

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL DE FLUJO DE AIRE CON HUMEDAD Y TEMPERATURA CONTROLADAS PARA USO EN PRUEBAS MECÁNICAS, IN SITU DE POLÍMEROS

Víctor Manuel Villalón Ramos

Instituto Tecnológico de Reynosa
willalon@gmail.com

Raúl Ruiz Hernández

Instituto Tecnológico de Reynosa
r Ruiz.h@hotmail.com

Oscar González Presa

Instituto Tecnológico de Reynosa
Oscar.Gonzalez@corning.com

Ramón Rodríguez Castro

Instituto Tecnológico de Celaya
ramon.rodriguez@itcelaya.edu.mx

Resumen

Se presenta el desarrollo de un diseño conceptual de una unidad portátil de flujo de aire constante con humedad y temperatura controladas que sirva en la ejecución de pruebas mecánicas en polímeros, en un rango de 15 a 70 grados centígrados y desde 20 a 90 por ciento de humedad relativa con cargas estáticas o dinámicas aplicadas. Se describe el desarrollo del diseño conceptual, sintéticamente paso a paso, de acuerdo al método de diseño escogido para *esto hasta presentar un dibujo virtual del prototipo en el cual se muestran los componentes y su ubicación dentro de la cámara.*

Palabra(s) Clave(s): cámara, diseño conceptual, humedad, prototipo, temperatura.

Abstract

This article shows the development of a conceptual design of a portable unit of constant air flow with controlled humidity and temperature to perform mechanical tests on polymers, within a range of 15 to 70 Celsius degrees and from 20 to 90 percent of relative moisture with statics or dynamics loads applied. It describes the conceptual design development, step by step, synthetically, according to the design method chosen until obtain a virtual prototype drawing in which the components and their location within the chamber are shown.

Keyword (s): camera, conceptual design, moisture, prototype, temperature.

1. Introducción

Los materiales polímeros exhiben variaciones en sus propiedades mecánicas, con dependencia al tiempo, a la temperatura, a la humedad y también a los tipos de cargas a los que se someten, ya sean estáticas o dinámicas [5, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Un trabajo recopilatorio, del 2013, de 117 de trabajos con polímeros [13] concluyó que había insuficiencia de estudios que mostraran resultados, con la combinación simultánea de los tres causantes de la degradación en esos materiales, humedad-temperatura-carga, al mismo tiempo expresó el no haber suficiente caracterización matemática que mostraran las relaciones entre esos factores.

Para poder hacer las pruebas mecánicas en polímeros con combinaciones de humedad-temperatura-carga y averiguar las posibles variaciones en sus propiedades, es preciso exponerlos a un ambiente artificial que recree las condiciones físicas de humedad y temperatura en el mismo sitio donde se llevarían a cabo las pruebas. Esto se pudiera hacer mediante el uso de cámaras portátiles que reproduzcan esas condiciones durante el ensayo del polímero, así la caracterización de las propiedades mecánicas sería mucho más exacta.

De lo anterior surgió la idea de construir una cámara cuyo flujo de aire tuviera una temperatura y humedad controladas con el fin de llevar a cabo esas pruebas en el mismo lugar del ensayo.

2. Métodos

Una vez detectada la necesidad se escogió un proceso sistemático para iniciar un diseño, siendo el seleccionado el sugerido por Dieter y Smichtd [4], cuyas etapas y actividades se muestran en la figura 1.

