

Prototipo para cámara para pruebas de resistencia ambiental a circuitos electrónicos

Limón Solís K., Martínez González R. F.
Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables.
Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica.
Tecnológico Nacional de México Campus Veracruz
Veracruz, México.

m18020022@veracruz.tecnm.mx, ricardo.mg@veracruz.tecnm.mx

Resumen— Los circuitos electrónicos muchas veces se ven afectados por factores ambientales, dentro de los más comunes están las variaciones de temperatura y humedad en el ambiente. Para poder ver el comportamiento que tienen estos circuitos a diferentes parámetros de temperatura y humedad se propone una cámara para pruebas de resistencia ambiental a circuitos electrónicos utilizando celdas Peltier y un humidificador en spray ultrasónico, e implementando un sistema de control difuso para controlar y estabilizar dichas variables; con la finalidad que dicha cámara funcione como instrumento para futuras investigaciones sobre las reacciones que tienen los circuitos electrónicos a las condiciones ambientales, y así basándose en el concepto de confiabilidad, poder mejorar y/o modificar dichos circuitos.

Palabras clave— resistencia ambiental, inteligencia artificial, lógica difusa, control difuso, Raspberry.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el hombre y su evolución se ve obligado a utilizar diferentes dispositivos electrónicos tratando de cubrir sus necesidades, por lo que resulta de gran importancia mantenerse informado de estas nuevas tecnologías. Desgraciadamente estas tecnologías no son perfectas y suelen presentar diversas fallas.

Algunas de las fallas más comunes que en ocasiones presentan los dispositivos electrónicos se deben a los cambios de temperatura y humedad que ocurren en el ambiente.

El deterioro de los equipos electrónicos por efectos ambientales ha sido un fenómeno estudiado desde hace mucho tiempo así lo comentan[1]. La vida útil de los diferentes equipos varía dependiendo de las condiciones de su uso y a los parámetros ambientales a los que los circuitos electrónicos se encuentran expuestos, además de su capacidad para poder soportar éstos.

Los factores ambientales más importantes que dañan dichos circuitos son [2]:

- Variación de temperatura.
- Cambios de humedad. – por variación en el vapor de agua y por variación de temperatura.
- Contaminantes gaseosos presentes en el aire. - Composición y concentración.
- Partículas contaminantes. -Composición, tamaño y concentración.

El concepto de confiabilidad en los circuitos electrónicos ha tomado gran importancia, debido a que está relacionado con la calidad de los productos que un consumidor demanda [3].

La confiabilidad de un componente o sistema como la probabilidad de que el componente no falle durante el intervalo de tiempo, o en el mejor de los casos que esté en funcionamiento después del tiempo de duración estimado del componente [4].

Dentro del concepto de confiabilidad existe una gráfica típicamente conocida como “curva de confiabilidad” o “curva bañera” (esto debido a la forma peculiar de la curva). Tal como se muestra en la Figura 1. La curva se divide en tres partes o zonas: Zona I (fallas tempranas), Zona II (fallas aleatorias), Zona III (fallas de desgaste).



Figura 1. Curva de confiabilidad

Dentro de las fallas aleatorias por las cuales un circuito electrónico puede dañarse se encuentran las condiciones ambientales; en general, la confiabilidad de casi todo circuito electrónico se ve afectado por las condiciones ambientales en las que se opera [3].

Hoy en día, existen diversas cámaras para ensayos ambientales, donde se ponen a prueba diferentes tipos de dispositivos, para poder conocer su resistencia ante diferentes variables como son: temperatura, humedad, corrosión, niebla salina, choque térmico, entre otros. Sin embargo, estas cámaras suelen ser costosas, además de ser grandes dimensiones.

Es por ello, que el presente artículo describe el proceso del diseño y construcción de una cámara para pruebas de resistencia ambiental a circuitos electrónicos, utilizando como principal elemento de transferencia de calor las celdas Peltier y un humidificador en spray ultrasónico, además de contar con un sistema de control inteligente basado en lógica difusa, esto con el propósito de verificar que las variables lleguen al valor

deseado, refiriéndonos a la temperatura logre alcanzar un valor de 55°C, 65°C y 75°C, en un lapso menor al que trabaja normalmente el generador de calor, así también, que este permanezca estable.

