



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

EXPOSITOR: ING. ELMER MENDOZA



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
 Medición de Temperatura

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

La temperatura es una variable, que a diferencias de otras, debe ser medida en terminos de los efectos indirectos que tiene sobre las propiedades físicas de los materiales o en los cambios producidos en circuitos eléctricos (en voltaje o resistencia).

ESCALAS DE TEMPERATURA

| Kelvin K | Celsius °C | Fahrenheit °F | Rankine °R | |
|-------------|---------------|------------------|---------------|--|
| 373 | 100 | 212 | 672 | punto de vaporización del agua a 1 atm |
| 273 | 0 | 32 | 492 | punto de congelación del agua a 1 atm. |
| 0 | - 273 | - 460 | 0 | no hay movimiento molecular |

$$K = °C + 273$$

$$°C = (°F - 32) / 1.8$$

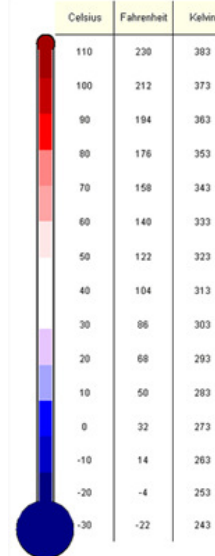
$$°R = °F + 460$$



3.1 TERMÓMETROS

El termómetro de vidrio. Las sustancias minerales se contraen o expanden una cierta cantidad por cada grado de cambio de temperatura. Este es el principio de la **expansión térmica**. Cuando se aplica calor a un termómetro de vidrio que contiene por ejemplo mercurio, este se expande más que el bulbo que lo contiene, la diferencia en expansión, obliga al mercurio a subir por un tubo capilar en proporción al cambio de temperatura.

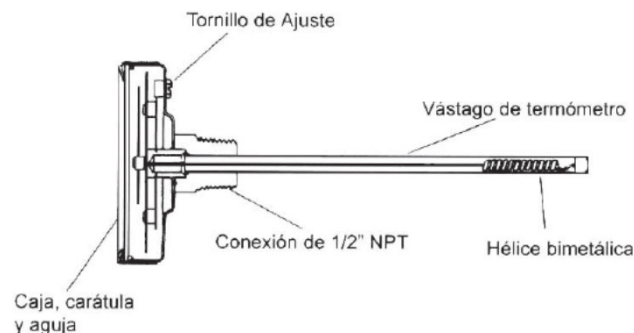
Los termómetros de mercurio se pueden usar desde 39°C a +357°C. Sin embargo, para temperaturas muy bajas se utilizan termómetros que contienen alcohol (-112°C a +78°C)




Temperature Conversion:
Celsius (C) to Fahrenheit (F): $F = (C \times 9/5) + 32$
Fahrenheit to Celsius: $C = (F - 32) \times 5/9$
Celsius to Kelvin: $K = C + 273$
Kelvin to Celsius: $C = K - 273$



Termómetros Bimetálicos, se basan en el principio de que los metales diferentes tienen diferentes coeficientes de expansión térmica. Si dos aleaciones metálicas diferentes son soldadas formando un espiral se tiene el elemento bimetálico. Cuando este conjunto es calentado, tiende a desarrollarse debido a la diferente expansión térmica de cada aleación. Si se conecta un puntero al espiral por medio de un eje, el puntero se moverá e indicará la temperatura sobre una escala circular calibrada. Típicamente, estos dispositivos tienen una cubierta de acero inoxidable y se ofrecen en rangos diversos, pudiendo medir hasta unos 600°C.



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



| Rangos Disponibles |
|--------------------|
| 0 - 50 C° |
| 0 - 150 C° |
| 0 - 200 C° |
| 0 - 300 C° |
| 50 - 400 C° |
| 100 - 500 C° |

| Longitud del Vástago |
|----------------------|
| 2 1/2" (63.5 mm) |
| 4" (101.6 mm) |
| 6" (152.4 mm) |
| 9" (228.6 mm) |
| 12" (304.8 mm) |
| 15" (381.0 mm) |
| 18" (457.2 mm) |
| 24" (609.6 mm) |

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---------------------------|--|
| Caja y Bisel | Acero Inoxidable 304 Sellado Hermético |
| Vástago y Conexión: | Acero Inoxidable 304 totalmente soldado, tamaño de la conexión 1/2" NPT macho. |
| Carátula: | Aluminio blanco, números negros en escala doble F° y C° |
| Aguja: | Aluminio negro estándar. |
| Exactitud: | 1% del Total del rango (ASME B40.3 grado A) |
| Ajuste: | Externo de acero en la parte posterior de la caja |
| Ventana: | Vidrio estándar para servicio pesado (opcional cristal inastillable). |
| Escala: | Doble F° y C° |

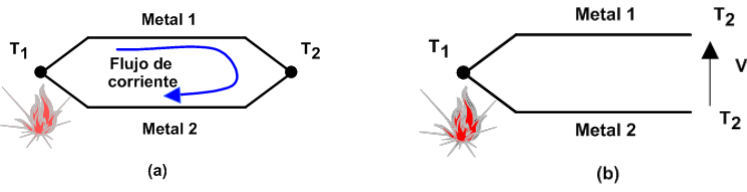
Ref: http://www.grisa.com.mx/web/images/pdf/DE%20WIT/termometro_bimetalico%20DE-WIT.pdf

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

3.3 TRANSDUCTORES ELÉCTRICOS

3.3.1 TERMOCUPLAS

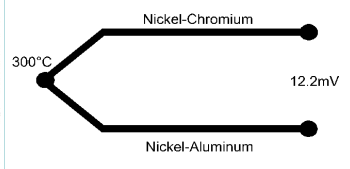
En 1821, un físico llamado Thomas J. Seebeck, descubrió accidentalmente que cuando se aplica calor a la unión de dos metales distintos se generaba una fuerza electromotriz, la cual puede ser medida en otra juntura (denominada fría) de estos dos metales; estos conductores forman un circuito eléctrico y la corriente circula como consecuencia de la f.e.m. generada. Esto es válido siempre y cuando las temperaturas en las dos uniones sean distintas.