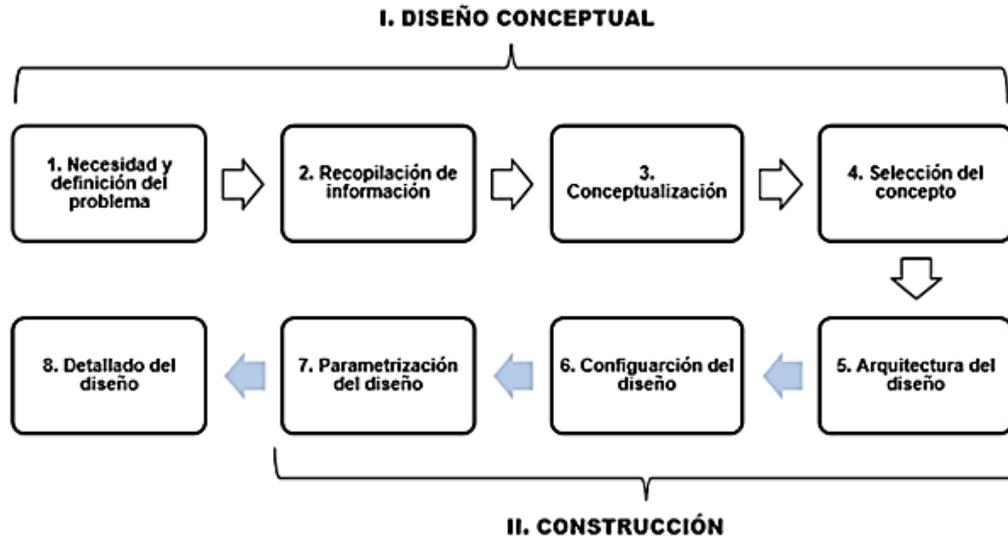


Figura 1 Etapas y actividades del proceso de diseño [9].

Siguiendo este proceso se explicará la aplicación de cada uno de los pasos hasta llegar a la arquitectura del diseño conceptual propuesto, cabe aclarar que en este trabajo solamente se emprendieron las primeras cuatro acciones correspondientes al diseño conceptual, y una primera de la segunda etapa, como lo es la arquitectura del diseño:

- **Necesidad y definición del problema.** Esta primera fase tuvo como objetivo el entendimiento de la necesidad para la creación de una solución aceptable, así como para encontrar los parámetros que caracterizaban el problema y la posible relación entre ellos, así mismo, las restricciones en sus valores máximos y mínimos. De acuerdo a lo anterior, se ubicaron los parámetros del diseño, temperatura y humedad del aire, y sus relaciones, ya establecidas en la psicometría del acondicionamiento de aire; para la humedad relativa el rango se estableció desde el 20 por ciento hasta 90. Estos valores fueron escogidos consultando las variaciones de la humedad que se presentan en el

territorio mexicano en cartas meteorológicas [6]. De igual manera, en cuanto a la temperatura, el rango fue elegido desde los 20 hasta los 70 grados centígrados, este último valor en consideración a algunos ambientes en donde trabajan los polímeros.

- **Recopilación de la información.** Para lo anterior, se llevó a cabo una búsqueda en varias oficinas de patentes [1, 2, 3] y en sitios en internet de proveedores dedicados a la instrumentación de laboratorios con el fin de averiguar qué se había propuesto para la solución a esta situación o de problemas similares. Solamente se encontraron un extenso número de patentes de aplicaciones tecnológicas de acondicionamiento del aire aplicadas en equipos de diversas áreas, pero ninguna para esta problemática.

- **Conceptualización.** La conceptualización consistió en la generación de uno o varios arreglos en el diseño que potencialmente pudieran dar una solución satisfactoria. En la ideación entraron en juego: la aplicación de principios físicos de ingeniería como lo son los del acondicionamiento de aire junto con el uso de la información consultada y sesiones de lluvia de ideas.

Se identificó que en los sistemas de acondicionamiento de aire por medio de compresión, el trabajo de enfriamiento y deshumidificación lo lleva a cabo el sistema compresor-válvula- evaporador, ambiente que fue sustituido, en este trabajo, por placas Peltier, para disminuir la temperatura; y por cartuchos químicos para deshumidificar. Agregando además, un sistema de atomización para humidificar y resistencias eléctricas para cuando se precisara aumentar la temperatura; y de igual manera, un calentador de agua con el objetivo de calentar y humidificar el aire al mismo tiempo, ver figura 2.

Las condiciones de desempeño a las que el diseño se sometería, lo anterior se resume en la tabla 1, donde se muestra también los componentes que ejecutarán la operación de este primer concepto.

