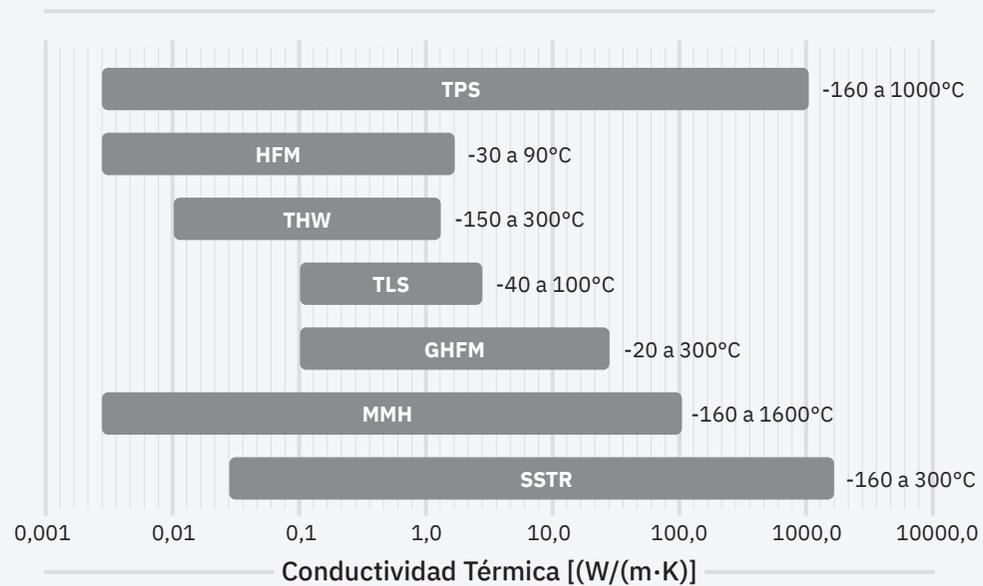


# GHFM-01 Medidor de flujo de calor protegido

Medidor de conductividad térmica para  
medir **metales, polímeros y compuestos**

En conformidad con la norma ASTM E1530-19





- MP-1** (Plataforma de medición)
  - MP-1: TPS (Fuente plana transitoria)
  - MP-1: THW (Hilo caliente transitorio)
- HFM-100** (Medidor de flujo de calor)
- THW-L1** (Hilo caliente transitorio)
- GHFM-01** (Medidor de flujo de calor protegido)
- MMH-1600** (Calentamiento monotónico)
- SSTR-F** (Termoreflectancia en estado estacionario)



- TLS-100** (Fuente de línea transitoria)
- THW-L2** (Hilo caliente transitorio)
- TPS-EFF** (Fuente plana transitoria)
- GHFM-02** (Medidor de flujo de calor protegido)
- MP-2** (Plataforma de medición)
  - MP-2: TPS (Fuente plana transitoria)
  - MP-2: THW (Hilo caliente transitorio)
  - MP-2: TLS (Fuente de línea transitoria)
- HFM-25** (Medidor de flujo de calor)

Thermtest se ha dedicado a la medición de la conductividad térmica, la difusividad térmica y el calor específico desde 2005. Con más de 2000 clientes satisfechos en todo el mundo, nuestra combinación única de instrumentación avanzada de conductividad térmica para el laboratorio, medidores portátiles para el campo y accesorios nos permite brindar soluciones ideales para adaptarse a cualquier aplicación y presupuesto de prueba de materiales.



## GHFM-01 Medidor de flujo de calor protegido

El Medidor de Flujo de Calor Protegido (GHFM-01) cumple con la norma ASTM E1530-19 para probar la resistencia térmica y la conductividad térmica de sólidos, tales como metales, polímeros, compuestos y pasta desde -20 °C hasta 310 °C. La pila de prueba propietaria de Thermtest reemplaza el movimiento neumático tradicional por un control motriz avanzado, que facilita el control automatizado del espesor, la fuerza o la presión aplicados a la muestra de prueba.

# Características del GHFM-01



# Capacidades destacadas del medidor GHFM-01

El medidor avanzado GHFM-01 toma una medición primaria de la resistencia térmica y la conductividad térmica de sólidos, tales como metales, polímeros, compuestos y pasta. En particular, el cálculo de la conductividad térmica a partir de la medición de la resistencia térmica es el método de prueba más preciso de la verdadera conductividad de los materiales heterogéneos. La medición de estado estable de la resistencia térmica representa el espesor de toda la muestra y las propiedades maduras de la transferencia de calor.