La cámara servirá para futuras investigaciones, porque permitirá que los circuitos electrónicos sean sometidos a dichas pruebas, y así determinar la capacidad de los componentes electrónicos para resistir diferentes condiciones de temperaturas y de humedad, de este modo poder estimar el promedio de vida útil de los circuitos y su confiabilidad basándose en el concepto de “curva bañera”.

II. ANTECEDENTES

Existen diversos proyectos donde se pretende generar diferentes variables ambientales, dependiendo del propósito de este. Sin embargo, los proyectos que se han revisado no se apegan o resulta pocos convenientes para la intención de esta cámara.

Por mencionar algunos de estos, que sirvieron de referencia para crear la cámara propuesta están:

- Investigation of room temperature humidity sensing performance of mesoporous CuO particles [5]
- Diseño y construcción de una cámara de ensayos termoelectricos [6].
- Water Generator through Peltier Cells and Solar Energy [7].

En la Tabla 1, se muestra una descripción y comparación de dichos proyectos.

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO DE PROYECTOS COMO REFERENCIA DE ANTECEDENTES

NOMBRE DEL PROYECTO	PROPOSITO DEL PROYECTO	DISPOSITIVO UTILIZADO PARA CREAR LA VARIABLE AMBIENTAL
Investigation of room temperature humidity sensing performance of mesoporous CuO particles	Crear una cámara de humedad para investigar la detección de humedad a temperatura ambiente de partículas de CuO mesoporosas y su comportamiento para su aplicación en dispositivos sensores de humedad.	Un humidificador y un ventilador
Diseño y construcción de una cámara de ensayos	Crear una cámara de ensayos termoelectricos para observar observar el comportamiento de los dispositivos eléctricos mediante la variación de temperatura	Resistencia calefactora de aire de 850 W

Water Generator through Peltier Cells and Solar Energy	Implementación de un prototipo generador de agua usando Celdas Peltier, basado en el principio termoelectrico Peltier, para condensar el vapor de agua contenido en el aire para obtener rocío.	Celdas Peltier
--	---	----------------

III. METODOLOGÍA

Para la implementación exitosa de este proyecto, se determinó la siguiente metodología, dividida en 4 etapas:

- 1) Diseño de la cámara: Se establecen las medidas de la cámara, la forma de generar calor frio y humedad, así como los sensores que medirán dichas variables.
- 2) Implementación de la cámara: Se realiza la implementación del diseño de la cámara con materiales que soporten la temperatura establecida, igualmente la ubicación de los elementos que la conforman.
- 3) Diseño del sistema de control: Se establece el tipo de control del sistema inteligente, que en este caso será un control difuso, de igual manera se establece el sistema de embebido donde se implementará el control. A su vez, se observa el comportamiento de las celdas peltier, para así obtener las gráficas de temperatura en función al tiempo y poder establecer los conjuntos difusos y la inercia difusa.
- 4) Implementación del sistema de control: se programan y conectan los diferentes dispositivos elegidos para el control, verificando las variables de temperatura y humedad proporcionado por el sistema de control inteligente integrado.

A. Diseño y Construcción

La caja para pruebas de resistencia ambiental, tal como se ve en la Figura 2, consiste en un gabinete metálico de la marca Argos, modelo AEM43/200 PM, 40cm x 30 cm x 20 cm. Se encuentra recubierta con un aislante térmico de poliestireno extruido, con tres sensores de temperatura y humedad, dos kits disipadores de temperatura para celda peltier y un humidificador en spray ultrasónico, los cuales se encuentran funcionando en conjunto (el humidificador en spray va por debajo de la caja).



Figura 2. Cámara para pruebas de resistencia ambiental a circuitos electronicos

A continuación, se explica los materiales y componentes que conforman la cámara.

- 1) Aislante térmico de poliestireno extruido: FOAMULAR® es un aislamiento térmico de espuma rígida de poliestireno extruido.
- 2) Sensor de temperatura y humedad DHT22: Es un sensor digital de temperatura y humedad, cuyos rangos de medición de temperatura van de -40°C a 80°C , y de humedad relativa son de 0 a 100% de RH.
- 3) Kit disipador de temperatura peltier: este kit incluye una celda peltier TEC1-12706, dos disipadores de aluminio (uno para lado frío y otro para el lado caliente) y dos ventiladores para disipar el calor o frío según sea el caso.
- 4) Humidificador en spray ultrasónico: produce vapor frío con vibración ultrasónica, tiene un tamaño de 51 x 51 x 20 mm.