- **Selección y refinamiento del concepto.** Este primer acercamiento se refinó utilizando la metodología TRIZ (teoría de resolución de los problemas inventivos), se identificaron las contradicciones que presentaron y se resolvieron elaborando la matriz de contradicciones [14]. Las encontradas

fueron: la constante presencia del cartucho químico dentro del dispositivo, el tiempo para llegar a las condiciones de humedad y temperatura deseadas, dos elementos que hacían la misma función de almacenamiento, la longitud de la cámara sin aumentar el peso, el traslado del peso de la misma, la recolección del agua cuando hubiera procesos de humidificación, y la facilidad para reparar o sustituir elementos dañados, la transferencia de calor desde la cámara hacia el exterior o viceversa, ver figura 3.

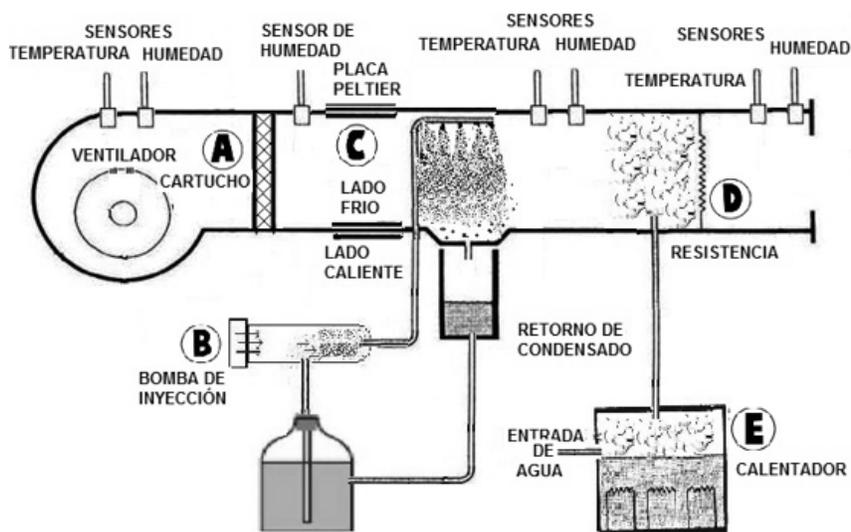


Figura 2 Primer concepto de la cámara.

Tabla 1 Condiciones de desempeño de la cámara.

Condiciones de Comparación		Acciones a Realizar	Elementos componentes que ejecutan la acción
Temperatura ambiente (T_a) contra la deseada (T_d)	Humedad relativa ambiente (ϕ_a) contra la deseada (ϕ_d)		
$T_a T_a = T_d T_d$	$\phi_a = \phi_d$	-	-
	$\phi_a < \phi_d$	Humidificar	B
	$\phi_a > \phi_d$	Deshumidificar	A
$T_a < T_d$	$\phi_a \leq \phi_d$	Calentar y humidificar	E
	$\phi_a > \phi_d$	Calentar y Deshumidificar	D, A
$T_a > T_d$	$\phi_a \geq \phi_d$	Enfriar y Deshumidificar	C, A
	$\phi_a < \phi_d$	Enfriar y Humidificar	C, B

A: cartucho químico; B: Atomizador; C: Placas Peltier; D: Resistencia; E: Calentador

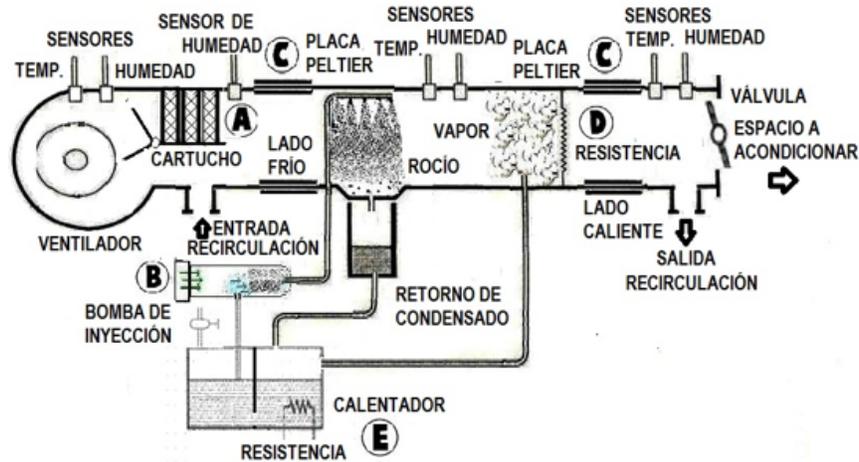


Figura 3 Segundo concepto refinado.

