

Diseño y Construcción de un Dispositivo para medir la Conductividad Térmica de los materiales de una Ecovivienda

Muñoz R., Vásquez G., Quinteros L., Artaza M., Ludeña A., Previtali E., Ponzoni L.

RESUMEN

El presente artículo trata sobre el diseño y construcción de un dispositivo denominado placa caliente con guarda, que permitirá realizar el ensayo de transferencia de calor de diferentes materiales empleados en el desarrollo de una Ecovivienda. Este análisis, ayudará a mejorar el diseño de los sistemas de calefacción y refrigeración pasiva de la estructura, a demanda de la capacidad de la misma de mantener las temperaturas deseadas. La concepción de este desarrollo fue pensado para ser construido en parte con materiales reciclados y de bajo costo.

ABSTRACT

This article presents the design and construction of a device named guarded hot plate, which will allow the heat transfer test of different materials used in the development of an Eco-house to be carried out. This analysis will help to improve the design of the structure's passive heating and cooling systems, in response to its need to maintain the desired temperatures. The conception of this development was thought to be built in part with low-cost and recycled materials.

PALABRAS CLAVE

Ecovivienda, resistencia, transferencia de calor, placas cemento-PET, conductividad térmica.

KEY WORDS

Eco-House, resistance, heat transfer, cement-PET plates, thermal conductivity.

CONTEXTO

El presente trabajo se enmarca en el proyecto PIADT-UNTREF denominado “ Ecovivienda Sustentable Modular para situaciones de emergencia en Argentina” que tiene como objetivo el diseño y construcción de un prototipo de vivienda modular utilizando materiales reciclados para la elaboración de las placas que conforman las paredes, piso y techo de la misma (mezcla de botellas PET trituradas y cemento), empleando energías renovables, como aerogeneradores, colectores solares y un sistema de calefacción pasiva, para disminuir el consumo de energía de red y con una construcción simple y modular que permita adaptarse a los requerimientos de sus habitantes en cuanto a tipo y cantidad de ambientes. Debido a la dimensión del proyecto. el mismo se desarrolla en distintos grupos de trabajo, de acuerdo al tema a tratar: transferencia de calor, fluidos, materiales y diseño, en los cuales participan estudiantes y docentes de la carrera Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Tres de Febrero e investigadores de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

En forma complementaria. en el proyecto participa la Fundación WEIBA a través de su colaboración en tareas de promoción (prensa) y capacitación al equipo del proyecto en acciones de comunicación haciendo foco en la traducción de cuestiones técnicas y formales a un lenguaje más sencillo y asequible para la población en general. También se trabaja con la Cooperativa Reciclar Sur que colabora con el aporte de plástico reciclado necesario para la construcción de la Ecovivienda. El Municipio de Bolívar y el Centro Universitario de Vicente López, han declarado su interés en el proyecto, por lo que se espera su colaboración en la etapa final respecto al montaje de la Ecovivienda y las acciones de capacitación de la comunidad. Asimismo, el Municipio de Bolívar será el lugar de emplazamiento de la Ecovivienda y se espera el trabajo en conjunto con la comunidad local ya que serán los beneficiarios directos de esta primera etapa.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la población vive en gran medida en áreas urbanas. En el año 2001 la población urbana total era del 89,3% y para el año 2015, según proyecciones del INDEC, se estima que la población alcanzó 42,4 millones, mientras que la tasa de urbanización ascendió al 94%. Con dicha tasa, Argentina se encuentra entre las naciones más urbanizadas del mundo, por encima de la media de las naciones de Europa y Estados Unidos (PET, 2011). En este contexto, según estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación (desde marzo de 2018, Secretaría de Vivienda), en nuestro país el déficit habitacional es de 3,5 millones de viviendas. Entre las viviendas afectadas, 2,2 millones son viviendas deficitarias, 1,1 millones son de hacinamiento semi-crítico y 0,2 de hacinamiento crítico. Esta situación de necesidad de urbes y viviendas que se adapten en el marco de emergencia mundial COVID-19 se incrementa, ya que las condiciones sociales se ven afectadas en todos los sentidos, necesitándose planes de viviendas que respondan a las condiciones de emergencia actuales.

