

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CUNA RADIANTE

Pablo Jácome Ruiz¹, Verónica Soto Vera², Miguel Yapur Auad³

¹Egresado en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones 2005, xdsl_fiec@hotmail.com

²Egresado en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones 2005, verosove@hotmail.com

³Director del Tópico de Graduación en Electrónica Médica. Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica, ESPOL, 1983. M.Sc. en Ingeniería Biomédica, University of Texas, 1986. Profesor de la ESPOL desde 1987, myapur@espol.edu.ec

RESUMEN:

El proyecto consiste en el diseño e implementación de una cuna térmica, la cual es un dispositivo que emite calor radiante y mantiene al recién nacido (neonato) en una temperatura óptima para su desarrollo (36-37.5°C).

El sistema de control de la temperatura se basa en un microcontrolador, el cual está programado para regular el porcentaje de energía aplicado al elemento emisor de calor. Este porcentaje dependerá de la diferencia (en grados centígrados) entre el valor ajustado por la enfermera o cuidador y la temperatura de la piel del paciente (neonato). Para establecer la temperatura deseada se cuenta con un teclado digital y su visualización se la realiza mediante una pantalla LCD, incrementándose así la exactitud. En esta pantalla también se mostrará la temperatura de la piel del neonato. En caso de cualquier condición anormal (falla de energía eléctrica, falla del sensor, exceso de temperatura o tiempo de exposición del neonato a la radiación, etc.) el sistema cuenta con alarmas visuales y auditivas.

Además, dependiendo de la condición anormal detectada, el sistema realiza los ajustes necesarios a fin de reducir los efectos de éstas al neonato.

RESUME:

This project consists on the design and implementation of a thermal cradle, which is a device that emits radiating heat and maintains the newborn in an optimal temperature for its normal development (36-37.5°C).

The temperature control is based on a microcontroller programmed to regulate the percentage of energy applied to the element that emits heat. This percentage will depend on the difference (in Celsius degrees) between the value fixed by the nurse and the temperature of the patient's skin. In order to establish the ideal temperature, the system counts on a digital keyboard and a screen LCD that allows its visualization and increases its exactitude. Also, the current temperature of the patient's skin will be visible in this screen. In case of any abnormal condition (fault of electrical energy, fail of the sensor, excess of temperature or time of exposure of the newborn to the radiation, etc.) the system counts on visual and audible alarms.

In addition, depending on the abnormal condition detected, the system makes the necessary adjustments in order to reduce these effects to the newborn.

INTRODUCCIÓN:

Uno de los principios básicos de la neonatología es proporcionar al recién nacido condiciones térmicas favorables para su desarrollo; para lograr este propósito, en los hospitales, maternidades y salas de asistencia neonatal, es común el uso de equipos médicos como cunas de calor radiante e incubadoras.

El presente proyecto se orienta al diseño e implementación de una cuna de calor radiante, la cual deberá cumplir con todos los requisitos necesarios para este tipo de equipos y ofrecer una ventaja en precios con respecto a equipos similares existentes en el mercado sin descuidar la calidad. Además, esta cuna térmica contará con una interfaz amigable (enfermera-dispositivo) para su fácil utilización.

Durante el desarrollo del proyecto se analizaron los elementos óptimos y se procedió a realizar pruebas de funcionamiento necesarias hasta lograr obtener resultados precisos y confiables.

CONTENIDO:

Durante el embarazo los mecanismos de termorregulación maternos mantienen la temperatura estable a 37.5°C aproximadamente. Al momento del nacimiento el recién nacido (neonato) se enfrenta a un ambiente de hasta 15°C por debajo de la temperatura normal, disminuye entonces su temperatura cutánea y empieza a operar su sistema regulador autónomo para producir calor en respuesta al ambiente frío. Ésta pérdida de energía calórica se puede minimizar regulando la temperatura ambiental donde reposa el neonato hasta proporcionar un *ambiente térmico neutral*, condición en la cual el neonato invierte la mayor cantidad de calorías para su desarrollo en lugar de utilizarlas para mantener estable y dentro de los límites su temperatura corporal. Es posible proporcionar un ambiente térmico neutral eliminando las fuentes de frío (ventanas o aire acondicionado), y utilizando diferentes fuentes que suministren calor como instrumentos y ropas calientes, colchón térmico, incubadoras y cunas radiantes.

