE SEGURIDAD	EQ. REFRIGERACION	EQ. AIRE ACONDICIONADO	EQ. APOYO HOSPITALARIO	OTROS	

2. UBICACIÓN DEL EQUIPO		
EDIFICIO:	PISO:	SERVICIO:
EQUIPO COMPARTIDO CON:		AMBIENTE:

3. REGISTRO HISTORICO	
Codigo del equipo:	
Nombre del equipo:	
Marca:	
Modelo:	Tipo
Numero de Serie	

4. FORMA DE ADQUISICION			
Compra directa:		Comodato	
Donación:			
Leasing:		Otro:	
Fecha de instalacion:	AÑO:	MES:	DÍA:

5. REGISTRO TECNICO			
Voltaje operación		Velocidad	
Corriente operación		Temperatura	
Potencia consumida		Capacidad	
Frecuencia			
Presión			
		Fuente de alimentación	
		Agua	Electricidad
		Aire	Otros
		Vapor	
		Gas	

6. REGISTRO APOYO TECNICO					
MANUALES	CANTIDAD	PLANOS	CANTIDAD		
Operación:		Eléctricos:			
Mantenimiento:		Electrónicos:			
Partes:		Hidráulicos:			
		Neumáticos:			
		Mecánicos:			

7. CLASE DE TECNOLOGÍA PREDOMINANTE					
Eléctrico:		Electrónica:		Hidráulico:	
Mecánico:		Electromecánico:		Neumático:	
Vapor:		Otro:			
Equipo:	Movil		Fijo		

8. RELACIÓN CON DISPOSITIVOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN			
El equipo consta de dispositivo de medición	SI	NO	Clase de Equipo
			Código de Equipo / Hoja de vida

ELABORADO POR:	Grupo	REVISADO POR:	calidad	Gestión de	APROBADO POR:	Gerencia
de Mantenimiento						

(a)

