

P.A. HILTON LTD

MANUAL DE EXPERIMENTO

Y

DE MANTENIMIENTO

**UNIDAD DE METODOS
DE MEDICION DE TEMPERATURA
Y DE CALIBRACION**

H981

H981M/SP/1/001

DEC 05

(i)

POLITICA DE LA EMPRESA

Servicio Post-venta

Nosotros, P.A. Hilton Ltd., otorgamos una importante consideración al poder retener la confianza y buena voluntad de nuestros clientes ofreciéndoles un servicio postventa efectivo. Ponemos un gran esfuerzo en contestar la correspondencia lo antes posible y de proporcionar un servicio de reemplazo de partes manteniendo almacenadas cada una de ellas.

Si nuestros clientes tuviesen algún problema a la hora de funcionar o mantener un producto Hilton, le pedimos que en primer lugar contacte el representante local de Hilton en su país o en caso de que no hubiese uno, escriba directamente a P.A. Hilton Ltd.

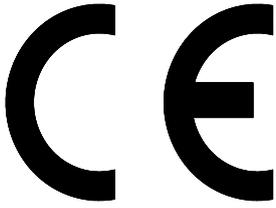
En el caso extremo de que tuviese un problema durante la operación del equipo que pudiese interrumpir seriamente el programa de enseñanza o de educación, comprendemos que se necesite el rápido consejo de nuestros expertos de fabricación y deseamos que nuestros clientes sepan que Hilton aceptaría cualquier cargo de llamada telefónica a costo revertido de cualquier parte del mundo.

Pedimos a nuestros clientes que traten este servicio de emergencia exclusivamente y de que lo usen con moderación y sabiduría. Por favor hágase cuenta de la diferencia de horario que pueda existir y antes de hacer la llamada telefónica la recomendamos haga notas del problema que desee describir. El idioma preferido será el inglés. Nuestro número telefónico es el +44 (0)1794 388382 siempre disponible entre los horarios 08h00 y 17h00 GMT, todos los días. Quisiéramos ser avisado con antelación por fax o email antes de recibir la llamada telefónica.

Fax: +44 (0)1794 388129

Correo electrónico: sales@p-a-hilton.co.uk

Cada producto fabricado por Hilton Ltd, ha sido probado bajo condiciones de operación en nuestras instalaciones permanentes antes del despacho. Animamos a nuestros visitantes de Horsebridge Mill, a que operen y evalúen nuestro equipo bajo la vigilancia inicial de uno de nuestros ingenieros de Hilton.



EQUIPO DE EDUCACION Y ENTRENAMIENTO

Declaración de conformidad:

Directrices (cuando corresponde) 89/392/CEE renovada por 91/368/EEC
89/336/CEE
72/23/CEE

Declaramos que el siguiente equipo cumple con las directrices aquí citadas de la EEC:

H981 Unidad de Medición de Temperatura

El uso del equipo fuera de las aulas de enseñanza, laboratorio, área de estudio ó similar invalida la conformidad con los requerimientos de protección de la Directriz de compatibilidad Electromagnética (89/336/EEC) y pudiera repercutir en un procesamiento local.

Para y por

P.A. HILTON LIMITED

Director Técnico



P.A. HILTON LIMITED

Horsebridge Mill, King's Somborne,
Stockbridge, Hampshire, SO20 6PX,
England.

Tel No. National Romsey (01794) 388382
Internacional +44 1794 388382

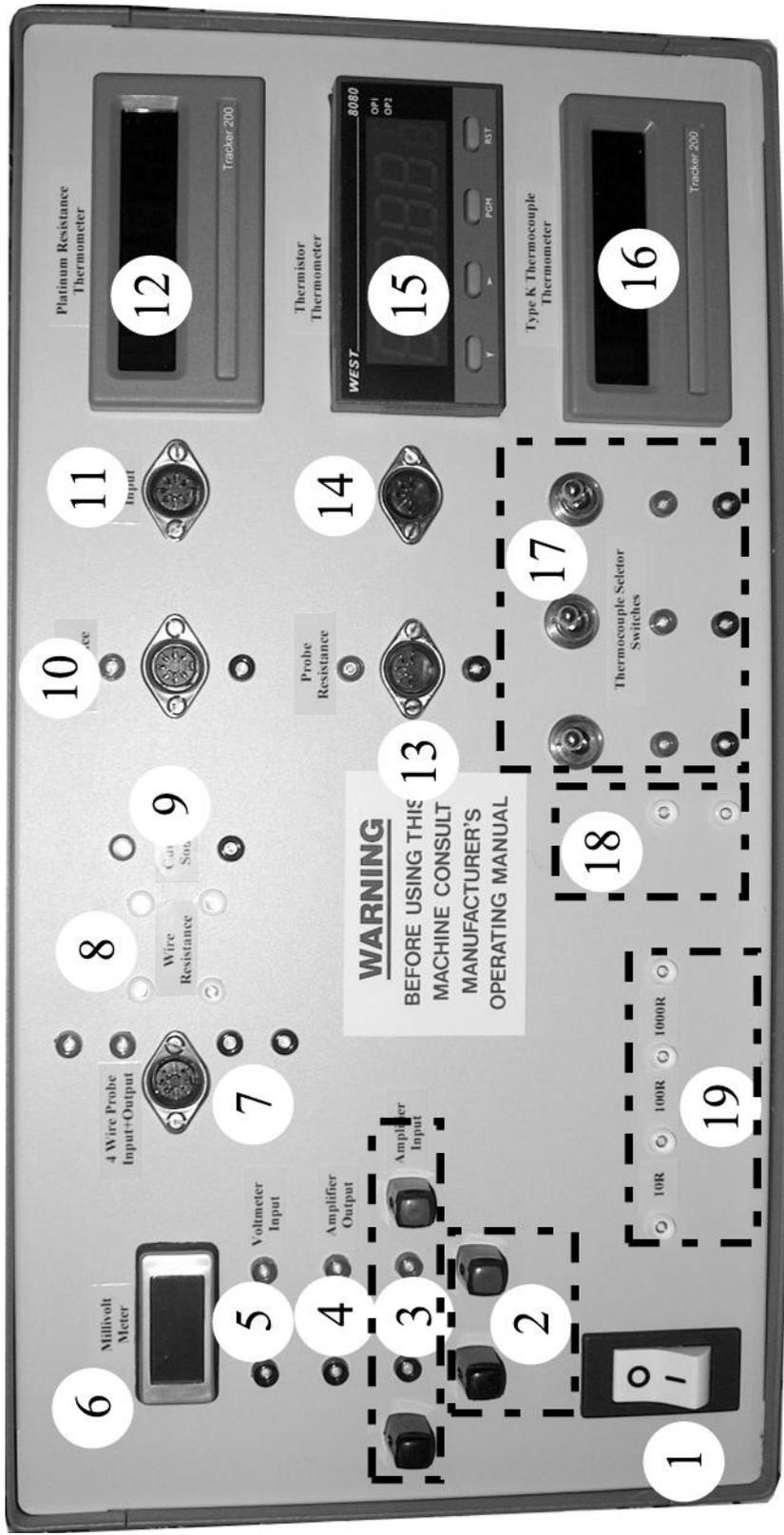
Fax No. +44 1794 388129

E-mail: sales@p-a-hilton.co.uk

(iii)

CONTENIDO

ESQUEMATICOS	1
INTRODUCCION	4
ANOTACION DE DIAGRAMA ESQUEMATICO	4
INSTALACION	4
Unidades de Línea-Neutro de 220/240v 50/60Hz	4
Unidades de Línea-Neutro de 110/120v 50/60Hz	6
Diagrama Esquemático	6
DESCRIPCION	7
Investigación de Resistencia de Platino	7
Investigación de Termistor	7
Investigación de Termocople	7
Accesorios	8
Placa calentadora (25)	8
Tazón acero inoxidable	8
Termómetro de alcohol rojo	8
Termómetro bimetalico	8
Termómetro presión de Vapor	8
Termocople	8
Cables de conexión	8
Disco de goma	8
Termo	8
PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS	10
PROCEDIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO	11
Consola de control	11
Placa Calentadora	Error! Bookmark not defined.
Agua y Hielo	11
Protección del equipo	11
DATOS UTILES	12
PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES	13
1. Uso de liquido (expansión) en termómetros de cristal para la medición de escala de puntos fijos	14
2. Uso de presión de vapor para la medición de temperatura	18
3. Uso de dispositivos de expansión bimetalicos para la medición de la temperatura.	20
4. El efecto Termo-Eléctrico Peltier e investigación de cruce de voltaje desde diferentes tipos de termocoples.	22
5. El efecto Termo-Eléctrico Seebeck.	26
6. Uso de un cruce de referencia de punto de hielo con un termocople	28
7. La ley de metales intermediarios y temperaturas intermediarias asociados con termocoples.	31
8. Uso de una lectura directa, indicador de termocople compensado interno.	37
9. Calibración de voltaje de diferentes tipos de termocoples usando una referencia agua-hielo	37
10. El efecto del cable de Resistencia y la impedancia del voltímetro sobre medidas de termocople	39
11. Conexión de termocoples en paralelo para promediar temperaturas medidas y conexión en serie para amplificar la señal.	43
12. Investigación de la tasa de respuesta de varios termocoples y sensores.	46
13. Investigación del sensor de temperatura de resistencia de platino (PRT), su cambio de resistencia con la temperatura y la referencia PRT ecuación de ITS-90.	47
14. Investigación del uso de conexión de sensor PRT de 2, 3 y 4 cables y los efectos de error del cable de la resistencia.	50
15. Uso del dispositivo de indicador de lectura directa PRT.	54
16. Investigación del cambio de resistencia de un coeficiente de temperatura negativo de termistor con la temperatura.	55
17. Uso de un termistor a lectura directa.	58
18. Calibración de todos los sensores entregados con el equipo, con referencia a un termómetro resistencia de platino preciso (PT100).	59
19. Investigación de Indicadores de Temperatura de Cristal Liquido	60
TABLAS DE TEMOCOPLE (K, T, J)	62



- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Interruptor principal | 8. Cable Resistencia | 15. Termómetro del termistor |
| 2. Resorte terminales, sin conexión | 9. Fuente de Corriente Constante | 16. Termómetro del termocouple |
| 3. Entrada amplificador | 10. PRT Sonda Resistencia | 17. Enchufes Sensor Termocouple |
| 4. Salida amplificador | 11. PRT Entrada Termómetro | 18. Enchufes, No conectados |
| 5. Entrada mili voltímetro | 12. PRT Termómetro | 19. Resistores |
| 6. Mili voltímetro | 13. Enchufe Resistencia Termistor | |
| 7. 4 Enchufe sonda cable PRT | 14. Entrada Termómetro de termistor | |



- 20. Entrada interruptor Principal
- 21. Cortacircuitos (RCCB)
- 22. Salida Auxiliar Potencia (240V)
- 23. Salida Auxiliar Potencia (240V)
- 24. Cable de Salida para conexión con computadora
- 25. Placa calentadora y cable eléctrico



<u>Símbolo</u>	<u>UNIDADES</u> <u>Designación</u>	<u>Unidad</u>
A	Corriente	Amps
mA	Miliamperios (Amps / 1000)	mA
T	Temperatura Absoluta	K
t	Temperatura	°C
V	Voltaje	Volts
mV	Mili voltios (Volts/1000)	mV

INTRODUCCIÓN

En todas las empresas industriales, la mediación de la temperatura es un tema sumamente importante en el monitoreo el desempeño y corrección el funcionamiento de los procesos involucrados. La selección del dispositivo mas sensible de temperatura para cualquier situación es entonces extremadamente importante en su diseño, funcionamiento y mantenimiento de la planta. El costo constantemente a la alza del uso de la energía pone también un énfasis especial en la medición de las temperaturas para asegurar la obtención optima de su eficacia.

La Unidad de Calibración y de Métodos de Medición de temperaturas de Hilton H981 permite a los estudiantes de familiarizarse ellos mismos con diferentes métodos de medición de temperatura, destacando la precisión, calibración y sensibilidad de error en cualquier condiciones de trabajo. También permite a los estudiantes darles conocimientos básicos sobre la Escala de Temperatura Internacional (ITS-90) así como la investigación del método de medición de la temperatura de resistencia de Platino, el cual forma una parte fundamental de la norma.

La pequeña consola montada sobre un banco contiene numerosos instrumentos y puntos de conexión para sensores. Esto, combinado con el calentador de placa a temperatura controlada y con una variedad de accesorios, permite a los estudiantes investigar una amplia gama de métodos de medición de temperatura rápidamente, en periodos de tiempo típicos de laboratorios. Con el pequeño tamaño de la consola y la cajita de accesorios, la unidad puede ser fácilmente del salón de clase hasta el laboratorio, para realizar las demostraciones.

El **Sistema de Adquisición de Datos computarizado HC981A** opcional, se entrega completo con su propio manual de Instalación, Funcionamiento e Instalación. La unidad ha sido concebida para que los componentes actualizados puedan ser instalados en cualquier momento durante la vida útil del equipo. Además, la unidad y las actualizaciones han sido diseñadas para ser instalados por cualquier técnico competente.

ANOTACION DE DIAGRAMA ESQUEMATICO

Para ayudar a identificar todos los componentes, existen dos diagramas esquemáticos en las páginas **Error! Bookmark not defined.** y **Error! Bookmark not defined.**. Cada componente relevante tiene un número que lo identifica en el mismo y en el diagrama. A fin de simplificar la identificación de componentes en el texto, el número se ubica al lado del nombre del componente, el cual también está en **Negritas**. Por ejemplo en página 1, el interruptor principal será identificado en el texto como **interruptor principal (1)**.

Este método se utiliza en todo el manual.

INSTALACION

Retire la unidad de su empaque y examínela visualmente. Cualquier daño encontrado debe ser reportado inmediatamente a la compañía de seguros.

Asumiendo que no se encontró ningún daño, proceda como sigue:

1. Ponga la consola de instrumentación sobre una superficie plana y limpia. Cuidadosamente abra el contenido de la caja de transporte entregada y verifica cada uno de los componentes contra la Lista de Empaque. **Recomendamos conservar una copia de la lista de empaque dentro de la caja de transporte para que los estudiantes puedan revisar el contenido antes y después de cada sesión en laboratorio.**

Unidades de 220/240v 50/60Hz Línea-Neutro

Toma en cuenta que al momento de enviar la orden de compra, la unidad puede funcionar con una potencia de 220/240V (especificado 50 ó 60Hz) Línea a Neutro, **O** una alimentación **de dos de las tres fases** de 220/240V (especificado 50 ó 60Hz) Línea a Línea.

La corriente será de aproximadamente 2.5Amps.

Asegúrese que la etiqueta del voltaje de la máquina corresponde a la tensión disponible local.

2. Localizar el cable de alimentación e insertarlo en el **enchufe de alimentación principal (20)** en la parte posterior de la unidad.

De acuerdo a los enchufes de alimentación locales, quizá será necesario remover la clavija inglesa, la cual se entrega como estándar, por una clavija mas adecuada. Los colores del cable de alimentación son los siguientes:

El cable CAFE representa la LINEA

El cable AZUL representa el NEUTRO

El cable VERDE CON AMARILLO representa la TIERRA.

Para una alimentación de 220/240v 50/60Hz Línea a Línea:-

El cable CAFE representa la LINEA No1

El cable AZUL representa la LINEA No 2

El cable VERDE CON AMARILLO representa la TIERRA

Toma en cuenta que para un uso seguro, el cable Amarillo con Verde DEBE ser conectado sobre un punto de baja impedancia (tierra) que cumple con las normas locales.

Unidades de 110/120v 50/60Hz Línea a Neutro

Al momento del pedido, la unidad posee un transformador interno de 110 a 240v. La parte posterior del panel tiene una etiqueta indicando cual es la alimentación requerida.

3. Localizar el cable de alimentación e insertarlo en el **enchufe de alimentación principal (20)** en la parte posterior de la unidad.

De acuerdo a los enchufes de alimentación locales, quizá será necesario remover la clavija inglesa, la cual se entrega como estándar, por una clavija mas adecuada. Los colores del cable de alimentación son los siguientes:

El cable CAFE representa la LINEA

El cable AZUL representa el NEUTRO

El cable VERDE CON AMARILLO representa la TIERRA.

Toma en cuenta que para un uso seguro, el cable Amarillo con Verde DEBE ser conectado sobre un punto de baja impedancia (tierra) que cumple con las normas locales.

Toma en cuenta que la placa calentada (25) entregada, es alimentada directamente a 240V desde cualquier de las salidas auxiliares (22 y 23) en la parte posterior del panel.

Diagrama Esquemático

Se entrega una bolsa de plástico con forma de L para sostener el diagrama esquemático. Está se puede colocar en las dos pinzas de resorte, arriba de la consola de instrumentación. El diagrama entregado con el equipo puede insertarse dentro esta bolsa de plástico.

Como alternativa, la bolsa de plástico (con el esquema) puede ser colgado en la pared, cerca de la unidad.

DESCRIPCION

Hacer referencia a los diagramas esquemáticos en página 1 y 2.

La consola de control posee un cierto número de instrumentos, conectores DIN redondos y clavijas de 2mm.

Estos se utilizan juntos con los sensores entregados y un juego de cables de conexión apilables de 2mm para investigar diversos métodos electrónicos de medición de temperatura.

También, dentro de la consola se encuentra un amplificador de voltaje y una fuente de corriente constante, que también se utilizan para las investigaciones.

También se entrega un **calentador de placa (25)** y un tazón en acero inoxidable para proveer a los estudiantes una panoplia de temperatura variable que pueden ser utilizados para crear un entorno de experimentos para varios sensores. La alimentación del calentador de placa viene de cualquier clavija **auxiliar de potencia (22,23)** en la parte posterior del panel.

Por seguridad del usuario, se encuentra en la parte posterior del panel, un **cortacircuitos (RCCB) (21)**. Esté, aísla la unidad de la alimentación eléctrica principal, en caso de una entrada ó salida de corriente no balanceados por más de 30mA. como en el caso de una fuga hacia la tierra.

En la parte frontal, el **interruptor principal (1)** está combinado con cortacircuitos de sobrecarga de doble polos y un interruptor.

Los componentes presentes en la parte frontal del panel, están agrupados lógicamente, de acuerdo a su función. Los principales son los siguientes.

Investigación de Resistencia de Platino

La lectura directa del **termómetro de resistencia de platino (12)** está conectada en la clavija **PRT entrada termómetro (11)**. La conexión de la sonda PRT en esta clavija permitirá mostrar la temperatura en la pantalla digital. Tome nota que la sonda PRT entregada tiene un enchufe que solo se podrá colocar sobre las clavijas PRT asociadas, sobre el panel.

Un Segundo enchufe **PRT de Sonda de Resistencia (10)** permite medir directamente la resistencia de la sonda utilizando un multímetro entregado con la unidad.

Para investigar el funcionamiento de la sonda interna PRT, se dispone una **fuentes de corriente constante (9)**.

A un lado, se encuentran unas clavijas conectadas a unos resistores internos, los cuales pueden ser usados para simular **resistencias de cable de conexión (8)**.

Finalmente, una clavija adicional de **4 cables de sonda entrada salida (7)** permite a los estudiantes investigar la conexión de los cables de la sonda PRT que se entrega con el equipo.

Investigación de Termistor

La lectura directa del **termómetro termistor (15)** está conectada a la clavija de **entrada de termómetro termistor (14)**. La conexión de la sonda PRT en esta clavija permitirá mostrar la temperatura en la pantalla digital. Nota que la sonda del termistor entregada tiene un enchufe que solo se podrá colocar sobre las clavijas de termistor asociadas, sobre el panel.

Un Segundo **Enchufe de Resistencia de Termistor (13)** permite medir directamente la resistencia de la sonda utilizando un multímetro entregado con la unidad.

Investigación de Termocople

La lectura directa del **termómetro de termocople (16)** está conectada a las **clavijas de sensores de termocople (17)** así como los interruptores asociados. Cualquiera de los termocoples de tipo K entregados con la unidad puede ser conectado sobre las clavijas, y cuando el interruptor esta en posición de encendido, el termocople se conecta directamente al **termómetro del termocople (16)**.