De acuerdo con el método, se somete la muestra a un gradiente de temperatura de estado estable a través del espesor. La conductividad térmica de la muestra se obtiene midiendo la diferencia de temperatura a través de ella y una temperatura adicional.

La pila de prueba está conformada por un calentador como placa superior, con un sensor de temperatura integrado, y un disipador de calor como placa inferior, con un sensor de temperatura integrado a cada lado de la muestra. Se colocan sensores de temperatura adicionales cerca de la superficie superior e inferior de la muestra.

Una vez alcanzada la temperatura de estado estable en toda la muestra, se puede aplicar la ecuación de la Ley de Fourier. A partir de las temperaturas medidas se puede obtener la relación  $R_s$  ( $m^2 \cdot K/W$ ), igual al espesor de la muestra,  $d$  (m), y a su conductividad térmica,  $\lambda$  ( $W/m \cdot K$ ):

$$R_s = F \left[ \frac{T_U - T_L}{T_L - T_H} \right] - R_{int} \Rightarrow R_s = F \left[ \frac{\Delta T_s}{\Delta T_b} \right] - R_{int}$$

La ecuación previa es de forma lineal y es la ecuación operativa del instrumento.

Se pueden obtener las constantes  $F$  ( $m^2 \cdot K/W$ ) y  $R_{int}$  ( $m^2 \cdot K/W$ ) mediante la calibración del instrumento. Para ello, se utilizan muestras de calibración de conductividad térmica conocida y, por ende, de resistencia térmica. Se informan los resultados calibrados de la resistencia térmica y la conductividad térmica.

- Las funciones básicas y avanzadas son simples con el Software de Windows para GHFM-01.
- Control computacional pleno de GHFM-01; aplicación de temperatura media, espesor de muestra, fuerza o presión.
- Temperaturas medias programables desde  $-20^\circ C$  hasta  $310^\circ C$ .
- Múltiples termocuplas de alta resolución ( $0,01^\circ C$ ) para la medición precisa de la resistencia térmica y la conductividad térmica.
- Se mide el espesor con una precisión de  $0,0254$  mm, mediante un codificador digital óptico.
- Sensor de fuerza integrado con circuito de retroalimentación para controlar el motor paso a paso.
- El motor paso a paso de alto rendimiento permite que la fijación de la placa sea automatizada o esté fijada según el espesor definido del usuario, ideal para los materiales comprimibles.
- Los módulos de flujo pueden cambiarse fácilmente, sin necesidad de herramientas.
- Cumple con la norma internacional ASTM E1530-19.

# Especificaciones del medidor GHFM-01

De conformidad con las normas internacionales, el medidor GHFM-01 está diseñado para analizar materiales tanto homogéneos como heterogéneos.

Materiales	Metales, Polímeros, Compuestos y Pastas
Tipo de sensores	Termocuplas (x6)
Aplicaciones	Pruebas generales
Dirección	A través del espesor
Rango de conductividad térmica	0,1 a 40 W/m•K
Tiempo de medición	40 a 60 minutos
Precisión	± 3%
Reproducibilidad	± 1 a 2%
Rango de temperatura de placa*	-20 a 310 °C
Presión	Automatizado hasta 379 kPa (55 psi)
Diámetro de muestra	50 a 50,8 mm
Espesor de muestra	Hasta 25 mm   Películas delgadas hasta 0,1 mm con Software óptico
Norma	ASTM E1530-19

