

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SECADORA DE MATERIAL QUIRÚRGICO POR MICROONDAS

¹Carnea Lucía Zapata García, ²Gabriel Jaime Sánchez Zuluaga y ³Samuel Ángel Jaramillo Flórez

¹Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Programa de Tecnología Electrónica.

Calle 73 N° 73A 226, Sector Pilarica, Medellín, Colombia

caluzaga@yahoo.com.mx

²Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Electrónica

Avenida Bolívar Calle 12 Norte, Armenia, Quindío, Colombia

samuelangel@uniquindio.edu.co

Resumen— En este trabajo se describe el diseño y la construcción de una máquina para secar materiales quirúrgicos utilizando microondas, en donde se propone una forma geométrica altamente eficiente de la cavidad de reflexión, para lograr concentrar la máxima potencia en un horno con forma de elipsoide de revolución (esferoide prolato).

Palabras Clave: Agroindustria, horno, quirúrgico, magnetrón, microondas, secado.

1 INTRODUCCIÓN

Las mangueras utilizadas en el sistema hospitalario para el suministro de oxígeno y anestesia durante los diferentes procesos quirúrgicos, deberían ser desechables. Sin embargo, debido a los altos costos de estos elementos y a la necesidad de hacer rentable la prestación de los servicios, deben ser reutilizadas someténdolas a un proceso de lavado, desinfección y secado, que es rudimentario en la mayoría de los casos.

Se utilizan diferentes tipos de mangueras (corrugadas de 1 y 1½ para anestesia y pulmón-aire, corrugadas de ¼ endo-traqueales e igualmente lisas de diferentes diámetros y de variadas longitudes). Las mangueras corrugadas son las que ofrecen el mayor grado de dificultad, pues los aros que las forman son cerrados, lo que no permite salir con facilidad el agua alojada en ellos.

Normalmente, las mangueras, una vez utilizadas, son sumergidas en canecas que contienen una solución de Hipoclorito al 0.5% (624cc) diluida en agua (16.000cc) para material infectado (secreciones, sangre, etc.). Para el material utilizado en pacientes con enfermedades altamente contagiosas como Sida, Hepatitis etc., se utiliza gluten-aldehído al 2% ó

peróxido de hidrógeno al 6%, durante 20 minutos (y eso cuando la institución tiene los recursos necesarios para adquirir estos productos). En general se esteriliza con Oxido de Etileno o Formol. Luego se les aplica agua destilada para retirar la solución.

Una vez lavada la manguera, es tomada en un extremo por la persona encargada para bolearla manualmente tratando de extraer la mayor cantidad de agua y, debido a las características de estas mangueras, sólo sale una parte, y luego son izadas en forma horizontal para que, por medio de evaporación y después de varios días expuestas al sol, se seque el resto del fluido, esto último en detrimento de la asepsia del material.

También hay máquinas que realizan esta labor de lavar, esterilizar y secar, sin que el material sea manipulado por el operario, pero el proceso de secado dura varias horas con respecto al tiempo del lavado y desinfección. Estas máquinas son costosas y no son muchas las instituciones que pueden contar con ellas. La mayoría de los hospitales de la región poseen un pequeño secador de mangueras pero sólo es práctico para las mangueras de menor diámetro, el proceso se toma demasiado tiempo y su funcionamiento presenta varias anomalías. Si se necesita acelerar el proceso por motivos de demanda inmediata, se utiliza aire

caliente emitido en la parte de atrás de diversos equipos médicos. En ambos métodos el proceso demora varios días. Este proyecto se ha realizado para solucionar estos problemas, diseñando una máquina en la cual se secan mangueras quirúrgicas y demás material plástico, que no sólo garantice total asepsia, procesos rápidos y seguros, con visualización de los parámetros más importantes, sino que también brinde al personal que la opera, comodidad al usarla, como fin principal, pero que además cumpla con las normas para la Certificación de la Calidad, que se están exigiendo en todas las instituciones de la salud.

El método seleccionado para implementar la máquina, son las microondas. Como características principales, la máquina cuenta con un sistema de programación de secado para diferentes materiales, visualización del proceso en ejecución a través de un Display LCD, y un informe impreso del proceso con el programa, hora, día que se llevó a cabo y tiempo que se tomó el mismo. El propósito es proveer de un sistema de secado de mangueras quirúrgicas más eficiente en cuanto a que se garantice facilidad de manejo, rapidez en el término del proceso y se asegure un 100% la asepsia del material, ya que este proceso normalmente es desarrollado en forma manual, arcaica, lenta y poco confiable.