Para investigar los principios fundamentales de los termocoples, los conectores agrupados como **entrada amplificador (3)** conecta cualquier de los tres tipos de termocople (y cualquier termocople local disponible) sobre un amplificador de voltaje interno. La salida del amplificador resultante es disponible en las terminales de **salida del amplificador (4)**. El amplificador tiene una ganancia fija para emprender los cálculos.

A fin de mostrar el resultado del voltaje, existe un **medidor de mili voltios (6)** fijo en el panel.

Para permitir la investigación del efecto de los cables de resistencias y de la impedancia de entrada de los instrumentos de medición, existen tres **resistencia (19)** de diferentes valores, están ubicados en la base del panel.

También existen **clavijas (18)** que no están conectadas y **terminales resortes (2)** (para cables pelados) que permiten obtener varios enlaces de los termocoples.

Accesorios

Una cierta cantidad de accesorios están entregados con el equipo y son normalmente contenidos en la caja.

Placa calentadora (25)

La **placa calentadora (25)** junto con el **tazón de acero inoxidable** permite calentar el agua y provee a los estudiantes obtener fuentes de temperatura variables.

La placa calentadora se conecta directamente en cualquier de las clavijas de **salida de alimentación (22,23)** en la parte posterior del panel.

Tazón de acero inoxidable

El tazón de acero inoxidable se entrega con una cierta cantidad de adhesivos indicador de temperatura. Estos demuestran a los estudiantes un método adicional de indicación de temperatura y el cambio de colores de cristales, sensible a un cierto rango de temperaturas.

Termómetros de alcohol rojo

Se entrega una cierta cantidad de termómetros con medidor rojo. Para nuevos estudiantes, estos termómetros son los más familiares, para la medición de temperatura.

Termómetro Bimetálico

Se entrega un termómetro bimetálico, utilizando la expansión diferencial de materiales.

Termómetro Presión Vapor

Se entrega un termómetro usando el cambio de presión de vapor de fluido volátil.

Termocoples

Se entregan tres tipos de termocoples.

- Níquel-Cromo + Níquel-Aluminio, Tipo K
- Cobre + Cobre-Níquel, Tipo T
- Hierro + Cobre-Níquel Tipo J

Uno de los juegos de termocoples de tipo K está envuelto en un tubo de acero inoxidable, y los demás están expuestos.

Todos los termocoples están conectados con clavijas apilables de 2mm que se monta sobre varios enchufes del panel.

Cables de conexión

Para interconectar varios componentes sobre el panel, se entregan varios cables de 2mm apilables de colores diferentes.

Disco de hule

Se entrega también un disco de hule con hoyos para colocarse arriba del tazón de acero inoxidable. Los hoyos pueden usarse para soportar diversos dispositivos de medición de temperatura, al momento de realizar los experimentos.

Termo

Se entrega un termo para contener ó una mezcla de hielo-agua (para la referencia 0°C) ó para agua calentada. Debido al aislamiento, el hielo en el agua permanecerá solido durante un buen tiempo y la

temperatura del agua calentada permanecerá constante durante suficiente tiempo para poder medir su temperatura.

Se recomienda que los accesorios permanezcan dentro de la caja, por seguridad.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS

La Unidad de Métodos de Medición de Temperatura y de Calibración H981 involucra el uso del equipo eléctrico y del agua calentada.

Se **DEBEN** observar las siguientes precauciones.

1. **En caso de un vertido de agua sobre ó cerca de la unidad, NO TOCAR LA CONSOLA DE CONTROL.** Aislar la unidad de la alimentación eléctrica local y remover el cable eléctrico de la clavija de la **entrada de potencia (20)** en la parte posterior del panel. Se podrá secar la unidad de manera normal.
2. La **placa calentadora (25)** puede (como lo indica su nombre) **alcanzar temperaturas que causarían quemaduras severas en caso de tocarlas con las manos no protegidas.** Lo cual es similar a cualquier horno doméstico que los estudiantes utilizan diariamente. **Sin embargo se recomienda hacerles dichas observaciones a los estudiantes antes de utilizar el equipo.**
3. Para demostrar el punto de referencia de punto de ebullición, se utiliza el tazón con el **calentador de placa (25)**, un disco de hule y uno ó más sensores de temperatura, puesto en el agua hirviendo. **Los estudiantes deberían ser informados que el vapor puede pasar por los hoyos del rollo de hule y causar severas quemaduras. Obviamente, también se debe mencionar a los usuarios, las potenciales quemaduras resultantes de vertidos del agua hirviendo.**
Se recomienda a los usuarios, al momento de utilizar la placa calentadora (25) y el tazón en acero inoxidable, se utilicen guantes industriales ó similares, para poder moverlos.
4. Para asegurar la mayor precisión posible y entonces la ilustración de los procedimientos siendo utilizados, se recomienda utilizar agua pura destilada para la generación de hielo para el uso del termo y el agua para el tazón.
5. **Es posible que se dañe seriamente el amplificador interno, la fuente de corriente constante así como el mili voltímetro (6) por causa de una mala conexión al momento de la programación de los diversos circuitos experimentales.**

ANTES de encender el interruptor principal (1), asegurarse que los cables de conexión entregados hayan sido CORRECTAMENTE CONECTADOS, en acuerdo a los diagramas e ilustraciones detallados en los procedimientos experimentales relevantes.

PROCEDIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO

Se presume que los procedimientos de instalación detallados a partir de la página 4 han sido realizados y que la **placa calentadora (25)** está conectada a las clavijas de **salida de alimentación (22,23)** en la parte posterior del panel.

Asegúrese que las **Precauciones y Advertencias** detalladas en página 10 han sido leídas, comprendidas y explicadas a los estudiantes/usuarios.

Consola de control

Asegúrese que no hay ningún sensor ó cable de conexión apilable conectada a la consola de instrumentación. Encienda el **interruptor principal (1)** y los instrumentos del panel deberían iluminarse. Si no es el caso, verifique el **cortacircuitos (21)** en la parte posterior del panel.

Placa calentadora

Cuando está alimentada, el interruptor principal de la **placa calentadora (25)** puede ser encendido. La **placa calentadora (25)** posee un controlador de temperatura. Este es únicamente una aproximación de la temperatura y es similar en precisión a la escala que se puede encontrar en cualquier horno domestico. El método de control también es similar en la forma del control, a saber que es un simple termostato on-off.

De manera típica, la placa calentadora será utilizada en conjunto con el tazón de acero inoxidable como fuente de agua calentada ó para una referencia de punto de ebullición de agua.

Agua y Hielo

Para varios experimentos, se requiere una mezcla de hielo y agua con agua para calentarse en el tazón de acero inoxidable. Tal como descrito en la parte de Precauciones y advertencias en página 10, el agua deberá ser agua pura destilada ó al menos de-ionizada. En caso de encontrar una gran cantidad de sales ú otras impurezas en el agua, entonces la temperatura de mezcla y de ebullición puede variar considerablemente desde 0 hasta 100°C.

Después de utilizar el tazón de acero inoxidable así como el termo, se recomienda secarlos y limpiarlos para evitar recibir depósitos de sales residuales en las superficies internas.

Obviamente se recomienda tener una reserva de hielo antes de empezar el periodo experimental.

Para la referencia de hielo, es necesario tener una mezcla de hielo sólido Y agua líquida en el termo. La referencia 0°C solo se obtendrá hasta que exista una mezcla de AMBOS aguas solidas y líquidas, en el termo.

Protección del Equipo

Debido a que la unidad está compuesta por artículos sueltos, se recomienda que al fin de cada experimento se revise los componentes con la lista de empaque entregada con el equipo, y que estos se vuelvan a almacenar en su caja de transporte.

INFORMACIÓN UTIL**Ganancia Amplificador Interno**

$$\text{Voltaje Salida} = \text{Voltage Entrada} \times 40$$

Fuente de corriente Constante Interna

$$\text{Corriente salida} = 0.5 \text{ mA}$$

$$= 0.5 \times 10^{-3} \text{ Amps}$$

Tipos de termocoples.

Los códigos de colores referenciados ahí abajo, son códigos de colores europeos y se relacionan con los termocoples entregados con la unidad H981. Los códigos de colores en los países locales son probablemente diferentes. Hacer referencia a las normas locales.

Tipo	Código de colores	
K (Níquel-Cromo, Níquel-Aluminio)	+ve Verde	-ve Blanco
T (Cobre, Cobre-Níquel)	+ve Café	-ve Blanco
J (Hierro , Cobre-Níquel)	+ve Negro	-ve Blanco

Tablas mostrando la salida de voltaje de los termocoples de tipo K, T y J, se encuentran a partir de las página 62.

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Los siguientes procedimientos experimentales pueden ser realizados con la unidad de Hilton H981, de Métodos de Medición de temperatura y Calibración H981.

Se recomienda realizar el experimento n° 1 en primer lugar ya que ilustra el concepto de escalas de temperaturas arbitrarias y introduce la Escala de Temperatura Internacional IT (90).

1. Uso de líquido (expansión) en termómetros de cristal, para medición de puntos de escala fijos.
2. Uso de presión de vapor para medición de temperatura.
3. Uso de dispositivos de expansión bimetalica para medición de temperatura.
4. Efecto Termo-eléctrico Peltier e investigación de cruce de voltaje de diferentes tipos de termocoples
5. El efecto Seebeck termo-eléctrico.
6. Uso de un cruce de referencia de punto de hielo con un termocople.
7. Ley de metales intermediarios y temperaturas intermediarias asociados con termocoples.
8. Uso de una lectura directa, indicador de termocople compensado interno.
9. Calibración de voltaje de diferentes tipos de termocoples utilizando una referencia agua-hielo.
10. Efecto de la sonda de la Resistencia y la impedancia del voltímetro sobre las mediciones del termocople.
11. Conexión de termocoples en series y paralelo para amplificación de señal de temperaturas medidas promedias.
12. Investigación de la respuesta de varios termocoples y sensores.
13. Investigación del sensor de temperatura de Resistencia de Platino (PRT), su cambio de resistencia con la temperatura y la referencia de ecuación PRT de ITS-90.
14. Investigación del uso del cable de conexión de sensor PRT 2, 3 y 4 y los efectos de error de la sonda de resistencia.
15. Uso del dispositivo indicador de lectura directa PRT.
16. Investigación del cambio de resistencia de un coeficiente negativo de temperatura de termistor con la temperatura.
17. Uso de dispositivo indicador termistor de lectura directa.
18. Calibración de todos los sensores con referencia entregados con termómetro resistencia de platino preciso (PT100).
19. Investigación indicadores de temperatura de cristal liquido

1. USO DE LIQUIDO (EXPANSION) EN TERMOMETROS DE CRISTAL, PARA MEDICION DE PUNTOS DE ESCALAS FIJOS.

TEORÍA

Temperatura

La temperatura es un concepto difícil de entender y describirlo como el grado “caliente” ó “frío” de un cuerpo no es suficiente, cuando se trata de medición. Técnicamente, se define como una indicación de la intensidad de actividad molecular. Esto significa que un incremento de temperatura de un material resulta en el incremento de las vibraciones de moléculas del material. La temperatura de un cuerpo "frío" se aumenta gracias a la introducción de energía que incrementa la vibración de las moléculas, es decir que el cuerpo se vuelve mas caliente.

En términos más simples, la temperatura de un cuerpo es la medición del potencial térmico de este cuerpo y determina si la energía de calor llega ó se rechaza del cuerpo cuando esté en contacto con un cuerpo que posee otra temperatura. Cuerpos teniendo la misma temperatura están en equilibrio, y entonces no existe ningún intercambio de energía.

Escalas de Temperatura y Puntos Fijos

La temperatura cambia con las propiedades tales como la masa de longitud y el tiempo y no puede ser medido por comparación de estándares básicos. Al concebir una escala de medición de temperatura, se utiliza un estado reproducible del estado físico del material. La temperatura a la cual ocurre este estado es llamada "punto fijado" y se puede crear una escala haciendo referencia a este punto.

Por ejemplo, la escala centígrada está basada en los puntos a los cuales (agua pura) el hielo se derrite y el agua hierve (con una presión atmosférica estándar). El punto del hielo es de 0° centígrados y el punto de ebullición es de 100° Centígrados; el rango entre estos dos puntos fijos se divide entre 100 partes iguales.

Desarrollos modernos en el tema de la termometría han indicado que el punto del hielo puede ser substituido por un punto triple de agua en los campos de la reproductibilidad. **El punto triple de agua es un fácil estado reproducible de agua pura, existiendo como mezcla de hielo, líquido y vapor en equilibrio. La temperatura del punto triple tiene el valor de 0.01° Celsius.**

La escala Celsius es la misma y reemplaza la escala de centígrados, en los termómetros modernos. El cero ha sido cambio para dar:

$$0.01^\circ \text{ Celsius } (0.01^\circ \text{C}) \text{ al punto triple}$$

Otras escalas han sido derivadas para definir la temperatura. Un ejemplo atribuido al Lord Kelvin es la Escala Termodinámica. Está escala es independiente de las propiedades de los materiales y se relaciona con un motor de calor reversible termodinámicamente. La unidad de medida es el Kelvin y el punto triple de agua tiene el valor de 273.16 Kelvin (273.16K).

Una escala similar es la Escala Absoluta, la cual se define por la relación $PV = RT$ para un gas perfecto ó ideal. En ambos casos, la unidad de medida corresponde a la unidad Celsius y la medición absoluta de la temperatura puede representarse agregando 273.16 al valor de Celsius, como por ejemplo $100^\circ\text{C} = 373.16\text{K}$.

Escala de Temperatura Internacional (ITS90)

La escala de temperatura internacional fue dividida para efectuar una rápida calibración de los instrumentos científicos ó industriales. La escala se empalma con la escala de Celsius a ciertos puntos arriba y por debajo del rango 0 - 100°C. Puntos fijos típicos están enlistados ahí abajo:

- entre 0.65K y 5.0K la temperatura es definida por la relación de vapor presión -temperatura del Helio (líquido).

Una ecuación de la forma:-

$$T_{90}(\text{in K}) = A_0 + \sum_{i=1}^9 A_i \left[\left(\ln(p / Pa) - B \right) / C \right]^i$$

Donde los valores A_0 , A_i , B y C están definidos y p/Pa es la relación vapor-presión.

T_{90} es la temperatura absoluta en K.

- Entre 3.0K y el punto triple del neón (con 24.5561K) la temperatura se define por el promedio de un gas en termómetro de helio calibrado sobre tres temperaturas realizables. En este rango, el rango de la ecuación tiene la forma:-

$$T_{90}(\text{in K}) = a + bp + cp^2$$

Las constantes a, b y c son definidas y p es la presión del gas en el termómetro. T_{90} es la temperatura absoluta en K.

- Entre el punto triple del hidrogeno (a 13.8033K) y el punto de congelación de la plata pura (a 961.78°C) es definido por el promedio de los termómetros a resistencia de platino, calibrado a puntos específicos usando métodos específicos de interpolación (estimación matemática).

Tal como lo estará examinado mas tarde en este manual, la variación de la resistencia eléctrica del alambre de platino con la temperatura puede ser utilizada para medir la temperatura.

No se puede utilizar un termómetro a resistencia de platino sencillo para cubrir la escala completa, entonces se utiliza unas sondas de platino calibradas a un cierto rango de puntos fijos repetible.

Se utilizan entonces ecuaciones matemáticas para definir la variación de la resistencia entre los puntos fijos.

Las ecuaciones matemáticas son de la siguiente forma:-

$$\frac{T_{90}}{273.16K} = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[\frac{W_r(T_{90})^{1/6} - 0.65}{0.35} \right]^i$$

Donde B_0 , y B_i son definidos y W_r es la resistencia del sensor de temperatura de platino. T_{90} es la temperatura absoluta en K.

A fin de poder calcular en dirección opuesta (*ejemplo: Cual es la resistencia del alambre a una temperatura particular?*) se utiliza una ecuación de esta forma.

$$\ln[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[\frac{\ln(T_{90}/273.16K) + 1.5}{1.5} \right]^i$$

Donde A_0 y A_i son definidos y W_r es el alambre de resistencia en platino a la temperatura T_{90} . Entre rangos de temperatura las ecuaciones tienen diferentes coeficientes y diferentes valores constantes (1.5, 0.65, 0.354) y también pueden tener diferentes formas a los extremos del rango.

Los puntos de calibración fijos repetibles están definidos entre rangos de puntos, como sigue.

Entre el punto triple de hidrógeno (a 13.8033K) y el punto triple del agua pura (at 273.16K) el termómetro esta calibrado en los puntos triples de:-

- o Hidrógeno (13.8033K)
- o Neón (24.5561K)
- o Oxígeno (54.3584K)
- o Argón(83.8058K)
- o Mercurio(234.3156K)
- o Agua (273.16K)

Desde 0°C hasta el punto de congelación de la plata pura (961.78°C) el termómetro está calibrado en los siguientes puntos de congelación:-

- o Estaño(231.928°C)
- o Zinc(419.527°C)
- o Aluminio (660.323°C)
- o Plata (961.78°C)

Más allá de la temperatura de 961.78, la Escala Internacional de Temperatura hace referencia a la Ley de Planck de radiación de cuerpo negro.

Procedimiento experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Tras haber definido la escala de temperatura, el primer experimento ilustrará dos puntos fijos de calibración, utilizando un termómetro de alcohol rojo. Este, utiliza una expansión volumétrica de alcohol colorada dentro de una pequeña reserva de tubo de cristal que posee una escala gravada en el exterior del tubo. Los únicos puntos fijos están definidos por un punto de mezcla del hielo (0°C) y el punto de ebullición del agua (100°C). Las 100 divisiones entre estos puntos son de dimensiones iguales, basado en el supuesto de que más allá de este rango, la expansión volumétrica del alcohol es lineal con respecto a la temperatura.

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua y coloque uno de los termómetros de vidrio en la mezcla. Con cuidado mezcle el contenido con el termómetro para asegurarse que éste alcance la temperatura de la mezcla.
- Mientras tanto llene a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura y coloque el disco de hule encima. Póngalo en la **placa calentadora (25)** y encienda el **interruptor principal (1)** y la **placa calentadora (25)**. Fijar la temperatura de la placa calentadora en 200°C aproximadamente.



Examinar periódicamente el termómetro en la mezcla agua-hielo y observe la temperatura indicada. Está esta cerca de 0°C .

La temperatura indicada será raramente *Exactamente* en 0°C .

Cuando el agua del tazón en acero inoxidable alcanza el punto de ebullición (el vapor saldrá de los hoyos del disco de hule) fije la temperatura sobre aproximadamente $120\text{-}150^{\circ}\text{C}$. Esto asegura que el agua sigue hirviendo, sin generar demasiado vapor.

Retire el termómetro de la mezcla de hielo-agua y colóquela cuidadosamente en el agua hirviendo.

Permita que la temperatura indicada por el termómetro se establezca para observar su medición. Está debería ser cerca de los 100°C.

La temperatura indicada será raramente de *Exactamente de* 100°C debido a la naturaleza misma de los termómetros utilizado.

Es posible comprar termómetros con precisiones específicas, de longitudes de inmersión específicas para propósitos específicos y calibrados sobre varios rangos en acuerdo al fluido utilizado y de la aplicación.

A veces esta indicado en los termómetros la longitud de inmersión, sobre el cristal. Si el termómetro esta sumergido en el líquido a esta profundidad, entonces alcanzará su mayor precisión.

Si el tiempo lo permite, repita el procedimiento con los otros termómetros de cristal entregados con la unidad, para comparar las lecturas ó como alternativa con otros termómetros disponibles localmente, que CUBRE EL RANGO DE 0 HASTA 100°C. **Si se coloca un termómetro con un rango menor a los 100°C dentro del agua hirviendo, entonces se quebrará ó peor, puede explotar.**

Nota

El punto de ebullición alcanza los 100°C para una presión atmosférica estándar únicamente, es decir que la presión debe ser de 760mm Hg. A presión inferior, la ebullición ocurrirá con una temperatura menor, y al revés, con una presión atmosférica superior la ebullición ocurrirá con una temperatura superior. Por ejemplo, un alza de la atmósfera de 27 mm Hg. arriba de la presión estándar, resultará en una alza de 1°C para el punto de ebullición del agua.

Un experimento simple puede servir a demostrar que el agua pura debe ser utilizada como fluido de calibración para proporcionar los puntos fijos de 0 y 100°C. Se deberá preparar hielo picado y el calentador de agua deberá utilizar una solución de cloruro de sodio con una tasa de 50g de sal /litro de agua. El experimento puede ser repetido como descrito en página **Error! Bookmark not defined.** Utilizando una solución de cloruro de sodio, en lugar del agua. La observación de las temperaturas asociadas con la mezcla de hielo y las soluciones de ebullición revelarán que estas ocurren por debajo de las graduaciones de 0°C y arriba de 100°C respectivamente.

Se utiliza una escala diferente en varias partes del mundo, la escala de Fahrenheit. Esta escala proporciona los valores de 32°F para el punto de hielo y 212°F para el punto de ebullición del agua, con 180 divisiones iguales. Ciertos instrumentos siguen utilizando grados Fahrenheit, sin embargo la tendencia actual incluye una calibración doble, que incorpora equivalentes en Celsius.

Donde la conversión es necesaria,

$$^{\circ}C = \frac{^{\circ}F - 32}{1.8}$$

ó

$$^{\circ}F = (^{\circ}C \times 1.8) + 32$$

2 USO DE LA PRESION DE VAPOR PARA LA MEDICION DE TEMPERATURA.

INTRODUCCIÓN

Para las aplicaciones industriales, los termómetros de líquido no son nada recomendable debido a su fragilidad y su difícil lectura. Por ejemplo, debido a la longitud específica de inmersión, la medición de temperaturas bajas con los termómetros entregados con el equipo, es necesario retirar el termómetro de la mezcla de hielo-agua para medir el valor 0°C.

Los termómetros de presión a vapor utilizan la relación fija entre la presión y la temperatura que existe cuando un líquido y su vapor (vapor y líquido solamente, ningún gas adicional tal como el aire) son contenidos en un recipiente cerrado. La presión y la temperatura en estas circunstancias siguen una relación repetible, que es una propiedad del material. El fluido escogido para la aplicación dependerá del rango de temperatura a medir.

Los indicadores de presión a vapor consisten en un bulbo metálico, parcialmente llenados con un fluido, que esta conectado con un sensor de un calibrador Bourdon (indicador de presión). El espacio arriba del fluido esta llenado de vapor del fluido, está es la presión que aparece en pantalla en el calibrador Bourdon. El indicador está calibrado directamente en unidades de temperatura correspondiendo a la presión equivalente del vapor, sin embargo la calibración es lejos de ser linear por causa del aumento cada vez más creciente en medida que aumenta la temperatura. Por esta razón, el termómetro de presión a vapor es conveniente para operaciones de rangos cortos de temperatura ya que no tiene problema de sensibilidad para lecturas bajas.

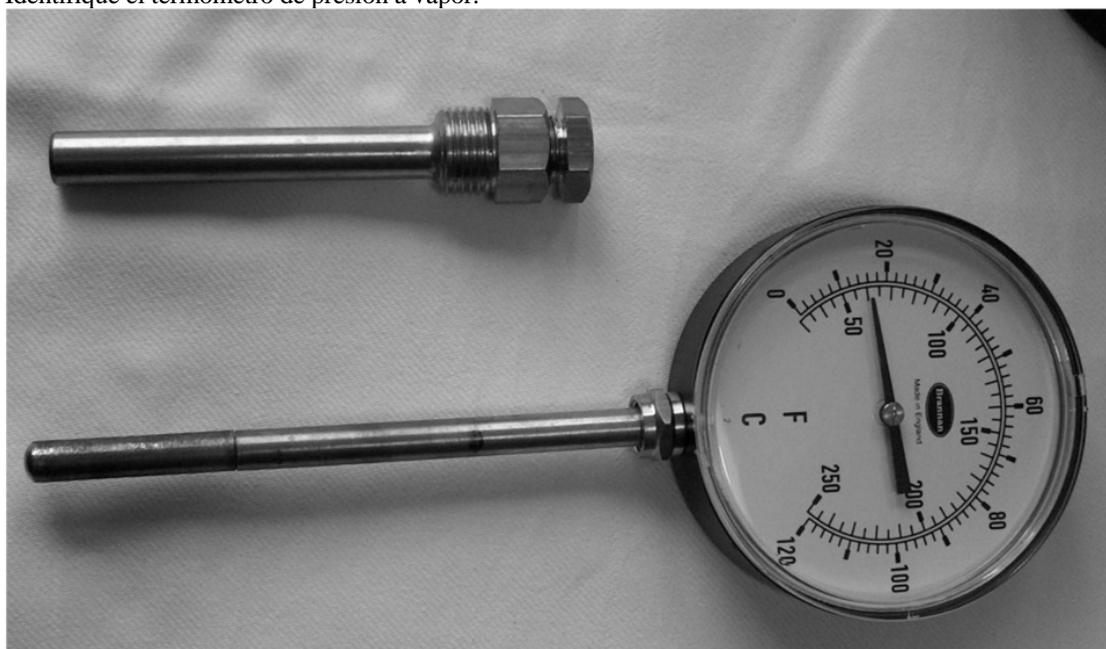
Los Termómetros de Presión a Vapor ofrecen como ventaja de la lectura remota. El termómetro puede ordenarse con un tubo capilar, conectando el bulbo al calibrador, permitiendo un funcionamiento remoto con una distancia de hasta sesenta metros. Una orientación correcta del bulbo y del calibrador debe permanecer, para conservar la precisión de los resultados.

El termómetro de presión a vapor entregado con el equipo posee el calibrador Bourdon, conectado directamente a la base para facilitar su funcionamiento.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Identifique el termómetro de presión a vapor.



Este termómetro se parece al termómetro bimetálico y también se entrega con un estuche robusto apto para su inserción en un ambiente de alta presión. Esto permite remover y reemplazar la sonda, sin necesidad de cerrar la planta industrial en la cual se está utilizando.

Inserta el termómetro de presión a vapor en su estuche.

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua y coloque el termómetro de presión a vapor (en su estuche) en la mezcla de hielo-agua y agítelo. También se recomienda que uno de los termómetros en cristal se coloque en la mezcla hielo agua, para referencia.
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura y coloque el disco de hule encima. Póngalo en la **placa calentadora (25)** y encienda el **interruptor principal (1)** y la **placa calentadora (25)**. Fijar la temperatura de la placa calentadora en 200°C aproximadamente.

Observe el cuadrante del termómetro de presión a vapor y el termómetro de cristal. Tome nota que la aguja del termómetro de presión a vapor toma mucho más tiempo para llegar hasta 0°C que el termómetro de cristal. Esto se debe parcialmente a la inercia térmica del instrumento y también a la diferencia de temperatura agregada introducida por el estuche.

Cuando el termómetro de presión a vapor y el termómetro de cristal han alcanzado sus temperaturas mínimas, toma nota de estos valores. La temperatura indicada será raramente *Exactamente* en 0°C.

Cuando el agua del tazón en acero inoxidable alcanza el punto de ebullición (el vapor saldrá de los hoyos del disco de hule) fije la temperatura sobre aproximadamente 120-150°C. Esto asegura que el agua sigue hirviendo, sin generar demasiado vapor.

Retire el termómetro de la mezcla de hielo-agua y colóquela cuidadosamente en el agua hirviendo. Permita que los termómetros indiquen una temperatura estable. Observa nuevamente que el termómetro de presión a vapor se queda atrás del termómetro de cristal. Apuntar las temperaturas indicadas. Estas estarán cerca de los 100°C.



Si el tiempo lo permite se puede repetir este procedimiento con aceite ligero en la bolsa de latón, cuando el termómetro de presión a vapor esta insertado. Está es una práctica normal para ciertas aplicaciones industriales, ya que mejora la precisión de las temperaturas indicadas y también aumenta la velocidad de la respuesta.

3 USO DE DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN BIMETALICA PARA MEDICION DE TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

La dilatación de los sólidos puede utilizarse para medir la temperatura, sin embargo la lectura directa es poco probable debido a los pequeños movimientos involucrados. Sin embargo, si dos tiras metálicas delgadas, con coeficientes de expansión lineal diferentes están atados mecánicamente, el resultado será que la tira se doble de forma significativa cuando esté calentada. Esta combinación se llama tira bimetalica y la sensibilidad puede incrementarse enfriando la tira dentro de una espiral. Una extremidad de la tira esta fijada en la caja y un aguja esta amarrada a la otra extremidad. Una escala linear puede obtenerse con una selección adecuada de los materiales.

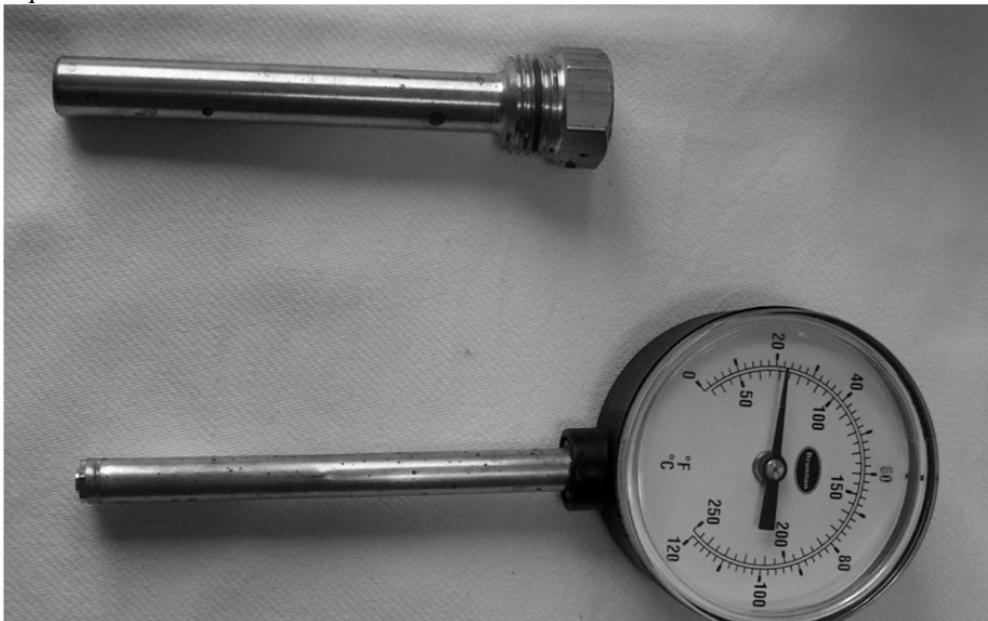
Este tipo de termómetro es muy robusto y tiene muchas aplicaciones en la industria, donde la precisión de la medición no es tan importante.

La muestra entregada con el H981 posee un cuadrante y una base similar al termómetro de presión a vapor y se entrega con una bolsa similar para su inserción en un proceso industrial (tubería ó cámara, etc.).

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Identifique el termómetro bimetalico.



Este termómetro se parece al termómetro bimetalico y también se entrega con un estuche robusto apto para su inserción en un ambiente de alta presión. Esto permite remover y remplazar la sonda, sin necesidad de cerrar la planta industrial en la cual se está utilizando.

Inserta el termómetro bimetalico en su estuche.

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua y coloque el termómetro de presión a vapor (en su estuche) en la mezcla de hielo-agua y agítelo. También se recomienda que uno de los termómetros en cristal se coloque en la mezcla hielo agua, para referencia.
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura y coloque el disco de hule encima. Póngalo en la **placa calentadora (25)** y encienda el **interruptor principal (1)** y la **placa calentadora (25)**. Fijar la temperatura de la placa calentadora en 200°C aproximadamente.

Observe el cuadrante del termómetro bimetálico y el termómetro de cristal. Tome nota que la aguja del termómetro de presión a vapor toma mucho más tiempo para llegar hasta 0°C que el termómetro de cristal. Esto se debe parcialmente a la inercia térmica del instrumento y también a la diferencia de temperatura agregada introducida por el estuche.

Cuando el termómetro bimetálico y el termómetro de cristal han alcanzado sus temperaturas mínimas, toma nota de estos valores. La temperatura indicada será raramente *Exactamente* en 0°C .

Cuando el agua del tazón en acero inoxidable alcanza el punto de ebullición (el vapor saldrá de los hoyos del disco de hule) fije la temperatura sobre aproximadamente $120\text{-}150^{\circ}\text{C}$. Esto asegura que el agua sigue hirviendo, sin generar demasiado vapor.

Retire el termómetro de la mezcla de hielo-agua y colóquela cuidadosamente en el agua hirviendo. Permita que los termómetros indiquen una temperatura estable. Observa nuevamente que el termómetro de presión a vapor se queda atrás del termómetro de cristal. Apuntar las temperaturas indicadas. Estas estarán cerca de los 100°C .



Si el tiempo lo permite se puede repetir este procedimiento con aceite ligero en la bolsa de latón, cuando el termómetro bimetálico esta insertado. Esté es una práctica normal para ciertas aplicaciones industriales, ya que mejora la precisión de las temperaturas indicadas y también aumenta la velocidad de la respuesta.

4 EFECTO TERMO-ELECTRICO PELTIER E INVESTIGACIÓN DEL CRUCE DE VOLTAJE DE DIFERENTES TIPOS DE TERMOCOPLES

INTRODUCCIÓN

Un termocople consiste en dos alambres de metal diferentes unidos juntos en una extremidad. Cuándo el empalme metálico es calentado, se engendra un voltaje muy pequeño conocido como el voltaje de Peltier.

El voltaje es una función de los metales involucrados y de la temperatura de la unión.

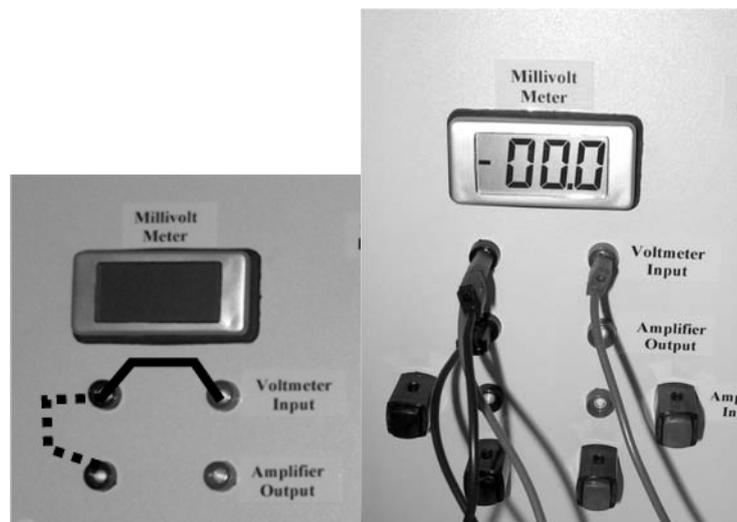
Diferentes combinaciones de metales con una misma temperatura generará diferentes voltajes. Sin embargo si los materiales seleccionados son cuidadosamente escogidos, se puede predecir la precisión de los voltajes. Esto se puede repetir.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

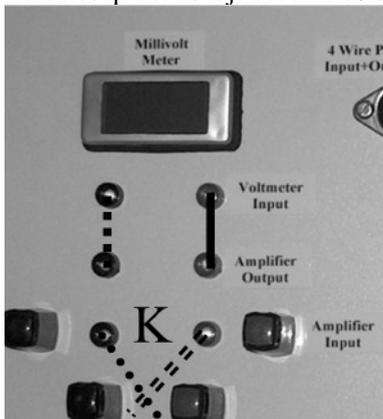
Seleccione uno de los termocoples de tipo K (aislamiento de cable verde y blanco)

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua. En conformidad con los experimentos anteriores, esté será la referencia 0°C.
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura y coloque el disco de hule encima. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Tome uno de los alambres de conexión rojo y uno negro de la caja de transporte y conecte la **entrada del mili voltímetro (5)** y la **salida del amplificador (4)** como sigue. El alambre ROJO es mostrado como una línea sólida y el alambre NEGRO, como una línea punteada.



- Encienda el **interruptor principal (1)** de la consola de instrumentación y observar que el voltaje indicado en el mili voltímetro está cerca de 00.0, tal como indicado arriba. Esto indica que con un empalme común de metal, no existe una generación de voltaje y el medidor indica cero (como se espera).

- Ahora apague el **interruptor principal (1)** y retire los dos cables de conexión mostrados arriba. Luego insertar los enchufes de los termocoples de tipo K en las clavijas de **Entrada del Amplificador** (enchufe rojo con clavija roja y enchufe negro con clavija negra). El empalme del termocople es mostrado abajo, como “K”. Conectar la **salida amplificador** sobre la **entrada voltímetro** utilizando un cable de conexión negro (de nuevo rojo con rojo y negro con negro, como indicado abajo). Finalmente encienda el **interruptor principal (1)**. No tocar el termocople y observaremos que el voltaje del **mili voltímetro** está cerca del cero.



Note que el amplificador interno tiene una ganancia (amplificación) de $\times 40$. En consecuencia, cualquier señal mostrada en el **mili voltímetro** deberá ser dividida por 40 para determinar el voltaje actual generado por el empalme del termocople.

Si el termocople es muy cerca a la temperatura ambiente, el voltaje generado será muy cercano (casi igual) a cero (00.0).

- Ahora coloque el termocople en la mezcla de hielo-agua en el termo y observa el **mili voltímetro**. La pantalla mostrará un valor negativo.
- Ahora coloque el termocople en el agua no calentada en el tazón sobre la **placa calentadora (25)** y toma el termómetro y **mida (y anotar) la temperatura ambiente**.
- Finalmente coloque el termómetro en el agua con el termocople. Permita que se estabilice el termómetro y el termocople y de nuevo anote la temperatura del agua y el valor indicado en la pantalla del mili voltímetro. En caso de que la temperatura esté por **debajo de la temperatura ambiente** entonces la señal será **negativa** y al contrario si la temperatura esta **arriba de la temperatura ambiente**, entonces la señal será **positiva**.
- Ahora, programar el controlador de temperatura de la placa calentadora sobre aproximadamente 150°C y observar y anotar el termómetro y el mili voltímetro a intervalos regulares, hasta que hierve el agua.

Resultados típicos están mostrados en la página siguiente.

Muestra de resultados

Temperatura ambiente 19.5°C
Termocople Tipo K (verde-blanco)

Temperatura Medida °C	Parámetro observado mV	Valor parámetro actual mV
0.0	-35.6	-0.890
10	-18.0	-0.450
19	-1.5	-0.038
27	5.0	0.125
30	11.4	0.285
35	18.0	0.450
43	29.0	0.725
53	51.8	1.295
60	63.5	1.588
65	72.5	1.813
70	82.0	2.050
79	97.6	2.440
82	102.5	2.563
85	106.0	2.650
90	114.0	2.850
95	121.6	3.040
100	132.0	3.300

Tal como se puede observar desde los resultados de arriba, cuando la unión del termocople está a una temperatura por debajo de la temperatura local ambiente, entonces la señal generada por el termocople es negativa y cuando está encima de la temperatura ambiente local entonces la señal es positiva.

La columna de la derecha es simplemente el parámetro observado (del medidor de mili voltios) dividido por 40 (ganancia amplificador) a fin de demostrar la magnitud de la señal de voltaje generado por el termocople. Aun a 100°C la señal solo es de, en este caso de 3.3mV.

Debido a que la señal generada esta afectada por la temperatura local ambiente, es obvio que la señal no puede ser utilizada para la medición de temperatura. **Para hacer esto, se requiere una referencia fija.**

Si el tiempo lo permite retire el termocople de tipo K del agua hirviendo y desconéctalo del enchufe de entrada del amplificador. Entonces replázalo con un termocople de tipo T (cable de color café y blanco) ó de un termocople de J (cable de color negro y blanco). Como antes, conecta el termocople a las terminales del amplificador (enchufe rojo con clavija roja y enchufe negro con clavija negra). Después ponga el termocople en la mezcla de hielo-agua y observa el voltaje generado en el medidor de mili voltios, y después coloque el termocople en el agua hirviendo.

Este experimento también puede repetirse con los demás termocoples.

Las observaciones típicas están demostradas ahí abajo.

Temperatura ambiente 19.5°C
Termocople Tipo J (negro-blanco)

Temperatura Medida °C	Parámetro observado mV	Valor parámetro actual mV
0.0	-46.6	-1.165
100	169.0	4.225

Temperatura ambiente 19.5°C
Termocople Tipo J (negro-blanco)

Temperatura medida °C	Parámetro observado mV	Valor parámetro actual mV
0.0	-37.2	-0.930
100	137.2	3.430

Se puede observar que bajo condiciones experimentales idénticas, los tres tipos de termocoples generan diferentes voltajes. Esto se debe a los diferentes tipos de materiales utilizados para su fabricación. Los materiales están especificados por normas internacionales (y normas locales) por lo tanto cada tipo de termocople posee características conocidas y repetibles. Los materiales utilizados están detallados en la parte de la Información útil, en página 12.

5 EFECTO TERMO ELECTRICO SEEBECK.

INTRODUCCIÓN

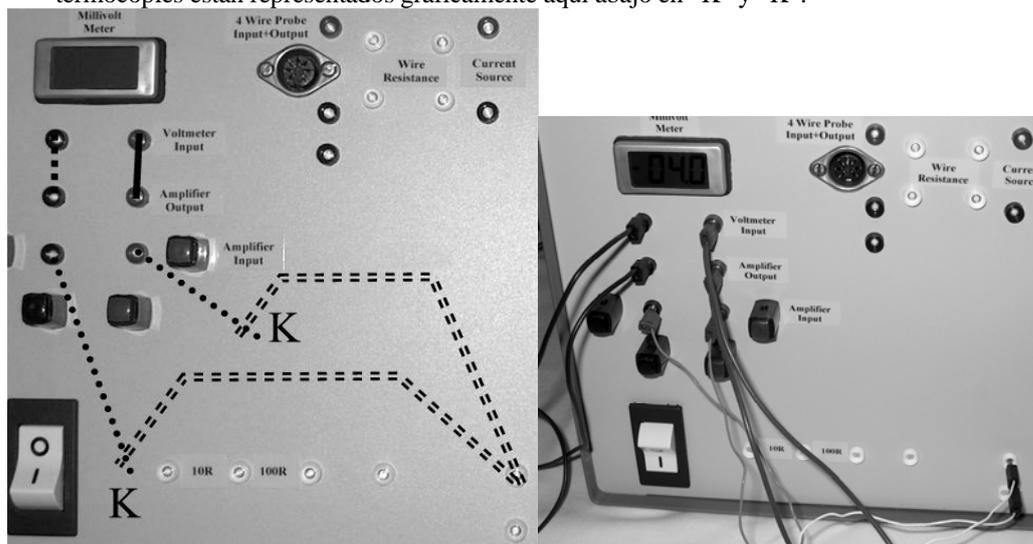
Tras haber demostrado en el experimento n° 4 que el empalme entre metales distintos puede utilizarse para generar una señal de voltaje cuando esta calentado, el siguiente experimento introduce un segundo empalme y su efecto sobre el voltaje generado.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Seleccionar DOS de los termocoples de tipo K (alambre de aislamiento verde y blanco).

- Llenar parcialmente el termo con agua pura
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua de la misma fuente que el termo. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento. El objetivo en este caso es asegurarse, lo mas posible que el agua en ambos recipientes es casi igual.
- Conectar los dos termocoples como indicado aquí abajo, asegurándose que las dos clavijas NEGRAS del termocople están insertadas en **enchufes blancos (18)** que no están conectados. Eso forma una unión eléctrica de los metales similares de los dos termocoples. Estos termocoples están representados gráficamente aquí abajo en “K” y “K”.



- Conectar las dos clavijas ROJAS de los termocoples en los enchufes rojos y negros del **amplificador**. Conectar la **salida del amplificador** en la **entrada del voltímetro** utilizando un cable de conexión rojo y negro (de nuevo rojo con rojo y negro con negro) como indicado arriba. Girar completamente el **interruptor principal (1)**.
- Colocar los DOS termocoples en el termo y agitarlo despacio. Observe la pantalla del medidor de mili voltios, la cual debería estar cerca de 00.0.

Un valor muestra de laboratorio es -4.1mV.

Dividir el factor de ganancia del amplificador de 40 muestra que la señal actual es -0.01mV. Eso se puede deber a la compensación del amplificador, las diferencias de termocople así como los enchufes de conexión de temperaturas.

El factor más importante es cuando los empalmes de los termocoples están a la misma temperatura, el voltaje generado es CERO.

- Ponga un termocople en el tazón de acero inoxidable sobre la placa caliente con un termómetro de cristal. Encienda la placa calentadora (25) y programe la temperatura sobre aproximadamente 150°C.
- Observa la lectura de la temperatura y del mili voltímetro. Note que dependiendo de la posición, la señal del mili voltios puede incrementarse (+) ó disminuir (-). Esto no tiene importancia en este experimento y sirve para ilustrar un hecho importante en una situación a largo plazo.
- Permita que la temperatura alcance un valor significativo (70-80°C) y apague la placa calentadora. Deje estabilizar la señal del mili voltios y la temperatura.

Un ejemplo de valor es 75°C y 103mV

- Ahora coloque el termocople que ha sido sumergido en el agua e el termo, en agua caliente con el otro termocople. Inmediatamente la señal del medidor de mili voltios se acercará al cero.

Un valor típico para los 75°C, es superior a -2.0mV

- Ahora invierta la posición de los termocoples (termocople del tazón en el termo de agua fría). **Nos daremos cuenta que la señal del mili voltios se acercará al valor opuesto a su valor original.**

El experimento demuestra que dos cruces de termocoples, conectados como indicados, puede usarse para demostrar *diferencias de temperaturas*.

- El factor puede demostrarse aun más, cambiando la posición de las clavijas del termocople. En el caso presente las dos clavijas de color negro están conectadas juntas, y las dos rojas están conectadas al amplificador.
Desconecta las clavijas negras y conecta las clavijas en el enchufe color blanco.
Después conecta las dos clavijas de color negro en los enchufes de entrada del amplificador.
La señal en el medidor de mili voltios será similar en su magnitud y puede ser ó no, contraria, dependiendo de la posición de las dos clavijas negras. Esto se puede comprobar colocando al reverse la posición de las dos clavijas negras.
- Si el tiempo lo permite, se puede repetir este experimento con los termocoples de tipo T y/ó de tipo J, entregados con la unidad.

6 USO DE UN CRUCE DE REFERENCIA DE PUNTO DE HIELO CON UN TERMOCOPLE

INTRODUCCIÓN

Tras haber demostrado en el experimento n° 5 que el empalme entre metales distintos puede utilizarse para medir los efectos de la *diferencia de temperatura* entre termocoples, este experimento introduce el concepto del cruce de referencia.

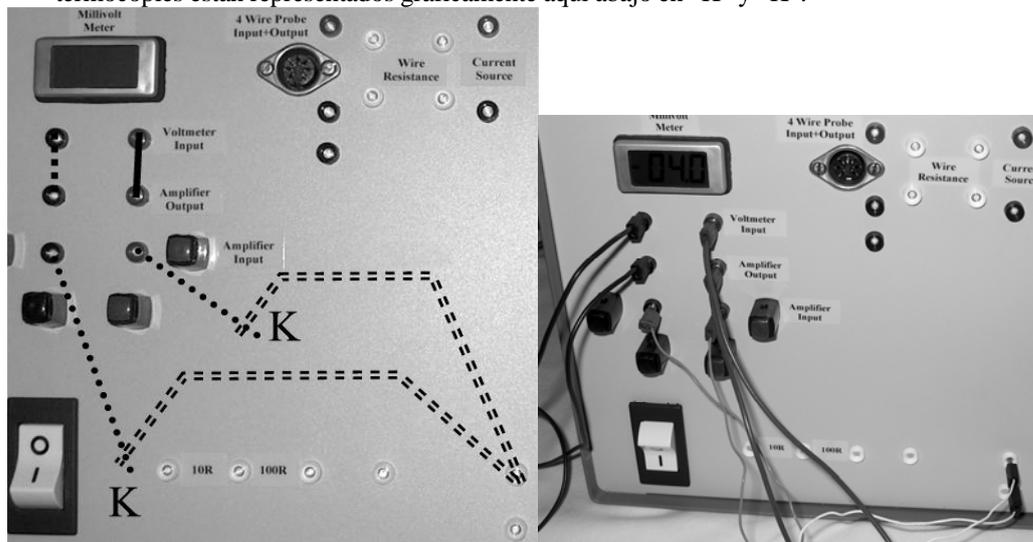
Si uno de los cruces de termocople es mantenido a una temperatura constante (ó una temperatura de referencia) por algún medio, entonces el voltaje generado puede ser utilizado en conjunto con las tablas para medir la temperatura de otro cruce.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Seleccionar DOS de los termocoples de tipo K (alambre de aislamiento verde y blanco).

- Llenar parcialmente el termo con agua pura y hielo
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua de la misma fuente que el termo. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Conectar los dos termocoples como indicado aquí abajo, asegurándose que las dos clavijas NEGRAS del termocople están insertadas en **enchufes blancos (18)** que no están conectados. Eso forma una unión eléctrica de los metales similares de los dos termocoples. Estos termocoples están representados gráficamente aquí abajo en “K” y “K”.



- Conectar las dos clavijas rojas (cable verde) de los termocoples en los enchufes de color rojo y negro del **Amplificador**. Conectar la **salida del amplificador** en la **entrada del voltímetro** utilizando un cable de conexión rojo y negro (de nuevo rojo con rojo y negro con negro) como indicado arriba. Girar completamente el **interruptor principal (1)**.
- Ponga uno de los termocoples en el termo y un segundo en el agua del tazón. Observa la pantalla del medidor de mili voltios. Si se indica en pantalla un valor NEGATIVO, entonces se debe invertir la posición de los dos termocoples. Debido a la mezcla de hielo-agua en el tazón, se sabe que uno de los cruces es mantenido constante sur 0°C.
- Ponga el termómetro de cristal en el frasco de agua caliente y anote la temperatura así como la señal del medidor de mili voltios.
- Ahora programar el controlador de temperatura sobre la placa calentadora sobre 150°C aproximadamente y observar y anotar las mediciones del termómetro y medidor de mili voltios a intervalos regulares hasta que el agua hierva.

Resultados típicos están mostrados en la página siguiente.

Las diferencias entre los valores pueden ser atribuidas a errores del termómetro y del termocople. Para un termocople típico de tipo K puede ser de 3°C.

Si el tiempo lo permite, el experimento puede repetirse usando el par de termocoples de tipo T y termocoples de tipo J con referencia a las tablas correspondientes ubicadas en las páginas 63 y 64.

7 LA LEY DE METALES INTERMEDIARIOS Y TEMPERATURAS INTERMEDIARIAS ASOCIADOS CON TERMOCOPLES

INTRODUCCIÓN

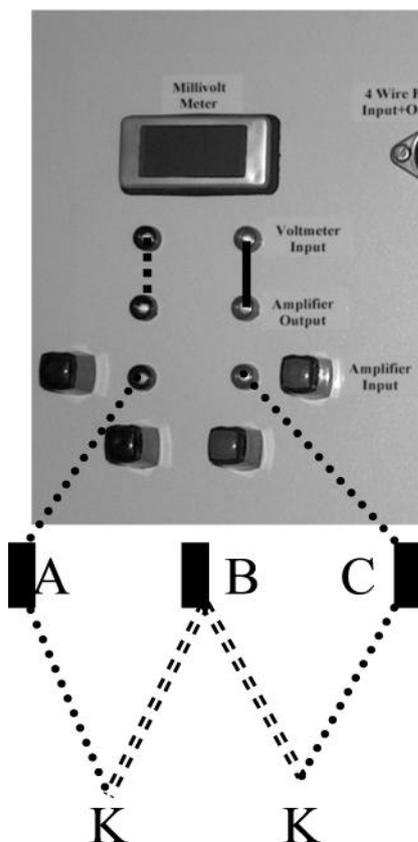
Tras haber demostrado en el experimento n° 6 que se puede utilizar un segundo cruce de termocople en una mezcla de hielo-agua, para medir directamente la temperatura de un segundo cruce conectado, los siguientes procedimientos demuestran como se pueden introducir errores debido a los cruces adicionales y las diferencias de temperatura, que pueden ser no aparentes.

Procedimiento Experimental Demostrando Metales Intermediarios

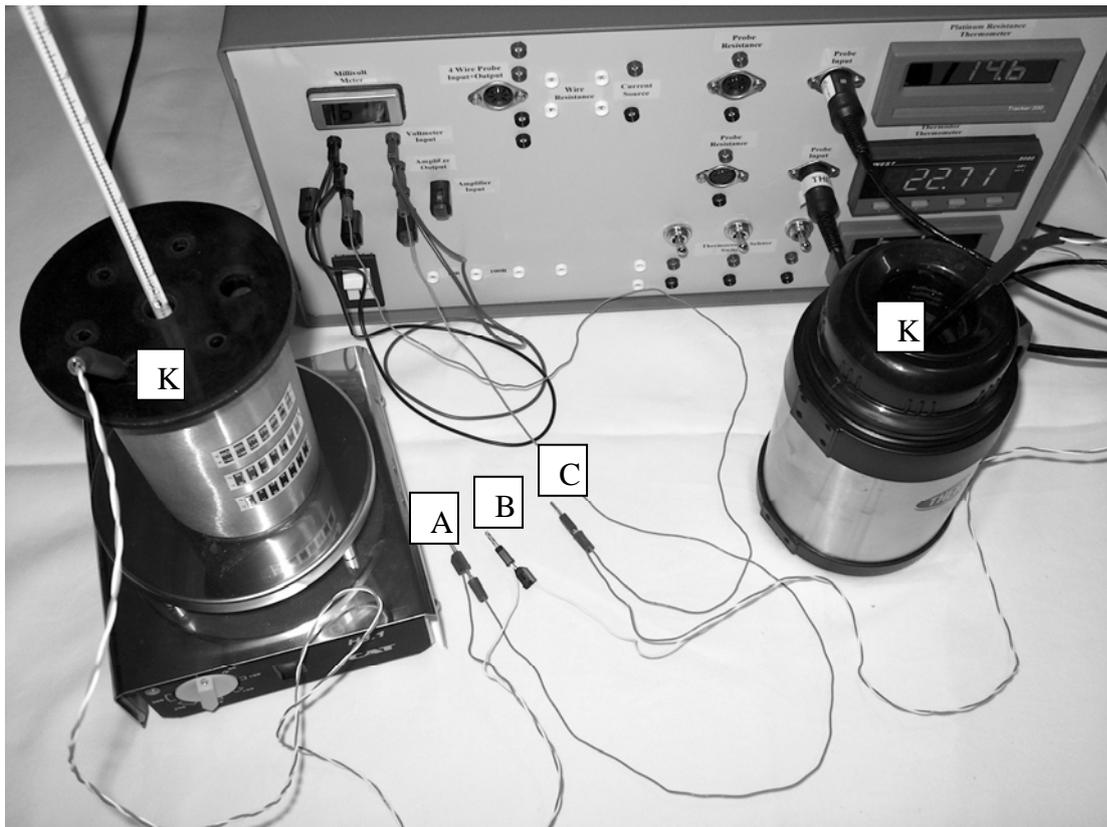
Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Seleccionar DOS de los termocoples de tipo K (alambre de aislamiento verde y blanco)

- Llenar parcialmente el termo con agua pura y hielo
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua de la misma fuente que el termo. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Conecta los dos cables blancos de los termocoples como indicada abajo, asegurándose que las clavijas NEGRAS están conectadas juntas (ver cruce B abajo) pero en este caso, no poner las enchufar las clavijas negras en los enchufes blancos simulados. Conectar los alambres de color verde en las dos extensiones verdes de termocople (Clavija roja sobre clavija roja, cruce A y B abajo).

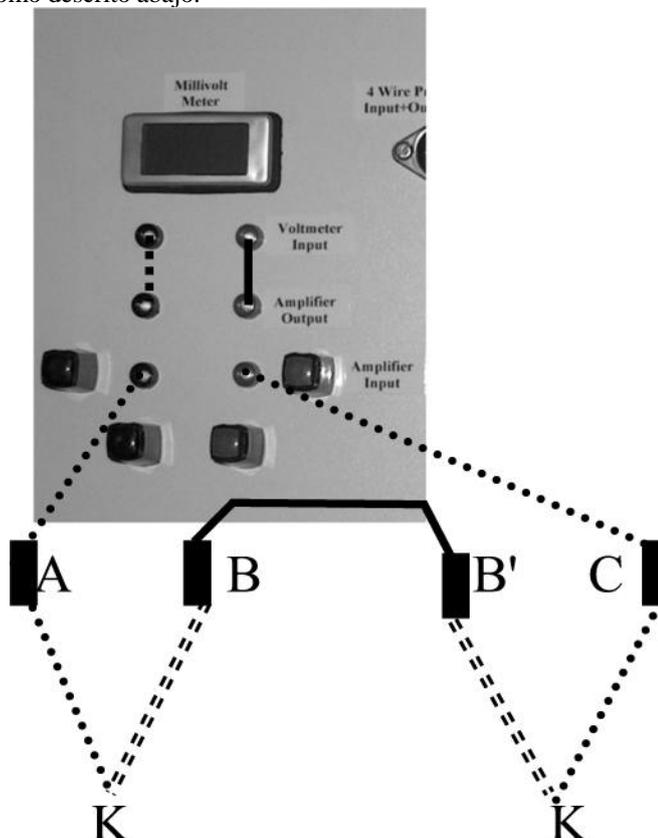


- Conectar las dos clavijas rojas de los termocoples en los enchufes de color rojo y negro del **Amplificador**. Conectar la **salida del amplificador** en la **entrada del voltímetro** utilizando un cable de conexión rojo y negro (de nuevo rojo con rojo y negro con negro) como indicado arriba. Girar completamente el **interruptor principal (1)**. El conjunto final se parecerá a la foto de la siguiente página.



- Los cruces de termocoples están mostrados en el diagrama como K. Ponga un termocople en el termo con hielo y agua, y el segundo en el tazón con agua caliente. Encienda la **placa calentadora (25)** y programar la temperatura sobre 200°C aproximadamente (también, el agua puede ser precalentada antes de colocarse en el tazón) y permite que el agua alcance el punto de ebullición y entonces disminuya la temperatura en 125°C **para mantener una ebullición contante pero sin generación excesiva de vapor.**
- Observa la señal de mili voltios en el medidor. Esté debería ser alrededor de los 163mV con el hielo-agua y agua hirviendo. Si la señal es negativa, se debe invertir la posición de los cables verdes del termocople en los enchufes del **amplificador.**
- Sumergir los cruces A, B, ó C en la mezcla de hielo-agua ó en el agua hirviendo. Se debería observar muy poca o ninguna variación de la señal de mili voltios. Ahora vuelve las conexiones A, B y C en el banco y permita que regrese a temperatura ambiente.

- Ahora rompa el cruce B (entre los cables blancos) y reúnalos utilizando una conexión ROJA y NEGRA, como descrito abajo.



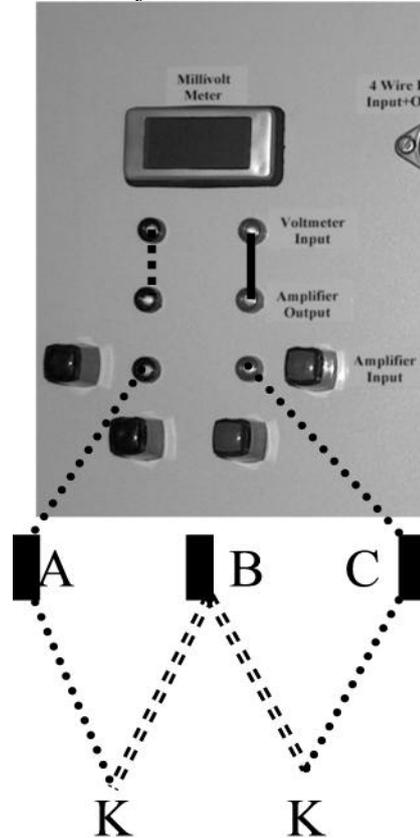
- Observe que al proveer los nuevos cruces, B y B' se quedan a la misma temperatura (aire ambiente) entonces no existe o casi ningún cambio de señal de mili voltios (aproximadamente 163mV).
- Coloca la unión B' en la mezcla de hielo-agua y observa el cambio de señal en el medidor de mili voltios. **Debe ser aproximadamente de 148mV.**
- Coloca la unión B en el agua hirviendo y observa el cambio de señal del medidor de mili voltios. **Debe ser aproximadamente de 81mV.**

Este experimento ilustra la importancia de mantener cualquier cruce de metales adicionales en un circuito de termocople en la misma temperatura. Las uniones en B y B' están de hecho compuestas de TRES materiales distintos. El metal de tipo K esta conectado a una clavija de latón y las clavija de latón del cable de conexión está conectada a un cable de cobre. Para facilitar la conexión, de hecho todos los termocoples entregados con la unidad están conectados a clavijas de latón lo cual introduce un cruce distinto en cada enchufe. Esto se puede ilustrar mas adelante si AMBAS conexiones B y B' están colocadas ó en la mezcla de hielo-agua ó de agua hirviendo. Deberíamos observar que la señal de mili voltios regresa sobre aproximadamente 163mV, la señal original antes de la introducción del cable de conexión de cobre.

En la mayor parte de los instrumentos con termocoples, las clavijas de conexión que tienen partes de unión de la misma materia que se utiliza para los termocoples, se utilizan para conectar los termocoples al instrumento. Esto remueve de manera efectiva los efectos causados por distintos materiales y diferencias de temperatura. Generalmente estas clavijas y enchufes serán codificados con colores para asegurarse que están empleados con el tipo de termocople correcto.

Para demostrar la Ley de Temperaturas Intermediarias

- Retire el cable de conexión entre el cruce B y B' y re-conecta los cables blancos de los dos termocoples, como indicado ahí abajo.



- Conserva los termocoples K y K en sus respectivas posiciones en la mezcla de Hielo-agua y en agua hirviendo.
- Tome el termocople de la mezcla hielo-agua y guárdelo en sus manos hasta que el medidor de mili voltios sea constante.

Tome nota del valor, el cual es **típicamente cerca de los 106mV. El calor de la sangre es de 37°C aproximadamente.**

- Entonces reemplaza el termocople en el hielo-agua y permita que el medidor de mili voltios retorne sobre 163mV.
- Ahora, quite el otro termocople del agua hirviendo. **PERMITE QUE SE ENFRIE LIGERAMENTE** y póngalo en su mano como antes, hasta que la medición del mili voltios sea constante.

Tome nota del valor el cual es **típicamente cerca de los 56 mV. El calor de la sangre es de 37°C aproximadamente.**

Nota que la suma de los dos voltajes es alrededor de 163mV, señal original con los termocoples en el hielo-agua y el agua hirviendo.

Las variaciones se deben a errores del termocople, errores del amplificador y efectos de enfriamiento/calentamiento al momento de sostener los termocoples.

El experimento ilustra que si se CONOCE una temperatura de unión, es posible agregar ó sustraer la señal electrónica resultando de esta temperatura, para determinar la temperatura medida. Este método es utilizado con algunos instrumentos termocoples que muestra directamente la temperatura.

8 USO DE UNA LECTURA DIRECTA, INDICADOR DE TERMOCOPLE COMPENSADO INTERNO.

INTRODUCCIÓN

Con el experimento n° 7, se observa que conociendo la temperatura de una de las uniones, se puede utilizar para compensar la unión de medición introducida. En la mayor parte de los termocoples indicadores de temperatura comerciales, este hecho se utiliza para eliminar el punto de referencia de hielo.

El termocople utilizado esta directamente conectado a las terminales del instrumento (ó por medio de una clavija y enchufe de termocople) y un sensor de temperatura absoluta (lectura directa) mide la temperatura de las terminales de conexión del termocople. Está temperatura se utiliza para compensar electrónicamente el cruce de temperatura (del punto de conexión del termocople) y el medidor indica directamente la temperatura del cruce.

La precisión de este tipo de indicador depende directamente de la precisión del sensor de compensación de temperatura y también de de la precisión de los componentes electrónicos internos. En caso de existir algunos cruces de metales distintos adicionales entre el instrumento y el punto de conexión del termocople entonces las diferencias de temperatura aquí también contribuirán a los errores.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Seleccionar UNO de los termocoples de tipo K (alambre de aislamiento verde y blanco)

- Llenar parcialmente el termo con agua pura y hielo
- Mientras tanto llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua de la misma fuente que el termo. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Conecta el termocople de tipo K sobre uno de los pares (rojo y negro) de las **clavijas de sensores de termocople (17)** debajo de uno de los selectores circulares.
- Encienda el **interruptor principal (25)** pulsa el interruptor selector arriba del termocople en uso. El **termómetro de termocople de tipo k (16)** dará directamente la temperatura del termocople.
- Ponga el termocople en la mezcla de hielo-agua y observa la temperatura indicada, la cual debería estar cerca de 0°C. Errores serán introducidos a causa del interruptor selector así como del cableado interno, si existen diferencias internas/externas de temperatura.
- Coloca el termocople en el tazón de acero inoxidable e inserta un termómetro de cristal. Encienda la **placa calentadora (25)** y programe la temperatura aproximadamente en 120-150°C.
- A intervalos regulares anotar la temperatura del termómetro y la temperatura en pantalla del indicador digital. Puede haber errores causados por los interruptores giratorios y el cableado interno, si existen diferencias internas/externas. Además, la precisión del termómetro solo será de 2-3°C aproximadamente.

El indicador de temperatura digital tiene varias ventajas sobre el termómetro y otros dispositivos de lectura directa.

1. Se puede colocar remotamente del sensor de temperatura.
2. Se puede instalar con un relay de alarma (ó relays) para apagar algo (ó encender algo) en el caso de alcanzar un cierto limite.
3. Ciertos modelos permiten re-transmitir una señal hacia un sistema de almacenamiento de datos. Un sistema de adquisición de datos es disponible para la unidad H981, tal como el HC981A Sistema de Adquisición de Datos Computarizado.
4. Los dispositivos pueden tener mecanismos que detectaran un eventual termocople dañado. Por ejemplo, si un interruptor arriba del sensor del termocople está LEVANTADO, entonces se desconectará el termocople. La pantalla digital indicará un mensaje de error hasta que el interruptor sea PRESIONADO.

El indicador de temperatura digital tiene ciertas desventajas.

1. Dependiendo de la posición del indicador, los mecanismos internos que producen el calor, pueden calentar artificialmente el sensor de temperatura absoluta e introducir errores de compensaciones.
2. La fuente de poder interna y el sensor de temperatura pueden causar un calentamiento y una deriva, con el tiempo.

Toma nota que el **Termómetro del termocople tipo K (16)** esta programado para utilizarse con el termocople de tipo K UNICAMENTE.

Si unos de los termocoples de tipo T y uno de tipo J están conectados a los **enchufes de sensor de termocoples** (17) restantes y que los interruptores giratorios están utilizados individualmente para seleccionar los termocoples, podremos observar las diferencias. Para obtener una ilustración gráfica, coloca los termocoples de forma alterna en la mezcla hielo-agua (0°C) luego en el agua hirviendo (100°C) y tome nota de la temperatura indicada por la pantalla digital.

Los errores se deberán a la diferencia de voltaje generado por los diferentes tipos de termocoples. Hacer referencia al experimento No. 4 y página 24.

9 CALIBRACION DE VOLTAJE DE DIFERENTES TIPOS DE TERMOCOPLES USANDO UNA REFERENCIA AGUA-HIELO

INTRODUCCIÓN

La escala de temperatura es esencialmente arbitraria y solo puede relacionarse con un rango de puntos fijos. La escala Internacional de Temperatura T90 también está relacionada con una serie de puntos fijos. Hacer referencia al experimento No 1 en página 14.

Uno de los métodos más precisos para medir la temperatura, y un método utilizado en la definición de la escala Internacional de Temperatura T90 es el sensor de temperatura de resistencia de platino. Un ejemplo está incluido en la consola de instrumentación. Ver **Termómetro de Resistencia de Platino (12)**. La manera de funcionar de este mecanismo será investigado en una etapa posterior. Para los fines del experimento se considerará la sonda de temperatura de resistencia de platino como el instrumento de referencia.

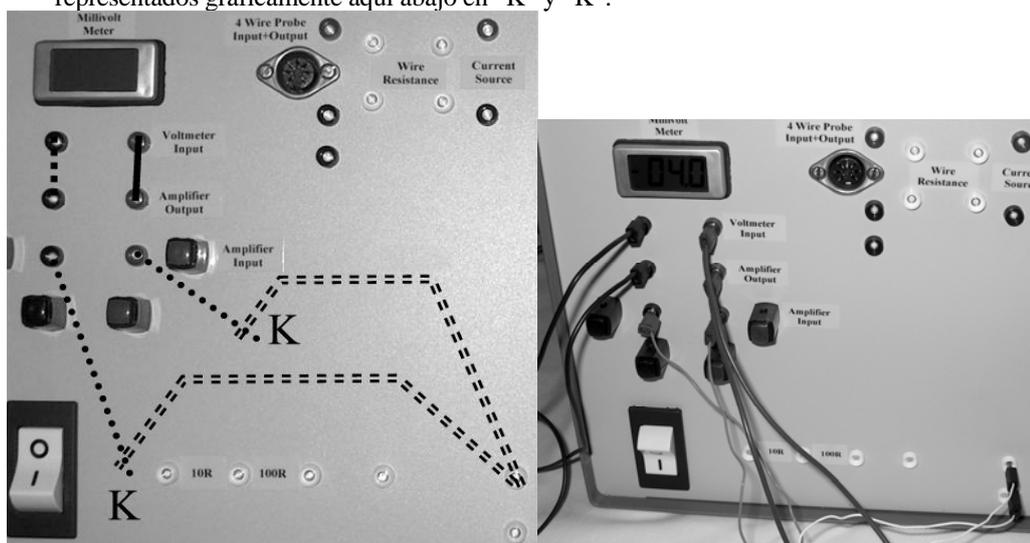
En el caso de que el instrumento utilizado para medir la salida del termocople tiene una impedancia alta también significará que, debido al bajo flujo de corriente en el circuito, el efecto de la resistencia también será mínimo. En consecuencia el instrumento puede utilizarse con alambre extra largos con error mínima. Esto también puede demostrarse en los procedimientos siguientes.

Procedimiento Experimental

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Seleccionar UNO de los termocoples de tipo K (alambre de aislamiento verde y blanco)

- Llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua de la misma fuente que el termo. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Conecta los termocoples como indicado abajo, asegurándose que ambas clavijas negras (cable blanco) están insertadas en uno de los **enchufes blancos (18)**, que no están conectados. Esto forma una junta eléctrica de metales similares de los dos termocoples. Estos termocoples están representados gráficamente aquí abajo en “K” y “K”.



- Conectar las dos clavijas rojas (cable verde) de los termocoples en los enchufes de color rojo y negro del **Amplificador**. Conectar la **salida del amplificador** en la **entrada del voltímetro** utilizando un cable de conexión rojo y negro (de nuevo rojo con rojo y negro con negro) como indicado arriba. Girar completamente el **interruptor principal (1)**.
- Ponga uno de los termocoples en el termo y un segundo en el agua del tazón. Observa la pantalla del medidor de mili voltios. Si se indica en pantalla un valor NEGATIVO, entonces se debe

10 EL EFECTO DEL CABLE DE RESISTENCIA Y LA IMPEDANCIA DEL VOLTIMETRO SOBRE MEDIDAS DEL TERMOCOPLE

INTRODUCCIÓN

El **termómetro del termocople de tipo K (16)**, el medidor de **mili voltios (6)** y el **amplificador (3)** de la unidad H981 tienen todos una impedancia alta (alta resistencia eléctrica). Siguiendo la ley de Ohm

$$Amps = \frac{Voltios}{Resistencia}$$

si la Resistencia es muy elevada, entonces la corriente que llega al

circuito por la unión del termocople será muy baja.

La unión del termocople genera un voltaje muy pequeño y su capacidad de producción de corriente es aun mas baja. En consecuencia si el instrumento de medición utilizado tiene una baja impedancia, generará errores. El efecto de un instrumento de baja impedancia ilustrará los procedimientos siguientes.

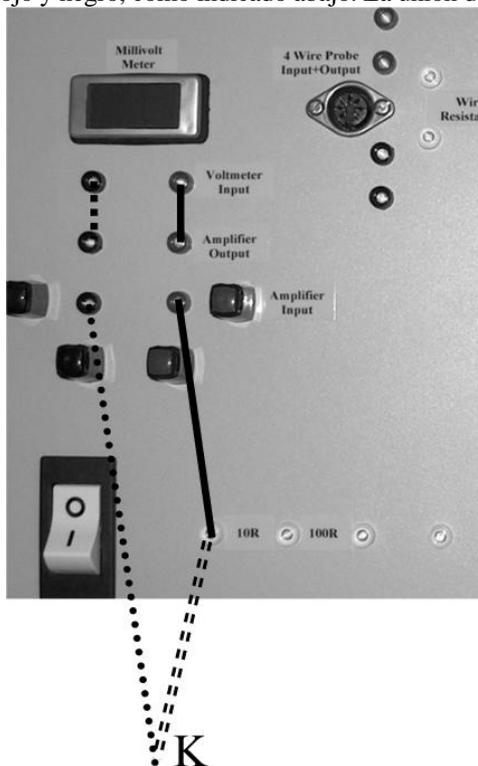
Si la impedancia del medidor es alta, entonces la corriente en el circuito del termocople es baja y entonces el efecto del largo del cable del termocople será mínimo.

Procedimiento Experimental para demostrar el efecto de la Resistencia sobre un instrumento de ALTA impedancia

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

Selecciona uno de los termocoples tipo K

- Llenar a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura. Póngalo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el calentador en este momento.
- Inserta la clavija negra del termocople de tipo K en el enchufe negro del **Amplificador**. Conecta la clavija roja del termocople de tipo K en el enchufe blanco izquierdo de las **resistencias (19)**. Une la clavija roja del termocople en el enchufe rojo del **amplificador (3)**.
- Conecta la **salida del Amplificador (4)** en la **entrada del medidor de mili voltios (5)** utilizando un cable rojo y negro, como indicado abajo. La unión del termocople esta en K.

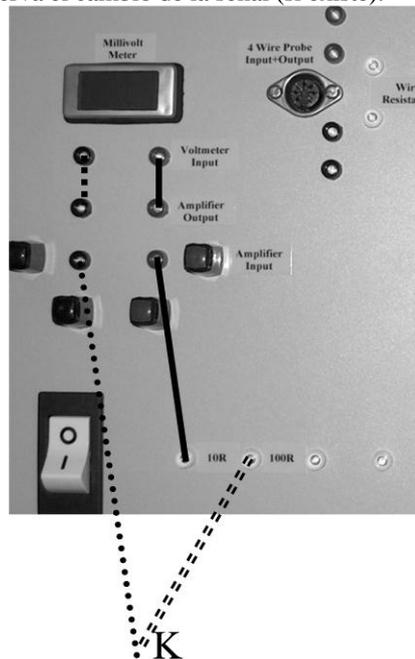


- Coloca el termocople en el agua del tazón. Finalmente encienda el **interruptor principal (1)**.

- Encienda la **placa calentadora (25)** y fija la temperatura en aproximadamente 200°C (el agua puede ser pre calentada antes de ponerla en el tazón) y permita que el agua alcance el punto de ebullición, entonces disminuya la temperatura en 125°C **para mantener una ebullición constante pero sin generación excesiva de vapor.**
- Observaremos que el termocople genera un voltaje que depende de la temperatura del agua y de la temperatura ambiente (ya que no hay unión de referencia de hielo-agua).

En un experimento de 128.2mV

- Después mueva la clavija roja del termocople a la derecha del etiquetado 10R pero deja el cable de conexión rojo en el enchufe a la izquierda de la etiqueta 10R. Esto agrega 10 Ohm en series con el termocople. Observa el cambio de la señal (si existe).



En un experimento de 127.4mV

- Mueva la clavija roja del termocople a la derecha del 100R y anota la lectura y después con el 1000R y de Nuevo toma nota de la lectura.

Ejemplos de resultados están mostrados abajo.

Resistencia Efectiva de Series Ohm	Señal en pantalla mV (x40)
0	128.2
10	127.4
110	126.9
1110	125.9

Como se puede ver la diferencia máxima en la señal observada por el medidor de mili voltios (6) era

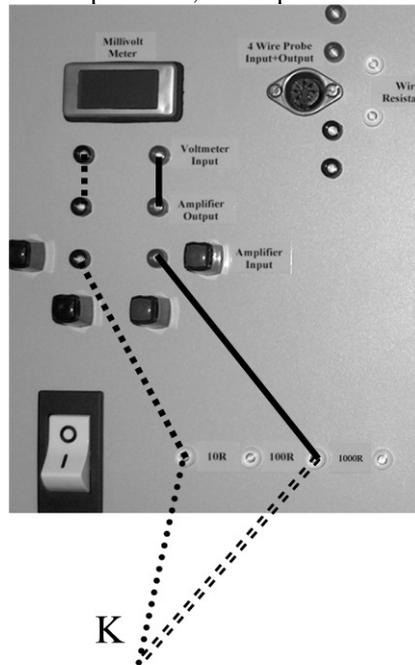
$$128.2 - 125.9 = 2.3\text{mV}$$

Como esto es una señal amplificada (x40) el efecto actual era

$$\frac{2.3}{40} = 0.057\text{mA}$$

El experimento puede repetirse con el termocople puesto en uno de las **clavijas de sensor de termocople (17)** de nuevo introduciendo las resistencias en serie, como antes. El efecto neto en la temperatura medida será mínimo.

- Mantenga el agua en el punto de ebullición y mueva el termocople y las uniones para que las resistencias de 10R y 100R estén en paralelo como indicado abajo. Esto da de manera efectiva a la entrada del amplificador, una impedancia de 110R.



- Ahora observa la señal del **medidor de mili voltios (6)**.

En un experimento de 121.0 mV

- Finalmente, de manera similar, re-organiza el termocople para que solo haya 10R en paralelo y observa la señal del medidor de **mili voltios (6)**.

En un experimento de 84.0mV

- Si el tiempo lo permite el termocople puede conectarse directamente a la entrada del amplificador para confirmar la señal sin resistencia paralela.

En un experimento de 127.5mV

Resumiendo la muestra de resultados.

Resistencia Paralela Efectiva (Entrada Impedancia) Ohm	Señal en pantalla mV (x40)
MUY alto (Sin Resistencia Paralela)	127.5
1110R	127.5
110R	121.0
10R	84.0

Veremos que a medida que la medición de la impedancia efectiva se reduce, los errores se incrementan.

Si el tiempo lo permite se puede repetir el experimento con el termocople en uno de las **clavijas de sensor de termocople (17)**, de nuevo reduciendo las resistencias en paralelo, como antes. El efecto será similar sobre la temperatura indicada. Debido a que la impedancia efectiva es reducida (debido a la resistencia paralela) los se incrementarán.

11 CONEXION DE TERMOCOPLES EN PARALELO PARA PROMEDIAR TEMPERATURAS MEDIDAS Y CONEXION EN SERIES PARA AMPLIFICAR LA SEÑAL

INTRODUCCIÓN

Debido a la naturaleza misma de los termocoples, que actúan como mecanismos generadores de voltaje, es posible conectar múltiples uniones de termocople en series ó paralelo como si fuera baterías individuales ó fuentes de voltajes ideales. Conectando en paralelo el voltaje efectivo representa un promedio de los voltajes individuales.

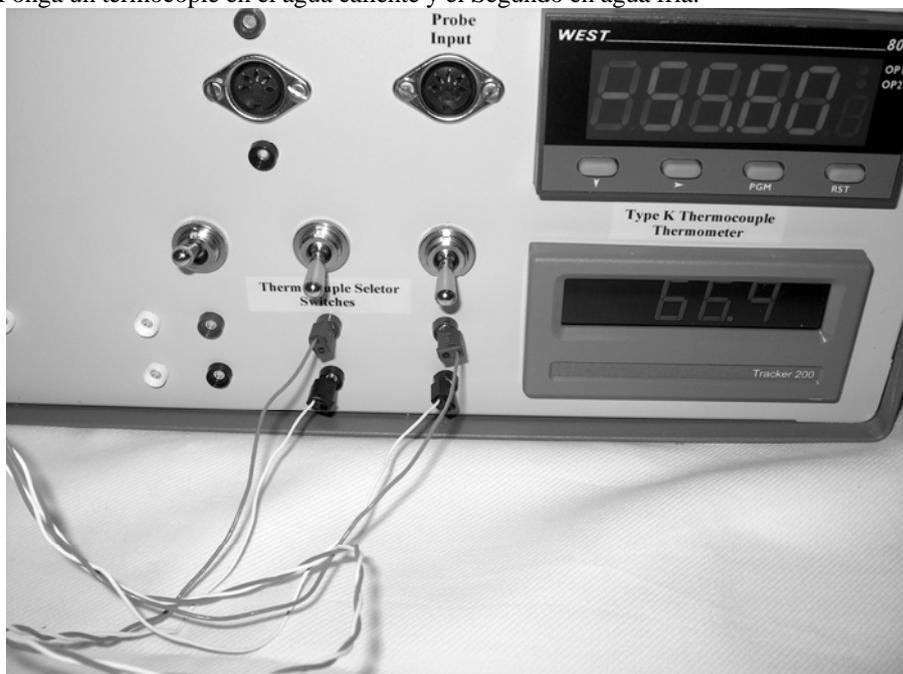
Conectados en series, los voltajes se suman entre ellos, y el total es la suma de los voltajes individuales. En este caso, se amplifica muy poca señal.

Procedimiento Experimental para demostrar el uso de termocoples en paralelo para promediar temperatura

Selecciona dos tipos de termocoples de tipo K

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

- Llena a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua fría pura. Colocar en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el elemento térmico en este momento.
- Calienta agua pura a 70°C aproximadamente y vacíela en el termo.
- Conecta los dos termocoples de tipo K sobre cualquiera de las **clavijas de sensor de termocople (17)**. Clavija roja en enchufe rojo y clavija negra con el enchufe negro. Encienda el **interruptor principal (1)**.
- Ponga un termocople en el agua caliente y el Segundo en agua fría.



- Pulsar los interruptores **INDIVIDUALMENTE** y tomar nota de la temperatura del **termómetro de termocople de tipo K (16)**
- Finalmente, pulsar ambos interruptores juntos y tomar nota de la temperatura indicada.

Muestra de resultados están mostrados en la siguiente página.

Resultados de la Muestra

Termocople Seleccionado	Temperatura Indicada °C
Caliente	64.5
Frio	9.8
Ambos	37.4

Examinando la información de arriba, matemáticamente

$$\begin{aligned} \text{Promedio} &= \frac{64.5 + 9.8}{2} \\ &= 37.15 \end{aligned}$$

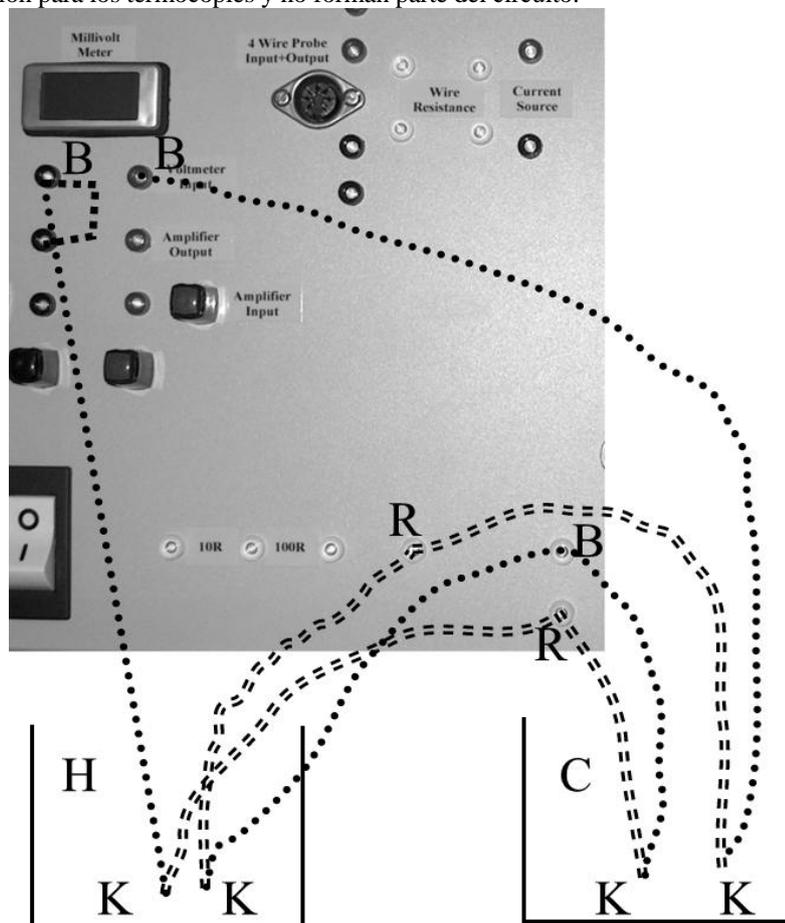
Como podemos ver el valor en pantalla de 37.4 esta cerca del promedio numérico de of 37.15

Procedimiento experimental para demostrar el uso de termocoples en paralelo para promediar la temperatura

Selecciona cuatro termocoples de tipo K (dos puntas protegidas y dos puntas expuestas).

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

- El procedimiento de conexión de termocoples en serie es compleja y se ilustra de mejor manera gráficamente, tal como se muestra abajo. Se usan las clavijas blancas solo para puntos de conexión para los termocoples y no forman parte del circuito.



- Las clavijas negras de los termocople están indicadas como B, y las clavijas rojas como R. Las uniones de termocoples aparecen como K. El par de termocoples indicados como H están en el tazón de acero inoxidable sobre la **placa calentadora (25)** y el par mostrado como C están en el termo. Asegúrese que el cable de conexión negro se utiliza para unir la clavija negra de **entrada del medidor de mili voltios (5)** al enchufe negro de **salida del amplificador (4)** como mostrado.
- Llena el termo con hielo-agua pura y a 2/3 el tazón de acero con agua pura y póngalo sobre la **placa calentadora (25)**. Encienda el **interruptor principal (1)** y observa el **medidor de mili voltios (6)**. Si en pantalla en resultado es negativo, invierta la posición de las dos clavijas negras en los enchufes de entrada del **medidor de mili voltios (5)**.
- Encienda la **placa calentadora (25)** y fija la temperatura sobre aproximadamente 200°C (el agua puede ser pre calentada antes de ponerla en el tazón) y permita que el agua alcance el punto de ebullición, entonces disminuya la temperatura en 125°C **para mantener una ebullición contante pero sin generación excesiva de vapor.**



- Cuando el agua del tazón esté hirviendo, observa la pantalla del medidor de mili voltios.

En un experimento de 8.1mV.

- El resultado en este caso es sin amplificador y entonces la señal es como se muestra. La señal es el resultado de DOS pares de uniones de termocoples en hielo-agua y vapor (una diferencia de temperatura de 100°C) y los dos voltajes son aditivos.

La señal por par de termocople es entonces $\frac{8.1}{2} = 4.05mV$

Desde la tabla de termocoples de tipo K en página 62, para un voltaje de 4.05mV la diferencia de temperatura es de 99°C. Los errores son atribuidos a los efectos de las uniones/clavijas de latón que componen los cuatro termocoples.

El efecto puede multiplicarse tantas veces que se quiere, agregando pares de termocoples. El efecto es a menudo utilizado para amplificar muy pequeñas diferencias de temperatura y generalmente se conoce como una *termopila*. El efecto es utilizado para la medición directa de la conductividad térmica de materiales aislados y en varias normas internacionales relacionadas con el método de placa caliente de la medición de conductividad térmica.

12 INVESTIGACIÓN DE LA TASA DE RESPUESTA DE VARIOS TERMOCOPLES Y SENSORES

INTRODUCCIÓN

La tasa de respuesta de los dispositivos de medición de temperatura es a menudo de poca importancia en muchas situaciones. Sin embargo ciertas aplicaciones necesitan respuestas rápidas para capturar el evento ó demostrar una teoría.

Debido a la tasa de respuesta relativamente lenta de los instrumentos digitales en el H981, no es posible investigar temperaturas transitorias muy rápidas. Sin embargo si el HC981A, Adquisición de Datos Computarizada opcional, ha sido comprado, entonces es posible coleccionar los datos a intervalos de un segundo ó más.

Procedimiento experimental para investigar la tasa de respuesta de termocoples y varios aparatos de medición de temperatura.

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua.
- Seleccionar dos de los termocoples cubiertos de tipo K y uno con la punta expuesta. Conecta los termocoples sobre las tres clavijas de sensor de termocoples (17). Coloque uno de los termocoples de punta en la funda de latón del termómetro de presión de vapor. Presionar el interruptor del termocople en la bolsa de latón para que el termómetro del termocople de tipo K (16) indique la temperatura.
- Comienza un cronómetro ya que la bolsa y el termocople es inferior en una mezcla de hielo-agua y toma nota de la temperatura del termocople a intervalos regulares de 3-5 segundos. Cuando el termocople esta estable, repita el procedimiento con la segunda punta de termocople protegida directamente en la mezcla hielo agua (no bolsa de latón). La tasa de respuesta será mucho más rápida. De nuevo, cuando el termocople está estable alcanza una temperatura estable, se podrá repetir el procedimiento utilizando la punta de termocople expuesta. En este caso la tasa de respuesta será probablemente demasiada rápida para gravar la tasa de cambio.

Si el tiempo lo permite se puede repetir este procedimiento utilizando la bolsa de latón pero está vez, con un poco de aceite en la bolsa. Eso acelerará la respuesta. La respuesta de los otros tipos de indicadores de temperatura entregados con la unidad puede investigarse de la misma forma.

13 INVESTIGACIÓN DEL SENSOR DE RESISTENCIA DE PLATINO (PRT), SU CAMBIO DE RESISTENCIA CON LA TEMPERATURA Y LA REFERENCIA PRT ECUACION DE ITS-90

INTRODUCCIÓN

El sensor de temperatura de resistencia de platino ha sido introducido en el experimento No 1 como parte de la escala de temperatura de internacional ITS-90. El sensor de temperatura de resistencia de platino es uno de los dispositivos más precisos para la medición de la temperatura y es a menudo calibrado como propósito de referencia en ingeniería y aplicaciones científicas. El sensor utiliza un pequeño trozo de cable en platino, recortado para tener una Resistencia particular con una temperatura específica. El mecanismo entregado con el H981 es un PT100 que tiene una resistencia de 100 Ohm en 0°C.

El beneficio del componente en platino PT100 es que, arriba y abajo de la temperatura de referencia, el cambio de resistencia es esencialmente lineal.

Procedimiento experimental para la investigación de la resistencia de la sonda PT100.

- Seleccionar e insertar la sonda PT100 en el **enchufe de sonda PRT (7)**.



- Toma el multímetro entregado con la unidad, e inserta la sonda roja en cualquiera de las dos clavijas rojas y la sonda negra en cualquiera de las dos clavijas negras, como indicado arriba.
- Fija el selector del multímetro sobre la escala de resistencia de (Ohm) y un rango para acomodar una resistencia sobre aproximadamente 100 Ohm. Encontraremos una resistencia de casi 100 + Ohm, dependiendo de la temperatura ambiente.
- Llenar a parcialmente el termo de mezcla de hielo-agua pura y a los 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura. Coloca el frasco sobre la **placa calentadora (25)**, enciende el **interruptor principal (1)** y programa la placa calentadora sobre 120°C.
- Colocar el sensor PT100 en la mezcla hielo-agua y observar la resistencia. Anotar la resistencia final cuando la sonda alcanza su nivel más bajo.
- Conectar la sonda del termistor en la **entrada del termómetro del termistor (14)** y entonces poner la sonda en el tazón de acero inoxidable. El termistor es otro tipo de termómetro de resistencia, que será investigado más adelante. Para este experimento será utilizado para determinar la temperatura del agua calentando.
- A intervalos regulares, medir la temperatura del agua y la resistencia del sensor PT100 hasta el punto de ebullición del agua.

Resultados de la Muestra.

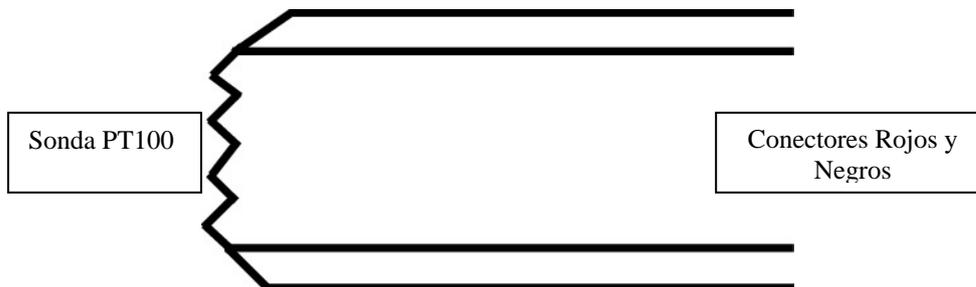
Temperatura Agua, °C	PT100 Resistencia Sonda, Ohm
0.0	100.3
12.5	105.3
19.5	108.3
42.0	117.8
54.0	122.0
72.0	127.6
81.0	132.0
90.0	134.9
97.7	138.0
100.0	138.5

Los datos están representados gráficamente en la siguiente página. Como podemos observar el cambio de resistencia es lineal con la temperatura.

Investigación del cableado interno de la sonda.

La sonda entregada es de tipo PT100 de cuatro cables. La referencia de cuatro cables es el número de conexiones eléctricas al final de la sonda.

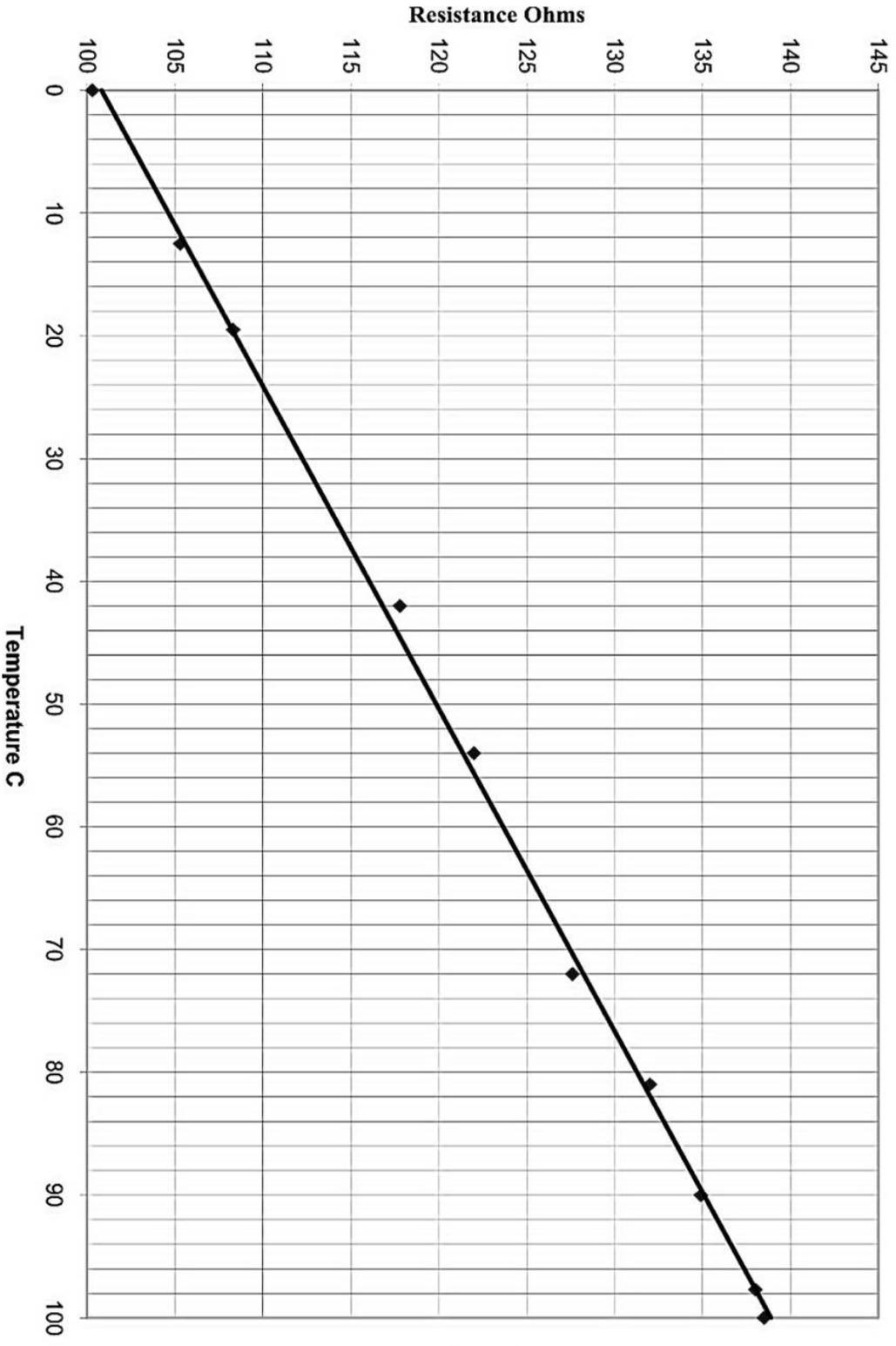
Si movemos las sondas del multímetro entre cualquier de los dos enchufes rojos ó negros sobre la clavija de cuatro cables de la sonda PRT (7), se confirmará el cableado interno, como indicado abajo.



El propósito de este tipo de cableado puede verse en el siguiente procedimiento experimental.

La sonda también puede insertarse en el enchufe adyacente PRT (10) donde solamente dos cables están conectados. De nuevo, la resistencia será similar.

PT100 Resistance , Temperature



14 INVESTIGACION DEL USO DE CONEXION DE SENSOR PRT DE 2, 3 Y 4 CABLES Y LOS EFECTOS DE ERROR DEL CABLE DE LA RESISTENCIA.

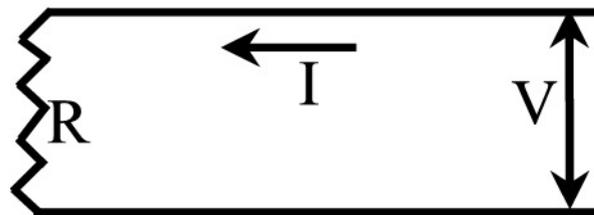
INTRODUCCIÓN

El cambio linear de Resistencia de la sonda de temperatura de Resistencia de platino ha sido investigado en el procedimiento experimental No13.

Una de las maneras de utilizarlo para una medición de temperatura directa es con el uso de la Ley de Ohm.

$$\text{Voltios} = \text{Amps} \times \text{Resistencia}$$

$$V = I \times R$$



El voltaje pasando por cualquier Resistencia puede calcularse si se conoce la corriente y la resistencia.

De manera similar, si una corriente pasa por la resistencia y si medimos el voltaje, entonces podemos calcular la resistencia gracias a la Ley de Ohm.

Si la resistencia es el sensor PT100, entonces se puede utilizar este método para determinar la resistencia.

Una vez conocida la resistencia, podemos utilizarla para determinar la temperatura del sensor PT100.

Si los cables conectando la fuente de energía a la resistencia (ó el sensor PT100) no tienen una resistencia medible, entonces el voltaje generado a lo largo de la resistencia, puede ser medido en cualquier punto distante de la resistencia.

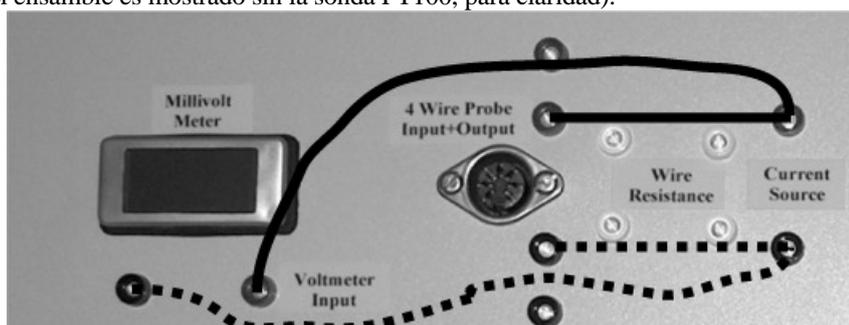
Procedimiento experimental para la investigación de las conexiones de sensor PT100 de 2,3 y 4 cables.