B. Diseño e implementación del sistema de control

La Lógica Difusa se basa en reglas que no tienen límites discretos, sino que se prolongan, permitiendo a un sistema manejar mejor la ambigüedad. Esto es muy útil para reflejar cómo tienden a pensar las personas, en términos relativos, no absolutos. Procuran crear aproximaciones matemáticas en la resolución de ciertos tipos de problemas [8]

La técnica de lógica difusa o lógica permite extraer conclusiones cuantitativas a partir de esquemas difusos, vagos o ambiguos propios del razonamiento cualitativo de los humanos. Ese tipo de razonamiento lógico, conformado por observaciones (antecedentes) y reglas cualitativas (base de conocimiento) es aprovechado para incorporar "inteligencia", por ejemplo, en sistemas de control y automatización de procesos industriales [9]

Para poder realizar nuestro sistema de control, en la Figura 3 se muestra la secuencia de los procesos necesarios para la aplicación de la inteligencia artificial dentro del sistema de control.

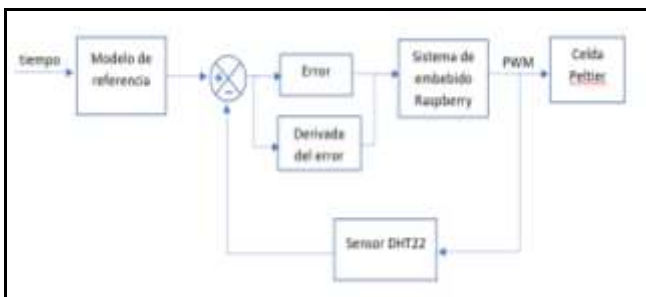


Figura 3. Diagrama del sistema de control

Como primer paso se debe conocer el comportamiento de las celdas Peltier, a fin de conocer éste, se puso a prueba los dos conjuntos a fin de conocer este, se puso a prueba los dos conjuntos que componen la cámara a diferentes ciclos de trabajo, desde el 10% al 100% con variaciones de 5 en 5, a una misma frecuencia de 980Hz, hasta llegar a su temperatura máxima, para así una vez comprendido su comportamiento

poder crear los conjuntos difusos y asignar las reglas difusas para el controlador.

Una vez que se pusieron a prueba los conjuntos de celda Peltier, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la Figura 4.

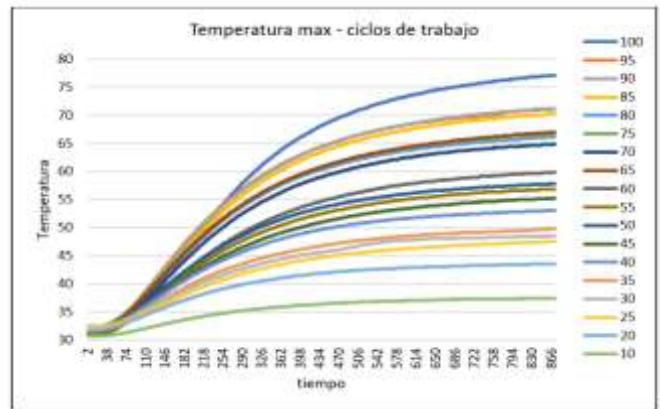


Figura 4. Curva Característica de Celda Peltier a diferentes ciclos de trabajo

Acorde a la Figura 4, los dos conjuntos de celda Peltier trabajando al 100% de ciclo de trabajo del PWM, llegan a una temperatura de 75°C en un tiempo de 15 a 17 minutos, teniendo en cuenta que esto varía según la temperatura ambiente. Las dos celdas son capaces de llegar a una temperatura mayor, pero debido al material del que esta hecho la cámara, se decidió que la temperatura máxima que alcanzaría la cámara sería esta, dado que el aislante térmico solo soporta 75°C .

El arranque de los conjuntos es lento y gradual, en los primeros 80 segundos la temperatura va aumentando 0.1°C , después de ese tiempo el calentamiento de la celda aumenta de 0.5 hasta 2°C , según sea el caso del ciclo de trabajo.

Además, se puede concluir que, cada vez que el ciclo de trabajo de los conjuntos disminuye un 15%, estas debilitan su capacidad de calentar de 5 a 7°C con respecto al valor anterior. Dando así una diferencia de 40°C entre el 100% del ciclo de trabajo al 10%.