(a)

(b)

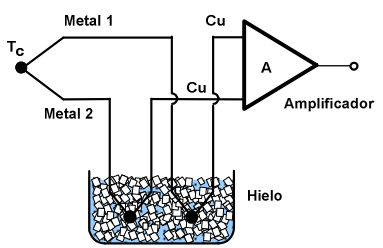
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



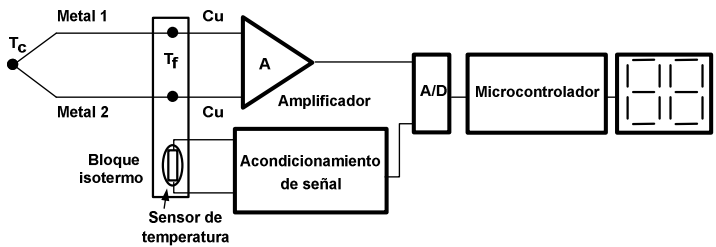
En la figura se muestra que la respuesta de una termocupla tipo K es de 12.2 mV. para una temperatura de 300° C aplicada a la unión caliente o de medición.

Todas las tablas mencionadas consideran que la unión fría se encuentra a 0°C. Tradicionalmente esto se hace con un baño de hielo. Sin embargo, el mantener el mismo no es práctico, así que más bien a través de otro sensor (típicamente un termistor o sensor de estado sólido) se lee la temperatura actual del punto de conexión de los terminales de la termocupla con los del instrumento de medición y se combina esta lectura con la del instrumento para establecer la temperatura real. Esto lo realiza la electrónica de un transmisor para termocuplas.

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

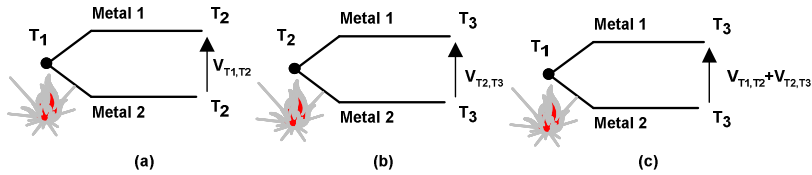


Compensación mediante uniones de referencia: Consiste fijar en un valor conocido la temperatura de una de las uniones. Utilizado en laboratorios para calibraciones.

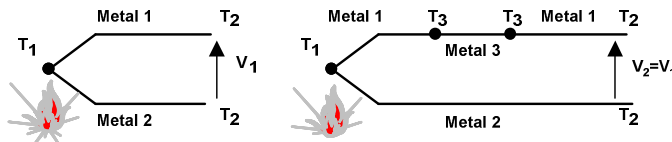


Compensación Digital: Consiste en medir la temperatura de la unión fría mediante otro sensor de temperatura (Pt100)

Ley de las Temperaturas Intermedias: Si V_{T_1,T_2} es la tensión generada por un termopar cuyas uniones están a las temperaturas T_1 y T_2 , y V_{T_2,T_3} es la tensión cuando están a T_2 y T_3 , la f.e.m, V_{T_1,T_3} , cuando están a las temperaturas T_1 y T_3 es igual a $V_{T_1,T_2} + V_{T_2,T_3}$



Ley de los metales intermedios, en donde se tiene que el uso de un tercer metal en el circuito de la termocupla no afecta el voltaje de salida siempre que la temperatura en la unión de estos tres metales permanezca invariable. De este modo, se pueden usar metales distintos de los usados en la termocupla como cables de extensión, algo muy usado en la industria.



Típicamente las termocuplas son designadas mediante una letra, tal como se observa en la tabla siguiente, en donde se muestran las termocuplas más comunes.

Termocuplas metálicas

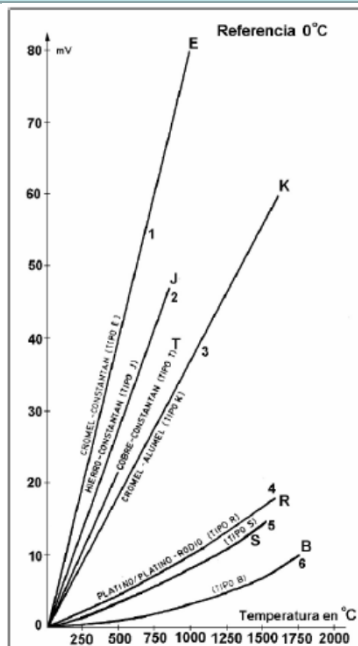
| Tipo ANSI-ISA | Combinación de metales | Sensibilidad | Composición química | Rangos de temperatura |
|---------------|------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------|
| J | Hierro/ constantan | 5,6 mV/ 100 ° C | Fe 44 Ni:55 Cu | -40 a + 750 |
| K | Cromel/ Alumel | 3,6 mV/ 100 ° C | 90 Ni:9 Cr 94 Ni:Al:Mn:Fe | -40 a +1200 |
| T | Cobre/ constantan | 4,5 mV/ 100 ° C | Cu 44 Ni:55 Cu | -50 a + 400 |
| E | Cromel/ constantan | 7,9 mV/ 100 ° C | 90 Ni:9 Cr 44 Ni:55 Cu | -40 a +900 |

Constantán es una aleación de cobre y níquel; **cromel** es una aleación de níquel y cromo y **alumel** es una de níquel y aluminio. Las aleaciones con las cuales están construidas las termocuplas definen en que aplicaciones son recomendables. Sin embargo, casi el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J ó del tipo K.