En segundo lugar, la disposición de residuos de las ciudades constituye un problema de difícil solución. Actualmente los residuos urbanos de las grandes ciudades de nuestro país son, en su mayor parte, dispuestos en rellenos sanitario o vertederos a cielo abierto, lo cual no es una alternativa muy racional desde el punto de vista económico ni tampoco desde el punto de vista ambiental, puesto que gran parte de esos residuos, como los plásticos, no son biodegradables. Si bien hay un gran trabajo para reducir la generación de desechos a partir de la concientización, aún falta mucho por hacer. En Argentina se producen y se descartan aproximadamente 200.000 toneladas de envases PET por año. De ese número, tan sólo se recuperan unas 70.000 toneladas, es decir un 30%, y el 70% restante se disponen en vertederos o en el entorno natural (Ensinck, 2017). El principal problema de estos materiales es que presentan un proceso de descomposición sumamente lento. “Las botellas de polietileno-tereftalato (PET) tardan más de 500 años en descomponerse, y duran más si están enterradas.” (Gaggino, 2008).

En tercer lugar, Argentina dispone, en casi todo su territorio, de excepcionales condiciones para el desarrollo de energías renovables, lo cual permite, mediante la implementación de tecnologías no contaminantes, reducir el consumo de energía eléctrica de origen convencional manteniendo condiciones óptimas de habitabilidad y reduciendo de esa forma las emisiones de CO₂ a la atmósfera ya que muchas veces la energía convencional aún es obtenida a partir de la combustión de hidrocarburos o carbón.

En este contexto, surge el proyecto de investigación “Ecovivienda Sustentable Modular para situaciones de Emergencia en Argentina” llevado adelante por el grupo de Aerogeneradores y Materiales “AeroMat” con el objetivo de diseñar y construir una vivienda de construcción modular, es decir de fácil y rápido ensamblaje, para mitigar la crisis habitacional del país, que emplee materiales reciclables y energías renovables para reducir el consumo energético e impacto ambiental. El proyecto es llevado adelante por estudiantes, docentes e investigadores de la carrera Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y por investigadores de la Comisión Nacional de Energía Atómica que trabajan en distintos grupos, estudiando cada uno una temática distinta: Transferencia de Calor, Fluidos Eólicos, Materiales y Diseño.

Con el fin de optimizar el diseño, materiales y método constructivo, se encuentra actualmente en la etapa de construcción, un prototipo de Ecolaboratorio en la sede de Lynch de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Esta construcción también se utilizará para realizar ensayos y prototipos de prueba que serán tema de Prácticas Profesionales Supervisadas y Trabajos Finales de carreras de Grado de la carrera de Ingeniería Ambiental y afines de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

En particular, el grupo de Transferencia de Calor tiene asignada como principal objetivo el estudio y diseño de un sistema de acondicionamiento capaz de mantener una temperatura relativamente constante y de confort dentro de la construcción durante todo el año disminuyendo la demanda de energía de red necesaria para la calefacción y refrigeración. Para ello, el primer paso fue determinar el flujo de calor a través de los muros, pisos y techo de la vivienda. Cabe aclarar que los mismos serán construidos con placas desarrolladas

por el grupo de Materiales, conformada por una mezcla de cemento y botellas PET trituradas para mejorar la aislación y las propiedades mecánicas del material.

En el lenguaje cotidiano es muy común confundir los conceptos de calor y temperatura. La diferencia entre calor y temperatura radica en que el calor se define como el movimiento o intercambio de energía entre cuerpos, mientras que la temperatura es la medida de la agitación (energía cinética) de las moléculas de un cuerpo o sustancia. Los átomos y moléculas de los cuerpos de menor temperatura poseen una vibración más lenta o menor que aquella de los cuerpos a mayor temperatura. La relación entre calor y temperatura se debe a que para que la temperatura de un cuerpo cambie debe producirse una transferencia de calor.

Por lo tanto, el calor es la forma de energía que se transmite naturalmente, es decir no aplicando trabajo, desde un sistema de mayor temperatura a un sistema de menor temperatura. El hombre trató de comprender el calor desde sus inicios y surgieron diversas teorías al respecto. Así surgió la termodinámica, que es la ciencia que estudia la relación entre el calor, la fuerza aplicada y la transferencia de energía producida.

De acuerdo a la termodinámica, los mecanismos de transmisión de calor son tres: conducción (transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las adyacentes menos energéticas, resultado de la interacción entre partículas), convección (transferencia de energía entre una superficie sólida y el fluido adyacente que se encuentra en movimiento, efecto combinado de conducción y movimiento del fluido) y radiación (transferencia de energía debida a la emisión de ondas electromagnéticas). Cengel et al, (2012), Termodinámica

El estudio de las propiedades térmicas de los materiales cobró mucha importancia en el siglo XX cuando en Estados Unidos la industria de la refrigeración se estaba convirtiendo en una realidad comercial, lo que fue acompañado por estudios e investigaciones de las propiedades físicas y químicas de los materiales implicados en la construcción y operación de la maquinaria de refrigeración a gran escala (Cochrane 1966).