Las cunas de calor radiante utilizan un elemento calefactor para generar calor, el cual es controlado por un microcontrolador en proporción directa a la diferencia entre la temperatura del paciente y la deseada. El recién nacido descansa sobre una plataforma totalmente abierta al ambiente con paredes de muy poca altura que evitan caídas inesperadas y facilitan al personal médico el acceso total para realizar maniobras de intubación de sondas y catéteres.

Las características principales de la cuna de calor radiante son:

- a. Unidad electrónica basada en un microcontrolador programado para controlar la temperatura del recién nacido en un medio abierto.
- b. Despliegues visuales en pantalla:
 - Temperatura del paciente.
 - Temperatura de control.
 - Temporizador.
- c. Parámetros establecidos por el operador:
 - Temperatura de control (temperatura deseada del neonato) – Indispensable.
 - Tiempo de revisión (temporizador) – Opcional.

- d. Control de temperatura desde 35°C a 37.5°C. Con resolución mínima de 0.1°C.
- e. Alarmas auditivas y visuales:
- Alarma general.
 - Falla del sensor de temperatura del paciente.
 - Temperatura de paciente alta.
 - Desconexión de línea.
 - Alarma indicadora de período de revisión del neonato.
 - Sistema calentador al 100% de su potencia por más de 12 minutos.
 - Silenciador de alarmas.
- f. Elemento calefactor radiante.
- g. Estructura de soporte con ruedas para facilitar movilidad.

Como se muestra en el diagrama de la *Figura 1*, el sistema de la cuna radiante se divide en cinco bloques funcionales:

Alimentación del sistema.- El circuito se alimenta con 110VAC y mediante un transformador, circuito rectificador, filtro y regulador de voltaje se entrega al sistema de control una tensión de 5VDC; el elemento calefactor recibe directamente los 110VAC a través del relé protector.

Sistema controlador.- Está constituido por un microcontrolador (PIC 16F877A) previamente programado para procesar la información recibida por los demás elementos del sistema y generar respuestas. Es el cerebro de todo el circuito ya que envía una señal al sistema calefactor para que éste genere calor de acuerdo al análisis de la temperatura del neonato.

Sistema de detección térmica.- Es la interfaz entre el controlador y el paciente, constituida principalmente por el sensor digital LM35 que es el encargado de obtener los datos de la temperatura corporal del neonato e introducir el valor medido al sistema; varía 10mV por cada grado centígrado. Este bloque está formado por componentes electrónicos adicionales de acoplamiento y voltaje de referencia que permiten la obtención de valores de temperatura con una resolución de 0.1°C.

Interfaz con el operador.- Básicamente es el panel de control del sistema y está compuesto por una pantalla LCD, teclado, bocina y conjunto de Leds. Estos elementos permiten al usuario establecer los parámetros de funcionamiento del equipo, visualizar los datos medidos y recibir las alarmas luminosas y acústicas. El tono de las alarmas acústicas consiste en un solo tono intermitente que puede silenciarse presionando el botón silenciador de alarma. Mediante el teclado el operador puede seleccionar la temperatura de control y establecer el tiempo del temporizador para aviso de verificación del paciente. En la pantalla LCD son visibles tres datos: temperatura de control, temperatura del paciente y el temporizador.

Sistema calentador.- Es el conjunto de elementos que dependiendo de las señales enviadas por el microcontrolador, incrementan o disminuyen el calor emitido por la resistencia calentadora. Este bloque está formado por un elemento opto-acoplador, un relé de protección, un sistema de potencia, un circuito detector de cruce por cero, una bobina V_{VS1} (Shunt), un circuito comparador y el elemento calefactor. El sistema calentador no se enciende bajo condición anormal alguna.