Termocuplas de metales preciosos

| Tipo ANSI-ISA | Combinación de metales | Sensibilidad | Composición química | Rangos de temperatura |
|---------------|---------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|
| R | Platino-rodio/ platino | Ver gráfico | 87Pt:13Rh Pt | Disponible hasta 1480°C |
| S | Platino-rodio/ platino | Ver gráfico | 90Pt:10Rh Pt | Disponible hasta 1400°C |
| B | Platino-rodio/ Platino-rodio | Ver gráfico | 70Pt:30Rh 94Pt:6Rh | Disponible hasta 1700°C |



Codificación de color para cables compensados y de extensión

Sistema de identificación internacional de colores para cables compensados y de extensión

| Termocupla | IEC 60584 | DIN 43710 | ANSI/MC96.1 | BS 1843 | JIS C 1610-1981 | NFE - 18001 |
|---|-----------|-----------|-------------|---------|-----------------|-------------|
| | | | | | | |
| U* + Cu (Cobre) - CuNi (Cobre-Níquel) | | | | | | |
| T + Cu (Cobre) - CuNi (Cobre-Níquel) | | | | | | |
| L* + Fe (Hierro) - CuNi (Cobre-Níquel) | | | | | | |
| J + Fe (Hierro) - CuNi (Cobre-Níquel) | | | | | | |
| K + NiCr (Níquel-Cromo) - Ni (Níquel) | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| E + NiCr (Níquel-Cromo) - CuNi (Cobre-Níquel) | | | | | | |
| N + NiCrSi (Níquel-Silicio) - NiSi (Níquel-Silicio) | | | | | | |
| S + PtRh10% (Platino-Rodio 10%) - Pt (Platino) | | | | | | |
| R + PtRh13% (Platino-Rodio 13%) - Pt (Platino) | | | | | | |
| B + PtRh30% (Platino-Rodio 30%) - PtRh6% (Platino-Rodio 6%) | | | | | | |

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

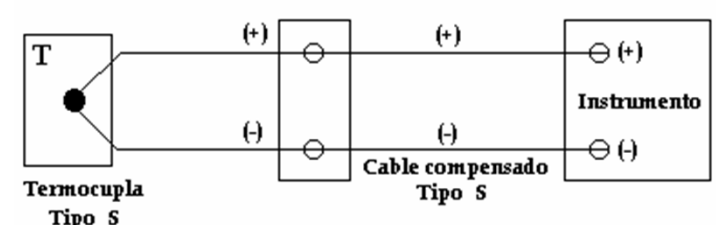


| Tipo | Aplicabilidad |
|------|--|
| J | Apropiado para atmósferas inertes o reductoras. Las atmósferas oxidantes disminuyen la vida útil debido a la presencia de hierro en el termopar que, además, se oxida muy rápidamente por encima de 538°C. No es adecuado para bajas temperaturas (por debajo de 0°C). |
| K | Muy utilizado por encima de 538°C debido a las limitaciones del termopar de tipo J. El cromo tiende a oxidarse ante la presencia de oxígeno lo que puede llevar a importantes derivas en el margen de 816 a 1038°C. |
| N | Se utiliza en aplicaciones donde el termopar de tipo K tiene problemas de oxidación. |
| T | Adecuado para atmósferas oxidantes, inertes y reductoras. |
| R, S | Recomendados para altas temperaturas. El de tipo R se utiliza industrialmente mientras que el S en laboratorios. El uso continuado a altas temperaturas provoca el crecimiento del granulado y puede sufrir una ruptura mecánica. Deben protegerse con tubos no metálicos y aislantes cerámicos. Tienden a descalibrarse debido a la difusión del rodio a la rama de platino puro y a su volatilización. |
| B | Semejante a los tipos R y S aunque el límite de temperatura es mayor y es menos susceptible al crecimiento del granulado. |

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



Quando el instrumento está muy retirado del lugar de medición, no siempre es posible llegar con el mismo cable de la termocupla al instrumento. Esto ocurre especialmente cuando se están usando termocuplas R, S ó B hechas con aleación de platino de muy alto precio. La solución de este problema es usar los llamados “**cables compensados**” para hacer la extensión del cable. Estos exhiben el mismo coeficiente de Seebeck de la termocupla (pero hechos de otro material de menor precio) y por lo tanto no generan termocuplas parásitas en el empalme.



Conexión de una termocupla a un instrumento alejado

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



Las termocuplas no siempre están en contacto directo con el proceso. A menudo se emplean elementos protectores que a la vez permiten remover una termocupla sin interrumpir el proceso. Tal es el caso de los termopozos y cabezales protectores, cuyas características físicas dependerán del tipo de aplicación y en especial del medio cuya temperatura se desea medir.



Termopozos

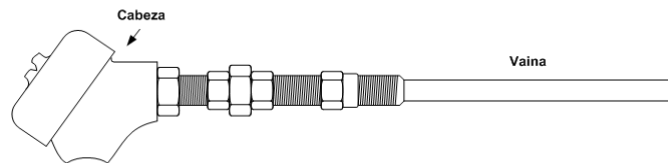
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



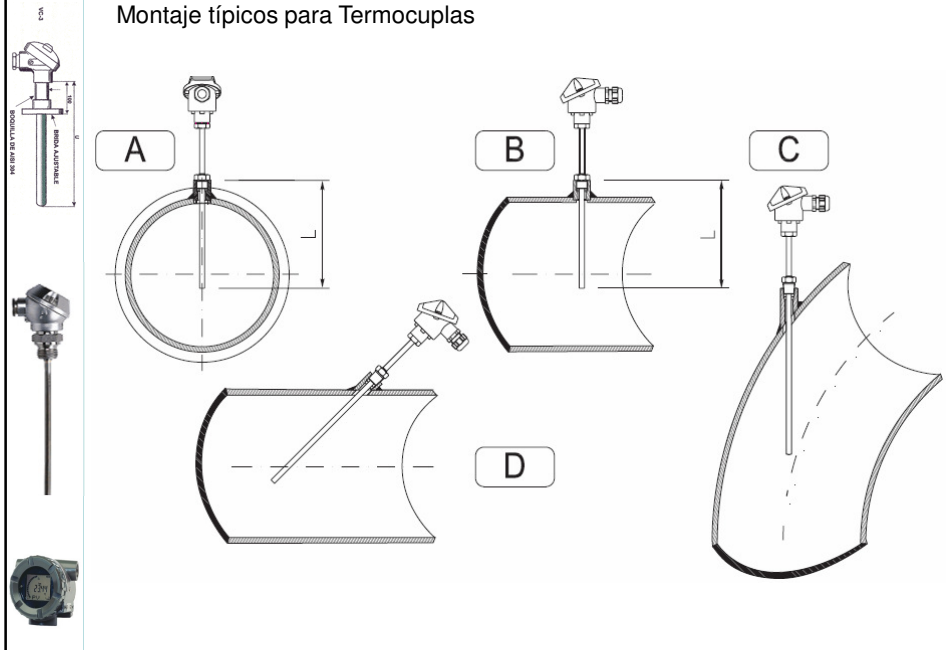
Los cabezales protectores no solamente permiten la remoción y reemplazo de una termocupla. Por la forma en que están contruidos es posible ubicar dentro de ellos un transmisor de bajo costo.