De interés particular en la eficiencia térmica era el desarrollo de datos relativos a la transmisión de calor en aislación térmica para propósitos de diseño (Achenbach 1970). En este panorama, se comenzaron a desarrollar dispositivos capaces de medir las propiedades térmicas de los materiales con más precisión que los anteriores que tenían altas fuentes de errores. Es así como surgen los primeros dispositivos de placas calientes con guarda.

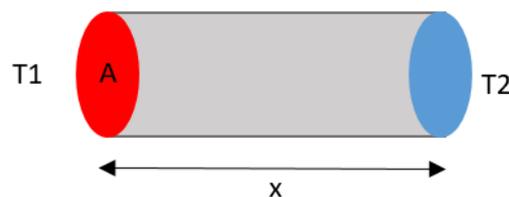
Estos dispositivos se basan en la ley de Fourier para determinar la constante de conductividad térmica de los materiales mediante la medición de temperatura y flujo de calor que se produce entre una placa caliente y una placa fría que se mantienen a temperatura constante, en estado estacionario.

Por lo tanto, la transferencia de calor que rige en el ensayo de placa caliente con guarda es la de conducción, es decir, cuando una de las caras de un sólido posee mayor temperatura que la opuesta. Este fenómeno obedece la Ley de Fourier expresada como:

Expresión de Fourier. Fuente: Termodinámica Y. Cengel ed. 7.

$$Q = -kA \frac{(T_2 - T_1)}{dx}$$

Figura N° 1: Representación de los parámetros de la expresión de Fourier.



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

- Q: Calor transferido (W)
- k: Conductividad Térmica. Es una propiedad intrínseca del material a través del cual se produce la transferencia de calor (W/mK)
- T2: Temperatura del medio de menor temperatura (K)
- T1: Temperatura del medio de mayor temperatura (K)
- A: Área transversal al flujo de calor (m²)
- x: Espesor/Distancia entre la región T2 y T1 (m)

Cabe destacar que el signo negativo de la Ley de Fourier indica que el calor se transfiere de la zona de mayor temperatura a la zona de menor temperatura.

El presente artículo trata sobre el diseño y construcción de un dispositivo formado por una caja caliente con guarda, para realizar ensayos de transferencia de calor por conducción en materiales sólidos y así determinar la constante de conductividad térmica del material que conformaría las placas para la construcción de las paredes, piso y techo de la vivienda.

Una vez determinada esta constante se podrá determinar el flujo de transferencia calor por el material empleando el modelo de Fourier. Posteriormente, se trabajará en el diseño de los sistemas de calefacción y refrigeración pasiva de la estructura, a demanda de la capacidad de la misma de mantener las temperaturas deseadas.

Se hace foco en la determinación de la constante de conductividad térmica ya que el mecanismo de transferencia de calor por conducción tiene mayor relevancia frente a los otros dos mecanismos convección y radiación, en el caso de estudio.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta primera etapa del grupo de Transferencia de Calor es determinar el flujo de calor que se produce a través del material constitutivo de las paredes, piso y techo de la Ecovivienda, formado por una mezcla de material PET y Cemento.

Los objetivos específicos en el corto plazo son:

- Determinar y estudiar los métodos de determinación de propiedades térmicas de los materiales.
- Determinar normas de ensayo disponibles.
- Diseñar y construir el dispositivo para llevar a cabo el ensayo.

Se plantea como objetivo a mediano plazo:

- Llevar a cabo el ensayo y determinar la conductividad térmica del material estudiado

El objetivo a largo plazo es:

- Diseñar un sistema de acondicionamiento térmico pasivo para mantener la temperatura de confort dentro de la construcción minimizando la demanda de energía de red.
- Colaborar en el desarrollo de una línea nueva de trabajo asociada a la transferencia de calor.

METODOLOGIA

La primera parte del trabajo consistió en la búsqueda bibliográfica acerca de las metodologías disponibles y normadas para la determinación de la conductividad térmica de los materiales. Como resultado de la búsqueda se halló que el método más utilizado es el de la placa caliente con guarda establecido en normas ISO, IRAM, ASTM, UNE-EN equivalentes. Por lo cual, se adquirió la norma IRAM 11.559 “Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario”, equivalente a la norma ISO 8302:1991.