Se optó por utilizar la Raspberry Pi 3B como sistema de embebido para implementar el sistema de control, esto basándose en el artículo "Implementation of fuzzy controller in different embedded systems", donde se implementó un controlador difuso a un horno a 3 sistemas de embebidos diferentes (Arduino mega 2560, Tiva C TM4C123GXL, Raspberry Pi 3 B) y la Raspberry mostró una mejor eficiencia y precisión del control [10].

Una vez se conoce el comportamiento de las celdas Peltier, se pasa a crear el control difuso. Primero se designan las variables de entrada, en este caso son: error (temperatura) y la derivada del error del sistema, para después establecer los conjuntos difusos que conformaran el universo de cada variable, como se muestra en la Figura 5. Del mismo modo se establece la variable de salida, el cual se utiliza la salida del ciclo de trabajo del PWM, y se indica sus conjuntos difusos.

Para el universo Error se establecen los conjuntos Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto. El universo Derivada del error tiene como conjuntos, Negativo, Cero y Positivo. La salida del sistema tiene los conjuntos muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

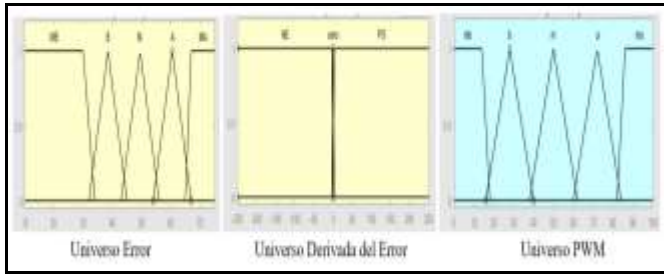


Figura 5. Universos del control difuso

Con dichos conjuntos difusos obtenemos las reglas de inferencia difusa, destinadas para la aplicación en la programación como señala la Tabla 2.

TABLA 2. INERCIA DIFUSA

Error \ dE	Negativo	Cero	Positivo
Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio	Bajo
Medio	Alto	Alto	Medio
Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
Muy Alto	Alto	Alto	Muy alto

IV. RESULTADOS

Después de implementar el sistema inteligente en la Raspberry, se procede a realizar pruebas en la cámara para verificar que el control difuso funcione óptimamente y proporcione los valores deseados, logrando así los resultados que se muestran en la Figura 6, 7 y 8.



Figura 6. Resultado del sistema de control al llegar a 75°C

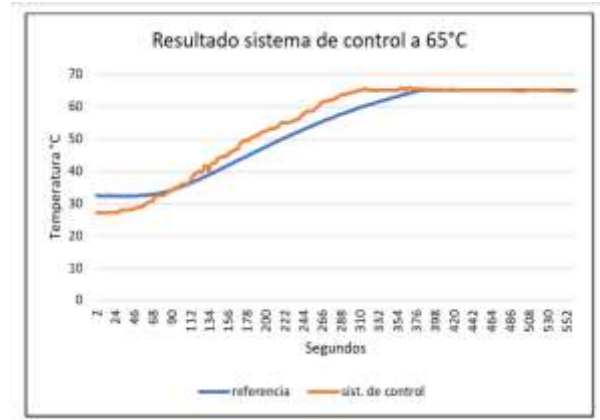


Figura 7. Resultado del sistema de control al llegar a 65°C



Figura 8. Resultado del sistema de control al llegar a 55°C

Cada gráfica de referencia fue tomada poniendo las celdas Peltier al 100% del ciclo de trabajo y a una frecuencia de 980Hz, hasta que llegaran a la temperatura deseada (en este caso a 55°C, 65°C y 75°C), una vez que alcanzaran dicha temperatura se apagaba el sistema. Después de ser graficados los valores obtenidos se agregaron 100 datos extras, esto para simular que la temperatura de la celda se mantenía estable y así el sistema de control pudiera seguir una referencia.

De acuerdo a la Figuras 6, 7 y 8, se logró que la cámara alcanzara cada temperatura deseada (según fuera el caso) aproximadamente de 5 a 4 minutos antes del modelo de referencia, esto debido a que se aumentó la capacidad de calentamiento de los dispositivos Peltier por lo que existe una diferencia de 8 a 10 °C de los datos que nos proporciona el sistema de control difuso con los datos de referencia; de igual manera las gráficas nos muestran que el arranque es más rápido, mientras que en las curvas de referencia la temperatura va aumentando gradualmente 0.1°C cada segundo hasta llegar a los 70 – 80 segundos que la temperatura empieza a aumentar de 0.5 a 2°C, con el modelo de control el incremento de temperatura del 0,1°C solo se mantiene los primeros 15 – 25 segundos, a partir de ese momento el incremento de temperatura va desde 0.8°C hasta 3°C según de la salida del sistema de control.