Ventaja del cabezal protector



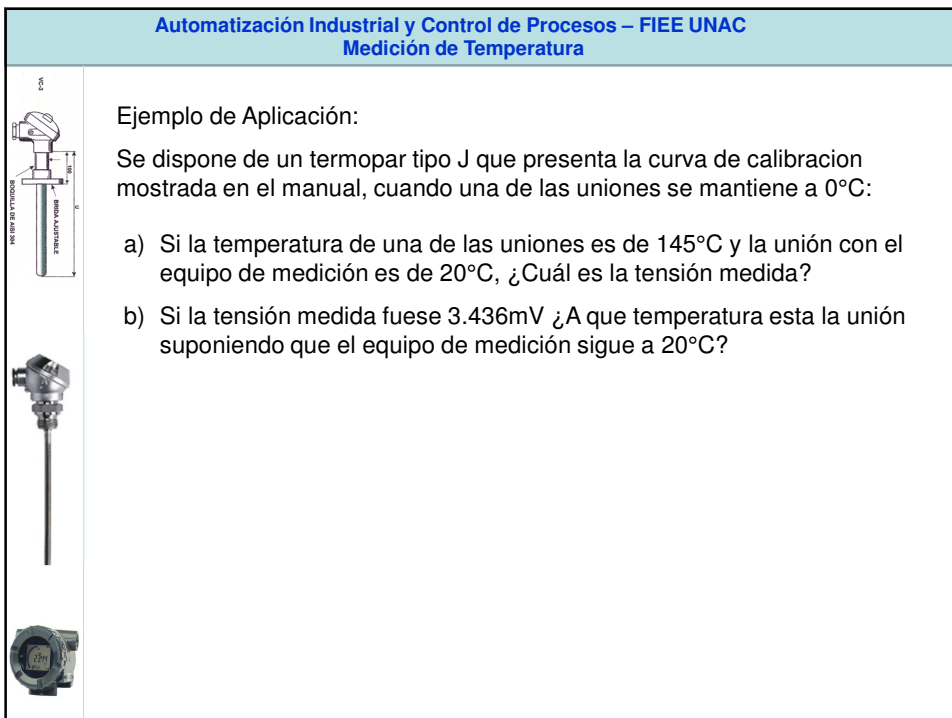
Montaje típicos para Termocuplas



Ejemplo de Aplicación:

Se dispone de un termopar tipo J que presenta la curva de calibración mostrada en el manual, cuando una de las uniones se mantiene a 0°C:

- Si la temperatura de una de las uniones es de 145°C y la unión con el equipo de medición es de 20°C, ¿Cuál es la tensión medida?
- Si la tensión medida fuese 3.436mV ¿A que temperatura esta la unión suponiendo que el equipo de medición sigue a 20°C?



3.3.2 RTD

Estos dispositivos cuyas siglas en inglés significan detectores resistivos de temperatura, se basan en el aumento de resistencia de un hilo conductor con el incremento de la temperatura. La magnitud de este cambio con respecto al cambio de temperatura en él, se llama "coeficiente térmico de resistencia" del material conductor.

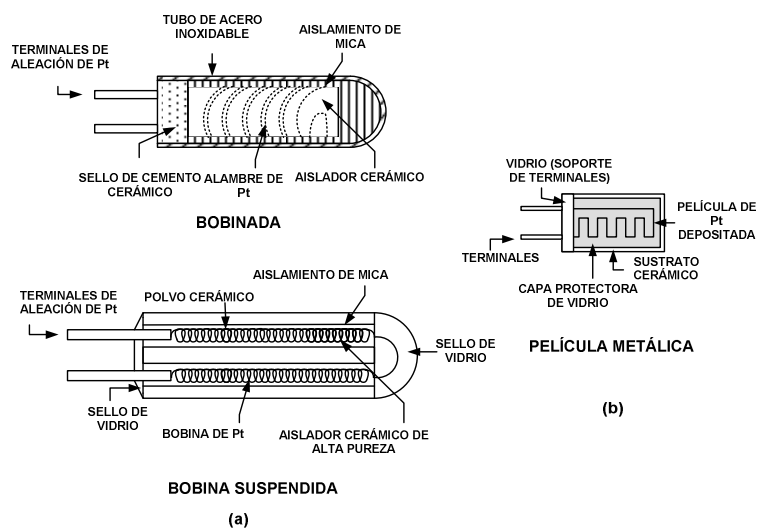
| Característica | Termocupla | RTD |
|---------------------------|------------|-------|
| Tiempo de Respuesta | Mejor | |
| Temperatura Máxima | Mayor | |
| Fortaleza | Mejor | |
| Costo - Eficiencia | Mejor | |
| Exactitud | | Mejor |
| Estabilidad a largo Plazo | | Mejor |
| Estandarización | | Mejor |

Para la mayoría de metales puros, este es constante sobre cierto rango de temperatura. Por ejemplo, el coeficiente del platino es 0.00392 ohm/(ohm) (°C) sobre un rango de 0°C a 100°C, teniendo una resistencia de 100 ohmios para una temperatura de 0°C, por lo que recibe el nombre de Pt-100. Para la mayoría de conductores, el coeficiente mencionado (α) es positivo. En el caso de un RTD de Platino, su resistencia a una determinada temperatura es el resultado de aplicar la siguiente ecuación aproximada:

$$R = 100 (1 + \alpha T)$$



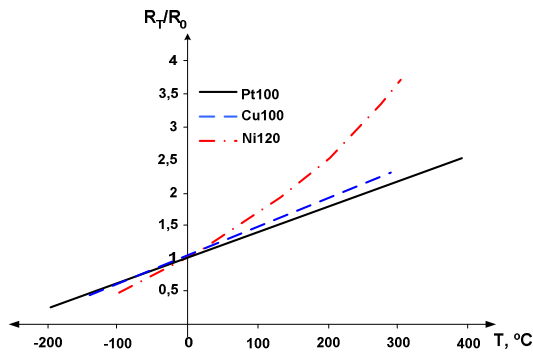
Tipos de RTD



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



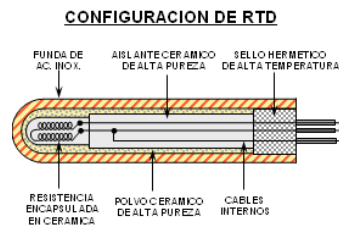
Que es un Pt100: Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Por lo tanto es un sensor de temperatura que Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



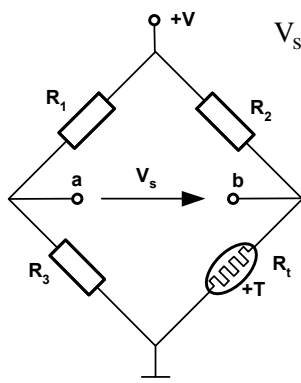
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vaina) , en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).



Acondicionamiento de la señal:



$$V_s = V_b - V_a = V \cdot \frac{R_0(1 + \alpha t)}{R_0(1 + \alpha t) + R_2} - V \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3}$$

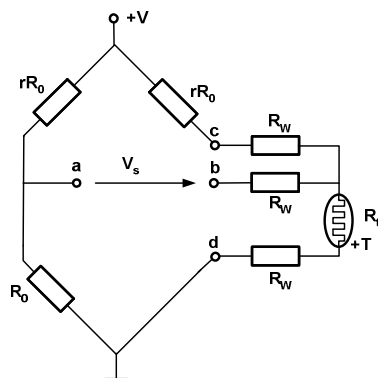
$$\frac{R_0}{R_0 + R_2} = \frac{R_3}{R_1 + R_3}$$

$$V_s = V \cdot \frac{r \cdot \alpha t}{(r + 1) \cdot (r + 1 + \alpha t)}$$

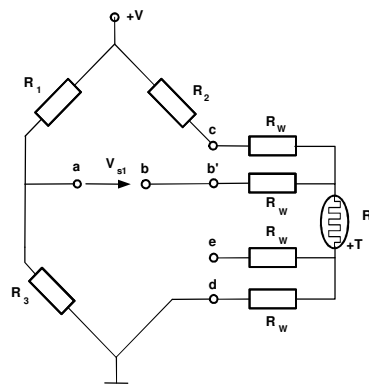
$$V_s = V \cdot \frac{r \cdot \alpha t}{(r + 1) \cdot (r + 1 + \alpha t)} \Rightarrow V_{sL} = V \cdot \frac{r \cdot \alpha \cdot t}{(r + 1)^2}$$



Conexión a tres hilos:



Conexión a cuatro hilos:



(a)



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es **con solo dos cables**. En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$ en vez de $R(t)$. Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error en la lectura.

Por ejemplo si la temperatura es 90°C , entonces $R(t) = 134.7$ ohms, pero si el cable R_{c1} tiene 1.3 ohms y el R_{c2} tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será $134.7+1.3+1.2 = 137.2$ ohms y la lectura del instrumento será 96°C .

Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es 0.0193 ohms por metro.

Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será $15 \times 2 \times 0.0193 = 0.579$ ohms lo que inducirá un error de 1.5°C en la lectura.



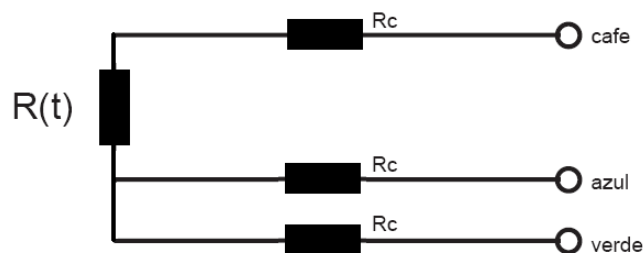
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

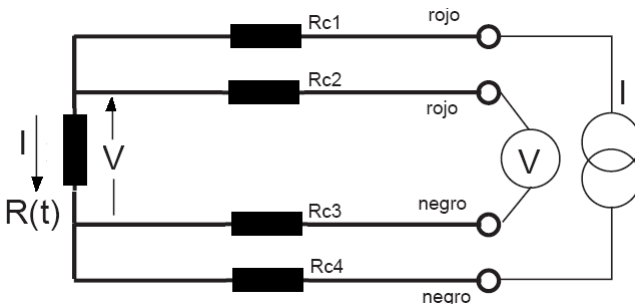
El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En algunos instrumentos, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$. Los cables 2 y 3 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV=Ic \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

Autocalentamiento y corriente de excitación:

Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente I llamada "corriente de excitación" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo.

Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ($P=I^2 \cdot R$) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura.

Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor.

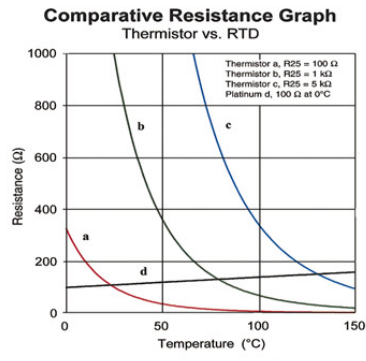
Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 són del orden de 0.5°C por miliwatt generado cuando la Pt100 esta en aire sin circular y 0.05°C con la misma Pt100 en agua.

La potencia de autocalentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, luego mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.



3.3.3 TERMISTORES

Son semiconductores hechos de carbón, germanio, silicio y mezclas de ciertos óxidos metálicos, que exhiben coeficientes de temperaturas elevadas, usualmente negativos (NTC). Su característica es no lineal y exhiben los cambios más grandes en rangos de temperatura criogénicos por debajo de 100°K.