Asegúrese que el usuario haya leído y entendido el Procedimiento de Uso en página 11 así como las Precauciones y Advertencias en página 10.

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua.
- Llenar el tazón a 2/3 con agua pura. Colócalo sobre la **placa calentadora (25)** pero no encienda el elemento térmico en este momento.
- Seleccionar la sonda PT100 e insertarla en la **clavija de sonda PRT (7)**.
- Toma un cable de conexión rojo y conecta la clavija roja de la **fuentes de corriente constante (9)** con uno de las **clavijas de sonda PRT (7)**. Toma un cable negro y conéctalo de la misma manera.

Tomar un segundo cable de conexión rojo e unir la clavija roja de la **entrada del medidor de mili voltios (5)** a la clavija roja de la **fuentes de corriente constante (9)**. Tomar un segundo cable de conexión negro y unir la clavija negra de la entrada del **medidor de mili voltios (5)** a la clavija negra de la **fuentes de corriente constante (9)**.

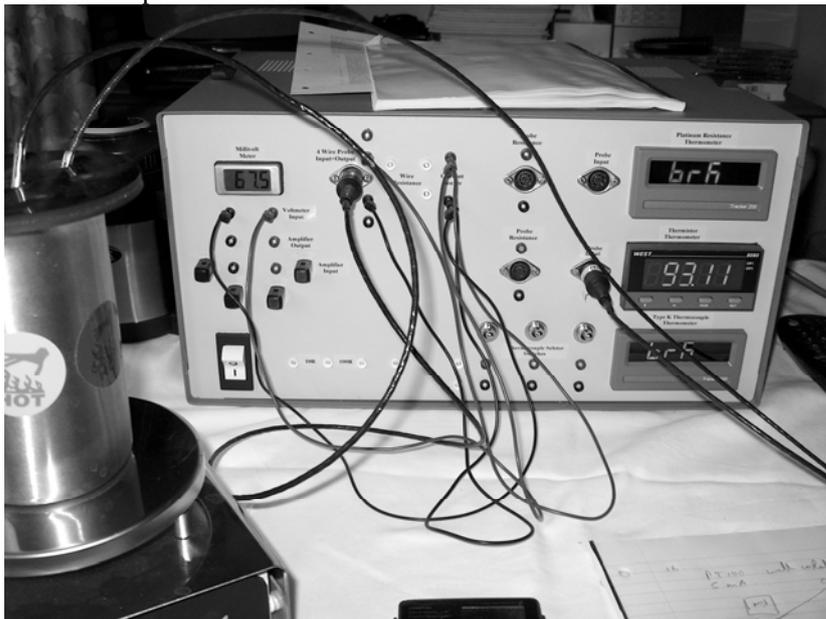
(El ensamble es mostrado sin la sonda PT100, para claridad).



- Por consecuencia el **medidor de mili voltios (6)** mide el voltaje generado en la sonda PT100 vía los cables de conexión. Finalmente encienda el **interruptor principal (1)**.
- Conecta la sonda del termistor en la **entrada del termómetro del termistor (14)** y después ponga la sonda en el tazón de acero inoxidable. El termistor es otro tipo de termómetro de resistencia, que será investigado más adelante. Para este experimento será utilizado para determinar la temperatura del agua calentando.
- Coloca la sonda PT100 en la mezcla de hielo-agua y mover. Monitorea el medidor de mili voltios (6) y determina el voltaje mínimo en pantalla.

En un experimento 50.2 mV (at 0°C)

- Ahora coloca la sonda PT100 en el agua del tazón de acero inoxidable y fijar el control de temperatura sobre aproximadamente 125-150°C.



- Monitorea el **termómetro del termistor (15)**, el **medidor de mili voltios (6)** y periódicamente anotar ambos cuando el agua se calienta. Continúa este procedimiento hasta que el agua hierve.

Resultados de la Muestra.

Temperatura agua, °C	Voltaje Observado PT100, mV
0.0	50.2
12.5	52.7
19.5	54.2
42.0	58.9
54.0	61.0
72.0	63.8
81.0	66.0
90.0	67.5
97.7	69.0
100.0	69.3

Es conocido que una fuente de corriente constante está programada para proporcionar 0.5mA en una carga nominal de 100 Ohm.

Entonces la resistencia en la sonda PT100 puede calcularse con cualquier temperatura.

Por ejemplo a 100°C

$$V = 69.3mV$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$I = 0.5mA$$

$$R = \frac{69.3}{0.5} \\ = 138.6 \text{ Ohms}$$

Desde los datos tabulados de la sonda PT100, se puede determinar la temperatura de su resistencia.

La mayor parte de las PT100 digitales poseen características de resistencia de sonda fabricadas en el hardware ó software de los equipos electrónicos. Por consecuencia si el dispositivo provee una corriente constante a través del sensor PT100, la pantalla digital puede indicar directamente la temperatura de la sonda. Este tipo de dispositivo es investigado en un procedimiento posterior.

Procedimiento para la investigación de cable de resistencia y de una sonda de 3, 4 cables.

Si la distancia entre la sonda PT100 y el dispositivo de medición es corta, entonces el efecto de los cables de conexión es mínimo. Sin embargo si se utiliza el dispositivo remotamente en el sitio de una empresa por ejemplo, entonces la resistencia del cable puede ser significativa.

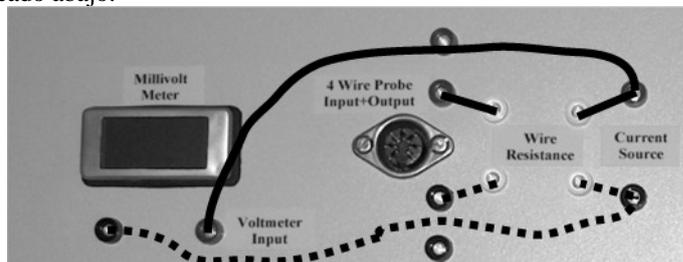
Por ejemplo, un cable de diámetro típico de 7 x 0.2mm que puede ser utilizado en una sonda posee una resistencia de 85Ohms/km (1000m).

Una distancia típica entre la sonda PT100 y el sensor puede ser de 50m. Entonces, la resistencia del cable R por cada longitud es de,

$$R = 87.5 \times \frac{50}{1000} \\ = 4.4 \text{ Ohms}$$

Para simular el efecto de esta resistencia de cable sobre la medición de la sonda PT100, dos resistencias de este valor están conectadas a lo largo de las clavijas blancas del **cable de resistencia (8)**.

- Re-conectar la sonda PT100 utilizando un par adicional de cables de conexión rojo y negro, como indicado abajo.



- En esta disposición, las dos resistencias están en serie con el sensor PT100. Si la sonda PT100 esta colocada en el agua hirviendo (100°C), entonces desde el experimento anterior, el voltaje visto en 100°C era de 69.3mV lo cual predice correctamente la resistencia del sensor a 138.6 Ohm.
- Observa el medidor de mili voltios bajo estas condiciones de experimento.

Un resultado típico es de 74.2mV.

Sabiendo que la fuente de corriente constante es de 0.5mA, la resistencia pronosticada es

$$R = \frac{74.2}{0.5}$$

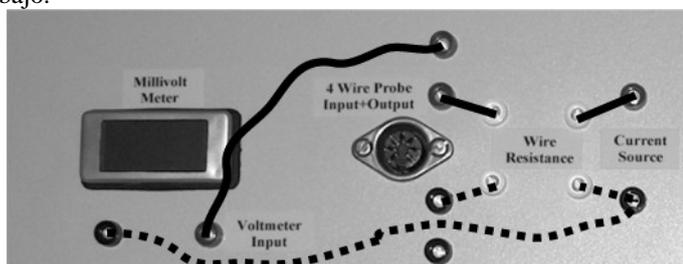
$$= 148.4 \text{ Ohms}$$

Se sabe con el experimento pasado que la resistencia actual del PT100 bajo las condiciones de experimento es de 138.6 Ohm.

A fin de remover ó reducir el efecto del error del cable de resistencia, las sondas están a menudo conectadas utilizando tres ó cuatro alambres. Estos reducen el error, pero incrementa la complejidad y el costo de las instalaciones del cableado para muchas sondas. El sistema solo funciona si la impedancia del instrumento de medición es alta y no deja pasar mucha corriente del circuito.

Conexión con tres alambres

- Mueva el cable de detección de voltaje rojo de la clavija de la **fuerza de corriente constante (9)** y conectarlo en el enchufe rojo restante en el enchufe de la sonda de **4 alambres PRT (7)** como indicado abajo.



- Si de Nuevo la sonda PT100 esta colocada en el agua hirviendo (100°C) podemos anotar el voltaje si observamos **medidor de mili voltios (6)**.

Un resultado típico era de 71.7mV

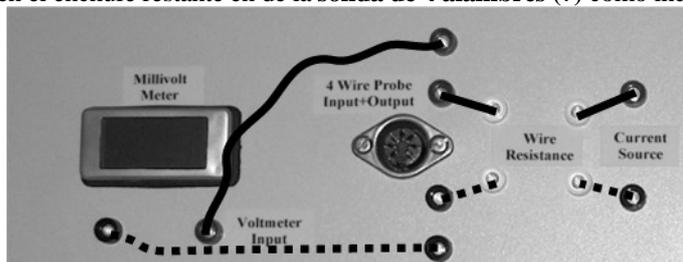
Utilizando el mismo método que antes, la resistencia de la sonda R se prevé en

$$R = \frac{71.4}{0.5}$$

$$= 142.8 \text{ Ohms}$$

Conexión con cuatro alambres

- Mover la conexión de alambre negro del enchufe de la **fuerza de corriente constante (9)** y conéctalo en el enchufe restante en de la **sonda de 4 alambres (7)** como indicado abajo.



- Si de Nuevo la sonda PT100 esta colocada en el agua hirviendo (100°C) podemos anotar el voltaje si observamos **medidor de mili voltios (6)**.

Un resultado típico era de 69.2mV

Utilizando el mismo método que antes, la resistencia de la sonda R se prevé en

$$R = \frac{69.2}{0.5}$$

$$= 138.4 \text{ Ohms}$$

Este resultado es virtualmente idéntico al experimento inicial, donde las resistencias simuladas no han sido incluidas en el circuito.

15 USO DEL DISPOSITIVO DE INDICADOR DE LECTURA DIRECTA PRT

INTRODUCCIÓN

El método de funcionamiento de la resistencia de temperatura de platino (PT100) ha sido investigado en los experimentos 13 y 14. El procedimiento siguiente combina todas las operaciones en un instrumento digital. El instrumento tiene una fuente de corriente constante interna que esta conectada a través de los 4 cables de la sonda al sensor PT100. El segundo par de cables monitorea el voltaje directamente a través de la sonda PT100 y los electrónicos están organizados para mostrar en pantalla la temperatura directamente.

La precisión del dispositivo dependerá de:-

- La precisión de la sonda PT100
- La estabilidad y precisión de la fuente de corriente constante.
- La precisión de los circuitos de medición del voltaje en el instrumento.
- La precisión de la configuración de circuitos y/ó software que relacionan el voltaje/resistencia medido al PT100.
- El efecto del auto calentamiento en la sonda PT100 por causa de la corriente.

El ultimo factor que no es necesariamente obvio, se debe al hecho de que el sensor PT100 es una resistencia que pasa una corriente (para permitir la medición del voltaje desarrollado en el).

Cuando una resistencia pasa una corriente, entonces el resultado es calor.

Podemos ver con la Ley de Ohm que el efecto de calefacción \dot{Q} (Watts) de una corriente I (Amps) pasando a través de una resistencia de valor R (Ohm) es

$$\dot{Q} = I^2 \times R$$

Es el efecto utilizado con los calentadores eléctricos de agua, radiadores de casa, y demás.

Si forzamos el sensor PT100 a pasar demasiado corriente, entonces tundra como efecto el aumento de la su temperatura, arriba de la temperatura en curso de medición y entonces introduce un error artificial de temperatura.

Existe un conflicto de requisitos en el instrumento. Si mantenemos la corriente baja para minimizar el efecto de auto calentamiento ($I^2 \times R$) entonces el voltaje desarrollad también será bajo ($V = I \times R$). No obstante el instrumento tendrá que incluir un amplificador de voltaje a fin de resolver los pequeños cambios de voltaje que se generan.

El efecto de calentamiento del experimento anterior (Nº 14) utilizando una fuente de corriente constante de 0.5mA será nominalmente de

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= (0.5 \times 10^{-3})^2 \times 100.0 \\ &= 0.025 \times 10^{-3} \text{Watts}\end{aligned}$$

Esto es por supuesto insignificante.

Es algo normal para las sondas PT100 tener un límite máximo de corriente, indicado en sus datos técnicos, con el fin de alcanzar su precisión específica.

Procedimiento experimental para la investigación de un dispositivo de lectura directa PRT

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua.
- Llenar el tazón de acero inoxidable a 2/3 con agua pura. Colocarlo en la **placa calentadora (25)** pero no encienda el elemento térmico en este momento.
- Tomar la sonda PT100 e insertarla en la **entrada del termómetro PRT (11)**. Encienda el interruptor principal (1) y el **termómetro PRT (12)** indicará la temperatura de la sonda.
- La mezcla hielo-agua y la **placa calentadora (25)** pueden ser utilizados para proveer un rango de temperaturas para la investigación del mecanismo.

16 INVESTIGACIÓN DEL CAMBIO DE RESISTENCIA DE UN COEFICIENTE DE TEMPERATURA NEGATIVO DE TERMISTOR CON LA TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

Una desventaja aparente de la sonda de temperatura de platino es el hecho de que utiliza un metal precioso (y entonces muy caro). Esto hace que la sonda es relativamente cara y también en algunas ocasiones, debe ser protegida. Además, los equipos electrónicos que requieren el uso de una sonda, también son generalmente caros.

Un dispositivo alternativo que se utiliza de la misma manera que la sonda PT100, es un termistor. Este es una pequeña resistencia con características similares a la sonda PT100, ya que su resistencia cambia con la temperatura. Sin embargo, en la mayor parte de los casos el cambio de resistencia es no lineal, pero tiene un rango mayor al sensor PT100. Además los termistores pueden tener un cambio de resistencia negativo o positivo con la temperatura.

Por su bajo costo también están utilizados muy seguido en termostatos electrónicos.

Procedimiento experimental para investigación de la resistencia de una sonda de termistor.

- Selecciona la sonda del termistor e inserta la sonda en la **clavija de resistencia del termistor (13)**.



- Toma el multímetro digital entregado con la unidad e inserta la sonda roja en la clavija roja y la sonda negra en la clavija negra como mostrado arriba.
- Fija el selector del multímetro sobre la escala de resistencia (Ohm) y un rango para generar una resistencia de aproximadamente 1000 -3000 Ohms.
- Llenar parcialmente el termo con hielo-agua pura y a 2/3 el tazón de acero inoxidable con agua pura. Coloca el frasco sobre la **placa calentadora (25)**, enciende el **interruptor principal (1)** y programar la placa calentadora sobre aproximadamente 120°C.
- Ponga el termistor en la mezcla de hielo-agua y observa la resistencia. Toma nota de la resistencia final cuando la sonda ha alcanzado su nivel mínimo. Puede ser necesario posicionar el medidor sobre una resistencia mas elevada, si necesario.
- Conecta la sonda de temperatura de platino a la **entrada del termómetro PRT (11)** y después ponga la sonda en el tazón de acero inoxidable. El termómetro PRT (PT100) será utilizado para este experimento para determinar la temperatura del agua calentada.

- A intervalos regulares medir la temperatura del agua y la resistencia del termistor hasta el punto de ebullición del agua.

Muestra de resultados.

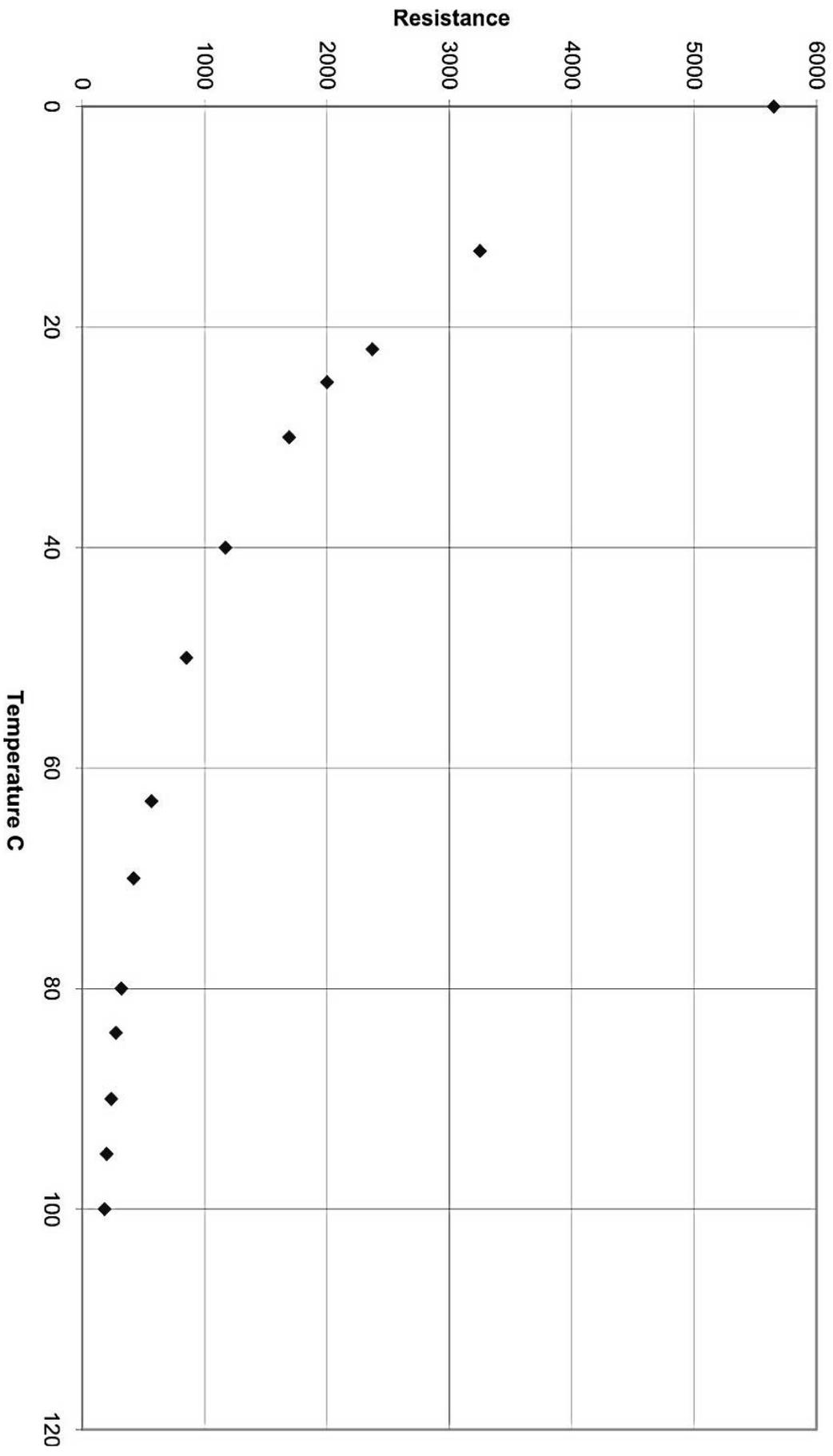
Temperatura Agua, °C	PT100 Resistencia Sonda, Ohm
0.0	5650
13.1	3250
22.0	2370
25.0	2000
30.0	1690
40.0	1170
50.0	850
63.0	565
70.0	420
80.0	320
84.0	276
90.0	236
95.0	200
100.0	181

Los datos están representados en una gráfica en la siguiente página. Podemos observar que el cambio de la resistencia con la temperatura, no es lineal.

A medida que la temperatura se acerca a los 100°C la tasa de cambio de la resistencia disminuye y entonces el termistor debe ser escogido con un rango apropiado para las aplicaciones y los rangos de temperaturas esperados.

Los termistores están disponibles con una amplia gama de resistencia y amplia gama de temperaturas.

Thermistor Resistance and Temperature



17 USO DE UN TERMISTOR A LECTURA DIRECTA

INTRODUCCIÓN

Debido a la amplia variación de resistencia de los termistores, se requiere menos sensibilidad del instrumento, pero es necesario incluir dentro de la instrumentación un medio para linearizar la respuesta y obtener una indicación directa de la temperatura. Por esta razón, los instrumentos son generalmente concebidos para un termistor particular y son específicamente programados.