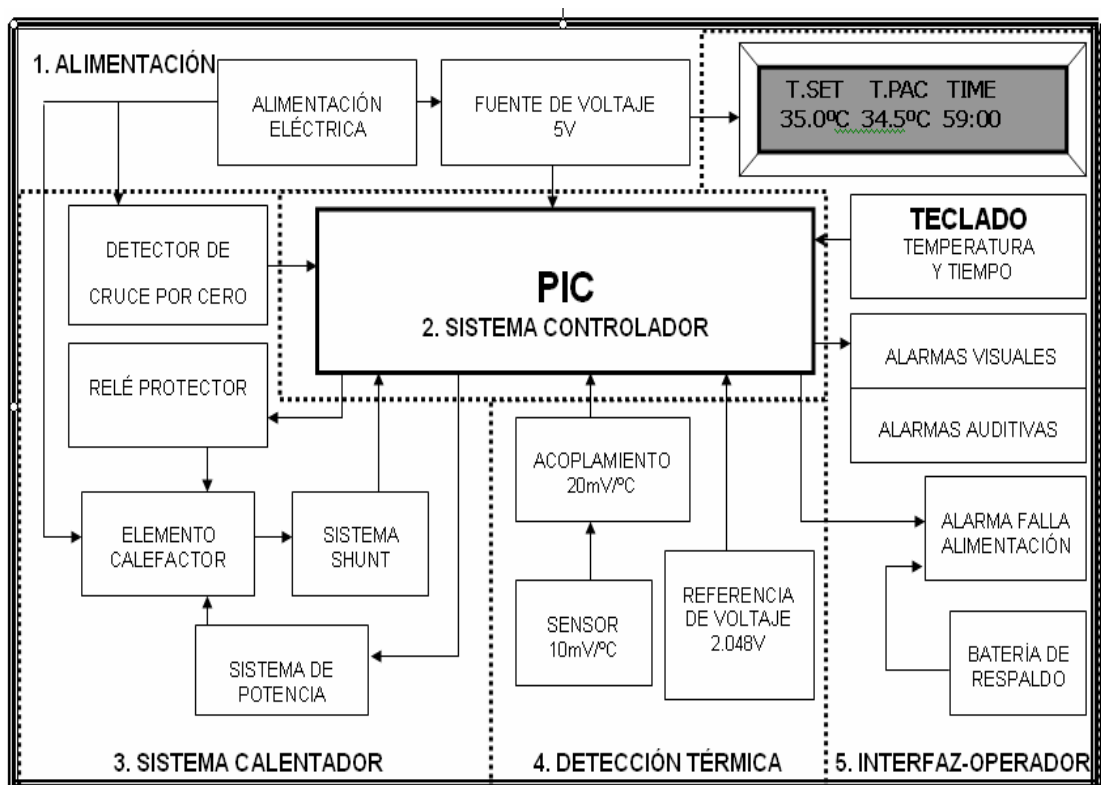


Figura 1.- Diagrama de bloques del control electrónico de la cuna de calor radiante.

El siguiente diagrama de flujo muestra el algoritmo del programa interno del microcontrolador: (Ver *Figura 2* y *Figura 3*).