Una vez estudiadas las condiciones de la norma, se llevó adelante la etapa de diseño. En primer lugar, se eligió un aparato de caja caliente con guarda doble, es decir con una fuente caliente central y dos fuentes frías externas, dando lugar al espacio para ensayar dos probetas idénticas simultáneamente. Esta elección se debió principalmente a la simplificación en el cálculo de la transferencia de calor y mayor cantidad de datos para un resultado más seguro con el objetivo de minimizar errores. Por otro lado, el aparato diseñado se diferencia de otros modelos construidos en el país en que las fuentes frías también son resistencias y no circuitos cerrados o abiertos de agua, con la ventaja de no tener que refrigerar el fluido circulante, reduciendo de esa manera riesgos de pérdidas en el circuito.

La segunda etapa del proyecto, actualmente en desarrollo, es la construcción del dispositivo. Para lo cual el grupo de investigación se reúne en la sede de Lynch de la Universidad Nacional de Tres de Febrero periódicamente.

Parte de los materiales para el proceso de construcción fueron obtenidos a partir de la reutilización y reciclaje. Las placas de durlock eran previamente restos sin utilizar de una obra en construcción, las planchuelas de hierro recortes reutilizados de un mueble de jardín en desuso, las placas de aluminio, los ángulos de aluminio y la manta de cerámica aislante fueron reutilizadas a partir de sobrantes de otros proyectos, trabajando así en línea con las bases y fundamentos del proyecto.

Se hizo un análisis de costos en base a lo que fue comprado y los precios estimados de los materiales reutilizados, para obtener un valor aproximado del costo total del ensayo:

Tabla N° 1: Listado de materiales comprados, cantidades y costos.

MATERIAL COMPRADO	CANTIDAD	COSTO [\\$]
Alambre Kanthal para resistencia - 1mm	10 mts	1.203
Clavos, bulones, tornillos, tuercas y arandelas	36 u de c/	400
Pegamento de alta temperatura	1	850
Aislante eléctrico - papel cerámico	1u 0,6x1 mts	1.190
Varilla roscada	3 u	529
Cable bipolar - 2 mm	6 m	1.860
Relay estado sólido	1 u	2.220
Fuente de alimentación 24V 7A	1 u	6.758,40
Controlador PID para termocupla J	1 u	6.236,40
Termocuplas J	2 u	1.961,42

Fuente: elaboración propia.

Tabla N°2: Listado de materiales reutilizados, cantidades utilizadas y costos estimados.

MATERIAL REUTILIZADO	CANTIDAD	COSTO ESTIMADO [\\$]
Recortes de madera/ probetas	3u de 30x30	1.500
Placas de aluminio	6 u 40x40	4.800
Ángulos de aluminio	4 u 1,5 m	1.500
Placas de Durlock	2 u 240x60	900
Planchuelas de hierro	2u de 37x3x0.21 cm	500
Fuente de alimentación	1u	6.700
Manta de cerámica 25mm	1,5 m2	3300

Fuente: elaboración propia.

COSTO TOTAL ESTIMADO: \$ 42.408,22

Reutilizando materiales se ahorra un aproximado de \$20.000. Se debe tener en cuenta también que algunos materiales como las fuentes de alimentación, se utilizarán en varias oportunidades.

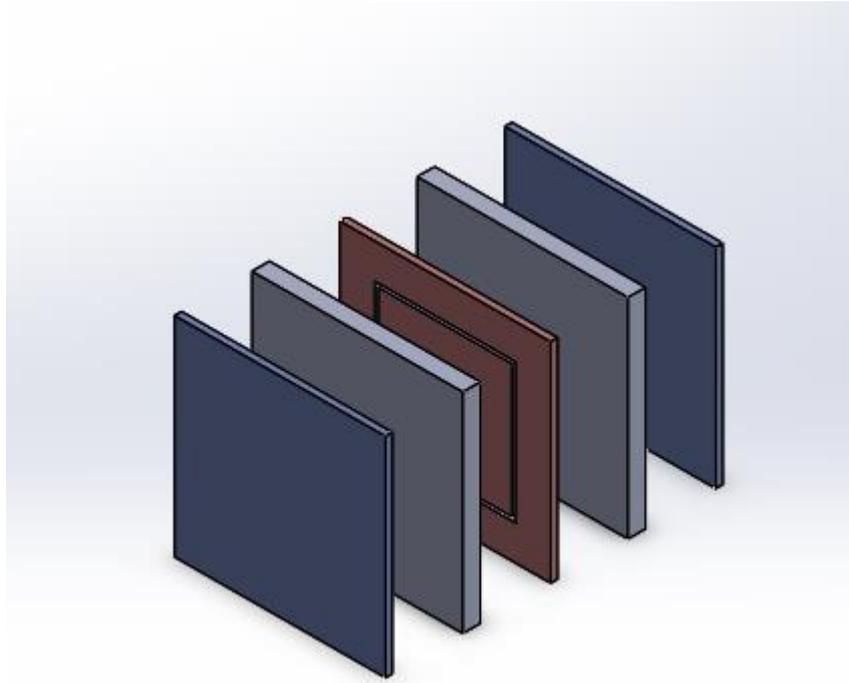
Para el análisis del flujo de calor y la obtención de datos se prevé la instalación de sensores, los cuales serán diseñados, programados y confeccionados por un grupo de estudiantes de las carreras de Higiene y Seguridad e Ingeniería Ambiental en el marco de un proyecto paralelo del grupo de investigación de AeroMat. Estos se instalarán en puntos estratégicos entre las probetas de medicación y en el ambiente interno de la caja para obtención significativa y segura de los datos. Todavía no se han definido las características técnicas y cantidades.

