

Prototipo para estudiar materiales cerámicos sometidos a ciclos de hielo y deshielo.

H. J. Dulcé Moreno^{1*} | D. Campo Epalza¹ | E. N. Florez Solano²

Recibido:
Junio 20 de 2010

Aceptado:
Noviembre 30 de
2010

Resumen

La resistencia de los materiales a condiciones de intemperie se establece en normas como la NTC 4321-12 del ICONTEC (Método de ensayo para determinar la resistencia al congelamiento de baldosas cerámicas), que sirven para certificar la calidad de los materiales de construcción. Los materiales son sometidos, en cámaras, a decenas de ciclos de hielo y deshielo para verificar la resistencia a la helada; es decir, comprobar la conservación de sus propiedades. Los equipos comerciales para realizar este ensayo están catalogados como robustos y solo sirven para pruebas de un determinado tipo de material, de acuerdo con una norma específica, por lo cual son muy costosos y poco flexibles. En el Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC-UFPS), se diseñó y construyó un prototipo de equipo, con un sistema de programación y control, que permite efectuar los ensayos de resistencia a la helada a diferentes materiales de construcción, y que adicionalmente sirve para realizar investigación de procesos de cambio en las propiedades de los materiales al ser sometidos a ciclos de congelamiento. El prototipo es tan flexible que permite cambiar parámetros tales como velocidad de enfriamiento y simultáneamente registrar, en tiempo real, la temperatura de las probetas.

Palabras clave: NTC 4321-12, ciclos de hielo y deshielo, materiales cerámicos

Abstract

The resistance of the materials to weather conditions are set in standards as the NTC 4321-12 from ICONTEC (test method to determine the resistance to the freezing of ceramic tiles), that serves to certify the quality of building materials. The material are subjected, in cameras, dozens of ice and thawing cycles to verify the frost resistance; is to say, to verify the conservation of they properties. The commercial equipment for this test are classified as robust and only they are used to test a particular type of material, according to a specific standard, by which they are very costly and little flexible. In the Research Center of Ceramic Materials (CIMAC-UFPS), was designed and built a prototype equipment with a programming and control system, which allows the testing of frost resistance to different bulding materials, and that in addition serves to carry out research of processes of change in the properties of materials to be subjected to cycles of freezing. The prototype is so flexible that allows you to change parameters such as cooling rate and simultaneously to record in real time the temperature of the samples.

Keywords: NTC 4321-12, freezing and thawing cycles, ceramic materials

¹Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Universidad Francisco de Paula Santander.
*Email: hdulce2001@yahoo.com

²Universidad Francisco de Paula Santander - Ocaña

1. Introducción

El desarrollo de nuevos dispositivos siempre conlleva un estudio exhaustivo del fenómeno que se quiere medir y/o manipular, y los procesos necesarios para ello. Para el caso de los ensayos de resistencia a la helada en los materiales de construcción, estos son definidos por normas de los lugares donde serán aplicados, en Estados Unidos existen las normas ASTM [1], en Europa están las normas EN [2] y en Colombia están las normas técnicas NTC, para el caso específico de las baldosas de cerámica está la norma NTC 4321-12 [3] basada en la norma UNE EN-ISO 10545-12, en esta se presentan los aspectos generales para la selección de las probetas y a su vez, los parámetros para la realización del ensayo de resistencia a la helada en baldosas de cerámica; por tanto, esta norma ha sido el documento guía para el diseño y construcción del prototipo de resistencia a la helada.

La segunda versión del prototipo de ensayos de resistencia a la helada ha buscado mejorar algunos aspectos técnicos de la primera [4] relacionados con el accionamiento de los dispositivos de potencia y además dotarlo con un interfaz hombre-máquina que permita su configuración personalizada; esta nueva versión del prototipo combina la robustez de la primera versión con la flexibilidad que le pueda dar la inclusión de dispositivos electrónicos y herramientas computacionales, por tanto, se ha implementado una aplicación de computadora, un sistema de adquisición de datos y de acondicionamiento de señal para llevar a cabo esta tarea. Para certificar la precisión del prototipo, el sistema de medición de temperatura ha sido verificado y calibrado por la empresa Metrocal Ltda.