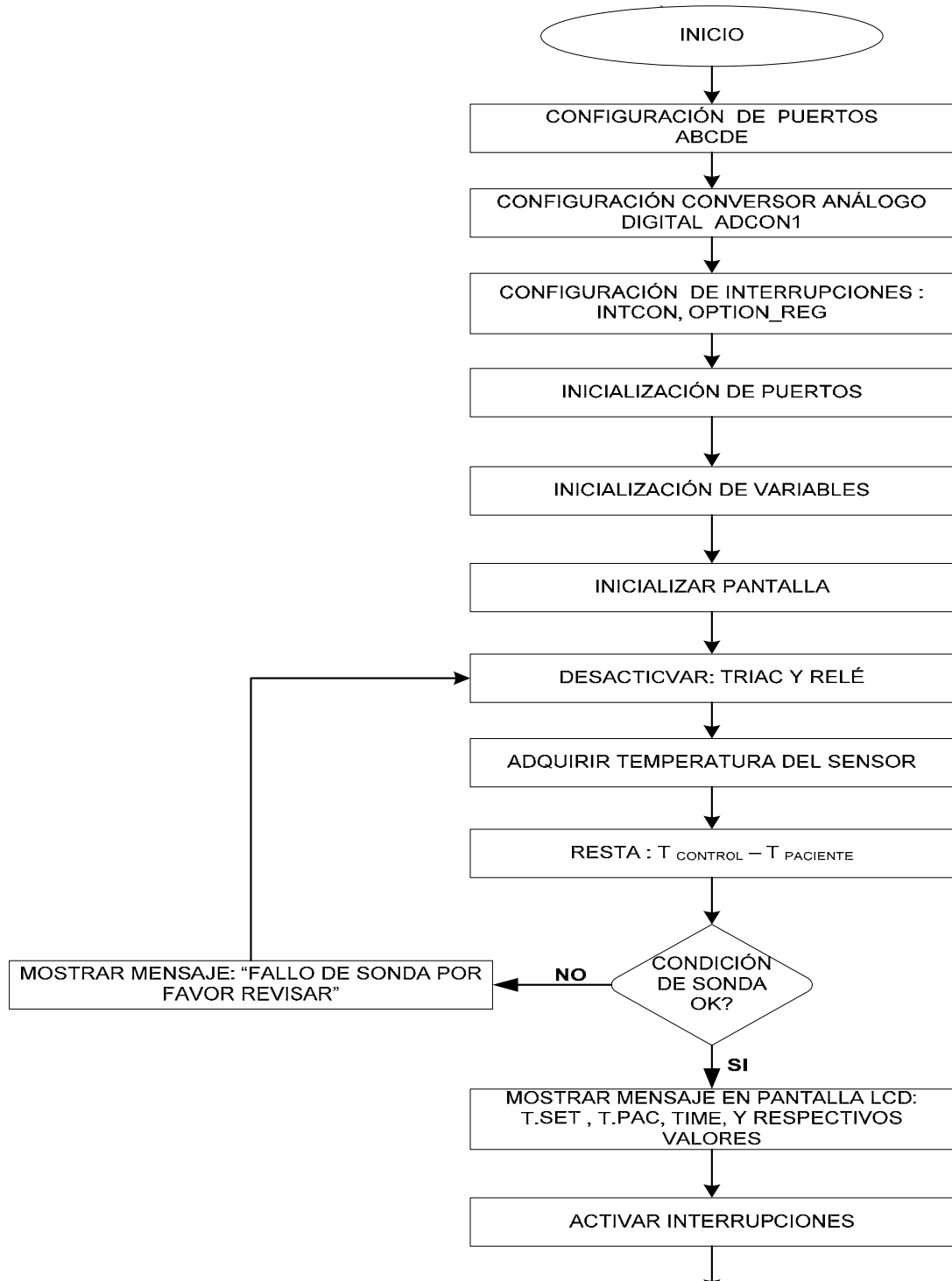


Figura 2.- Diagrama de flujo del programa principal. Parte A.