Descripción del método

El método de la placa caliente con guarda consiste en colocar la probeta entre una fuente de calor, denominada placa caliente, y una fuente fría, denominadas placas frías, y medir el flujo de calor que atraviesa la probeta una vez que se llega al régimen estacionario.

En este caso, se eligió el diseño de un aparato con doble zona de medición, es decir una placa caliente central, dos muestras a su lado y dos fuentes frías. Esquema propuesto de montaje se puede observar en la figura 2.

Figura N°2: Esquema de la configuración de las placas. En color rojo se observa la placa caliente central, en color azul las placas frías exteriores y en color gris se esquematizan las probetas.



Fuente: elaboración propia.

Placa caliente

La placa caliente se compone de una zona de medición central y una zona de guarda externa separadas por una ranura de aproximadamente 1 mm. El objetivo de la zona de guarda es crear el efecto de plano infinito para minimizar los errores por fugas de borde.

La resistencia eléctrica se compone de un filamento de Kanthal de 1 mm de diámetro enrollado en espiral en la zona de guarda y con un arrollamiento en zigzag en la zona de medición. La configuración se puede ver en la Figura 3.

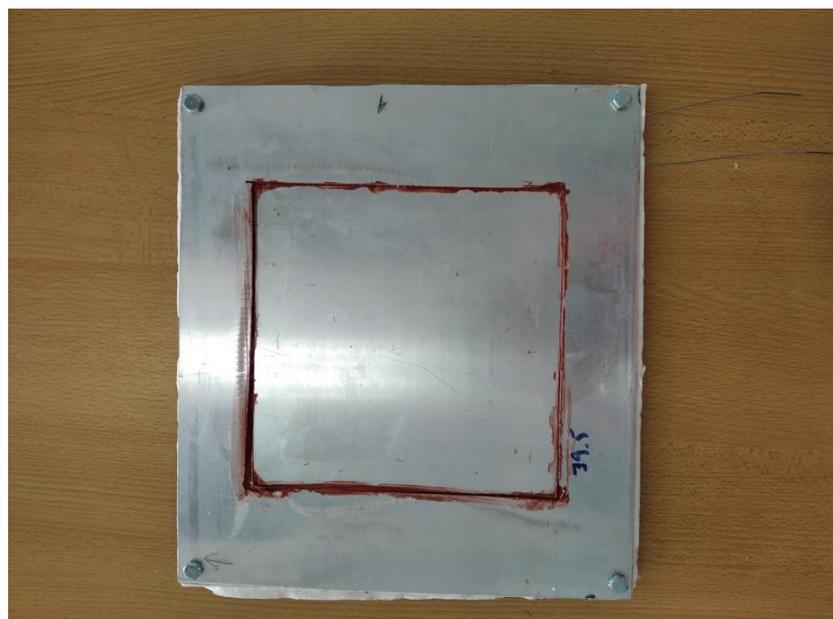
Figura N°4: Proceso de armado de la placa caliente.



Fuente: elaboración propia.

En la imagen se puede observar la zona de guarda externa a la cual se le colocan los tornillos para mantener los componentes unidos. Además se puede observar el papel cerámico de color blanco para mantener la aislación eléctrica entre la resistencia de Kanthal y la placa de aluminio.

Figura N° 5: Placa caliente terminada.



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar la zona de medición (cuadrado central) y la zona de guarda separados por una ranura de aproximadamente 1 mm que fue rellenada con silicona de alta temperatura.