En el caso del termistor utilizado con el H981 el dispositivo esta programado específicamente. Por esta razón es ESENCIAL que los botones en la frente del panel de instrumentos no estén presionados al azar, ya que se podría perder la programación. La reprogramación del instrumento es sumamente compleja y NO es cubierta con la garantía normal del equipo.

Procedimiento experimental para la investigación del dispositivo de lectura directa PRT

- Llenar parcialmente el termo con hielo y agua.
- Llenar el tazón de acero inoxidable a 2/3 con agua pura. Colocar sobre la **placa calentadora (25)** pero no encienda el elemento térmico en este momento.
- Seleccionar la sonda del termistor e inserta la sonda en la **entrada de la clavija del termómetro termistor (14)**. Encienda el **interruptor principal (1)** y el **termómetro termistor (15)** mostrará la temperatura de la sonda.
- La mezcla hielo-agua y la **placa calentadora (25)** pueden ser utilizados para proveer un rango de temperaturas para la investigación del mecanismo.

18 CALIBRACION DE TODOS LOS SENSORES ENTREGADOS CON EL EQUIPO, CON REFERENCIA A UN TERMOMETRO DE RESISTENCIA DE PLATINO PRECISO (PT100)

INTRODUCCIÓN

El termómetro de resistencia de platino (12) con la sonda de temperatura de resistencia de platino (PT100) representa el dispositivo mas preciso utilizado con la unidad H981.

Para comparar el PT100 con los otros dispositivos de medición de temperatura, se puede colocar cada uno en el termo conteniendo la mezcla de hielo-agua (0°C) y después en el tazón de acero inoxidable hasta unas gamas de temperaturas alcanzando el agua en ebullición (100°C). Proveyendo el agua utilizada en ambos experimentos de hielo y de agua en ebullición y que la presión del aire ambiente está cerca de 1.013Bar entonces las dos temperaturas de referencia pueden considerarse como precisas.

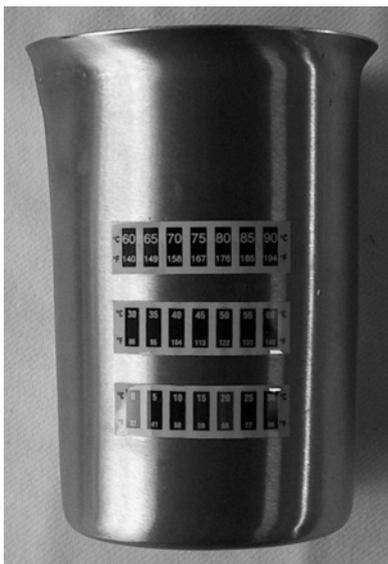
Nos daremos cuenta que existe una gran variación en las precisiones, tasas de respuesta así como los rangos usuales de los indicadores de temperaturas entregados con la unidad.

19 INVESTIGACIÓN INDICADORES DE TEMPERATURA DE CRISTAL LÍQUIDO

INTRODUCCIÓN

Los indicadores de temperatura de cristal líquido pueden ser fabricados para cambiar de estado para una temperatura específica. Esto aparece como un cambio de color, sobre un fondo de otro color.

Estos se presentan como adhesivos auto adheribles que tienen áreas de material que responden a diferentes temperaturas. Los que entregamos con la unidad H981 están pegados en la parte exterior del tazón de acero inoxidable.



Como podemos ver, estos están impresos con una temperatura reactiva, y cuando el bloque de color cambia en un verde distintivo, entonces se ha alcanzado la temperatura indicada en la etiqueta. La precisión de estos puede averiguarse llenando el tazón con agua y colocándolo sobre la **placa calentadora (25)** y después programando una temperatura sobre aproximadamente 125°C.

El termómetro de resistencia de platino puede utilizarse para confirmar el nivel de la temperatura del agua. Quizá sea necesario agitar el agua para asegurarse que los lados del tazón reciban la misma temperatura que el agua.

Los dispositivos entregados poseen una bastante amplia gama de variaciones sin embargo también existen otros con una gama mas corta de reacción. Por otra parte, existen tiras y pinturas que cambian irreversiblemente cuando se alcanza una cierta temperatura. Estos pueden ser muy útiles cuando se investiga una superficie muy grande, tal como es el caso del análisis de la temperatura de combustión de un avión.

El tazón tiene también dos etiquetas fijas que actúan indirectamente como un dispositivo de cristal líquido. La etiqueta roja cambia para mostrar la palabra CALIENTE cuando alcanza aproximadamente unos 70°C y la etiqueta amarilla cambia al alcanzar los 50°C.



La ventaja de los dispositivos de cristal líquido es que al igual de los mecanismos de expansión (termómetro de cristal) indicadores bi-metálicos, indicador de presión de vapor etc. No necesitan una fuente de energía para funcionar. Sin embargo los mecanismos de cristal líquidos son muy baratos y pueden permanecer fijados en las superficies a estudiar.

TYPE K THERMOCOUPLE

emf/ μ V

$^{\circ}$ C(t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$^{\circ}$ C(t_{90})
-270	-6458										-270
-260	-6441	-6444	-6446	-6448	-6450	-6452	-6453	-6455	-6456	-6457	-260
-250	-6404	-6408	-6413	-6417	-6421	-6425	-6429	-6432	-6435	-6438	-250
-240	-6344	-6351	-6358	-6364	-6370	-6377	-6382	-6388	-6393	-6399	-240
-230	-6262	-6271	-6280	-6289	-6297	-6306	-6314	-6322	-6329	-6337	-230
-220	-6158	-6170	-6181	-6192	-6202	-6213	-6223	-6233	-6243	-6252	-220
-210	-6035	-6048	-6061	-6074	-6087	-6099	-6111	-6123	-6135	-6147	-210
-200	-5891	-5907	-5922	-5936	-5951	-5965	-5980	-5994	-6007	-6021	-200
-190	-5730	-5747	-5763	-5780	-5797	-5813	-5829	-5845	-5861	-5876	-190
-180	-5550	-5569	-5588	-5606	-5624	-5642	-5660	-5678	-5695	-5713	-180
-170	-5354	-5374	-5395	-5415	-5435	-5454	-5474	-5493	-5512	-5531	-170
-160	-5141	-5163	-5185	-5207	-5228	-5250	-5271	-5292	-5313	-5333	-160
-150	-4913	-4936	-4960	-4983	-5006	-5029	-5052	-5074	-5097	-5119	-150
-140	-4669	-4694	-4719	-4744	-4768	-4793	-4817	-4841	-4865	-4889	-140
-130	-4411	-4437	-4463	-4490	-4516	-4542	-4567	-4593	-4618	-4644	-130
-120	-4138	-4166	-4194	-4221	-4249	-4276	-4303	-4330	-4357	-4384	-120
-110	-3852	-3882	-3911	-3939	-3968	-3997	-4025	-4054	-4082	-4110	-110
-100	-3554	-3584	-3614	-3645	-3675	-3705	-3734	-3764	-3794	-3823	-100
-90	-3243	-3274	-3306	-3337	-3368	-3400	-3431	-3462	-3492	-3523	-90
-80	-2920	-2953	-2986	-3018	-3050	-3083	-3115	-3147	-3179	-3211	-80
-70	-2587	-2620	-2654	-2688	-2721	-2755	-2788	-2821	-2854	-2887	-70
-60	-2243	-2278	-2312	-2347	-2382	-2416	-2450	-2485	-2519	-2553	-60
-50	-1889	-1925	-1961	-1996	-2032	-2067	-2103	-2138	-2173	-2208	-50
-40	-1527	-1564	-1600	-1637	-1673	-1709	-1745	-1782	-1818	-1854	-40
-30	-1156	-1194	-1231	-1268	-1305	-1343	-1380	-1417	-1453	-1490	-30
-20	-778	-816	-854	-892	-930	-968	-1006	-1043	-1081	-1119	-20
-10	-392	-431	-470	-508	-547	-586	-624	-663	-701	-739	-10
0	0	-39	-79	-118	-157	-197	-236	-275	-314	-353	0
0	0	39	79	119	158	198	238	277	317	357	0
10	397	437	477	517	557	597	637	677	718	758	10
20	798	838	879	919	960	1000	1041	1081	1122	1163	20
30	1203	1244	1285	1326	1366	1407	1448	1489	1530	1571	30
40	1612	1653	1694	1735	1776	1817	1858	1899	1941	1982	40
50	2023	2064	2106	2147	2188	2230	2271	2312	2354	2395	50
60	2436	2478	2519	2561	2602	2644	2685	2727	2768	2810	60
70	2851	2893	2934	2976	3017	3059	3100	3142	3184	3225	70
80	3267	3308	3350	3391	3433	3474	3516	3557	3599	3640	80
90	3682	3723	3765	3806	3848	3889	3931	3972	4013	4055	90
100	4096	4138	4179	4220	4262	4303	4344	4385	4427	4468	100
110	4509	4550	4591	4633	4674	4715	4756	4797	4838	4879	110
120	4920	4961	5002	5043	5084	5124	5165	5206	5247	5288	120
130	5328	5369	5410	5450	5491	5532	5572	5613	5653	5694	130
140	5735	5775	5815	5856	5896	5937	5977	6017	6058	6098	140
150	6138	6179	6219	6259	6299	6339	6380	6420	6460	6500	150
160	6540	6580	6620	6660	6701	6741	6781	6821	6861	6901	160
170	6941	6981	7021	7060	7100	7140	7180	7220	7260	7300	170
180	7340	7380	7420	7460	7500	7540	7579	7619	7659	7699	180
190	7739	7779	7819	7859	7899	7939	7979	8019	8059	8099	190
200	8138	8178	8218	8258	8298	8338	8378	8418	8458	8499	200
210	8539	8579	8619	8659	8699	8739	8779	8819	8860	8900	210
220	8940	8980	9020	9061	9101	9141	9181	9222	9262	9302	220
230	9343	9383	9423	9464	9504	9545	9585	9626	9666	9707	230
240	9747	9788	9828	9869	9909	9950	9991	10031	10072	10113	240
250	10153	10194	10235	10276	10316	10357	10398	10439	10480	10520	250
260	10561	10602	10643	10684	10725	10766	10807	10848	10889	10930	260
270	10971	11012	11053	11094	11135	11176	11217	11259	11300	11341	270
280	11382	11423	11465	11506	11547	11588	11630	11671	11712	11753	280
290	11795	11836	11877	11919	11960	12001	12043	12084	12126	12167	290

Absolute thermocouple error in microvolts

TYPE T THERMOCOUPLE emf/ μ V

$^{\circ}$ C(t_{90})	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$^{\circ}$ C(t_{90})
-270	-6258										-270
-260	-6232	-6236	-6239	-6242	-6245	-6248	-6251	-6253	-6255	-6256	-260
-250	-6180	-6187	-6193	-6198	-6204	-6209	-6214	-6219	-6223	-6228	-250
-240	-6105	-6114	-6122	-6130	-6138	-6146	-6153	-6160	-6167	-6174	-240
-230	-6007	-6017	-6028	-6038	-6049	-6059	-6068	-6078	-6087	-6096	-230
-220	-5888	-5901	-5914	-5926	-5938	-5950	-5962	-5973	-5985	-5996	-220
-210	-5753	-5767	-5782	-5795	-5809	-5823	-5836	-5850	-5863	-5876	-210
-200	-5603	-5619	-5634	-5650	-5665	-5680	-5695	-5710	-5724	-5739	-200
-190	-5439	-5456	-5473	-5489	-5506	-5523	-5539	-5555	-5571	-5587	-190
-180	-5261	-5279	-5297	-5316	-5334	-5351	-5369	-5387	-5404	-5421	-180
-170	-5070	-5089	-5109	-5128	-5148	-5167	-5186	-5205	-5224	-5242	-170
-160	-4865	-4886	-4907	-4928	-4949	-4969	-4989	-5010	-5030	-5050	-160
-150	-4648	-4671	-4693	-4715	-4737	-4759	-4780	-4802	-4823	-4844	-150
-140	-4419	-4443	-4466	-4489	-4512	-4535	-4558	-4581	-4604	-4626	-140
-130	-4177	-4202	-4226	-4251	-4275	-4300	-4324	-4348	-4372	-4395	-130
-120	-3923	-3949	-3975	-4000	-4026	-4052	-4077	-4102	-4127	-4152	-120
-110	-3657	-3684	-3711	-3738	-3765	-3791	-3818	-3844	-3871	-3897	-110
-100	-3379	-3407	-3435	-3463	-3491	-3519	-3547	-3574	-3602	-3629	-100
-90	-3089	-3118	-3148	-3177	-3206	-3235	-3264	-3293	-3322	-3350	-90
-80	-2788	-2818	-2849	-2879	-2910	-2940	-2970	-3000	-3030	-3059	-80
-70	-2476	-2507	-2539	-2571	-2602	-2633	-2664	-2695	-2726	-2757	-70
-60	-2153	-2186	-2218	-2251	-2283	-2316	-2348	-2380	-2412	-2444	-60
-50	-1819	-1853	-1887	-1920	-1954	-1987	-2021	-2054	-2087	-2120	-50
-40	-1475	-1510	-1545	-1579	-1614	-1648	-1683	-1717	-1751	-1785	-40
-30	-1121	-1157	-1192	-1228	-1264	-1299	-1335	-1370	-1405	-1440	-30
-20	-757	-794	-830	-867	-904	-940	-976	-1013	-1049	-1085	-20
-10	-383	-421	-459	-496	-534	-571	-608	-646	-683	-720	-10
-0	0	-39	-77	-116	-154	-193	-231	-269	-307	-345	-0
0	0	39	78	117	156	195	234	273	312	352	0
10	391	431	470	510	549	589	629	669	709	749	10
20	790	830	870	911	951	992	1033	1074	1114	1155	20
30	1196	1238	1279	1320	1362	1403	1445	1486	1528	1570	30
40	1612	1654	1696	1738	1780	1823	1865	1908	1950	1993	40
50	2036	2079	2122	2165	2208	2251	2294	2338	2381	2425	50
60	2468	2512	2556	2600	2643	2687	2732	2776	2820	2864	60
70	2909	2953	2998	3043	3087	3132	3177	3222	3267	3312	70
80	3358	3403	3448	3494	3539	3585	3631	3677	3722	3768	80
90	3814	3860	3907	3953	3999	4046	4092	4138	4185	4232	90
100	4279	4325	4372	4419	4466	4513	4561	4608	4655	4702	100
110	4750	4798	4845	4893	4941	4988	5036	5084	5132	5180	110
120	5228	5277	5325	5373	5422	5470	5519	5567	5616	5665	120
130	5714	5763	5812	5861	5910	5959	6008	6057	6107	6156	130
140	6206	6255	6305	6355	6404	6454	6504	6554	6604	6654	140
150	6704	6754	6805	6855	6905	6956	7006	7057	7107	7158	150
160	7209	7260	7310	7361	7412	7463	7515	7566	7617	7668	160
170	7720	7771	7823	7874	7926	7977	8029	8081	8133	8185	170
180	8237	8289	8341	8393	8445	8497	8550	8602	8654	8707	180
190	8759	8812	8865	8917	8970	9023	9076	9129	9182	9235	190
200	9288	9341	9395	9448	9501	9555	9608	9662	9715	9769	200
210	9822	9876	9930	9984	10038	10092	10146	10200	10254	10308	210
220	10362	10417	10471	10525	10580	10634	10689	10743	10798	10853	220
230	10907	10962	11017	11072	11127	11182	11237	11292	11347	11403	230
240	11458	11513	11569	11624	11680	11735	11791	11846	11902	11958	240

TYPE J THERMOCOUPLE emf/ μ V

$^{\circ}\text{C}(t_{90})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$^{\circ}\text{C}(t_{90})$
-210	-8095										-210
-200	-7890	-7912	-7934	-7955	-7976	-7996	-8017	-8037	-8057	-8076	-200
-190	-7659	-7683	-7707	-7731	-7755	-7778	-7801	-7824	-7846	-7868	-190
-180	-7403	-7429	-7456	-7482	-7508	-7534	-7559	-7585	-7610	-7634	-180
-170	-7123	-7152	-7181	-7209	-7237	-7265	-7293	-7321	-7348	-7376	-170
-160	-6821	-6853	-6883	-6914	-6944	-6975	-7005	-7035	-7064	-7094	-160
-150	-6500	-6533	-6566	-6598	-6631	-6663	-6695	-6727	-6759	-6790	-150
-140	-6159	-6194	-6229	-6263	-6298	-6332	-6366	-6400	-6433	-6467	-140
-130	-5801	-5838	-5874	-5910	-5946	-5982	-6018	-6054	-6089	-6124	-130
-120	-5426	-5465	-5503	-5541	-5578	-5616	-5653	-5690	-5727	-5764	-120
-110	-5037	-5076	-5116	-5155	-5194	-5233	-5272	-5311	-5350	-5388	-110
-100	-4633	-4674	-4714	-4755	-4796	-4836	-4877	-4917	-4957	-4997	-100
-90	-4215	-4257	-4300	-4342	-4384	-4425	-4467	-4509	-4550	-4591	-90
-80	-3786	-3829	-3872	-3916	-3959	-4002	-4045	-4088	-4130	-4173	-80
-70	-3344	-3389	-3434	-3478	-3522	-3566	-3610	-3654	-3698	-3742	-70
-60	-2893	-2938	-2984	-3029	-3075	-3120	-3165	-3210	-3255	-3300	-60
-50	-2431	-2478	-2524	-2571	-2617	-2663	-2709	-2755	-2801	-2847	-50
-40	-1961	-2008	-2055	-2103	-2150	-2197	-2244	-2291	-2338	-2385	-40
-30	-1482	-1530	-1578	-1626	-1674	-1722	-1770	-1818	-1865	-1913	-30
-20	-995	-1044	-1093	-1142	-1190	-1239	-1288	-1336	-1385	-1433	-20
-10	-501	-550	-600	-650	-699	-749	-798	-847	-896	-946	-10
-0	0	-50	-101	-151	-201	-251	-301	-351	-401	-451	0
0	0	50	101	151	202	253	303	354	405	456	0
10	507	558	609	660	711	762	814	865	916	968	10
20	1019	1071	1122	1174	1226	1277	1329	1381	1433	1485	20
30	1537	1589	1641	1693	1745	1797	1849	1902	1954	2006	30
40	2059	2111	2164	2216	2269	2322	2374	2427	2480	2532	40
50	2585	2638	2691	2744	2797	2850	2903	2956	3009	3062	50
60	3116	3169	3222	3275	3329	3382	3436	3489	3543	3596	60
70	3650	3703	3757	3810	3864	3918	3971	4025	4079	4133	70
80	4187	4240	4294	4348	4402	4456	4510	4564	4618	4672	80
90	4726	4781	4835	4889	4943	4997	5052	5106	5160	5215	90
100	5269	5323	5378	5432	5487	5541	5595	5650	5705	5759	100
110	5814	5868	5923	5977	6032	6087	6141	6196	6251	6306	110
120	6360	6415	6470	6525	6579	6634	6689	6744	6799	6854	120
130	6909	6964	7019	7074	7129	7184	7239	7294	7349	7404	130
140	7459	7514	7569	7624	7679	7734	7789	7844	7900	7955	140
150	8010	8065	8120	8175	8231	8286	8341	8396	8452	8507	150
160	8562	8618	8673	8728	8783	8839	8894	8949	9005	9060	160
170	9115	9171	9226	9282	9337	9392	9448	9503	9559	9614	170
180	9669	9725	9780	9836	9891	9947	10002	10057	10113	10168	180
190	10224	10279	10335	10390	10446	10501	10557	10612	10668	10723	190
200	10779	10834	10890	10945	11001	11056	11112	11167	11223	11278	200
210	11334	11389	11445	11501	11556	11612	11667	11723	11778	11834	210
220	11889	11945	12000	12056	12111	12167	12222	12278	12334	12389	220
230	12445	12500	12556	12611	12667	12722	12778	12833	12889	12944	230
240	13000	13056	13111	13167	13222	13278	13333	13389	13444	13500	240

Absolute thermocouple e.m.f. in microvolts
with the reference junction at 0°C .