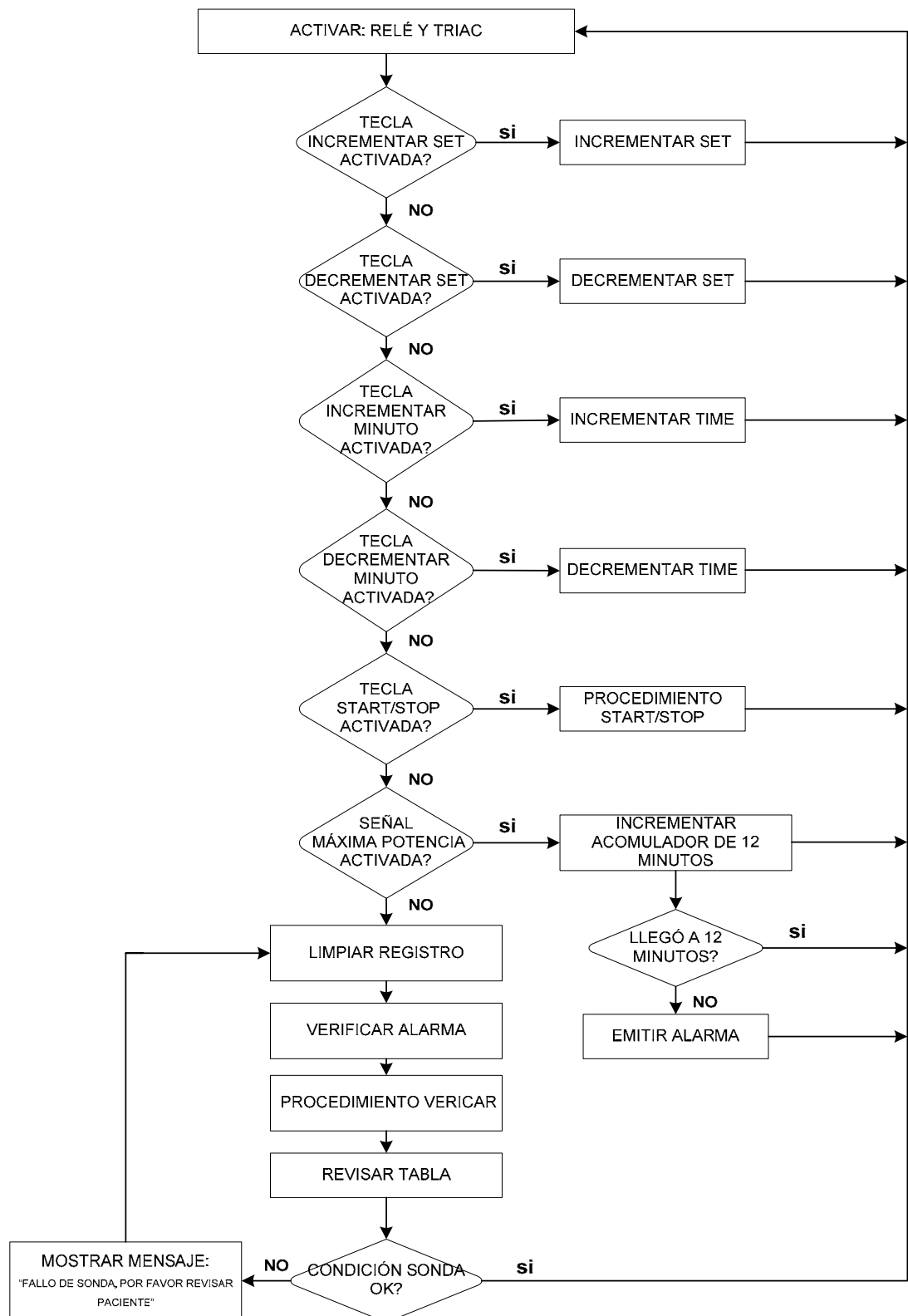


Figura 3.- Diagrama de flujo de programa principal. Parte B.

La *Figura 4*, muestra el diseño de la estructura física de la cuna y la ubicación del sistema electrónico y de la unidad de calor radiante.

La estructura de soporte de la cuna térmica está hecha a base de tubos cuadrados de aluminio de 2.5cm de grosor y con cuatro ruedas con giro de 360° que permiten total movilidad. El panel de control está hecho de aluminio de 3mm de grosor.

La resistencia calentadora está sujeta por zócalos o terminales de cerámica para evitar el calentamiento de borde. Para conectar la resistencia al circuito de control se utiliza un cable No.6.

El panel deflector está hecho de acero inoxidable y es doblado en forma curva con el fin de proporcionar un calor uniforme al paciente.