Curvas de termistores comparadas con un RTD

Su resistencia es una función de temperatura absoluta. En la figura que se muestra a continuación, observamos claramente el comportamiento exponencial de termistores NTC, comparándolos con un RTD, en este caso un Pt-100 (respuesta d). Adicionalmente, al uso de los termistores como dispositivos de temperatura, se usan en regulación de voltaje, control de nivel de potencia, compensación de otros sensores de temperatura, control de temperatura y como detectores en analizadores.



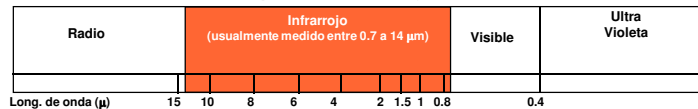
RADIACION INFRAROJA

La energía emitida o absorbida en la porción infrarroja del espectro electromagnético.

RESPUESTA ESPECTRAL

Región específica de longitud de onda donde el termómetro infrarrojo responde (de 0.7 a 14 μm en la banda del espectro electromagnético). La respuesta del instrumento depende de la emisividad, reflectancia y transmisión de energía infrarroja.

Espectro Electromagnético



EMISIVIDAD

Es la habilidad de emitir o absorber energía. Un perfecto emisor (cuerpo negro) tiene una emisividad de 1. Un objeto con una emisividad de 0.8 absorberá 80% y reflejará 20% de la energía incidente. La emisividad varía con la temperatura y la respuesta espectral.

RELACION DISTANCIA-OBJETO

El termómetro infrarrojo enfoca la energía infrarroja de un objeto sobre su detector para una determinada distancia. Por ejemplo, una relación distancia-objeto 4:1 significa que el termómetro leerá un área de 1" de diámetro a 4" de distancia. El objeto debe cubrir esta área para una buena lectura.

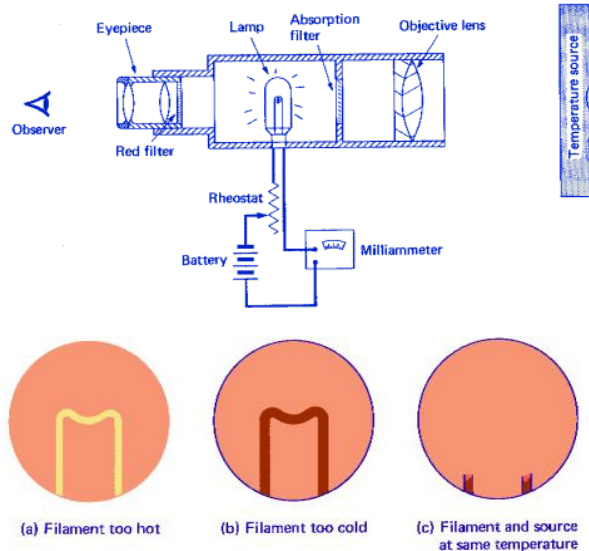


3.3.4 PIRÓMETROS DE RADIACIÓN

Son dispositivos que miden temperatura por encima del rango aplicable a las termocuplas, a pesar que ciertas aleaciones, permiten a estas últimas llegar a 3000°C aunque durante breves periodos. Algunos pirómetros pueden ser usados para medir temperaturas tan bajas como 0°C y tan altas como 5000°C con gran precisión.

El pirómetro óptico manual: se basa en la desaparición del filamento de una lámpara al compararlo visualmente con la imagen del objeto enfocado. Estos dispositivos pueden ser de dos clases: de corriente variable en la lámpara y de corriente constante en la lámpara pero con variación del brillo de la imagen de la fuente.

El pirómetro dirigido sobre una superficie incandescente no dará su temperatura verdadera si la superficie no es perfectamente negra, es decir, que absorba absolutamente todas las radiaciones y no refleje ninguna. En algunos casos es necesario hacer correcciones de la temperatura leída para tener en cuenta el valor de la absorción o de la emisión de la superficie.



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

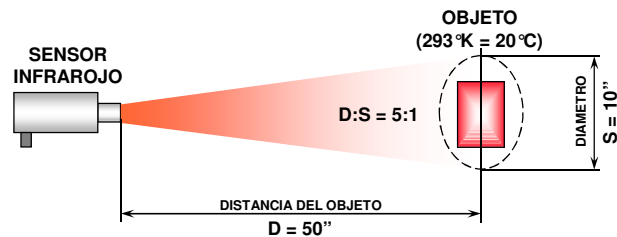


El pirómetro infrarrojo: capta la radiación espectral del infrarrojo, invisible al ojo humano y pueden medir temperaturas menores a 700 °C, supliendo al pirómetro óptico que sólo puede trabajar eficazmente a temperaturas superiores a los 700 °C, donde la radiación visible emitida es significativa. En estos dispositivos, una lente filtra la radiación infrarroja emitida por el área del objeto examinado y la concentra en un sensor de temperatura (termopar o termistor). La distancia focal de la lente varía entre 500 mm y 1500 mm.



Pirómetro infrarrojo portátil

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura



$$\text{ENERGIA RADIANTE} = \epsilon A \sigma T^4$$

- ϵ = Emisividad del objeto
- A = Area proyectada (m²)
- σ = Constante de Boltzmann = 5.6697x10⁻⁸ W/m²K⁴
- T = Temperatura del objeto (K)

EL SENSOR INFRAROJO ESTA FORMADO POR UN SISTEMA OPTICO QUE COLECTA LA ENERGIA INFRAROJA RADIANTE Y LA ENFOCA EN UN DETECTOR, EL CUAL LA CONVIERTE EN UNA SEÑAL ELECTRICA QUE ES POSTERIORMENTE AMPLIADA Y MOSTRADA EN UNA PANTALLA.