Su importancia radica en que se agilizará el proceso de secado del material de mangueras utilizadas en los diferentes procedimientos quirúrgicos, garantizando que estos conserven un alto nivel de pureza. El beneficio principal, es que se garantizará la desinfección del material a utilizar en nuevos pacientes, con miras a evitar infecciones respiratorias (restos de Hipoclorito y de Gluten-aldehído, Cidex, quemar literalmente las vías respiratorias y los residuos de Etileno son altamente cancerígenos), y demás consecuencias que puede acarrear un material infectado, así como optimizar el tiempo necesario para disponer de las mangueras a través de una operación simple y sencilla.

Este trabajo, responde a una necesidad de tipo técnico que se está presentando a nivel hospitalario. Se tomó la decisión de diseñar un equipo de forma tal, que haga más confiable tanto para el paciente como para la entidad prestadora de servicios de salud el secado de las mangueras utilizadas para procedimientos quirúrgicos. Se puede resaltar como impacto social, el hecho de que la secadora garantiza

seguridad higiénica en los procesos hospitalarios, evitando la proliferación de enfermedades respiratorias. Como impacto económico se logra la disminución de costos por tratamientos adicionales, por infecciones respiratorias o demandas legales por contagio de enfermedades. En cuanto al impacto ecológico, la secadora cuenta con un sistema antigable y se garantiza que no contaminará con emisión de gases o residuos peligrosos.

II DISEÑO DE LA MÁQUINA SECADORA

Se ha implementado una máquina para secar mangueras quirúrgicas de diferentes tipos y longitudes siguiendo los siguientes pasos:

- Evaluar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los diferentes diseños para el secado por microondas de las mangueras y seleccionar el más apropiado.
- Programar por medio de un microcontrolador los ciclos para el secado de las mangueras y otros elementos quirúrgicos, con programas específicos de acuerdo a cada material.
- Montar el tablero con los circuitos electrónicos y de control para el gobierno del gabinete de manera simple y sencilla.
- Diseño del gabinete de acuerdo a las dimensiones acordadas.
- Ensamblar todas las partes y poner a prueba la operación de la máquina para asegurar su correcto funcionamiento.

En el proceso del deshidratado se han utilizado gran variedad de métodos, algunos menos ortodoxos que otros. Al calentamiento por alta y ultra-alta frecuencia de materiales no conductores, sólidos y líquidos, ha seguido en su desarrollo el calentamiento por inducción de materiales conductores de la corriente eléctrica, al ser sus fundamentos teóricos muy semejantes.

En la aplicación del calentamiento dieléctrico a procesos de secado sucede prácticamente lo contrario que en el calentamiento por convección. El gradiente de temperatura en el proceso es positivo del centro del material a la superficie, lo mismo que el gradiente de humedad, pero, además, lo más frecuente es que el calor se genere preferentemente en las partículas de humedad, facilitando su emigración hacia la superficie y su eliminación posterior. En consecuencia, el secado es mucho más rápido y se reducen las posibilidades de deformación del producto. El

calentamiento dieléctrico se basa en los campos electromagnéticos de alta frecuencia aplicados a materiales no conductores de baja conductividad térmica, denominados dieléctricos. Este proceso da lugar a un calentamiento uniforme en un material homogéneo.

La susceptibilidad de un producto al efecto de calentamiento por un campo electromagnético depende de la frecuencia y, teóricamente, existe una frecuencia óptima de calentamiento.

El calentamiento por histéresis dieléctrica se presenta en la gama de frecuencias electromagnéticas en el intervalo de frecuencias que van desde 300 MHz a 300 GHz, tratándose de un recurso natural cuya gestión está en manos de organismos internacionales. Así, la Reglamentación Internacional de Radio, acordó que solamente se usarán cuatro frecuencias para fines científicos, médicos e industriales: 915 ± 25 , 2.450 ± 13 , 5.800 ± 75 , 22.125 ± 125 MHz. De estas cuatro posibilidades reglamentadas, la frecuencia más comúnmente utilizada en la práctica médica es la de 2.450 MHz. (microondas).