\*circulador frío incluido con cada sistema

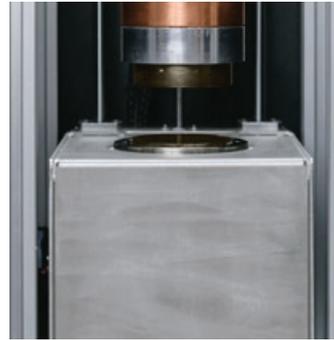
# Puntos destacados del GHFM-01

## PRECISIÓN DE MEDICIÓN



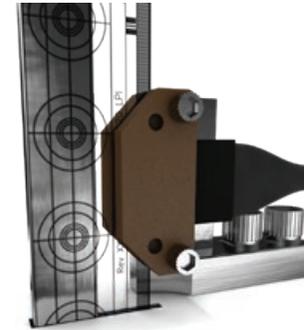
Módulos de flujo

## CONTROL DE TEMPERATURA



Resolución de 0,01 °C

## MEDICIÓN DEL ESPESOR



Precisión de  $\pm 0,0254$  mm

## FUNCIONAMIENTO



GHFM-01 Windows Software

## CONTROL DE FIJACIÓN



Automatizado o manual

## CALIBRACIÓN



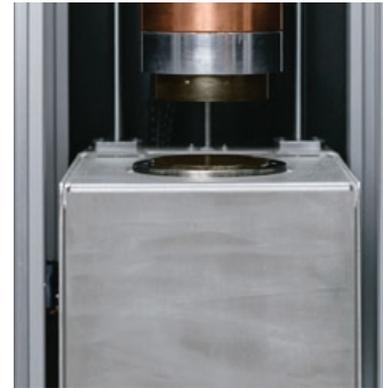
Automatización

# Características del GHFM-01



## Módulo de flujo de calor fácil de cambiar

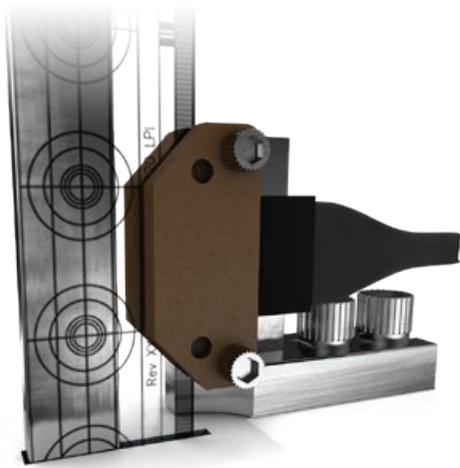
No se necesitan herramientas para cambiar el módulo de flujo inferior, que forma un transductor de flujo de calor calibrado. Incluye múltiples termocuplas para controlar la temperatura de modo de confirmar la condición de estado estable del gradiente de temperatura en toda la muestra.



## Control de Temperatura

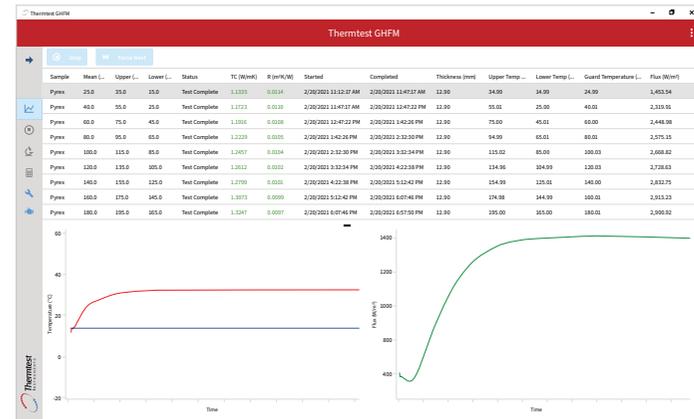
A fin de controlar con precisión la temperatura de las placas, se utilizan calentadores seleccionados de forma óptima y enfriados por intercambiadores de calor, unidos a termocuplas con una resolución de 0,01 °C. Mediante un horno protegido se logra minimizar la pérdida de calor lateral en todo el espesor de la muestra. Gracias al práctico software del GHFM-01, es posible controlar por completo las placas superior e inferior y las temperaturas del horno protegido.

# Características del GHFM-01



## Medición del espesor

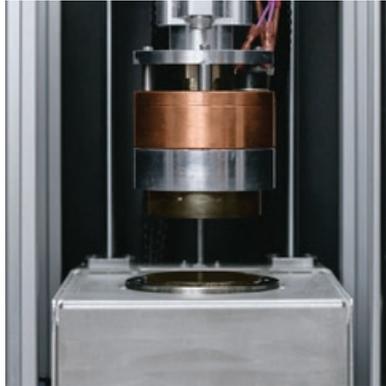
A fin de determinar la conductividad térmica de un material a partir de la medición de la resistencia térmica es necesario contar con un espesor preciso de la muestra. El medidor GHFM-01 cuenta con un diseño propietario de suspensión en cardán, con la ventaja de una determinación automática del espesor de la muestra para materiales rígidos, o una determinación del espesor de la muestra, la fuerza y la presión definidos por el usuario para materiales comprimibles. El espesor de la muestra se mide con la tecnología del codificador óptico digital que garantiza la medición más precisa ( $\pm 0,025$  mm) del espesor de la muestra.