| MATERIAL | EMISIVIDAD |
|-----------------------|-------------|
| ASFALTO | 0.93 - 0.95 |
| LADRILLO | 0.80 - 0.95 |
| CONCRETO | 0.94 - 0.95 |
| VIDRIO | 0.76 - 0.85 |
| METAL BRILLANTE | 0.02 - 0.21 |
| SUPERF. PINTADA | 0.74 - 0.96 |
| PAPEL | 0.50 - 0.95 |
| JEBE | 0.95 |
| ARENA | 0.90 |
| NIEVE | 0.82 - 0.89 |
| SUELO | 0.90 - 0.98 |
| ACERO, FIERRO OXIDADO | 0.65 - 0.95 |
| ACERO INOXIDABLE | 0.10 - 0.80 |
| AGUA | 0.93 |
| MADERA | 0.89 - 0.94 |

RESPUESTA ESPECTRAL
0.75 - 1.1µm
0.95 - 1.1µm

SLOPE = Cociente de las emisividades de las dos bandas espectrales. (2 colores)

EL PIROMETRO INFRAROJO MIDE LA TEMPERATURA PROCESANDO LA RELACION ENTRE DOS NIVELES DE RADIACION INFRAROJA DE LONGITUD DE ONDA CERCANAS (SLOPE).

EL INSTRUMENTO NO MIDE EL VALOR ABSOLUTO DE LA ENERGIA QUE ALCANZA LOS DETECTORES, SOLO ES NECESARIO COMO MINIMO EL 5% DEL AREA DEL OBJETO PARA MEDIR CON EXACTITUD.

SE PUEDE MEDIR A TRAVES DE APERTURAS, MALLAS, VENTANAS, NUBOSIDADES E INCLUSO CON EL LENTE EMPAÑADO.

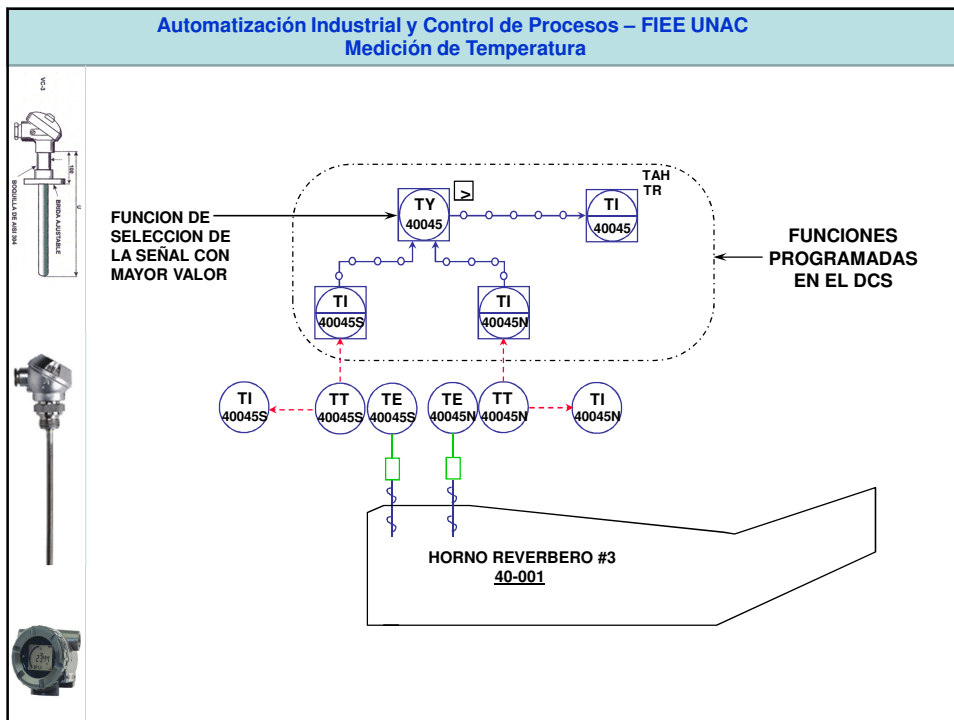
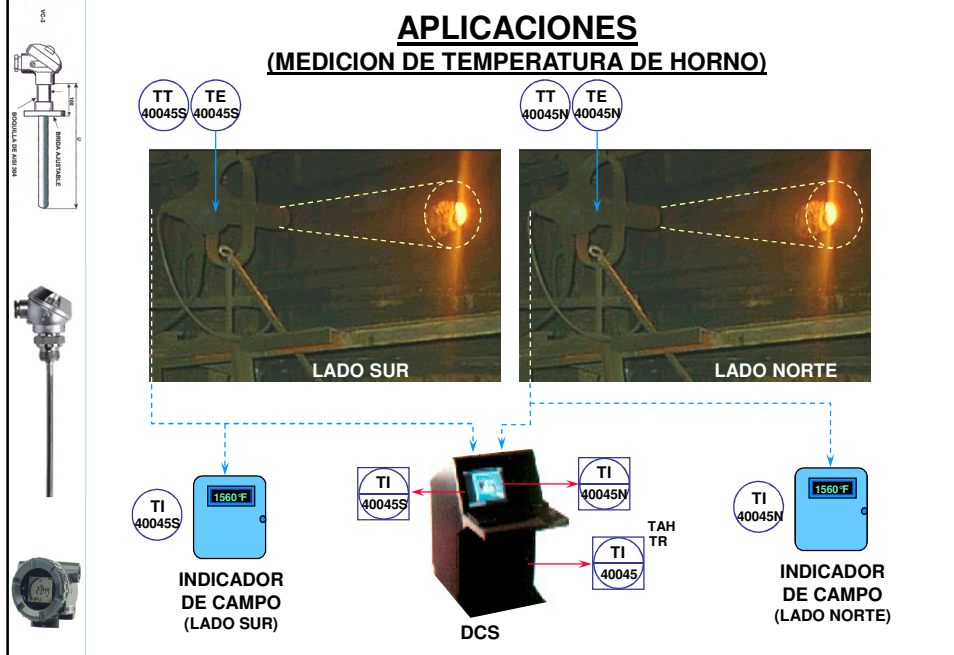
3.4 SELECCIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA

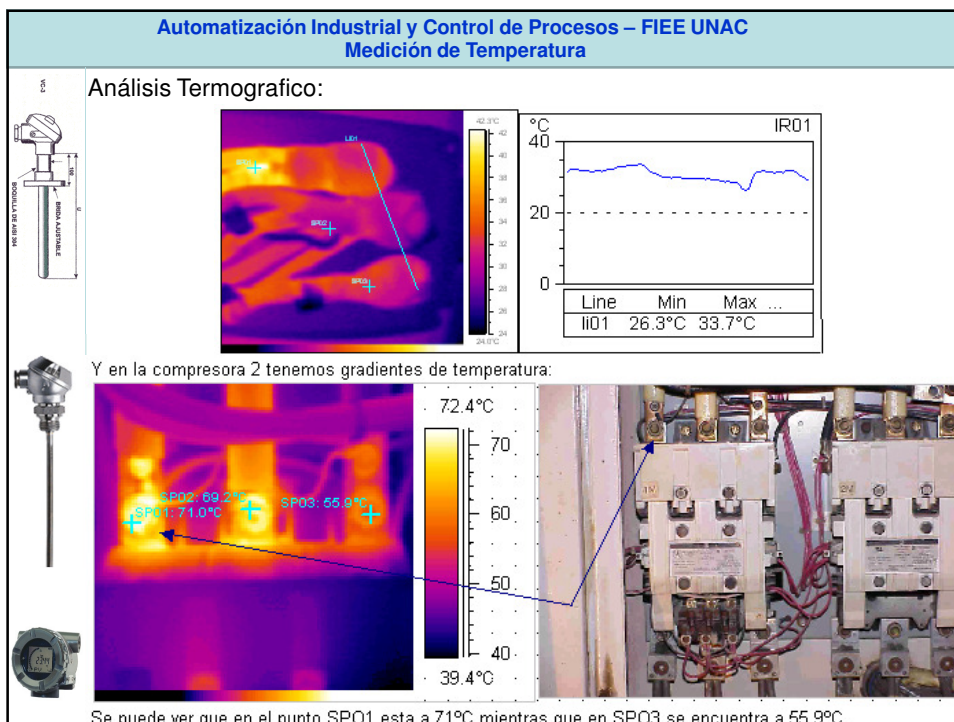
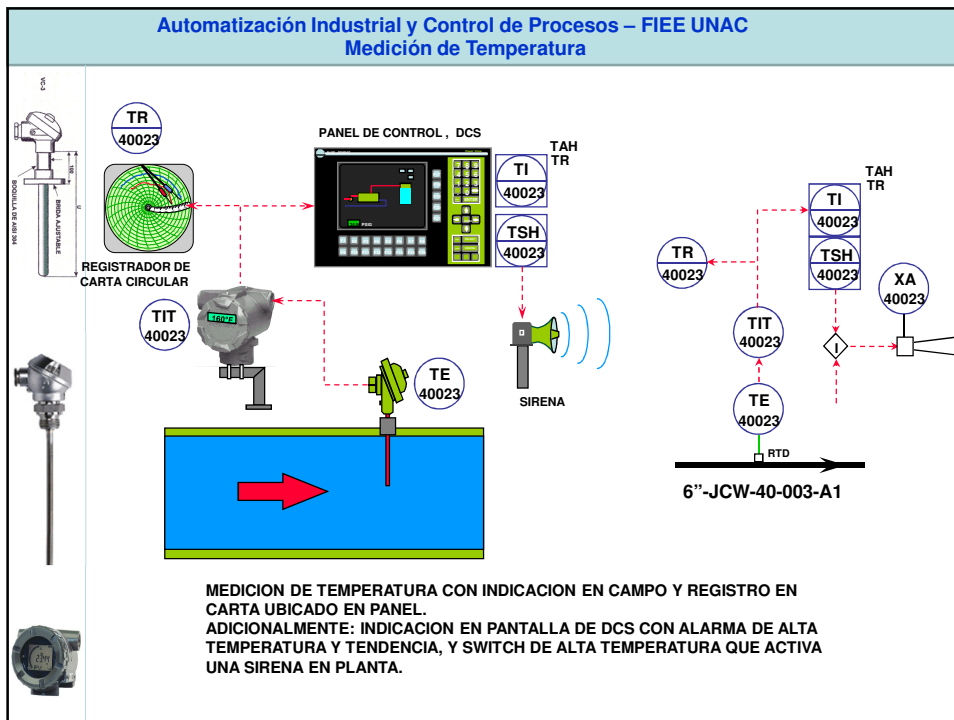
Los RTD's son más estables que las termocuplas. Por otro lado, sus rangos de temperatura no son tan amplios como aquellas: los RTD's operan a temperaturas entre -250 a 850 °C mientras que las termocuplas tienen rangos desde -270 a 2300 °C. Los termistores tienen un rango más restringido, siendo más comúnmente usados entre -40 y 150 °C, pero ofrecen una gran exactitud en ese rango.

Los sensores infrarrojos, relativamente caros, son apropiados cuando las temperaturas son extremadamente altas. Se encuentran disponibles para medir temperaturas de hasta 3000 °C, excediendo grandemente el rango de las termocuplas u otros dispositivos de medición por contacto.

La medición por infrarrojos es también atractiva cuando uno no quiere tener contacto con la superficie cuya temperatura se desea medir. Des este modo, superficies frágiles o húmedas, tales como superficies pintadas saliendo de un horno de secado, pueden monitorearse de este modo. Sustancias que son químicamente reactivas o eléctricamente ruidosas son candidatos ideales para la medición infrarroja. Del mismo modo, esta forma de medición resulta ventajosa cuando se desea medir la temperatura de superficies muy grandes que requerirían de otro modo un arreglo muy grande de termocuplas o RTD's para su medición.

APLICACIONES
(MEDICION DE TEMPERATURA DE HORNO)





Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC
Medición de Temperatura

The image illustrates various methods for industrial temperature measurement. On the left, three types of sensors are shown: a PT100 probe with dimensions (100mm length, 10mm diameter), a surface probe, and a circular sensor. In the center, a thermal image shows a hot spot on a component, with a color scale from 25.7°C to 184.5°C. On the right, a photograph of an electrical control cabinet shows a temperature of 120°C on a component.