V. CONCLUSIONES

Del diseño y elaboración de la cámara se puede concluir que las celdas Peltier funcionan para aumentar la temperatura. El FOAMULAR resultó ser conveniente como aislante térmico, visto que conserva la temperatura dentro de la cámara. Los sensores DHT22 son útiles cuando se quiere medir la temperatura y humedad al mismo tiempo, así mismo, son manejables y cómodos a la hora de programarlos.

Sobre el sistema de control inteligente basado en la lógica difusa, se concluye que la lógica difusa tiene la ventaja de incorporar el lenguaje común al diseño de sistemas de control, hecho que es muy importante a la hora de incluir el conocimiento empírico. El tener un controlador difuso da la facilidad de poder modificarlo sin la necesidad de hacer cálculos complejos, como fue el caso de rediseñar la memoria difusa para la variación de temperatura, siempre y cuando se tenga un buen conocimiento del comportamiento de la planta.

Al final se obtuvo un sistema de control difuso eficiente, basándose en el hecho que se consiguió un arranque más rápido de las celdas, aumentando la temperatura de 0.8°C a 3°C después de 15 segundos de iniciado el proceso de calentamiento, de la misma forma se logró que la cámara llegara 5 minutos antes a la temperatura deseada, manteniéndola estable, y que sus valores no oscilaran a más de +0.9°C y -0.9°C.

Con la información proporcionada se podría desarrollar, construir y caracterizar un sistema de enfriamiento, así como, controlar la variable de humedad que queda pendiente.

Con dicha cámara para pruebas de resistencia ambiental se espera que sirva como instrumento para la investigación de lo que ocasionan las diferentes variables ambientales a los circuitos electrónicos.

REFERENCIAS

- [1] B.G. Lopez, S.B. Valdez, K. R. Zlatev, P.J. Flores, B.M. Carrillo and W. M. Schorr (2007); Corrosion of metals at indoor conditions in the electronics manufacturing industry; *Anti-Corrosion Methods and Materials*.
- [2] Ortíz-Prado, A., Schouwenaars, R., & Cerrud-Sánchez, S. M. (2002). Metodología para la simulación acelerada del deterioro que por corrosión atmosférica se presenta en equipo electrónico. *México, Ingeniería*, 3(4), 145-156.
- [3] Mariani, A. (2007). Confiabilidad Eléctrica y Electrónica. septiembre 25, 2019, de UTN Facultad Regional de Buenos Aires Sitio web: <http://www.electron.frba.utn.edu.ar/upload/Materias/95-0496/archivos/Confiabilidad.pdf>
- [4] Lázaro, I., & Anzuarez, J. (2011). Análisis de Confiabilidad de Circuitos Electrónicos Usando Matlab. Noviembre 3, 2019, de International Institute of Informatics and Systemics Sitio web: http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011CSC/CISCI_2011/PapersPdf/CA326DF.pdf
- [5] Malook, K., Khan, H., & Ali, M. (2020). Investigation of room temperature humidity sensing performance of mesoporous CuO particles. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 113, 105021.
- [6] Reyes, M. N. M., Parra, R. E. M., & Vega, L. A. N. (2016). Diseño y construcción de una cámara de ensayos termoelectrónicos. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 20(1), 147-161.
- [7] Chávez J., Espejel D., Hernández F., Rascón E. (2019). Revista de Ingeniería Innovativa Generador de Agua mediante el uso de Celdas Peltier y Energía Solar Water Generator through Peltier Cells and Solar Energy Revista de Ingeniería Innovativa. 3(11), 22–28.
- [8] Guzmán, D., & Castaño, V. M. (2009). La lógica difusa en ingeniería: principios, aplicaciones y futuro. *Revista de Ciencia y Tecnología Vol. 24 Núm. 2* 2009.
- [9] García, R. J., Torres, J. M., Pinto, A. D., González, J. A., Rengel, J. E., & Pérez, N. A. (2017). Diseño de una estrategia de control difuso aplicada al proceso de ultracongelación de alimentos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), 70-84.
- [10] Riviello, J. L., Riviello, E. L., Reyes, J. H., & Escarpeta, C. G. (2019, October). Implementation of fuzzy controller in different embedded systems. In *2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)* (Vol. 1, pp. 1-4). IEEE