La selección y preparación de las probetas, y los dispositivos conexos para la ejecución del ensayo se encuentran claramente descritos en la norma NTC 4321-12.

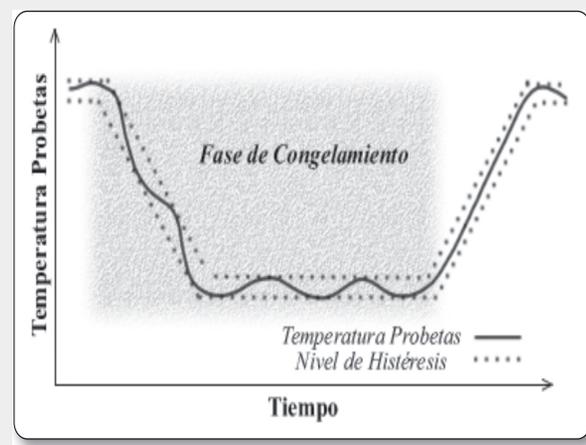
2. Diseño del prototipo versión 2

El diseño del nuevo prototipo de ensayos de resistencia a la helada se ha enfocado en la necesidad de lograr un dispositivo tanto para la realización de los ensayos normalizados, como para investigación donde fácilmente se puedan manipular las variables de tiempo, temperatura y rotación de agua entre cada una de las fases del proceso. Además el sistema se ha hecho más robusto adicionando dispositivos de estado sólido para el control de potencia y control de fallas, con lo cual aumenta su eficiencia y confiabilidad.

2.1 Modelo de control

El prototipo para los ensayos tiene dos partes fundamentales, en lo que a hardware se refiere, los sistemas de refrigeración y de bombeo; el primero es el encargado de garantizar la temperatura dentro de la cámara de refrigeración y el segundo del llenado y evacuación de agua hacia la misma.

Fig. 1. Control Todo-Nada utilizado en cámara de refrigeración



Para ejercer el control de la temperatura se ha establecido el uso de un controlador Todo-Nada [5] debido que para el accionamiento del compresor se dispone de una electroválvula que dispone de dos estados, abierta y cerrada,

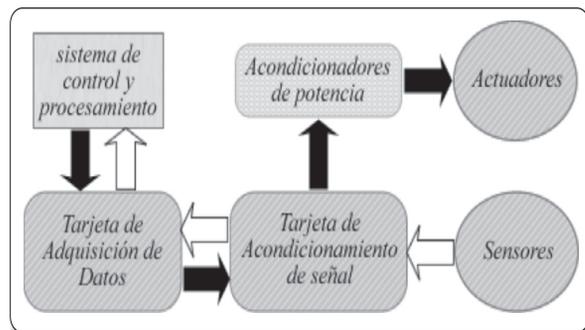
por tanto, el SetPoint se establece de manera dinámica y ajustado a la fase del ensayo.

En la figura 1 se muestra el comportamiento que tiene la temperatura en relación con el tiempo; se puede apreciar que la temperatura de las probetas se mantiene dentro del histéresis alrededor del SetPoint durante toda la fase de congelamiento, donde se controla el diferencial de temperatura a un máximo de -20 °C/hora cuando la temperatura desciende y -5 °C en el mantenimiento. En la fase de deshielo el diferencial de temperatura no se controla pero si el tope de $+5\text{ °C}$ durante los 15 minutos de mantenimiento.