Placas frías

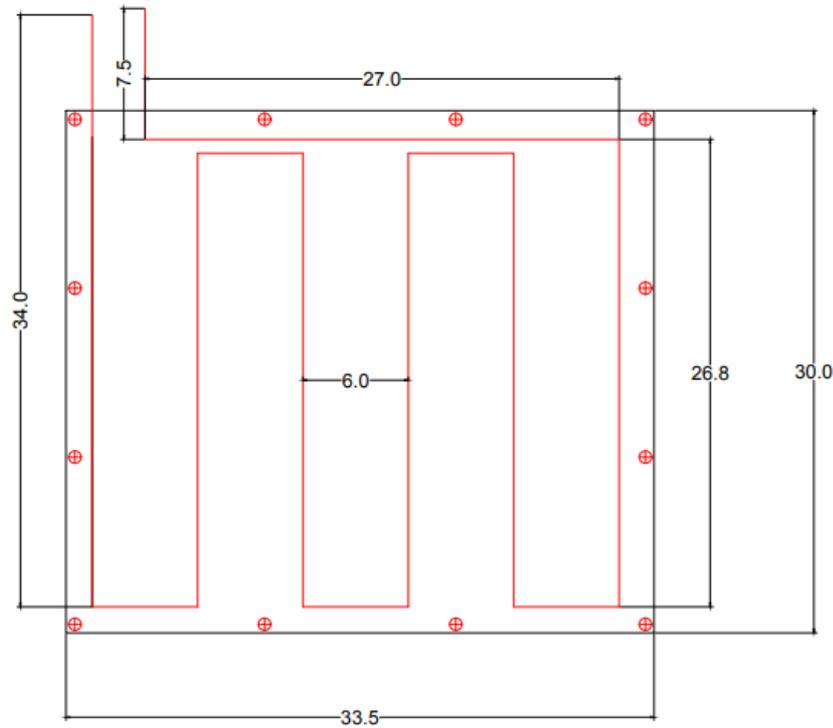
Como se mencionó anteriormente, al ser un aparato de medición doble, es decir para ensayar dos probetas idénticas, se requieren dos unidades frías.

Las placas frías se componen de resistencias, al igual que la fuente caliente. Esto supone una diferenciación respecto a los prototipos diseñados anteriormente en el país que utilizan un circuito, ya sea abierto o cerrado, de agua para la refrigeración de la/s fuente/s fría/s.

La razón por la cual se eligió esto es para evitar que un fluido circule dentro de la placa con la consecuente disminución de riesgo de pérdida de líquido dentro del aparato y evitar la refrigeración de dicho fluido.

La placa fría tiene la misma disposición que la placa caliente, con dos diferencias principales. En primer lugar, el diseño de enrollamiento del filamento de Kanthal es en zig zag con un espaciado mayor a través de toda la placa, como se muestra en la Figura 3, ya que la temperatura que se debe alcanzar es menor a la de fuente caliente. En segundo lugar, las placas frías carecen de zona de medición, es decir cada placa de aluminio es de un solo cuerpo como se puede observar en la figura 6.

Figura N° 5: Enrollamiento del filamento de Kanthal en las resistencias frías. Nota: Las medidas se encuentran expresadas en cm.



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que en toda la superficie el enrollamiento es en zig zag y con un espaciado mayor respecto al de la resistencia caliente. Nota: Las medidas se encuentran expresadas en cm.

Figura N° 6: Placa fría ensamblada. En la imagen se puede observar que la placa fría carece de zona de medición.



Fuente: elaboración propia.

Caja térmica

La caja externa del aparato está realizada con placas de Durlock® unidas por ángulos de aluminio y tornillos. En la figura 7 se muestra la misma. Además se colocará un aislante térmico en su interior para minimizar la transferencia de calor entre el interior de la caja y el medio ambiente.

Figura N° 7: Caja térmica del dispositivo para aislar el ensayo del ambiente circundante y que no haya pérdidas de calor.



Fuente: elaboración propia.

Sistema eléctrico

Para controlar la temperatura de la fuente caliente y fuentes frías se utilizarán dos circuitos eléctricos independientes.

El circuito eléctrico para el control de la temperatura de la fuente caliente se compone por:

- Fuente de alimentación de corriente continua: es el dispositivo que entregará potencia eléctrica que se convertirá en potencia calórica.

Figura N° 8: Fuente de alimentación de corriente continua.



Fuente: elaboración propia.

- PID: es el dispositivo que a través de pulsos controlará la temperatura de la placa caliente a través de la termocupla tipo J conectada a las dos unidades.