En el análisis se detectó que la presencia permanente del cartucho químico haría que el aire circulante siempre se deshumidificara, algo no deseado para cuando no se ocupara la deshumidificación. La metodología TRIZ indicó segmentar o la extracción de la causa del problema, por lo que se pensó en el uso de un cartucho removible que se colocase manualmente cuando se necesitara deshumidificar. Y de igual manera, se separó en el espacio al cartucho químico colocando una compuerta para desviar el aire hacia él cuando debiese estar presente en el proceso.

Mientras que para acortar el tiempo para llegar a las condiciones deseadas se agregó una recirculación del aire junto con una válvula de estrangulamiento manual en la salida al espacio a acondicionar para retardar el flujo de aire al espacio a acondicionar.

Otras de las mejoras fue el de tener un único depósito de almacenamiento, con agujeros, con el fin de recoger el agua y dar salida al vapor; este depósito haría que aumentara el peso del dispositivo, situación que se solucionó colocando ruedas en la base del ensamble lo que facilitaría el traslado; además, el diseño del conjunto sería vertical para que se facilitara la recolección del líquido que se precipitase al humidificar, ya sea, con rocío o vapor. De forma similar, se pensó en una tapa frontal abatible que permitiera dar mantenimiento, reparar o cambiar componentes; al igual, en esta tapa frontal se dejó un espacio para la colocación del tablero de control.

Por último, se decidió colocar aislamiento para evitar la transferencia de calor, además de placas Peltier auxiliares cerca de la salida con el fin de afinar valores menores de temperatura que la ambiente. Para que la cámara cumpliera con la portabilidad se establecieron los valores de peso y la altura. Debería cumplir con un peso menor de diez kilogramos y una altura que no rebasara el metro y medio mejorando su traslado al agregar ruedas en su base, sugeridas anteriormente, figura 3.

3. Resultados

Los resultados se concretan en la fase llamada arquitectura del concepto donde coinciden y se puntualizan las ideas esbozadas con anterioridad. La conclusión de lo anterior se muestra en la figura 4 donde se presenta el gabinete completo del diseño, que incluye un espacio para el tablero de control y el interior del arreglo físico de los componentes que llevarán a cabo cada función esperada en el diseño. Al ser un diseño adaptativo, el dibujo no muestra dimensiones ya que éstas dependerían de las que tuviera cada elemento correspondiente disponible en el mercado.

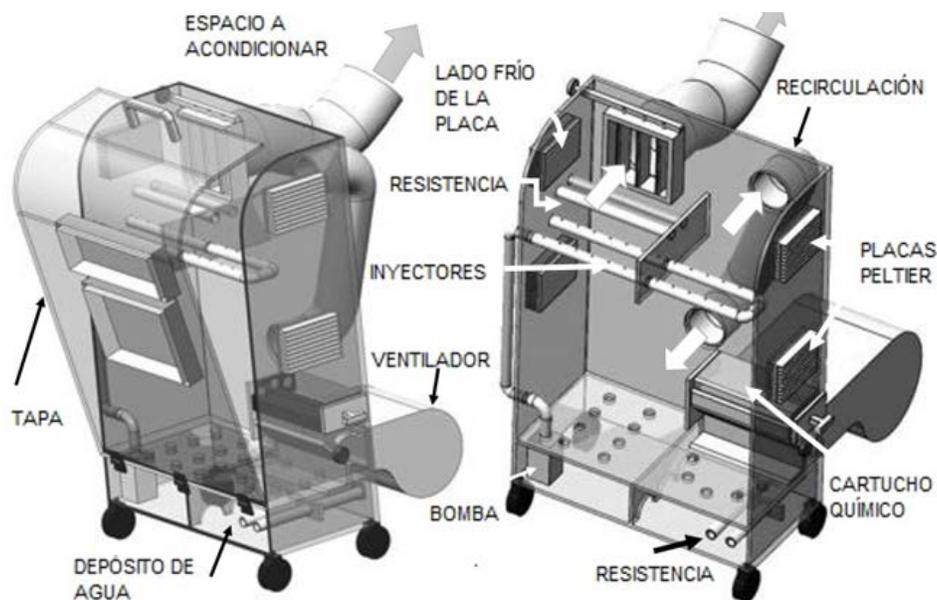


Figura 4 Gabinete exterior abatible (izquierda), arreglo de componentes (derecha).