III. DISEÑO DE LA CAVIDAD ELIPSOIDAL

La cavidad se realizó en aluminio, de acuerdo al diseño. Ver Figura 1. El sistema consta de dos magnetrones activos (de los cuatro instalados) en cajitas, con una inclinación proporcionada por la cajas, porta-magnetron mostrada en la Figura 2, tal que ambas señales pasen por el foco. La bandeja, Figura 3, ha sido diseñada especialmente para colocar hasta 12 mangueras de diferentes dimensiones, y se le agregó el sistema de extracción de vapor.

Figura 1. Aplicador multimodo elipsoidal.

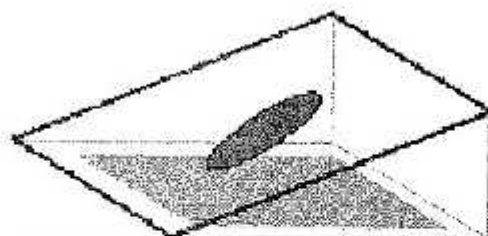
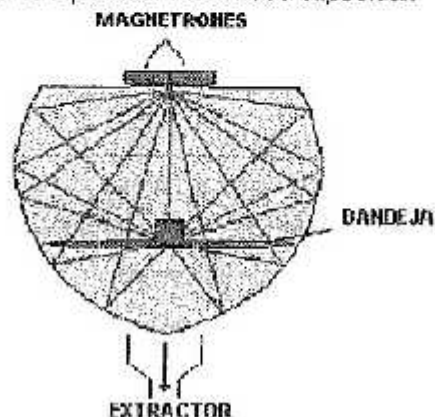
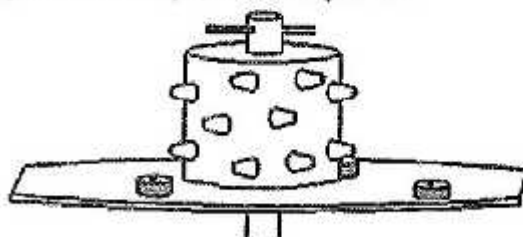


Figura 2. Caja Porta-magnetron.

Figura 3. Bandeja porta-mangueras.



Para aumentar el tiempo de duración de la máquina, se determinó colocar dos nuevos magnetrones, para un total de cuatro, y rediseñar la tarjeta de control y el programa del microcontrolador. Estos magnetrones se turnan alternadamente por parejas en su funcionamiento. Ver Figuras 4 y 5.

Figura 4. Redistribución de los magnetrones.

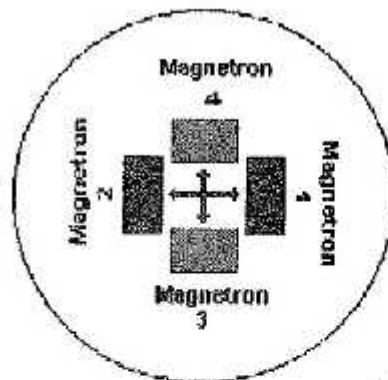
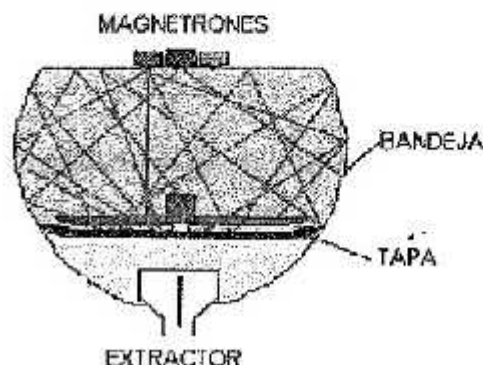


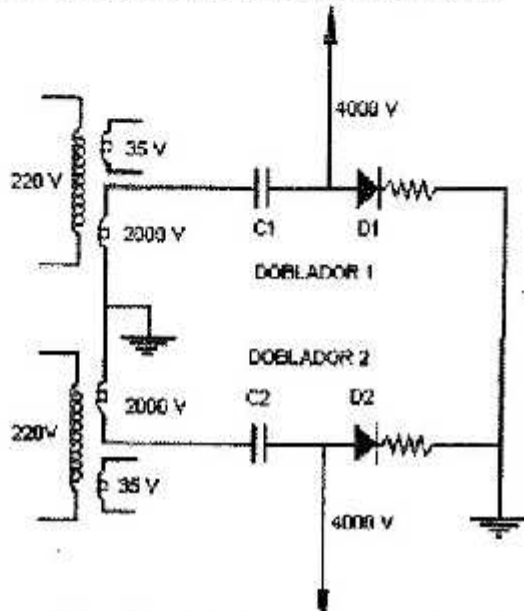
Figura 5. Nuevo diseño remodelado.