2.2 Uso de la herramienta LabView

Labview es una herramienta que permite de manera gráfica obtener resultados de forma rápida y sencilla [6], con un gran abanico de opciones para la adquisición y procesamiento de datos. Dentro del contexto del proyecto se ha usado LabVIEW como entorno de desarrollo de la aplicación LabHIELO, que es la encargada de contener la lógica de control para la ejecución del ensayo; LabHIELO integra las funciones de tiempo para el control de cada una de las fases, mantiene la referencia de las temperaturas para la activación del compresor o resistencia de desescarche, al igual que determina los instantes cuando se debe de llenar o vaciar el agua de la cámara de refrigeración, entre muchas otras funciones.

Figura 2. Diagrama de flujo de datos del prototipo de ensayos



2.3 Uso de relés de estado sólido

Durante el desarrollo de la primera versión del prototipo se utilizó relés electromecánicos para la activación de los diferentes dispositivos de potencia. El nuevo prototipo se implementó haciendo uso de relés de estado sólido, a los cuales virtualmente no se les hace mantenimiento, ni generan interferencia electromagnética con los demás dispositivos debido a la ausencia de bobinas. Adicionalmente estos dispositivos tienen un nivel de entrada de 4 a 32 V DC, lo cual los hace ideales para ser controlados con dispositivos como transistores de propósito general.

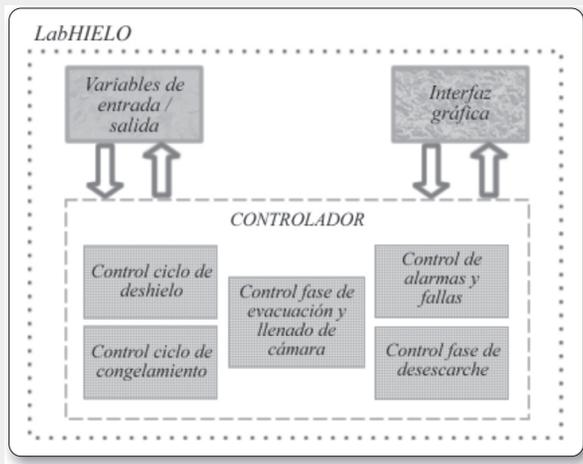
2.4 Uso de tarjetas de adquisición de datos y acondicionamiento de señal

Para la implementación del sistema electrónico se ha optado por utilizar la tarjeta de adquisición de datos, USB 6008¹, que junto con una tarjeta personalizada para el acondicionamiento de señal, crean el conjunto para hacer la interfaz con la aplicación de supervisión y control del ensayo, y los diferentes dispositivos de adecuación de potencia.

En la figura 2 se muestra flujo de datos desde el sistema de control y procesamiento LabHIELO, hacia los actuadores del prototipo que son las motobombas, compresor, resistencias y otros, los cual son definido por la fase del proceso; a su vez, se muestra el camino que recorre la información capturada del medio hasta la aplicación, donde es procesada y dependiendo la etapa del proceso, genera un nuevo estado para los actuadores.

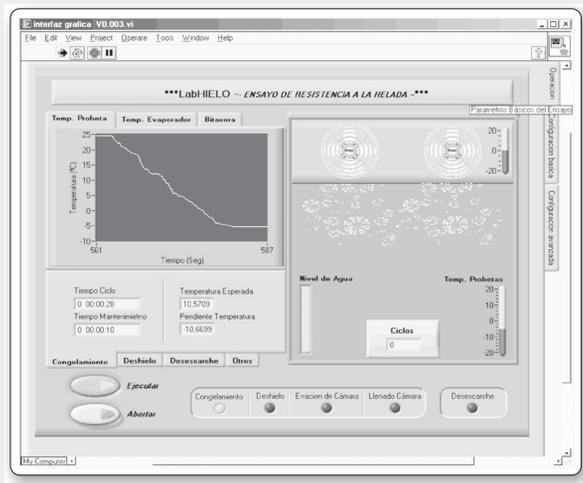
Prototipo para estudiar materiales cerámicos sometidos a ciclos de hielo y deshielo.

Figura 3. Módulos de la aplicación LabHIELO



3. Desarrollo de la aplicación

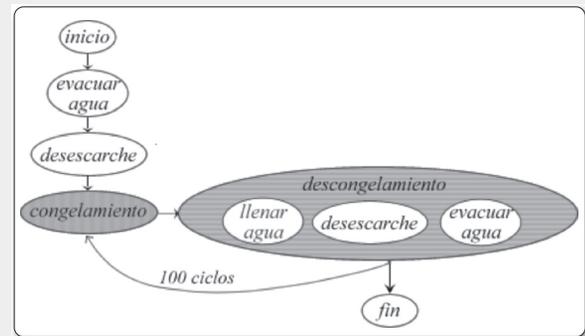
Figura 4. Interfaz de usuario de LabHIELO



LabHIELO es una aplicación desarrollada bajo programación orientada a objetos, esto gracias a la capacidad multihilo de LabVIEW [6]; por tanto, cada módulo que compone la aplicación se ejecuta paralelamente y en tiempo real, logrando que la captura de datos, control de ciclos, desescarche del evaporador, fallas y despliegue de información se realice de manera sincronizada. En la figura 3 se exhibe los módulos que integran la aplicación LabHIELO. El desarrollo de la aplicación personalizada ha permitido tener ciertas ventajas sobre un equipo comercial, ya que

da la posibilidad de ajustar la cantidad de ciclos deseados, velocidad en que desciende la temperatura dentro de la cámara, temperatura y tiempo de mantenimiento de los ciclos de hielo/deshielo, fases de evacuación/llenado de agua de la cámara, donde adicionalmente se registren las variables de interés para ser analizadas.

Figura 5. Diagrama de procesos controlados por la aplicación LabHIELO



3.1 configuración de parámetros: temperatura, tiempo, rotación de agua.

Dentro de la aplicación LabHIELO (Interfaz gráfica) se ha habilitado dos pestañas para la configuración, básica y avanzada, en la primera se establecen los parámetros primarios de los ciclos de congelamiento y de deshielo, como lo son SetPoint, tiempos de mantenimientos, número de ciclos entre otros; la configuración avanzada establece un control más fino sobre los parámetros básicos, al igual que los aspectos relacionados con el desescarche del evaporador, el control de fallas y otras características de funcionamiento.

En la figura 4 se presenta la interfaz gráfica de LabHIELO, en ella se puede identificar las pestañas de configuración, los indicadores de las diferentes fases del ensayo, información de interés de cada fase, historial de las temperaturas de las probetas y evaporador, número de ciclos ejecutados, nivel de agua dentro de la cámara y la animación correspondiente al ciclo de congelamiento y deshielo, entre otros.

3.2 Captura de datos en tiempo real

Las entradas para el sistema electrónico están constituidas por señales analógicas y de estado; las entradas analógicas de temperatura provienen de los termistores ubicados en la probeta de referencia y el evaporador, que han sido acondicionado con puentes Wheatstone y amplificadores de instrumentación para conocer el valor resistivo y hacer la respectiva conversión en la aplicación; las entradas de estado han sido acondicionadas con opto acopladores y transistores para obtener una señal digital que represente el respectivo estado del compresor y controles finos de nivel.

La tarjeta de adquisición de datos multifunción USB 6008, ha sido parte fundamental para la captura de datos permitiendo un muestreo máximo de 10kS para canales análogos de manera individual, el bus digital hasta de 32Mhz con una velocidad completa de la interfaz USB [7]; estas características han sido consideradas apropiadas para la implementación en el prototipo dado que no se requiere una alta velocidad de muestreo, además con las herramientas propias de LabVIEW se ha conseguido tener una buena relación entre el muestreo de los diferentes canales análogos y digitales.

3.3 Control de dispositivos y procesos

El estado de los dispositivos que controlan el nivel de agua y la temperatura dentro de la cámara de refrigeración es administrado por la aplicación LabHIELO, pero para que sean completamente aplicados se hace necesario el uso de la tarjeta USB 6008 y la tarjeta electrónica personalizada, siendo en esta última utilizado un arreglo con opto acopladores y transistores para accionar los relés de estado sólido, y finalmente controlar los dispositivos de 110 y 220 V AC.