## Funcionamiento

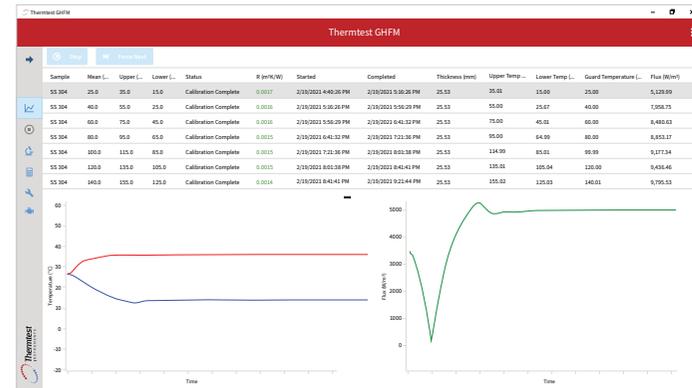
El medidor GHFM-01 ofrece un software Windows con funcionalidades, incluido con cada sistema. Este software fácil de usar provee pasos de automatización de temperatura ilimitados, junto con ajustes para la fuerza o presión del espesor. Los pasos básicos de prueba y calibración están totalmente automatizados, al igual que las funciones adicionales como el guardado, la exportación y la impresión de los resultados de la medición.

# Características del GHFM-01



## Control de fijación

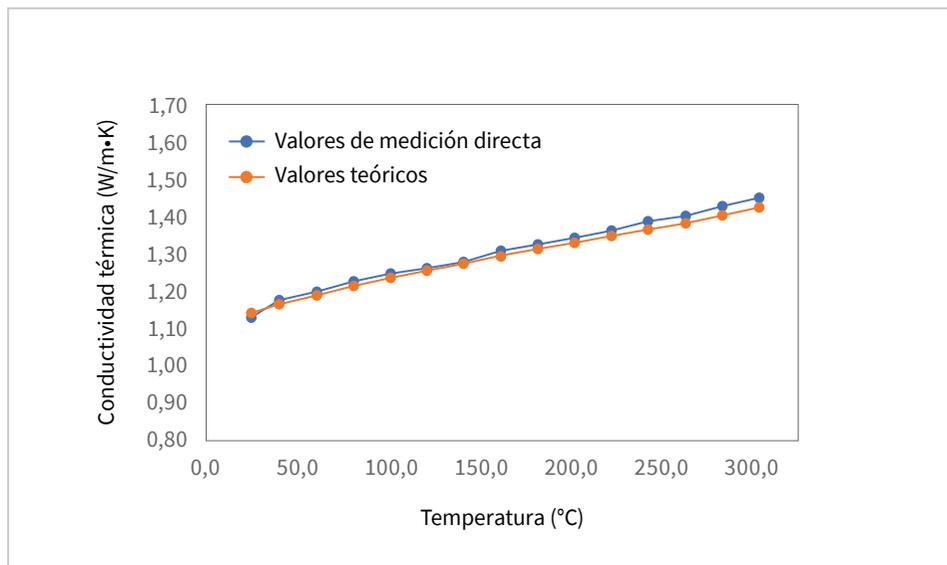
En el caso de materiales rígidos, las placas del GHFM-01 se fijan automáticamente para lograr un contacto óptimo de la muestra. Al analizar materiales comprimibles, es posible configurar la altura, fuerza o presión (hasta 80 kg, 379 kPa - 55 psi) deseadas en el software y la placa se detendrá automáticamente una vez alcanzadas las mismas.



## Calibración

Con el software del GHFM-01, todas las condiciones de calibración, tales como la gestión de los materiales de referencia, los pasos de temperatura y la presión, están totalmente automatizadas. La verificación de la calibración se realiza mediante rutinas de validación incorporadas.

# Precisión



## Conductividad térmica Pyrex<sup>(R)</sup> 7740

A fin de demostrar el rendimiento del GHFM-01, se efectuaron mediciones en Pyrex 7740 a 300 °C y se compararon con los valores teóricos. Precisión de todos los resultados < 2%.

## Conductividad térmica (W/m·K)

Temperatura (°C)	25	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
Valores de medición directa	1,134	1,172	1,192	1,223	1,246	1,261	1,280	1,307	1,325	1,343	1,361	1,386	1,401	1,426	1,451
Valores teóricos	1,143	1,164	1,190	1,214	1,236	1,257	1,276	1,295	1,313	1,330	1,348	1,366	1,385	1,404	1,426
Error (%)	0,80	0,71	0,11	0,71	0,75	0,33	0,27	0,96	0,92	0,99	0,98	1,44	1,19	1,54	1,78

# Medición de la muestra



## Paso 1

Las muestras del GHFM-01 deben ser de 50 a 50,8 mm de diámetro. Las superficies superior e inferior deben ser planas y paralelas. Se agrega una capa delgada de pasta de contacto a la parte superior e inferior de la superficie de la muestra.



1 minuto



## Paso 2

Luego, la muestra se carga en la pila de prueba. Para materiales rígidos, la pila superior se cierra a una presión predeterminada. Para materiales blandos, el usuario puede definir una presión específica o el espesor requerido. Los parámetros para las pruebas de presión y espesor se pueden controlar dentro del programa de realización de pruebas.



1 minuto



# Aplicaciones de GHFM-01



## Compuestos de fibra de carbono anisotrópicos

Al probar compuestos anisotrópicos, resulta ideal efectuar la medición de la resistencia térmica (conductividad térmica). Los materiales compuestos no suelen tener capas internas repetidas, por lo que la medición del espesor total mediante la resistencia térmica es la única forma de medir la conductividad térmica real. Se midió una muestra compuesta de fibra de carbono de 12,7 mm

Temperatura media (°C)	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Conductividad térmica (W/m•K)
40	0,0252	0,5153
60	0,0229	0,5671
80	0,0213	0,6103



## Compuestos de fibra de carbono en capas

La medición de la conductividad térmica de un material compuesto con capas adicionales aumenta la complejidad de la medición. Los métodos transitorios diseñados para medir la conductividad térmica de materiales anisotrópicos bien organizados no son adecuados para estructuras en capas que no son repetitivas.

Se añadieron capas de pyrex y acero inoxidable a la muestra compuesta de fibra de carbono anisotrópica de 12,7 mm de espesor. Para todo el espesor, se midió la resistencia térmica y la conductividad térmica a una temperatura media de 40 °C, cuyos resultados se resumen a continuación.

Compuestos de fibra de carbono en capas	Espesor (mm)	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Conductividad térmica (W/m•K)
Pyrex	3	0,0264	0,5680
Acero inoxidable	2	0,0251	0,6340

# Aplicaciones de GHFM-01



## Heterogéneo

El medidor GHFM-01 es ideal para medir la resistencia térmica y la conductividad térmica de una amplia gama de materiales. Dado que el método GHFM mide la resistencia térmica de un tamaño de muestra de 50 a 50,8 mm de diámetro y un espesor de hasta 25 mm, es posible efectuar pruebas en materiales heterogéneos.



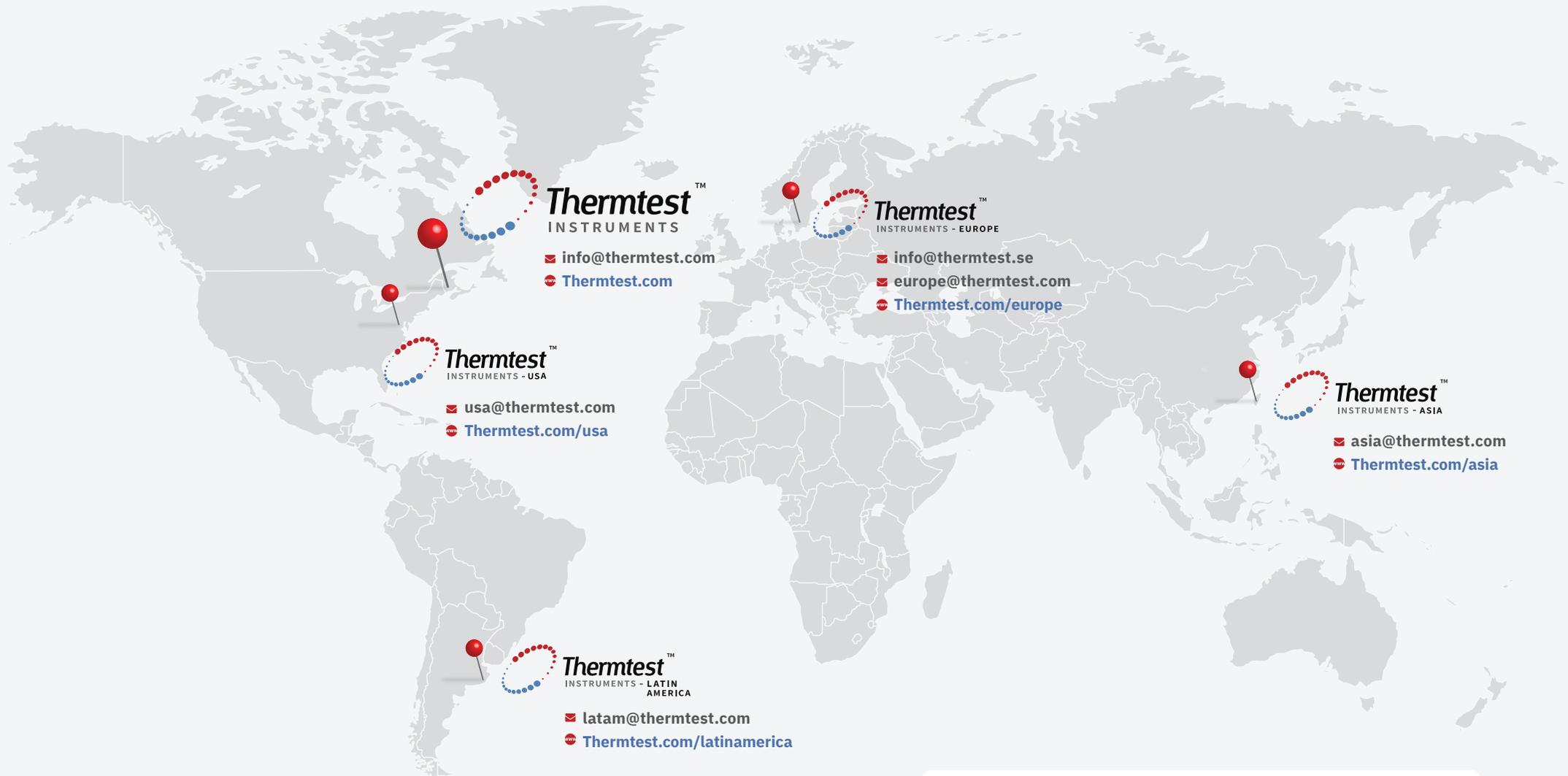
## Comprimible

Con la capacidad de programar la compresión o presión deseadas, el medidor GHFM-01 es excepcionalmente capaz de probar materiales comprimibles como el caucho y las juntas. Mediante el software GHFM-01, es posible realizar cualquier variación o combinación de temperatura, compresión o presión.



## Celdas de prueba especializadas

Existe una gran variedad de celdas de prueba disponibles para ampliar el rango de aplicación del GHFM-01. Entre ellas se encuentran las celdas de pasta, polímero fundido y polvos.



**Thermtest™**  
INSTRUMENTS

✉ [info@thermtest.com](mailto:info@thermtest.com)  
🌐 [Thermtest.com](http://Thermtest.com)

**Thermtest™**  
INSTRUMENTS - EUROPE

✉ [info@thermtest.se](mailto:info@thermtest.se)  
✉ [europe@thermtest.com](mailto:europe@thermtest.com)  
🌐 [Thermtest.com/europe](http://Thermtest.com/europe)

**Thermtest™**  
INSTRUMENTS - USA

✉ [usa@thermtest.com](mailto:usa@thermtest.com)  
🌐 [Thermtest.com/usa](http://Thermtest.com/usa)

**Thermtest™**  
INSTRUMENTS - ASIA

✉ [asia@thermtest.com](mailto:asia@thermtest.com)  
🌐 [Thermtest.com/asia](http://Thermtest.com/asia)

**Thermtest™**  
INSTRUMENTS - LATIN  
AMERICA

✉ [latam@thermtest.com](mailto:latam@thermtest.com)  
🌐 [Thermtest.com/latinamerica](http://Thermtest.com/latinamerica)

distribuidor local

## SEDE INTERNACIONAL

**Thermtest Inc.**  
Fredericton, New Brunswick  
Canada

Teléfono: +1 506 458 5350  
Correo electrónico: [info@thermtest.com](mailto:info@thermtest.com)  
[Thermtest.com](http://Thermtest.com)