4. Discusión

Este ejercicio muestra que el proceso de diseño, junto con la inventiva de la persona, es una herramienta útil ya que es sistemática, lógica y ordenada, comparable con el método científico [4] que conduce desde lo imaginado hasta una realización concreta. En este caso, el seguimiento de las actividades correspondientes al diseño conceptual demuestra que el diseño es físicamente realizable y que cumple con una característica proyectada en el objetivo, como lo es su portabilidad, consecuencia del bajo peso de los elementos sugeridos que cumplirán la función del acondicionamiento del aire; mientras que el objetivo principal, como lo es el acondicionamiento de humedad y temperatura del aire, se validaría en el final de la etapa de parametrización del diseño.

El proyecto podría ser de utilidad para quien quiera tener datos más exactos de los diferentes ensayos mecánicos en polímeros bajo las combinaciones de humedad y temperatura previamente establecidas, además, debido a la naturaleza de los elementos el modelo tiene un bajo peso lo que lo hace portable, y otras características como recuperar el desecante de los cartuchos químicos por medio de calor e igualmente, podría utilizarse en pruebas de polímeros a bajas o altas temperaturas debido algunas placas Peltier pueden trabajar desde - 5°C hasta 80°C.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Base de datos Oficina Europea de patentes. www.ep.espacenet.com. Mayo 2016
- [2] Base de datos Oficina de patentes de los Estados Unidos. www.patft.uspto.gov. Mayo 2016.
- [3] Base de datos de la oficina de propiedad industrial del Reino Unido. www.ipo.gov.uk. Mayo 2016.
- [4] Dieter, G. E., & Linda C, S. "Engineering Design. New York, US. 2009. McGraw Hill.
- [5] M. C. S. Ribeiro, P. R. Novoa, A. J. M. Ferreira, A.T. Marques. Flexural performance of polyester and epoxy polymer mortars under severe thermal

- conditions. Instituto de Engenharia Mecânica e Gestao Industrial, Faculda de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. 2003.
- [6] Molina, J. J. El clima en los estados unidos mexicanos. 1984.
- [7] O. de la Osa, L. Martínez, E. Martínez Mammone, V. A. Álvarez, A. N. Fraga y A. Vázquez. Pérdida de propiedades mecánicas por absorción de agua en materiales compuestos. Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, (08-2000). pp1025-1031.
- [8] Rajeesh. K. R., R Gnanamoorthy and R Velmurugan. Effect of humidity on the flexural creep behavior of polyamide 6 and polyamide 6 nanocomposites. 1st International Conference on Nanostructured Materials and Nanocomposites (04-2009). Kottayam, India.
- [9] S. Bal, D. Mahesh, T. K. Sen and B.C. Ray. Effect of Changing Environments on Microstructure of HDPE Polymer. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 6, No.1, pp 1-16, 2007.
- [10] Shen, C. H. and Springer, G. S. Environmental effects on the elastic moduli of composite materials. J. Composite Mater. 11, pp 250-264, 1977.
- [11] Springer, George S. Effects of Temperature and Moisture on Sheet Molding Compounds. Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics of the University of Michigan Ann Arbor, Michigan. 1982.
- [12] S. K. Ruddy. Deformation and durability studies of insulation polymers. Deformation and durability studies of insulation polymers", M.Sc. Thesis, University of Akron. 2008.
- [13] Treviño Garrido N. Margie. Aging of Polymeric Composites: A literature Review. Massachusetts Institute of Technology. 2013.
- [14] Triz40. www.triz40.com. Mayo 2016.