Figura N° 9: Dispositivo PID para el control de la temperatura de la fuente caliente.



Fuente: elaboración propia.

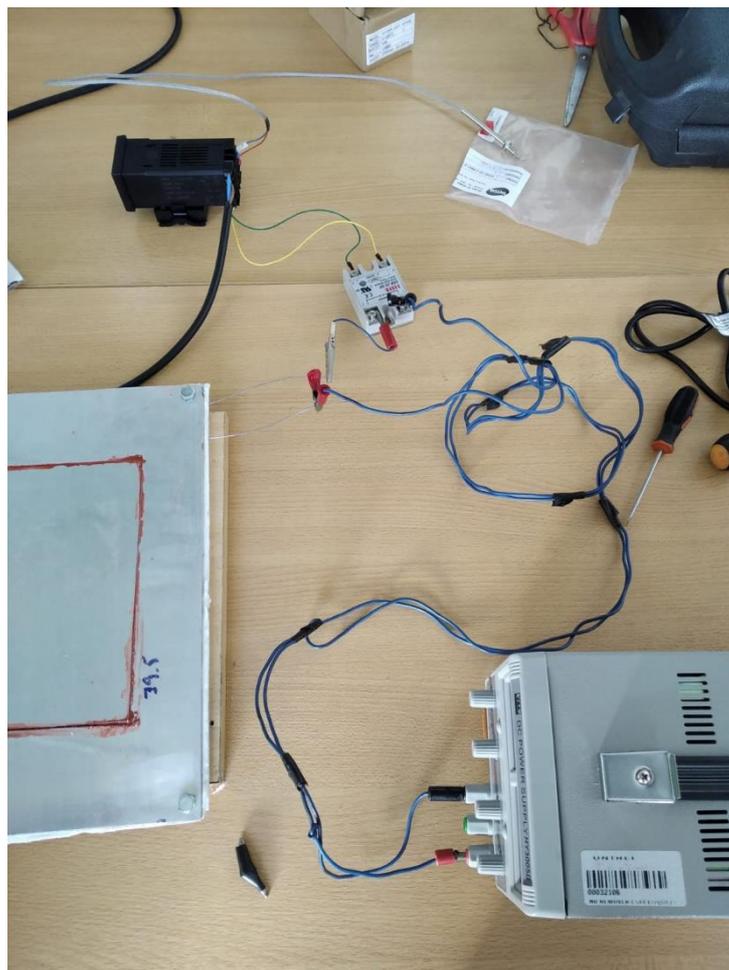
- Relay de estado sólido (SSD): Es el dispositivo encargado de abrir o cerrar el circuito eléctrico entre el PID y la fuente caliente. Es decir que si la temperatura censada por la termocupla es menor que la temperatura deseada (set point del PID), el SSD cierra el circuito para que la fuente entregue potencia y si la temperatura censada por la termocupla es mayor que la temperatura deseada, el SSD abre el circuito para que no se le entregue más potencia. En otras palabras, el SSD es controlado por el PID. La elección de usar corriente continua, y por ende un relé de estado sólido para control de este tipo de corriente, se debe al mayor control que se encuentra en el manejo de la corriente en el circuito de la resistencia eléctrica, de modo de mantener una mejor estabilidad en el proceso de calentamiento.

Figura N°10: Relay de Estado Sólido (SSD) de corriente continua, con INPUT (mando) y OUTPUT (potencia) ambas de salida corriente continua.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 11: Circuito eléctrico para la alimentación de la fuente caliente.

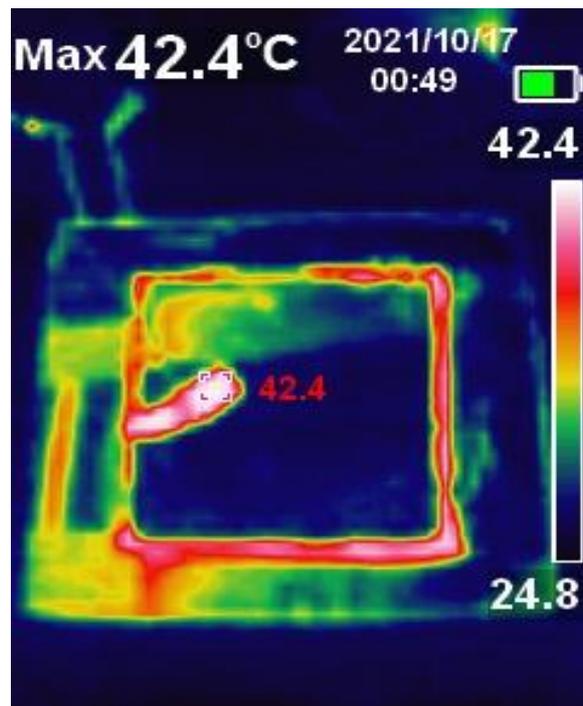


Fuente: elaboración propia.