IV. FUENTE REGULADORA

La fuente de alimentación se implementó con dos transformadores y dos dobladores de tensión. Los transformadores, con un primario alimentado a 110 V., disponen de dos secundarios, uno que suministra 3,5 V. para alimentar el filamento del magnetrón, y otro que suministra 2000 V. Figura 6.

Figura 6. Fuente de alimentación Magnetron.



Un condensador y un diodo forman el doblador de tensión para obtener de esta forma 4000 V, que necesita cada ánodo del magnetrón. La corriente se sitúa entre 50 y 300 mA.

V. CONTROL DEL APLICADOR

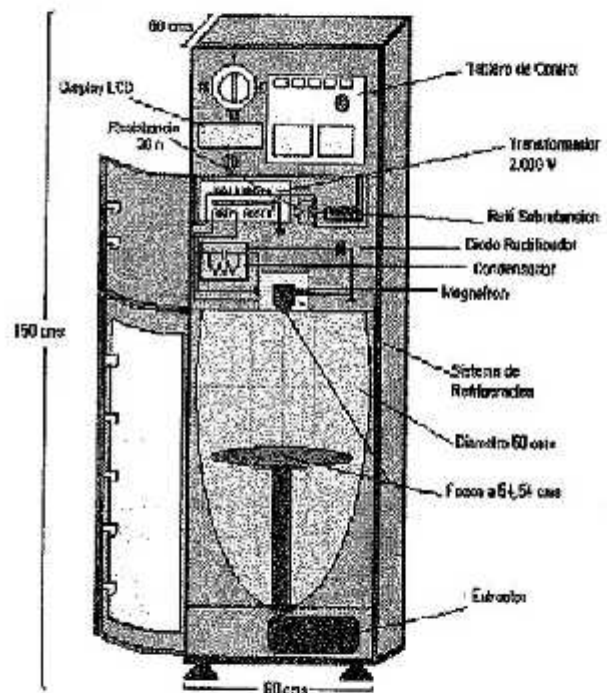
Se realiza por medio de un sistema embebido basado en un microcontrolador Motorola de la familia 68HCXXX. Consta de una tarjeta de control de potencia, apoyada por otra tarjeta auxiliar que realiza la transmisión de datos (Interfaz) entre el microcontrolador y la impresora.

También cuenta, con un I_c de tiempo real, el cual provee una base de tiempo real para efectos de control de calidad y registro; una impresora térmica entrega los datos de cada proceso, fecha y hora exacta. Un tablero en el panel de control indica el proceso y visualiza la información básica para el operario.

Los elementos finales del control, son conmutados por medio de acoples ópticos y tiristores

de potencia para evitar los ruidos, ya que se manejan frecuencias de 2.45 GHz. La alimentación se realiza por medio de una fuente conmutada comercial para obtener una buena calidad de alimentación a la tarjeta de control. En el panel frontal, se encuentran las respectivas teclas para realizar la selección del proceso, Star y Stop. Estas también sirven para realizar los ajustes que sean necesarios. Un grupo de LEDs, indican el funcionamiento y estado de la máquina. Un sistema sonoro indica el fin del proceso o la puerta abierta.

Figura 7. Prototipo de la máquina secadora de material quirúrgico.



El sistema electrónico se compone de dos controladores, uno para controlar la temperatura y otro para controlar el sistema que genera microondas con el objetivo de reducir el tiempo de secado. El diagrama de bloques se muestra en la Figura 8:

Figura 8. Sistema electrónico compuesto por dos controladores.

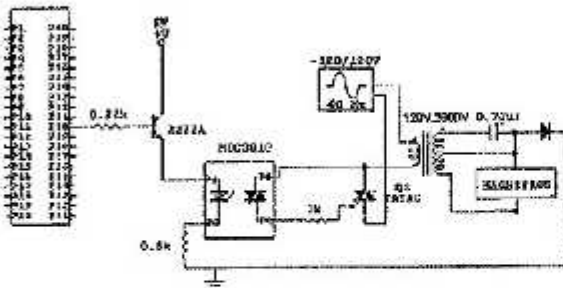


Se utilizó como sensor de temperatura el integrado LM35; el acondicionador para este sensor es un amplificador de instrumentación que se construyó utilizando amplificadores LF353N.

El controlador se encarga de realizar las rutinas de visualización en la LCD, la decodificación y el procesamiento de los datos ingresados desde el teclado, las rutinas para controlar los tiempos del microondas, y su potencia, las rutinas que generan el PWM, las rutinas que hacen la comunicación con el computador y la rutina que calcula la ley de control. Se utilizó un teclado matricial para el ingreso de los datos y una LCD de 4 filas y 20 columnas para la visualización.

En el actuador de microondas, se conmuta la señal que llega al transformador elevador, de esta forma se pueden controlar los tiempos de apagado, encendido y la potencia entregada al magnetrón. En cada ciclo de la señal AC se controla la potencia durante el tiempo que dura encendido el microondas y que es programado desde el teclado por el usuario; el transformador se encarga de elevar el voltaje de 120Vac a 2000Vac, que es el voltaje que necesita el magnetrón para funcionar, debido a esto, el condensador que se muestra, debe ser de alto voltaje y alta corriente, lo mismo el diodo del circuito.

Figura 9. Circuito actuador de microondas.



Las Figuras desde la 10 hasta la 18, muestran diferentes aspectos de la construcción de la máquina secadora de mangueras quirúrgicas por microondas.

Figura 10. Porta mangueras con mangueras quirúrgicas.

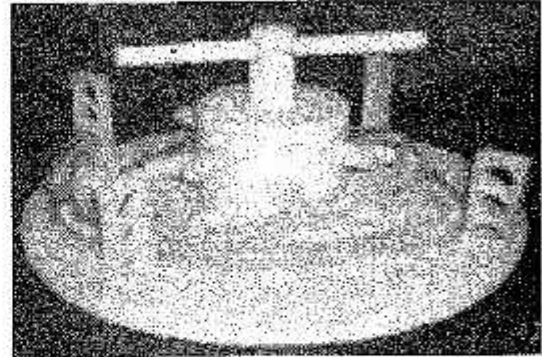


Figura 11. Otra vista de la cavidad en la estructura metálica.

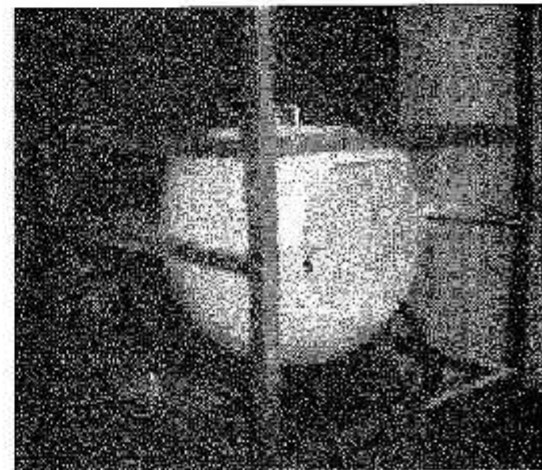


Figura 12. Otra vista de los Magnetrones.



Figura 13. Doblador de voltaje y breaker.



Figura 14. Vista general de los generadores y su fuente de potencia



Figura 15. Vista interior de las guías onda.

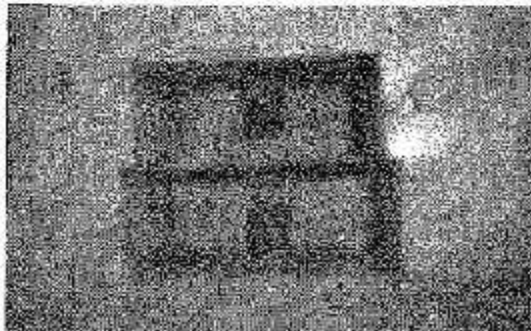


Figura 16. Cavidad con tapa, lista para una prueba.

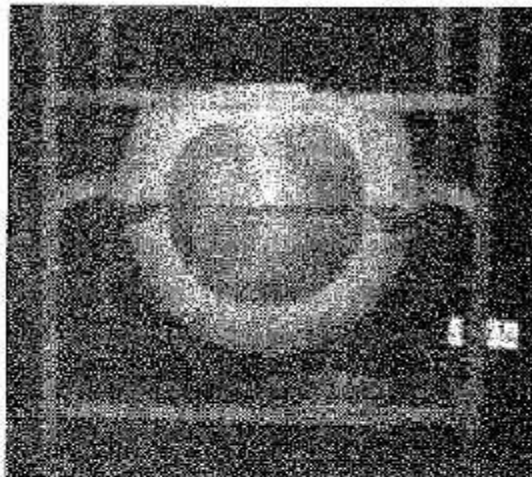
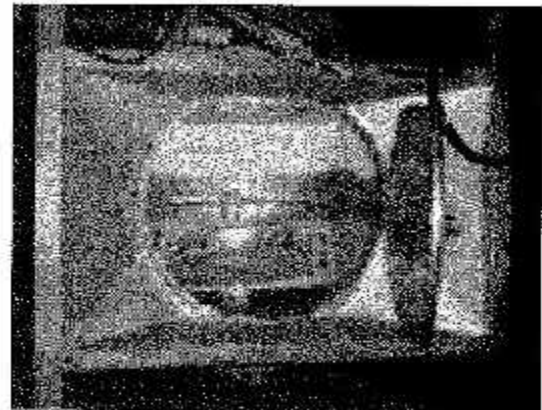


Figura 17. Vista superior.



Figura 18. Vista de la bandeja al interior de la cavidad



VI. CONCLUSIONES

Existe una transferencia directa de la energía a las mangueras en toda la masa de las mismas, debido a que la energía, se genera en el seno del material. La penetración del calor es, por tanto, mucho mayor que por los métodos tradicionales, lo que permite transformar las partículas de agua sólida a vapor para una más fácil extracción.

Se obtienen en las microondas densidades de potencia elevadas, de aproximadamente 5 a 50 W/cm², lo que permite unos tiempos de calentamiento mucho menores en instalaciones más reducidas.

Resulta muy práctico aplicar la técnica de calentamiento por microondas a las mangueras, debido a que permite resolver un problema tan difícil como la eliminación del agua en ellas almacenada. Debido a la imposibilidad de encontrar las partes de tipo industrial en el medio, debió adaptarse de la mejor forma posible, a lo que se encuentre en el mercado, viéndose limitados por la potencia de los generadores disponibles.

El costo final del equipo es de 6 a 10 veces mayor en microondas con respecto a equipos de calentamiento convencional por resistencias. Esto hace que, salvo para aplicaciones donde las ventajas de tiempo de proceso, espacio requerido y calidad del producto sean determinantes, no sea fácil justificar el calentamiento dieléctrico. El sistema sólo es aplicable para algunos materiales, lo que conlleva a investigar primero la composición química de lo que se vaya a procesar, como en el caso de los productos agrícolas.

No se deben someter al secado con microondas materiales en cuya composición se presenten, así sea en mínimas cantidades, partículas metálicas. Se debe extraer el excedente de agua que queda en las mangueras, puede ser colgándolas unos segundos y darle suaves golpecitos, antes de colocarlas en el porta mangueras, y verificar que el porta mangueras quede bien colocado, de ello depende una buena extracción.

Aunque el programa apaga la máquina automáticamente al momento de abrirse la puerta, no se debe intentar ya que la radiación es muy peligrosa. Si el reloj se descuadra, las teclas de selección de proceso permiten su ajuste. En caso de una alarma de mal funcionamiento, se debe apagar inmediatamente la máquina y avisar a mantenimiento.

Se explicaron las características de una máquina que contiene la fuente de ondas electromagnéticas en un foco y el material quirúrgico que se va a secar en el otro foco. Se explicaron los diferentes elementos accesorios al montaje y los sistemas de control y de programación implementados para su correcto funcionamiento.

Se propusieron mejoras posibles y se exploraron varias aplicaciones en la industria agroalimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por COLCIENCIAS, por el HPTU, por el ITPB y por la Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

REFERENCIAS

1. HC08, MC68HC908GP32, HCMOS Microcontroller Unit. Technical Data. Denver, Colorado: MOTOROLA.
2. J. E. Restrepo Cardona, Análisis Electromagnético del Magnetron, Medellín, Colombia, Monografía, 2002.
3. A. Hernández López, "Calentamiento industrial con microondas", Tesis de Grado (Ingeniero Electrónico) Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería Electrónica, Medellín, Colombia, 1998.
4. J. Astigarraga Urquiza, J. Astigarraga Aguirre, Hornos de Alta Frecuencia y Microondas, Bogotá, Colombia, McGraw - Hill Interamericana S.A., 1999.

Documento recepcionado en el CINTEX el 4 de septiembre de 2006

Evaluated el 17 de noviembre de 2006 por el Ingeniero y Maestrante en Economía de la Energía, Guillermo León Bolívar Ortiz, Director Unidad Tecnología Mecánica del Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria, Medellín.