En la figura 5 se muestra la secuencia en la que se ejecutan los procesos del ensayo desde el punto de vista de la aplicación; durante los procesos de evacuar y llenar agua se activan las motobombas de desagüe y llenado respectivamente, en el desescarche, la resistencia del evaporador, y el compresor durante el congelamiento y finalizando el ciclo de descongelamiento para regular la temperatura limite.

Conclusiones

Para el diseño de nuevos dispositivos se requiere conocer muy bien los fenómenos con los cuales se desea interactuar, una buena dosis de imaginación e inventiva, con lo cual se pueden lograr prototipos que se ajusten a las necesidades requeridas y sobrepase las expectativas esperadas.

En la segunda versión del prototipo para la investigación de resistencia a la helada aparte de seguir los parámetros consignados en la norma NTC4321-12, hubo la necesidad de tener en cuenta todos los requerimientos para el funcionamiento del sistema de refrigeración comercial, dentro de lo que se destaca la etapa de desescarche y el control del estado del compresor.

La captura de datos en tiempo real ha sido fundamental para conocer el comportamiento térmico de las baldosas cerámicas en la medida que avanza el tiempo y el número de ciclos; adicionalmente el muestreo constante de la información ha permitido hacer los ajustes necesarios para llevar a cabo el correcto funcionamiento del prototipo.

La gran flexibilidad de la aplicación y robustez del prototipo en sí, ha creado un abanico de posibilidades en cuanto el establecimiento de diferenciales de temperatura, temperaturas limite de trabajo, tiempo de exposición, entre muchos otros aspectos, los que se están empezando a utilizar para estudiar la exposición a bajas temperaturas de las baldosas

y en un futuro de otros productos terminados de cerámica y cemento; Las características antes mencionadas y otras, han logrado que el grupo GITEC y el centro de investigación CIMAC cuenten actualmente con su propio prototipo para realizar investigaciones sobre el fenómeno de la helada.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Francisco de Paula Santander, al Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC y a COLCIENCIAS a través del programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores, su apoyo y acompañamiento en la realización del presente trabajo.

Bibliografía

- [1] American Society for Testing and Materials. About ASTM International [en línea]. ASTM, 2009 [fecha de consulta: 7 de septiembre del 2009]. Disponible en <<http://www.astm.org/ABOUT/aboutASTM.html>>.
- [2] European Committee for Standardization. CEN Compass: The world of European Standards [en línea]. European Committee for Standardization, 2009 [fecha de consulta: 18 de mayo del 2009]. Disponible en <<http://www.cen.eu/cenorm/aboutus/compass.pdf>>.
- [3] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Ingeniería Civil y arquitectura: Baldosas Cerámicas. Parte 12. Ensayo para determinar la resistencia a al congelamiento. Bogotá: ICONTEC, 1998. 7 p. (NTC 4321-12)
- [4] FLOREZ, Eder y Et al. Efecto de la resistencia a la helada en baldosas cerámicas Esmaltadas: Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales 2009. Pág. 377-381. [Fecha de consulta: 30-07-2009] Disponible en: <<http://www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html>>
- [5] CREUSSOLE, Antonio. Instrumentación Industrial. 7 Ed. Barcelona: Marcombo. 2006. 503 p. ISBN 84-267-1361-5
- [6] LAJARA VIZCAÍNO, José Rafael Y PELEGRÍ SEBATIÁ, José. LabVIEW: Entorno de programación. Barcelona: Marcombo. 2007. 594 p. ISBN 84-267-1426-9
- [7] National Instruments Corporation. User guide and specifications USB-6008/6009. 2005, 25 p. Disponible en. <<http://www.ni.com/pdf/manuals/371303e.pdf>>