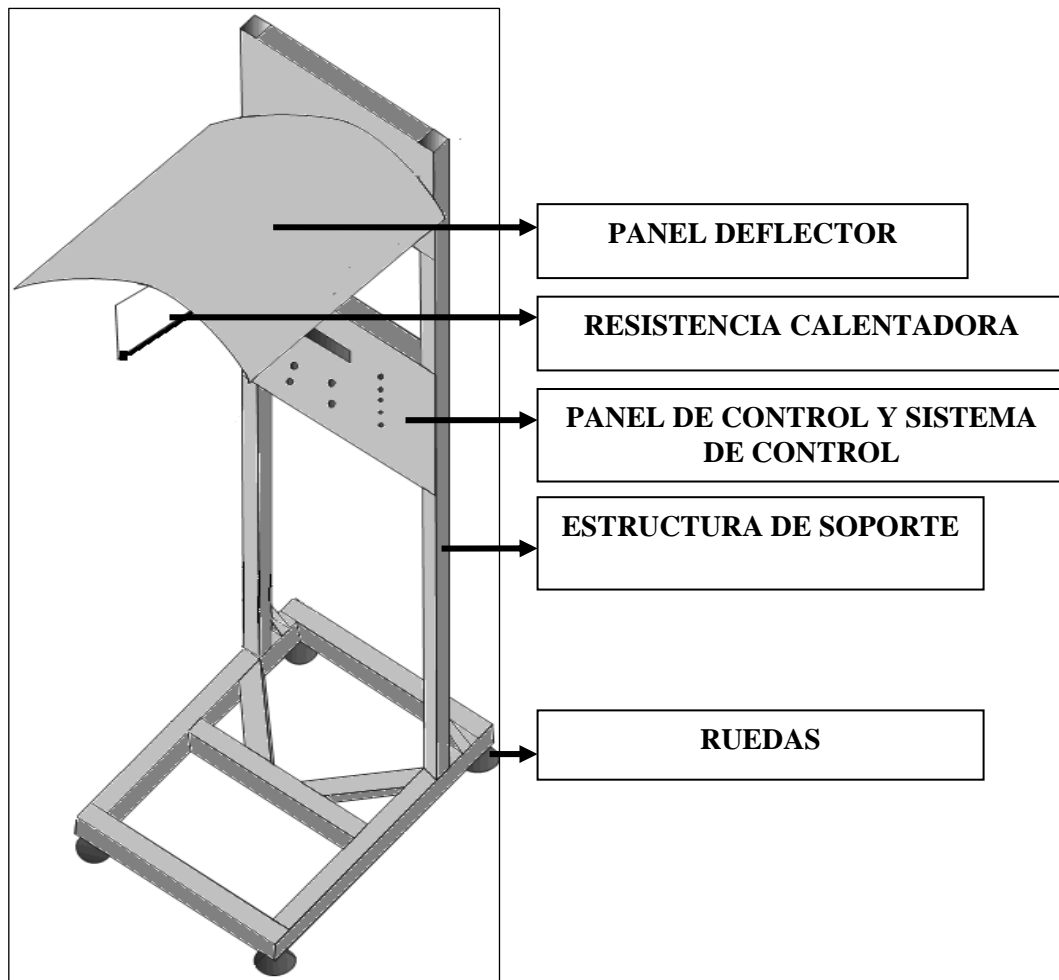


Figura 4.- Estructura física.

CONCLUSIONES:

El microcontrolador, PIC 16F877A, es el cerebro de todo el circuito, su función es procesar la temperatura del paciente en tiempo real y de acuerdo a la diferencia entre la temperatura del paciente y la de control se envía una señal al sistema calefactor. Es análogo a la función del Hipotálamo en el cuerpo humano.

La resistencia de 600W es el elemento calefactor por medio del cual el microcontrolador incrementa o disminuye el calor proporcionado al paciente. La señal aplicada por el microcontrolador es análoga a la respuesta termorreguladora del proceso de termorregulación del cuerpo humano.

El sensor de temperatura, LM35, envía una señal de voltaje proporcional a la temperatura del paciente, cuyo comportamiento es análogo al proceso de detección térmica en el hombre.

Este equipo pretende suplir eficazmente las deficiencias que presentan los neonatos prematuros manteniéndolos en la zona de equilibrio térmico, ayudando de esta forma a que el consumo de calorías del neonato se concentre exclusivamente en su desarrollo.

Con la implementación de este proyecto, queda demostrado que es posible diseñar y construir equipos médicos a un costo inferior de los equipos que se encuentran actualmente en el mercado, sin desmerecer la calidad y fiabilidad, siendo de gran utilidad en hospitales y centros de salud de escasos recursos económicos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Llorente Alberto, TERMORREGULACIÓN (2), <http://www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria/numero7/Tecnologia-Termorregulacion2.htm>
2. Llorente Alberto, TERMORREGULACIÓN (I), <http://www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria/numero7/Tecnologia-Termorregulacion1.htm>
3. Maya Jiménez Miguel Adolfo, Diseño y Construcción de una cámara de Control de Temperatura para Neonato, http://www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria/numero9/Colaboracion_9.htm