El circuito eléctrico de la fuente fría es más simple debido a que la función de esta es crear la zona de baja temperatura para que se produzca el flujo de calor y está compuesto principalmente por la fuente de alimentación de corriente continua. La misma se regulará para que se mantenga a una temperatura inferior

A fin de analizar los resultados del comportamiento térmico de la placa caliente, se hicieron mediciones de flujo de calor mediante una cámara termográfica, marca UTI-T, modelo UTI85A. Los resultados obtenidos se ven en la figura 12.

Figura N° 12: Flujo de calor medido imagen termográfica.



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar de la imagen termográfica, una diferencia de temperatura entre la guarda y la zona de medición de la placa, asociado a la configuración de enrollamiento del cable Kanthal y el aislamiento que esta posee.

La placa fría, se alimentará con una fuente de laboratorio de corriente continua como la empleada en la placa caliente. La corriente y tensión de alimentación de esta placa será inferior a la de la placa caliente, de manera de generar un gradiente térmico en las placas de Cemento y PET a ensayar, y de esa forma obtener los parámetros de conductividad térmica por medio del modelo de Fourier.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos hasta el momento son:

- Estudio de los distintos métodos de medición de la conductividad térmica de los materiales
- Elección del método: Método de Placa Caliente con Guarda
- Diseño y construcción de las fuentes que servirán como fuente caliente y fuentes frías para que se produzca un flujo de calor a través de las probetas
- Comprobación de la aislación eléctrica entre las resistencias y las placas de aluminio. Se realizó una prueba de funcionamiento. Se han conectado cada resistencia por separado a la fuente de alimentación y se comprobó que el sistema funciona.
- Diseño del sistema de montaje de las fuentes y probetas: el conjunto se mantiene estabilizado y comprimido por flejes de hierro los cuales se mantienen apretados con dos varillas roscadas que mantienen los distintos elementos componentes en contacto para una transmisión de calor segura y efectiva
- Diseño de la configuración eléctrica para alimentar las resistencias.

Los pasos siguientes para finalizar el dispositivo son:

- Aislamiento de la caja para evitar fugas de calor al ambiente durante el ensayo. El mismo se realizará con manta cerámica.
- Colocación del sistema soporte y encaje de las probetas y placas.
- Pruebas eléctricas para determinar la potencia eléctrica óptimas de las fuentes y tiempos del ensayo.
- Diseño del sistema de sensores para el control de temperatura durante el ensayo.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la caja caliente con guarda permitirá avanzar en el estudio de la eficiencia energética de la Ecovivienda Sustentable Modular que se encuentra llevando a cabo el grupo de investigación de AeroMat. Si bien su desarrollo apunta inicialmente al cálculo de la conductividad térmica de las placas empleadas en la construcción de la Ecovivienda, su uso se puede extender al análisis de la conductividad térmica de otros materiales y configuraciones, ya que está previsto la fabricación de los cerramientos como puertas y ventanas con el uso de materiales poliméricos impresos en 3D, que deberán ser analizados, previo a su construcción. Por otro lado, el desarrollo de este dispositivo permitirá avanzar en la profundización de los temas asociados a la eficiencia energética, siendo este uno de los pilares de trabajo del grupo de investigación.

Por último, la concepción de este desarrollo apunta a dar una respuesta a una problemática de muchas viviendas asociadas a la medición de la eficiencia energética, a partir del empleo de esta caja construida en parte con materiales reciclados y de bajo costo, con un procedimiento que puede ser útil de replicar en otras instituciones para su fabricación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de planificación, inversión pública y servicios. Subsecretaría de Planificación Territorial de Inversión Pública (2011). Plan Estratégico Nacional
- [2] Ensick M. G. (2017). Basural PET: En Argentina se tiran 12 millones de botellas de plástico por día. El cronista.
- [3] ARGENTINA. Norma IRAM 11.559: Determinación de la conductividad térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de placa caliente con guarda. Buenos Aires: IRAM, 1991
- [4] Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). Termodinámica (7.a ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.utnianos.com.ar/foro/attachment.php?aid=16821>
- [5] Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. (4.a ed.). McGraw-Hill Education.
- [6] Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados.