

# SolarPaq

MANUAL DE USUARIO

*para uso con*

**insight**  
software

Edición I





A Fluke Company

# SolarPaq Manual de usuario

para uso con

**insight**  
software

Edición I



*Datapaq® es el principal fabricante en el mundo de instrumentos de monitoreo de temperatura de procesos. La compañía mantiene su liderazgo mediante un continuo desarrollo de sus avanzados y sencillos de usar sistemas Tracker.*

## **Europa y Asia**

Datapaq Ltd.  
Lothbury House, Cambridge Technopark  
Newmarket Road  
Cambridge CB5 8PB  
Reino Unido  
Tel. +44-(0)1223-652400  
Fax +44-(0)1223-652401  
Email [sales@datapaq.co.uk](mailto:sales@datapaq.co.uk)  
[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)

## **Norte y Sud América**

Datapaq, Inc.  
3 Corporate Park Dr., Unit 1  
Derry  
NH 03038  
EE.UU.  
Tel. +1-603-537-2680  
Fax +1-603-537-2685  
Email [sales@datapaq.com](mailto:sales@datapaq.com)  
[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)

# ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

Para el uso seguro de equipo Datapaq, siempre:

- Siga todas las instrucciones suministradas.
- Observe cualquier señal de alerta mostrada en el equipo mismo.



Indica **riesgo potencial**.

En equipos de Datapaq, normalmente advierte de temperaturas altas, pero cuando vea este símbolo, consulte el manual para información adicional.



Advertencias de **altas temperaturas**.

Donde aparece este símbolo en el equipo de Datapaq, la superficie del equipo puede estar excesivamente caliente (o excesivamente fría) y puede causar quemaduras de piel.

© Datapaq Ltd., Cambridge, Reino Unido 2010

Todos los derechos reservados

Datapaq Ltd. no hace declaraciones y garantías de ninguna clase en absoluto con relación al contenido del mismo y rechaza específicamente cualquier garantía implícita de comerciabilidad o idoneidad para cualquier propósito particular. Datapaq Ltd. no será responsable por errores contenidos en este documento ni por daños incidentales o derivados en relación con el suministro, funcionamiento o uso del software Datapaq, hardware asociado o este material.

Datapaq Ltd. se reserva el derecho de revisar esta publicación de vez en cuando y realizar cambios al contenido del presente sin obligación de notificar a ninguna persona de dichos cambios o revisiones.

Datapaq y el logotipo de Datapaq y Solar Tracker son marcas registradas de Datapaq. Microsoft y Windows son marcas registradas de Microsoft Corporation.

Los manuales de usuario están disponibles en otros idiomas.  
Contacte con Datapaq para más detalles.

# CONTENIDO

## **7 *Introducción***

## **9 *Hardware básico y su uso***

9 Componentes del sistema

9 Barreras térmicas

10 Sondas de termocupla

## **17 *Corrida de un perfil de temperatura***

17 Descripción general

18 Preparación del registrador

18 Instalación del registrador en la barrera térmica

19 Colocación del sistema en el horno

19 Retiro del horno y descarga de datos

20 Preparación de los datos para el análisis

21 Uso de telemetría cableada

22 Solución de problemas

## **25 *Recubrimiento anti-reflejo (pulverización)***

25 Barrera térmica

26 Termocuplas

28 Corrida de un perfil de temperatura

## **29 *Horneado por contacto (metalización)***

29 Barreras térmicas

30 Termocuplas

32 Corrida de un perfil de temperatura

## **33 *Laminado de módulo***

33 Barrera térmica y bastidor

34 Termocuplas

34 Corrida de un perfil de temperatura



# Introducción

Datapaq® SolarPaq, incorporando Insight™ Solar Tracker® software, es un sistema completo para monitorear y analizar los perfiles de temperatura de los productos dentro del amplio rango de los procesos de tratamiento térmico usados en la fabricación de las celdas fotovoltaicas. La potencia y flexibilidad de SolarPaq la hacen una herramienta perfecta para monitorear las temperaturas de proceso, desde la puesta en servicio y la solución de problemas hasta la optimización de procesos, asegurando una calidad consistente del producto y una máxima eficiencia.

Las innovadoras **técnicas de análisis** del software Insight ayudan a identificar los problemas, afinar el proceso y reducir los costos de corrida. Las potentes capacidades para **crear informes** permiten al usuario generar impresiones personalizadas, incluyendo algunos o todos los resultados de los análisis o los datos de temperatura sin procesar.

Los materiales y procedimientos detallados en este manual tienen la intención de ayudar a los usuarios de SolarPaq a obtener perfiles de temperatura exactos y repetibles. Datapaq ha desarrollado soluciones específicas para los procesos perfilados más comunes usados en la fabricación de celdas fotovoltaicas cristalinas, y éstas están cubiertas aquí en detalle. También hay una guía general sobre las consideraciones que se deben seguir cuando se usa el sistema SolarPaq en industrias asociados como la fabricación de celdas fotovoltaicas de película fina.

Este manual contiene las siguientes secciones:

- **Hardware básico y su uso** (pág. 9) – Una introducción a las barreras térmicas y las sondas de termocupla, sus especificaciones y uso.
- **Corrida de un perfil de temperatura** (pág. 17) – Los pasos para obtener un perfil de temperatura que son comunes para todos los procesos en la fabricación de celdas fotovoltaicas, incluyendo el uso de **telemetría cableada** para seguir el desarrollo del perfil de temperatura en tiempo real.
- Aspectos del uso del sistema SolarPaq que son específicos para diferentes procesos: **recubrimiento-anti-reflejo (pulverización)** (pág. 25), **horneado por contacto (metalización)** (pág. 29) y **laminado de módulo** (pág. 33).

El manual específico suministrado con el **registrador de datos** deberá leerse junto con este manual. Ofrece información sobre la operación del registrador, incluyendo:

- Instalación del Insight y establecimiento de la comunicación entre el registrador y la PC.

- Restablecimiento del registrador con nuevos parámetros de recolección de datos.
- Descargar los datos recogidos a la PC.
- Uso de telemetría.
- Solución de problemas del registrador.

Para mayores detalles sobre el uso del software Insight, consulte el sistema de Ayuda en línea disponible después de instalar el software.

# Hardware básico y su uso

Para acomodar el rango de diferentes procesos que están involucrados en la fabricación de celdas fotovoltaicas, los sistemas SolarPaq se suministran en una variedad de configuraciones, dependiendo del objetivo de la aplicación. La información en este capítulo se aplica a todos los sistemas. Algunos procesos en la fabricación de celdas requieren consideraciones adicionales especiales que se tratan de forma separada:

- Procesos de recubrimiento anti-reflejo (pulverización) (pág. 25).
- Horneado por contacto (metalización) (pág. 29).
- Laminado de módulo (pág. 33).

*Para usar el **registrador de datos**, y para cualquier otro hardware de propósito especial, vea la documentación suministrada junto con dicho equipo.*

## Componentes del sistema

Un sistema SolarPaq típico incluye:

- Registrador de datos, con cable de comunicaciones y cargador.
- Manual de usuario de Registrador de datos (específico para el modelo del registrador).
- Barrera térmica – para proteger el registrador durante el tiempo que está en el horno.
- Sondas de termocupla.
- *Manual de usuario de SolarPaq.*
- Software Insight Oven Tracker.

## Barreras térmicas

La barrera térmica proporciona la protección térmica y mecánica necesarias para que el registrador de datos resista el ambiente hostil del horno.

Hay disponible una gama de barreras para adaptarse a diversos registradores y procesos, y la especificación y el uso de una selección de ellas se describen en las secciones correspondientes de este manual.

El aislamiento cerámico microporoso cubierto por una tela de fibra cerámica proporciona la principal protección térmica, permitiendo que el sistema opere a altas temperaturas por períodos prolongados.

Cuando se usa en **procesos al vacío**, y cuando la barrera se ha dejado parada por algún tiempo, puede que tome más tiempo de lo normal eliminar el vacío debido al desgasificado del aislamiento cerámico.

## Selección de una barrera térmica

Antes de correr un perfil de temperatura de un proceso dado, el usuario debe asegurarse de que el sistema SolarPaq sea el apropiado.

*La barrera térmica usada debe tener una duración térmica específica que excede la del perfil de tiempo/temperatura que se experimenta dentro del proceso (vea las especificaciones de la barrera en este manual).*

**Si no se puede asegurar el uso de una barrera térmica apropiada, podría ocasionarse un daño irreparable a la barrera o al registrador.**

El **tamaño físico** del sistema SolarPaq (principalmente el de la barrera térmica) se debe tomar en cuenta para asegurarse de que pueda pasar de forma libre y segura a lo largo del proceso. No olvide asegurarse de que pueda cargarse al horno y recuperarse del horno en forma segura.

En caso de dudas respecto de la barrera térmica, contacte a Datapaq para obtener todos los detalles del proceso.

## Sondas de termocupla

Las sondas de termocupla utilizan el efecto Seebeck, descubierto en el siglo diecinueve, por medio del cual se produce un e.m.f. en cualquier material conductor que no se encuentra a una temperatura uniforme. El voltaje real medido es proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones fría y caliente de la termocupla (la unión caliente es la unión de medición, y la unión fría es la unión de la termocupla y la instrumentación de medición).

La implementación práctica de termocuplas requiere componentes electrónicos sofisticados para eliminar potenciales errores de medición que incluyen baja linealidad en el rango de medición e inexactitud debida a las variaciones de temperatura en la unión fría. Para acomodar estos componentes electrónicos en el sistema de medición, debe simular una temperatura de 0°C en la unión fría, así como compensar cualquier no linealidad en el rango de la operación de la termocupla.

A través de los años, las termocuplas 'estándar' han sido desarrolladas usando materiales elegidos por su sensibilidad, linealidad (consistencia de sensibilidad en el rango de temperatura útil), precio y disponibilidad. Las normas actuales incluyen tipos K, N, R, S y T y cada tipo se identifica por el color de su conector.

## Especificaciones de termocupla

La sonda de termocupla estándar para operar en hornos en la fabricación de celdas fotovoltaicas es de **tipo K**, que tiene una unión caliente que combina aleación de níquel-cromo y aleación de níquel-aluminio. Las especificaciones internacionales para el tipo K definen una sensibilidad y una linealidad en el rango 0–1,250°C, a pesar de que el rango de funcionamiento está limitado en la práctica por el aislamiento del cable (ver abajo).

Tipo de sonda	Rango de temperatura	Aislamiento de cable	Exactitud de sondas proporcionadas por Datapaq
K	-150°C a 1,370°C	Mineral, PTFE, cerámica	±1.1°C (o ±0.4% si es mayor) a 0–1,250°C

Las termocuplas tipo K suministradas por Datapaq incluyen **conectores y cables verdes**, según las normas de color IEC584.

## Aislamiento del cable de la termocupla

La temperatura de operación práctica de las sondas de la termocupla está limitada por las características de temperatura del material de aislamiento del cable. En los procesos usados para la fabricación de celdas fotovoltaicas, se recomienda que el aislamiento de la sonda sea principalmente mineral y PTFE.

Aislamiento	Límite superior de temperatura
Aislamiento mineral (MI)	1,250°C
PTFE	265°C
Fibra de vidrio sin sujetador	1,000°C

Las sondas de aislamiento-**mineral (MI)** tienen una unión encerrada que proporciona mayor inmunidad a la interferencia eléctrica, que es particularmente útil en los procesos de pulverización (pág. 25). Son menos flexibles que el PTFE, pero son apropiadas para uso a temperaturas de hasta 1,250°C.

**La fibra de vidrio sin sujetador** suministra un aislamiento flexible muy liviano apropiado para altas temperaturas. Se usa en procesos como el de horneado por contacto.

Las sondas aisladas con **PTFE** (politetrafluoro etileno)-son adecuadas para propósito general hasta temperaturas de 265°C. El PTFE es un material robusto, flexible y antiadherente, con una masa térmica baja y por lo tanto con un tiempo de respuesta corto.

## ADVERTENCIA

*El PTFE no soporta la combustión, pero se descompone por encima de 265°C, produciendo pequeñas cantidades de sustancias tóxicas.*

Los principales productos de la descomposición térmica PTFE son los siguientes.

A temperaturas mayores que	Producto
400°C	Ver la nota*
430°C	Tetrafluoroetileno
440°C	Hexafluoropropileno
475°C	Perfluoroisobutileno
500°C	Fluoruro de carbonilo*, que, en aire húmedo, se convierte en gas de fluoruro de hidrógeno

\* También se puede producir si la cinta de PTFE se guarda a 400°C por un tiempo prolongado.

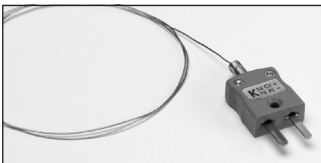
### Información sobre riesgos para la salud

- La inhalación de los productos de descomposición del PTFE puede producir ‘fiebre de vapores de polímero’, que tiene síntomas similares a la influenza.
- No hay riesgo por ingestión o contacto con la piel.
- No hay condiciones médicas generalmente agravadas por la exposición al PTFE.

### Emergencia y procedimientos de primeros auxilios

- Si se produce un contacto accidental con vapores de PTFE, retire a la víctima al aire fresco.
- En caso de extinción de incendio, se debe usar un aparato respirador autónomo y ropa de protección.

### Tipos y accesorios de termocuplas



#### Termocuplas ultrafinas de alta temperatura

Cable de aislamiento mineral, diámetro 0.5 mm. Cumple con BSEN 60584.2 Clase I. Máximo 1,100°C para duraciones cortas.

PA1570 0.3 m

PA1571 0.6 m

PA1572 1.0 m



---

### Termocupla de parche adhesivo

Se conecta directamente al metal de calibre liviano o a plástico con parche adhesivo o con cinta de alta temperatura. Ideal donde se necesita una respuesta rápida o en procesos infrarrojos. Cable con aislamiento de PTFE. Máximo 265°C

PA0061	1.0 m
PA0060	1.5 m
PA0062	3.0 m

---

### Termocupla de fibra de vidrio sin sujetador

Cable de par plano de 1/0.2, de unión caliente aplanado para un mejor contacto térmico. Cumple con Límites especiales de error ANSI MC96.1 Máximo 1,000°C

PA1144	0.5 m
PA1145	1.0 m

---

### Cinta Kapton – Adhesivo de alta temperatura

Para asegurar las termocuplas de unión expuesta. Adhesivo de silicona, sensible a la presión. 400°C máximo

HT0090	9 m
--------	-----

---

## Trabajando con sondas de termocupla

Las sondas de Datapaq cubren una amplia gama de usos posibles. Elija tipos adecuados para su proceso y para las ubicaciones individuales de las sondas, entre aquellas listadas anteriormente.

La **temperatura del proceso** puede determinar la elección del material de aislamiento de las termocuplas. Se prefiere el PTFE, si la temperatura del proceso es lo suficientemente baja para permitir su uso; vea la pág. 11.

El diseño mecánico de la **punta de la termocupla** (la unión caliente) debe ser apropiada para el producto al cual estará conectada. Para medir la temperatura de la superficie de una celda cristalina, lo mejor es una punta plana y ligera. Cuando se mide la temperatura de paneles de vidrio más gruesos, se puede usar una sonda más pesada para mayor robustez.

La **longitud** de las termocuplas debe ser tal que asegure que se utilice el alambre adecuado para conectar el producto al registrador de datos, pero no debe ser tan largo, pues el exceso de alambre puede quedar atrapado a medida que el sistema pase a través del proceso.

El **tipo de termocupla** (K, N, R, S o T) debe coincidir con el del registrador de datos usado.

### Ubicación de sonda

La geometría del producto y los requisitos térmicos del proceso definen el número y la ubicación de las termocuplas requeridas para la prueba. En algunos

casos, es necesario instalar un conjunto de termocuplas para proporcionar cobertura en toda el área del producto. En otros, las termocuplas se ubican para monitorear una parte específica del producto.

### Fijación de la sonda

Fijar las sondas al producto es un paso clave para obtener perfiles de temperatura repetibles y exactos. Hay varias opciones, dependiendo de la naturaleza exacta del producto y de sus temperaturas de procesamiento:

- **Cinta adhesiva.**
- **Cemento adhesivo**, se puede usar tanto epoxi de alta temperatura como cerámica.
- **Fijación mecánica** usando un mecanismo de sujeción.

*La **masa térmica** de la punta de la termocupla y de su método de fijación deben ser bajas comparadas con la del producto. Esto asegurará que las mediciones sean un verdadero reflejo de la temperatura del producto que ocurriría en una producción normal.*

*La punta de la sonda de la termocupla debe hacer **buen contacto mecánico** con el producto al monitorear la temperatura de superficie. Un mal contacto térmico, en el mejor de los casos, reducirá la velocidad a la que el producto calienta la sonda y, en el peor, impedirá que la sonda alcance la misma temperatura. Asegúrese de que las puntas de la sonda estén limpias antes de conectarlas.*

*Para facilitar la repetibilidad y obtener una máxima vida útil de las sondas, es mejor usar una muestra estándar del producto a las que las termocuplas están permanentemente conectadas como **pieza-de prueba**.*

### Prueba de sondas de termocupla

Aunque generalmente las termocuplas son robustas, pueden dañarse durante su manipulación. Para confirmar su correcto funcionamiento después de la instalación, puede:

- Configurar el sistema como para monitorear una corrida de perfil usando telemetría cableada (ver la pág. 21 para mayores detalles), y observe las temperaturas registradas por las termocuplas como se muestran en Insight – o
- Usar un termómetro digital de tipo K, conectando cada termocupla respectivamente al conector del termómetro – o
- Con un conjunto completo de termocuplas conectado al registrador, y el registrador conectado a la PC, abra la sección Diagnóstico del diálogo Configuración de comunicaciones en Insight; esto muestra las temperaturas de sonda actuales.

Proceda como se indica a continuación.

1. Primero, observe las lecturas a temperatura ambiente: las termocupas que no registren ningún dato en Insight, o un circuito abierto con un termómetro digital (\*OC\* en el diálogo Configuración de comunicaciones), pueden estar rotas. Las lecturas inconsistentes pueden indicar un cortocircuito intermitente.
2. Si se registra una lectura de ambiente satisfactoria, aplique calor a la punta de la termocupa mediante los dedos u otra fuente de calor. Una mayor temperatura debería registrarse:
3. Si la lectura no cambia, la termocupa está en cortocircuito y debe reemplazarse.
  - Si la sonda mide la temperatura de aire, el cable puede tener daños, lo que ha crea una nueva unión caliente.
  - Si el termómetro muestra una disminución, las conexiones de la termocupa están invertidas.
4. Confirme un funcionamiento correcto a 100°C colocando la punta de la termocupa en agua hirviente.
5. Reemplace cualquier termocupa que tenga los cables dañados.



# Corrida de un perfil de temperatura

La información en este capítulo se aplica a todos los sistemas SolarPaq, y se debe leer junto con una guía detallada de uso del sistema específico:

- Procesos de recubrimiento anti-reflejo (pulverización) (pág. 25).
- Horneado por contacto (metalización) (pág. 29).
- Laminado de módulo (pág. 33).

Un perfil de temperatura puede adquirirse de dos maneras:

- **Perfilado estándar** – Después de que el registrador y el producto han pasado a través del horno, se descargan los datos del registrador a la PC para que se visualicen y analicen con el software Insight de Datapaq.
- **Uso de telemetría cableada** – A medida que el registrador reúna los datos del producto dentro del horno, éstos se transmiten directamente a la PC mediante una conexión cableada. Puede observarse el perfil de temperatura desarrollándose mientras sucede, es decir, en tiempo real. vea la pág. 21.

*Este capítulo describe las etapas básicas de la corrida de un producto o pieza de prueba a través del horno con el fin de obtener un perfil de temperatura sin telemetría.*

## Descripción general

Antes de una corrida de su producto y el registrador de datos a través del horno, usted usará el software Insight para reiniciar el registrador, es decir, para prepararlo para recibir nuevos datos. Después de que un registrador se ha retirado del horno, usará Insight nuevamente para descargar los datos del perfil y guardarlos en el disco. Las etapas son las siguientes.

- Elija posiciones para las sondas de termocupla y fíjelas.
- Configure las comunicaciones entre el registrador de datos y su PC (si no se han configurado ya para una corrida de perfil anterior).
- Reinicie el registrador de modo que esté listo para recibir datos nuevos; en este proceso también podrá establecer el intervalo de recolección de muestra y el método utilizado para disparar el inicio de recolección de datos y podrá verificar el estado de la batería del registrador.

- Instale el registrador en su barrera térmica.
- Pase la pieza de prueba y el registrador/barrera a través del horno.
- Descargue los datos del registrador al software Insight.
- Si es necesario, establezca la posición de inicio del horno dentro de los datos.
- Agregue cualquier nota adicional que desee que sea registrada con los datos de perfil.

Después de esto, Insight se puede utilizar para analizar los datos de perfil como sea necesario.

## Preparación del registrador

Si el registrador de datos se está conectando a una PC por primera vez, es necesario activar la comunicación entre ambos. Se debe restablecer el registrador antes de correr un perfil – usando el software Insight – para establecer los parámetros de recolección de datos. Consulte también el Manual de usuario de su registrador, o el sistema de ayuda Insight.

*Observe que el **intervalo de muestra** recomendado para el registrador (seleccionado durante el proceso de restablecimiento) difiere de acuerdo al proceso que se monitorea. Vea la sección relevante de este manual.*

Si existe alguna duda sobre si la carga de batería del registrador es inadecuada para la corrida de perfil, también debe verificarlo usando el procedimiento de restablecimiento.

*Vea en su manual específico del registrador o en el sistema de ayuda de Insight los procedimientos correspondientes. Observe que desde su último uso, el registrador debe haberse enfriado por debajo de 35°C (debe poder sostenerse con comodidad sin guantes).*

## Instalación del registrador en la barrera térmica

*Asegúrese de que la barrera térmica se ha enfriado lo suficiente desde su último uso.*

1. Conecte las termocuplas en las tomas numeradas del registrador de datos. Si está usando un archivo de proceso, asegúrese de que los números de sonda/toma en el registrador corresponden a aquellos usados para definir los números de sonda y las ubicaciones en ese archivo (vea el software Insight para una introducción a los archivos de proceso: presione la tecla de

- función FI, o seleccione Ayuda > Contenido de la barra de menú, y haga clic en la sección 'Archivos de proceso: Horno, Receta, Producto').
2. Asegúrese de que los sellos de la barrera estén limpios y sin daños. Es esencial un buen sello entre la barrera térmica y los cables de la termocupla para proteger el registrador de datos. Asegúrese de que los cables de termocupla no se crucen por donde salen de la barrera, ya que así se asegurará un mejor sellado cuando la barrera se cierre.
  3. Si el modo de disparo es mediante el botón START, presione y mantenga presionado el botón START por 1 segundo hasta que el LED verde empiece a destellar.
  4. Cierre la barrera térmica, asegurándose de que la tapa esté ajustada de forma segura.

## Colocación del sistema en el horno

La velocidad de línea a través del horno puede ser muy alta, de modo que se debe tomar un tiempo para preparar todo antes de cargar cualquier parte del sistema en el proceso. Con frecuencia, el espacio y el tiempo de acceso, en la entrada al proceso son limitados, así que planee cómo pretende instalar el sistema.

1. Coloque la pieza de prueba con instrumentos en el transportador del horno o en el mecanismo de carga con los cables de termocupla hacia la parte posterior, asegurándose de que el conjunto esté colocado de modo que no bloquee ninguna parte del horno cuando pase a través de él. En la mayoría de aplicaciones, se obtienen los mejores resultados si la pieza de prueba ingresa al proceso antes de la barrera térmica, asegurando un disturbio térmico mínimo a medida que se toman las mediciones de temperatura del producto.
2. Si el sistema estará en el proceso por un largo tiempo, observe el tiempo en el que ingresó de modo que se pueda calcular el tiempo de salida esperado.

## Retiro del horno y descarga de datos

### ADVERTENCIA

*La barrera térmica – y posiblemente el registrador – estarán **calientes**.  
Use guantes de protección.*

Recupere el sistema tan pronto como salga del horno – o en la primera oportunidad en la que acceder al sistema sea factible y seguro. Debe haber espacio suficiente cerca del horno para permitir procedimientos de manipulación apropiados.

Abra la barrera térmica y **retire el registrador**.

*Si no retira el registrador de la barrera térmica caliente, se podría dañar.*

Abrir la barrera térmica completamente y colocarla sobre una superficie fría aumentará su velocidad de enfriamiento.

Si la configuración lo permite, las sondas de termocupla se deben dejar en su lugar para corridas de perfil subsecuentes. Dejar las termocuplas en su lugar reducirá el desgaste y la tensión del cable y maximizará su duración.

Si es necesario **detener manualmente la adquisición de datos**, presione y mantenga presionado el botón rojo STOP del registrador hasta que los LEDs de estado rojo y verde estén encendidos simultáneamente. Un LED de estado rojo que destella cada 5 segundos indica datos almacenados en el registrador pero aún no descargados a la PC.

**Descargue** los datos del registrador a la PC usando el software Insight. Vea en su manual específico del registrador o en el sistema de ayuda de Insight los procedimientos correspondientes (en la barra de menú de Insight, seleccione Ayuda >Contenido).

## Preparación de los datos para el análisis

Para detalles completos sobre las potentes capacidades de análisis de Insight, vea el sistema de ayuda en línea: en la barra de menú de Insight, seleccione Ayuda > Contenido > Análisis de datos. Antes de empezar un análisis completo de los datos descargados, puede ser aconsejable que:

- Aplique un **archivo de proceso** (consulte el software Insight para una introducción a los archivos de proceso: presione la tecla de función F1, o seleccione Ayuda > Contenido de la barra de menú, y haga clic en la sección 'Archivos de proceso: Horno, Receta, Producto'.)
- Especifique la **posición de inicio del horno** en los datos (ver abajo).
- Aplique los **factores de corrección de la termocupla** a los datos (ver abajo).
- Registre todas las **notas** específicas para la corrida de perfil (ver abajo).

### **Especificación de inicio del horno**

Si no ha aplicado un archivo de proceso a los datos durante la descarga (ver arriba), o si el archivo de proceso que usted aplicó no especificaba que se debía ajustar la **posición de inicio del horno**, usted podría desear ajustar la posición de inicio del horno ahora: en la barra de menú, seleccione Proceso > Ajustar inicio del horno, o use el menú de clic derecho.

Esto puede ser valioso ya que permite que diferentes archivos-paq, es decir, datos de diferentes corridas de perfiles de temperatura, sean comparados entre sí. Si no desea ajustar el punto de inicio del horno en este momento, puede hacerlo posteriormente.

*Para una explicación de inicio del horno, y cómo ajustarlo, haga clic en Ayuda en el diálogo de Ajustar inicio del horno.*

## **Factores de corrección por termocupla**

Es posible incrementar la exactitud usando los datos de calibración para las termocuplas para establecer factores de corrección. Si se conocen los factores de corrección para un rango de valores de temperatura, y asumida una relación lineal entre valores de temperatura adyacentes, pueden aplicarse correcciones a todos los datos dentro del rango de la temperatura calibrada. Insight almacena estos factores de corrección en un 'archivo de factor de corrección' y la corrección se obtiene simplemente aplicando este archivo a los datos.

*Para obtener detalles de la creación y el uso de archivos de factor de corrección, vea el tema 'Factores de corrección' en el sistema de Ayuda en línea de Insight.*

## **Almacenamiento de notas e impresión de uniforme**

Para usar Insight para almacenar cualquier **nota o foto** con las que puede desear asociar los datos de corrida de perfil, seleccione Editar > Notas.

Para seleccionar las opciones para **imprimir un informe personalizado** de los datos de corrida de perfil y sus resultados de análisis, seleccionar Archivo > Opciones de impresión.


## **Uso de telemetría cableada**

Además del análisis sin conexión estándar, el análisis en tiempo real mediante la telemetría cableada es posible con el software Insight.

Así, con termocuplas extendiéndose del borde posterior del horno y conectadas al registrador fuera del horno, los datos que están siendo reunidos por el registrador son transmitidos mediante el cable de comunicaciones directamente a la PC, y se puede observar como se desarrolla el perfil de temperatura a medida que se reciben los datos, es decir, en tiempo real.

Después de completar la corrida, los datos recibidos pueden guardarse como un nuevo archivo-paq (los datos también son almacenados internamente en el registrador durante la corrida, de modo que también es posible descargar los

datos del registrador a la PC después de que la corrida ha terminado y guardarlos como el archivo-paq final).

Este procedimiento se realiza más fácilmente usando el **Asistente de cable de conexión** de Insight para guiarlo, paso a paso, a lo largo de este método de corrida de un perfil: haga clic  en la barra de herramientas de Insight, o seleccionar Herramientas > Asistentes del menú. Si desea detalles del uso del registrador, consulte el manual de su registrador y el sistema de ayuda Insight.

## Solución de problemas

### *Prueba de sondas de termocupla*

Las sondas de termocupla generalmente son confiables, pero los daños resultantes de un uso o manejo inadecuado pueden producir lecturas erróneas. Si sospecha que pueden haberse introducido datos no válidos en su perfil de temperatura (archivo-paq), seleccione la ficha Ver datos en la Ventana de análisis del software Insight para ver los datos sin procesar mientras se descargan del registrador. Los diferentes tipos de datos no válidos que pueden estar contenidos en un archivo-paq se muestran en la cuadrícula de análisis de la forma siguiente.

- \*OC\* Circuito abierto.
- \*NA\* Datos no disponibles.
- \*LO\* La temperatura medida estaba por debajo del rango del registrador.
- \*HI\* La temperatura medida estaba por encima del rango del registrador.
- \*\*\* No se puede realizar el cálculo (no necesariamente porque los datos no sean válidos). No aparece en el modo de análisis Ver datos.

Las sondas con un circuito abierto intermitente pueden producir perfiles con puntas y erráticos. Note que las puntas son inevitables cuando las sondas se desconectan de un registrador de datos durante una corrida. Las causas típicas de datos no válidos o discontinuos son:

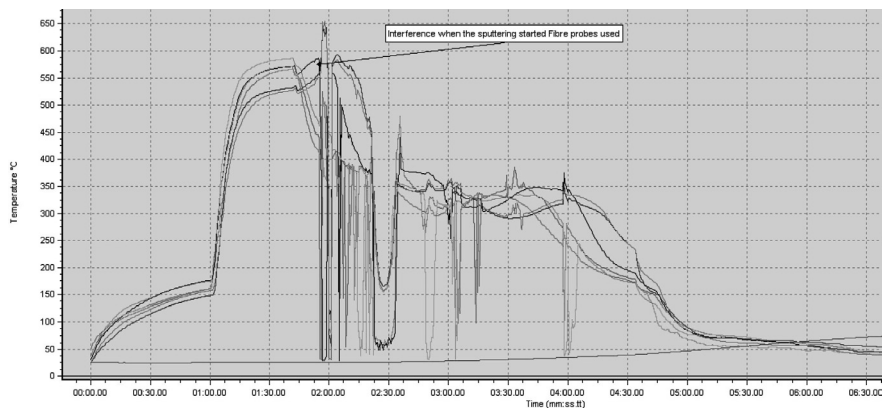
- La termocupla se está desprendiendo del registrador.
- Conexión defectuosa.

Las lecturas defectuosas de termocuplas que son inconsistentes con las de otras sondas pueden ser causadas por un cortocircuito donde alambres no aislados se tocan antes de la unión caliente. Esto se conoce como una 'unión caliente falsa' y puede ocurrir incluso dentro de la barrera térmica si el aislamiento está dañado ahí.

En todos los casos, la sonda en referencia debe ser reemplazada.

## Interferencia

Las lecturas con puntas o erráticas pueden ser causadas por interferencia eléctrica externa excesiva, aunque esto se puede eliminar normalmente al usar un tipo de termocupla apropiado. Esto es un problema particular cuando se monitorea un proceso de pulverización usado para colocar el recubrimiento anti-reflejo en celdas fotovoltaicas (pág. 25) donde el sistema SolarPaq system esté expuesto al plasma – y en este caso se recomienda sondas de unión aislada y de aislamiento mineral. El uso de sondas con aislamiento de cerámica o fibra de vidrio puede llevar a lecturas erráticas y erróneas.



*Perfil de temperatura de un proceso de pulverización que muestra una interferencia típica causada si el perfil **no es** conducido usando termocuplas de unión aislada y de aislamiento mineral.*



# Recubrimiento anti-reflejo (pulverización)

El siguiente hardware SolarPaq, y los procedimientos, son empleados para controlar la pulverización y otros procesos usados en la aplicación de un recubrimiento antirreflejo de nitrito de silicona durante la fabricación de una celda fotovoltaica.

Un control permanente del proceso de recubrimiento es indispensable para optimizarlo y por lo tanto, para la eficiencia final de la celda fotovoltaica. El sistema SolarPaq puede pasar a través de todo el proceso midiendo las temperaturas en las superficies de la celda, suministrando así información sobre lo que está pasando en todos los puntos dentro del proceso.

El registrador y su protección térmica se pueden colocar simplemente en el bastidor de transporte de la celda fotovoltaica mientras está pasando a lo largo del proceso. El diseño permite que el sistema SolarPaq ocupe una de las posiciones de celda de 156-mm, de modo que no se necesite ninguna modificación del transportador. El sistema luego pasa por todo el proceso con campos de plasma energizados como en la producción normal.

*La guía otorgada en este capítulo sobre el uso del sistema SolarPaq con procesos de recubrimiento anti-reflejo (pulverización) es adicional a las descripciones generales de los materiales y procedimientos dados en otras secciones (pág. 9 y pág. 17) y se debe leer junto con ellas.*

## Barrera térmica

Para una guía general sobre el uso y selección de barreras térmicas, ver pág. 9.

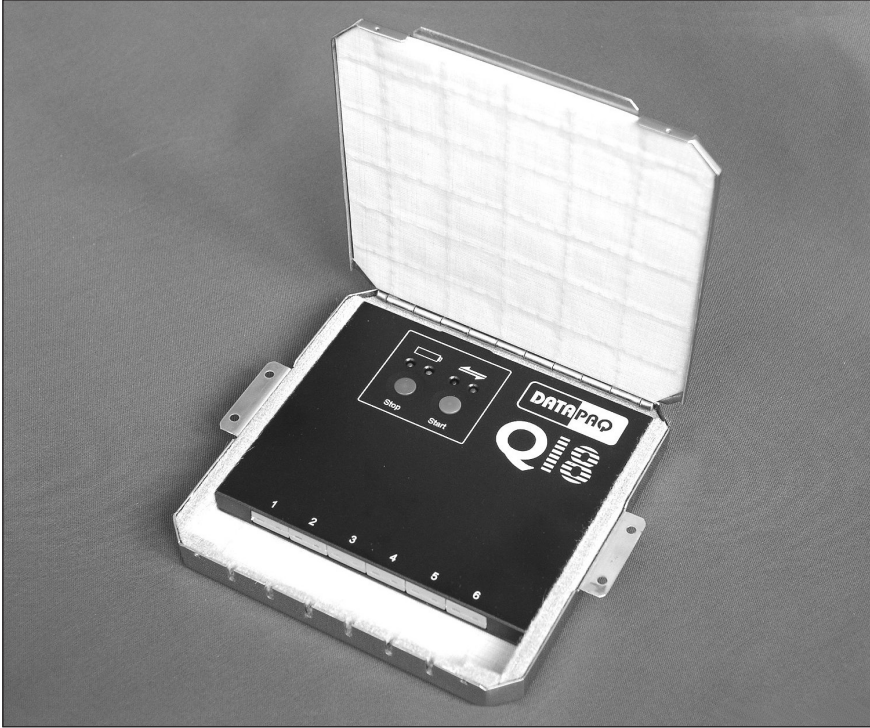
La barrera para los procesos de revestimiento anti-reflejo está diseñada para usarse con el registrador de datos Q18, modelo estándar de 6 canales, tipo K (DQ1863).

Usando los bloques espaciadores suministrados con la barrera térmica, puede establecerse la altura por encima y por debajo del bastidor de transporte de modo que se adapte a las dimensiones de la cámara del proceso.

## TB7400

Temp. °C	450				
Duración (min.)	8				
Dimensiones	Altura 18 mm	Ancho 149 mm*	Largo 148 mm*	Ancho 0.44 kg	

\* Se instalan bridas de seguridad de 10 mm de ancho en los tres lados.



*Registrador de datos Q18 en su posición en la barrera térmica TB7400, para usar en los procesos de revestimiento anti-reflejo.*

## Termocuplas

Para los procesos de revestimiento anti-reflejo las termocuplas recomendadas son de tipo de unión aislada y de aislamiento mineral. Éstos proporcionan máxima protección contra los campos eléctricos creados dentro de la cámara de plasma de los procesos. El uso de cualquier otro tipo de termocuplas puede dar como resultado lecturas erráticas o erróneas (ver la pág. 23).

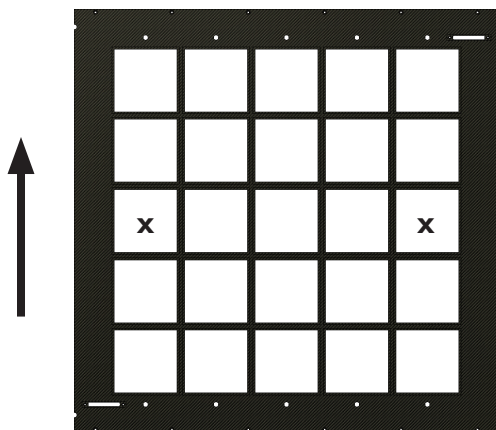
Se recomiendan las termocuplas ultra finas de alta temperatura de Datapaq (PA1570, pág. 12).

### **Ubicación y fijación de la sonda**

El método de fijación de la sonda a la celda fotovoltaica dependerá de la temperatura del proceso. A temperaturas más bajas, la cinta Kapton (pág. 12) se puede utilizar como una forma rápida de obtener resultados razonables; la cinta probablemente se tendrá que reemplazar después de cada corrida de perfil. A temperaturas más altas, las sondas se pueden mantener en su lugar tanto con adhesivo de alta temperatura o simplemente doblando el cable de termocupla en arco de modo que la elasticidad del cable mantenga contacto con la celda.

El número y la posición de las celdas fotovoltaicas que se deban controlar serán decisión del ingeniero del proceso, y dependen del horno y de la razón para perfilarlo.

La barrera térmica se debe colocar en el bastidor de transporte tan cerca como sea posible a un lado y a mitad de camino entre la parte delantera y posterior del transportador. Esto reducirá la posibilidad de que el peso del sistema ocasione que el transportador se hunda cuando esté siendo calentado en la cámara. Los cables de la termocupla deben tenderse juntos de regreso al registrador y a la barrera térmica, para minimizar la posibilidad de que queden atrapados en la cámara de proceso.



*Un bastidor de transporte típico para celdas fotovoltaicas en un proceso de revestimiento anti-reflejo (pulverización). El conjunto de barrera térmica de SolarPaq se debe colocar en cualquier posición marcada por una X. Una flecha muestra la dirección de desplazamiento en el proceso.*

*Se prefiere usar un transporte especial con sondas de termocupla dejadas en su lugar para corridas de perfil posteriores. Dejar las termocuplas en su lugar reducirá el desgaste y la tensión del cable y así maximizará su vida útil.*

## Corrida de un perfil de temperatura

Vea la pág. 17 para conocer el procedimiento general.

### **Preparación del registrador**

Fijar el **intervalo de muestra** en 0.5 s. Esto dará una resolución adecuada de los datos, mientras que un intervalo de muestra más corto puede causar una interferencia eléctrica visible en los resultados (ver la pág. 23). En un intervalo de muestra de 0.5 s o mayor, los circuitos internos del registrador están configurados para un rechazo de interferencia máximo.

### **Instalación del registrador en la barrera térmica**

La barrera térmica se debe instalar en el bastidor de transporte como se describió arriba y las termocuplas colocadas cada una en las ranuras de salida en la parte frontal de la barrera.

### **Colocación del sistema en el horno de proceso**

Con el sistema SolarPaq instalado en el bastidor de transporte, cargue el transportador en la cámara de proceso usando su sistema de carga automático.

### **Verificación de los perfiles de temperatura**

Al usar Insight para analizar los datos de perfil después de descargarlos del registrador, asegúrese de que ha seleccionado 'anti-reflejo' como el tipo de horno. Esto se puede lograr más fácilmente mediante el uso de un **archivo de proceso** (para una guía detallada sobre el uso de archivos de proceso, presione la tecla de función F1, o seleccione Ayuda > Contenido de la barra de menú, y haga clic en la sección 'Archivos de proceso: Horno, Receta, Producto') En forma alternativa, establezca el tipo de horno en la ficha Horno del diálogo Detalles de Proceso: haga clic  en la barra de herramientas de Insight, o seleccione Proceso > Detalles del proceso del menú.

Seleccione el **modo de análisis Anti-reflejo** de las fichas en la parte inferior de la ventana Insight. De interés particular será analizar los datos de temperatura máxima, gradientes de ascenso/descenso, y gradiente media entre dos temperaturas especificadas por el usuario.

# Horneado por contacto (metalización)

Obtener un rendimiento óptimo de una celda fotovoltaica depende fundamentalmente del proceso de horneado por contacto. Los perfiles de temperatura incorrectos afectarán la resistencia de contacto así como el factor de llenado y por lo tanto reducirán el rendimiento de la producción. Al usar el sistema SolarPaq, el registrador se desplaza a lo largo del horno registrando los perfiles de temperatura desde hasta seis puntos en la parte superior e inferior de una celda de prueba, y el proceso se monitorea de ese modo sin perturbar la producción normal.

El hardware de SolarPaq y los procedimientos apropiados para usarse en procesos de horneado por contacto son como siguen.

*La guía presentada en este capítulo sobre el uso del sistema SolarPaq con procesos de horneado por contacto es adicional a las descripciones generales de materiales y procedimientos dadas en otra sección (pág. 9 y pág. 17) y deben leerse de forma conjunta.*

## Barreras térmicas

Para una guía general sobre el uso y selección de barreras térmicas, ver la pág. 9.

Las dos barreras apropiadas para procesos de horneado por contacto difieren en su duración térmica. Ambas están diseñadas para ser usadas con el registrador de datos Q18, modelo estándar de 6 canales, tipo K (DQ1860).

### TB7200

<b>Temp. °C</b>	200	400	600	800	
<b>Duración (min.)</b>	6.5	2.0	1.5	1.0	
<b>Dimensiones</b>	Altura 19.5 mm	Ancho 165 mm	Longitud 234 mm	Peso 1.0 kg	



Barrera térmica TB7200, para usar en procesos de horneado por contacto (el TB7250 es similar).

## TB7250

<b>Temp. °C</b>	200	400	600	800	
<b>Duración (min.)</b>	19	5.5	4.5	3.5	
<b>Dimensiones</b>	Altura 23 mm	Ancho 165 mm	Longitud 224mm	Peso 1.25 kg	

## Termocuplas

Las termocuplas DataPaq recomendadas son ultra finas de alta temperatura (PA1570) o de fibra de vidrio sin sujetador (PA1144); ver la pág. 12.

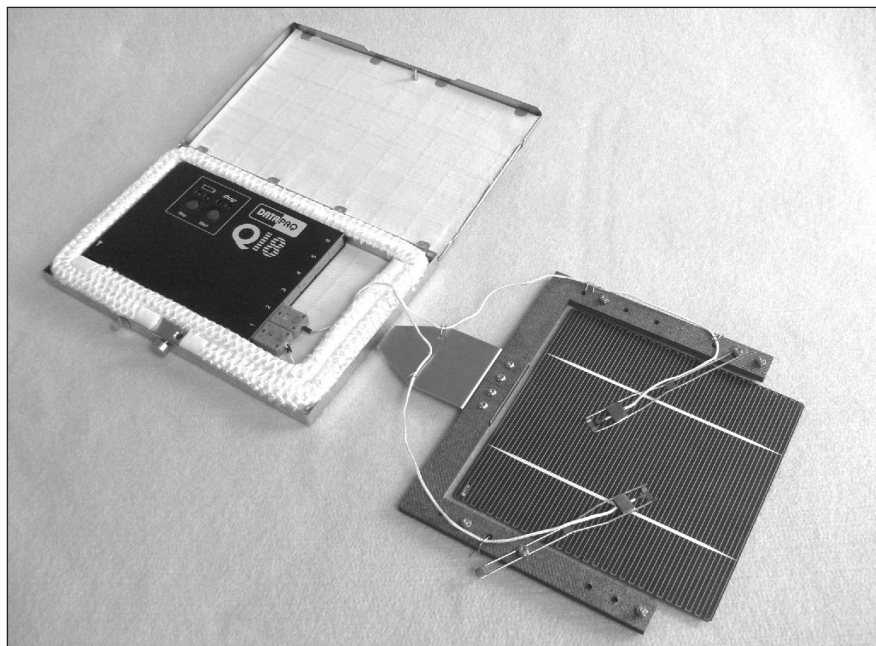
### Fijación de la sonda

Vea la pág. 14 para conocer el procedimiento general.

### Uso de la abrazadera de celda de DataPaq

La abrazadera de celda PA2070 se puede usar con celdas fotovoltaicas de hasta un cuadrado de 156 mm. Siempre que la celda se coloque de forma segura, las sondas se mantienen en su lugar por los tornillos en los lados de la abrazadera, permitiendo que el usuario simplemente deslice la respectiva punta de sonda a la ubicación requerida en la superficie de la celda. La abrazadera se puede usar con hasta cuatro sondas del lado superior y dos del lado inferior.

Antes de usarlas, asegúrese de que los alambres que soportan la celda han sido ajustados para dar una tensión adecuada: esto impide que la celda se doble demasiado y proporciona un buen contacto térmico. Al ajustar las sondas, asegúrese de que el ancho general del conjunto no bloquee las paredes del horno o alguna guía de celda conectada al horno. Los cables de la termocupla deben tenderse juntos de vuelta al registrador y a la barrera térmica, para minimizar la posibilidad de que queden atrapados en el transportador del horno.



*Un sistema SolarPaq para usarse en un proceso de horneado por contacto: el registrador se muestra en su lugar en la barrera térmica abierta, y la abrazadera de celda está sosteniendo dos sondas de termocupla en su lugar en el lado superior de la celda.*

### **Fijación sin una abrazadera de celda**

Fijar sondas a una celda delgada sin una abrazadera toma mucho tiempo y, a menos que se conduzca con mucho cuidado, no permitirá que se obtengan resultados repetidos. El método más popular y efectivo es usar sondas PA1571 con aislamiento mineral de 0.5-mm. Éstos necesitan aplastarse una pequeña distancia detrás de la celda, en el transportador del horno, con los últimos 150 mm del cable doblado en arco de modo que la elasticidad del cable haga que mantenga contacto con la celda.

Datapaq puede proporcionar un cemento cerámico que es ampliamente usado en la industria del vidrio para fijar termocuplas a vidrio plano. Esta solución, sin embargo, no funciona bien con las celdas fotovoltaicas porque las celdas son muy frágiles y porque la masa térmica adicional del cemento afecta adversamente la medida de temperatura.


## Corrida de un perfil de temperatura

Vea la pág. 17 para conocer el procedimiento general.

### *Preparación del registrador*

Seleccione el **intervalo de muestra más rápido posible** (0.05 s), ya que esto resultará en la mejor resolución de datos durante los períodos muy cortos de calentamiento y enfriamiento.

### *Verificación de los perfiles de temperatura*

Al usar Insight para analizar los datos de perfil después de la descarga del registrador, asegúrese de que ha seleccionado 'horneado por contacto' como el tipo de horno. Esto se logra mejor mediante el uso de un **archivo de proceso** (para una guía detallada sobre el uso de archivos de proceso, presione la función FI, o seleccione Ayuda > Contenido de la barra de menú, y haga clic en la sección 'Archivos de proceso: Horno, Receta, Producto'.) En forma alternativa, establezca el tipo de horno en la ficha Horno del diálogo Detalles de Proceso: haga clic  en la barra de herramientas de Insight, o seleccione Proceso > Detalles del proceso del menú.

Seleccione el **modo de análisis Horneado por contacto** de las fichas en la parte inferior de la ventana Insight. Otros modos de análisis de particular interés son:

- **Gradientes** – velocidades de calentamiento y enfriamiento. También puede ver el cambio en gradiente con el tiempo: seleccione Editar > Sondas virtuales y elija 'Primera derivada'.
- **Área bajo la curva** – se puede usar como una medida de la energía absorbida por la celda fotovoltaica mientras está por encima de la temperatura de horneado.

# Laminado de módulo

El perfil de temperatura al que el módulo de celda fotovoltaico está sujeto durante el proceso de laminado es crítico para el correcto curado del adhesivo EVA, y como tal tiene un efecto directo en la vida útil del módulo. El sistema SolarPaq system es colocado en el laminador junto con la lámina que será monitoreada, y el proceso puede así ser monitoreado sin que la producción normal se interrumpa.

*La guía presentada en este capítulo sobre el uso del sistema SolarPaq con procesos de laminado es adicional a las descripciones generales de los materiales y procedimientos dados en otra sección (pág. 9 y pág. 17) y se debe leer en conjunto con ésta.*

## Barrera térmica y bastidor

La barrera térmica, y el bastidor circundante en el que se asienta, están diseñados no sólo para proteger el registrador de datos de la temperatura y presión del proceso de laminación, sino también para asegurar que no se creen puntos de presión adicionales en la membrana de la laminadora.

### Barrera térmica TB7100

Para una guía general sobre el uso y la selección de barreras térmicas, ver la pág. 9.

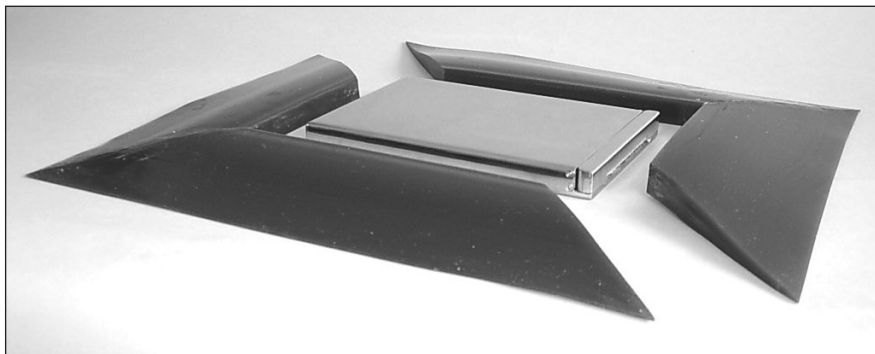
La barrera para procesos de laminación está diseñada para usar con el registrador de datos Q18, modelo estándar tipo K de 6 canales (DQ1860).

Dimensiones	Altura	Ancho	Longitud	Peso
	20 mm	147 mm	219 mm	1.25 kg

### Marco de protección de silicona TB7150

**El marco es fabricado en dos secciones, de goma con silicona.**

Dimensiones	Altura	Ancho	Longitud	Peso
	20 mm	365 mm	443 mm	0.65 kg



*Barrera térmica TB7100, para uso en procesos de laminación. Las secciones del marco de protección se fijan bien alrededor de la barrera.*

## Termocuplas

El proceso de laminado es conducido a temperaturas debajo de 250°C, así que se recomienda termocuplas con aislamiento de PTFE, como la PA0061 (pág. 12).

### *Fijación de la sonda*

La serie de termocuplas PA0060 tiene una unión plana e incluye cinta autoadhesiva de modo que simplemente pueda quedarse pegada a la superficie del vidrio o la membrana posterior del módulo de la celda fotovoltaica según se requiera. Colocar las termocuplas en el centro y alrededor de los bordes y esquinas del módulo permite que el usuario controle la temperatura a lo largo de todo el módulo, asegurándose de que todos los puntos estén dentro de lo especificado.

Los cables de termocupla deben disponerse de modo que no se crucen entre sí. Se recomienda que el conjunto de la barrera térmica se coloque en una lámina inmediatamente detrás del módulo de prueba, con todos los cables de las termocuplas tendidos nuevamente a él.

## Corrida de un perfil de temperatura

Vea la pág. 17 para conocer el procedimiento general.

### *Preparación del registrador*

Fijar el **intervalo de muestra** en 0.5 s. Esto dará una resolución adecuada de los datos para una duración de 10 a 20 minutos de un proceso típico.

## **Instalación del registrador en la barrera térmica**

Deslice el registrador en la barrera térmica y ciérrela, asegurándose de que los cables de termocupla salgan por el corte en la base de la puerta articulada. Luego, la barrera se debe colocar en una lámina de cartulina o vidrio, y el marco de protección de silicona alrededor de la barrera. Los cables de termocupla deben pasar entre el marco de protección y la lámina en la que está colocada.

## **Colocación del sistema en el laminador**

Muchos laminadores grandes tienen un sistema de carga automático, y puede que éste haya tenido que ser anulado manualmente para permitir que el sistema SolarPaq sea colocado en el área de carga.

Coloque el módulo instrumentado y el conjunto de barrera/marco en la correa de carga. Asegúrese de que el marco de protección esté en su lugar, ya que esto protegerá la costosa membrana que forma el sello de vacío dentro del laminador.

*Si no se coloca el marco de protección correctamente, esto puede ocasionar daños en el laminador.*

## **Retiro del laminador y descarga de datos**

Después de recuperar el sistema del laminador, el marco de protección se puede dejar en su mismo lugar; sólo la sección frontal del marco se debe retirar para permitir que el registrador se pueda sacar de la barrera.

## **Verificación de los perfiles de temperatura**

Al usar Insight para analizar los datos del perfil después de descargarlo del registrador, asegúrese de que ha seleccionado 'Laminador' como el tipo de horno. Esto se logra mejor mediante el uso de un **archivo de proceso** (para una guía detallada sobre el uso de archivos de proceso, presione la tecla de función F1, o seleccione Ayuda > Contenido de la barra de menú, y haga clic en la sección 'Archivos de proceso: Horno, Receta, Producto'.) En forma alternativa, establezca el tipo de horno en la ficha Horno del diálogo Detalles de Proceso: haga clic  en la barra de herramientas de Insight, o seleccione Proceso > Detalles del proceso del menú.

Seleccione el **Modo de análisis de laminado** de las fichas en la parte inferior de la ventana Insight. De interés particular será analizar los datos de temperatura máxima y el tiempo pasado por encima de una temperatura definida por el usuario. La especificación del adhesivo EVA que se usa contendrá detalles sobre la temperatura de reticulado y el tiempo requerido, y los análisis se pueden configurar para mostrar dichos detalles y para disparar las alarmas si alguno de esos perfiles de sonda no cumple con la especificación.

### **Europa y Asia**

Datapaq Ltd  
Lothbury House  
Cambridge Technopark  
Newmarket Road  
Cambridge CB5 8PB  
Reino Unido  
Tel. +44-(0)1223-652400  
Fax +44-(0)1223-652401  
sales@datapaq.co.uk

### **Norte y Sud América**

Datapaq, Inc.  
3 Corporate Park Dr., Unit 1  
Derry, NH 03038  
EE.UU.  
Tel. +1-603-537-2680  
Fax +1-603-537-2685  
sales@datapaq.com

### **China**

Datapaq Ltd  
3rd Floor, Lane 280-6  
Linhong Road  
Shanghai 200335  
China  
Tel. +86(0)21-6128-6200  
Fax +86(0)21-6128-6221  
Fax +86(0)21-6128-6222  
sales@datapaq.com.cn



A Fluke Company

[www.datapaq.com](http://www.datapaq.com)