



Termocuplas

Sensores de Temperatura

Termocuplas Tipo "J y K", PT100

Utilizados para la medición y control de la temperatura en líquidos, gases, sólidos y semi-sólidos. Los tipos más comunes son:

Termoresistencias PT-100:

Este tipo de sensor está fundamentado en la proporcionalidad que existe entre la variación de una resistencia eléctrica de platino de alta pureza y la temperatura.

Por su principio de funcionamiento estos elementos ofrecen una excelente estabilidad y reproducibilidad para temperaturas que van entre los -50 a 300 °C.

Otra característica importante de este tipo de sensor es que la medición no es alterada por la distancia entre el punto de senseo y el punto de lectura o control, gracias a su conexión de tres alambres que permiten diferenciar la resistencia del sensor de la resistencia total de los mismos alambres.

Termocuplas:

Este tipo de sensor se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz, proporcional a ésta. Dependiendo del material de los conductores, podemos encontrar los siguientes tipos más comunes y sus rangos de trabajo.

Termocupla Tipo J: Fierro / Constante; Rango 0 a 600°C

Termocupla Tipo K: Níquel / Cromo Níquel; Rango 0 a 1000°C.

Sensores con Cable Flexible:

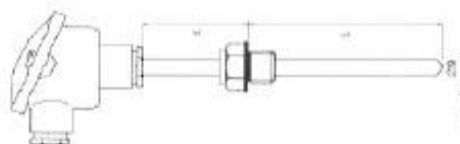
Material del bulbo y conector: acero inoxidable 304. Cable: 2 mts; malla de acero inoxidable para termocuplas y pvc para PT-100. Conexión: TCS-3/32 TCP/TSB - 1/2" NPT

Termorresistencias

Termorresistencias Pt100, Pt500 y Pt1000, Ni100, Cu10, tolerancias según IEC 751, clase B, A, 1/3, 1/5 y 1/10, tipo thin film (base cerámica con sustrato de platino, para temperaturas entre -50 y 400 °C, arrolladas para temperaturas de -250 hasta 650° C o especiales hasta 850°C. Simples o dobles, encapsuladas en cerámica o vidrio.

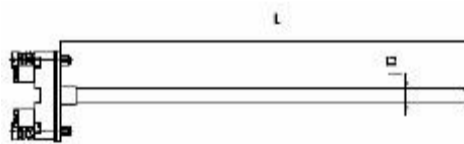
Termorresistencias convencionales

Termorresistencias en construcciones con vaina de tubo soldado, con sonda interior intercambiable opcional y transmisor montado en el cabezal de conexiones opcional.



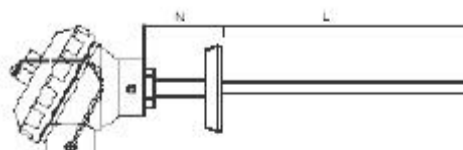
Termorresistencias tipo sonda intercambiable

Termorresistencias en construcciones tipo sonda intercambiable con resortes para montajes con vaina exterior de tubo soldado o termovaina de barra maciza, con bornera de conexiones cerámica o transmisor opcional.



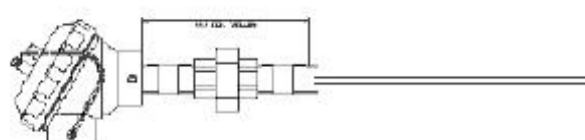
Termorresistencias con construcción sanitaria

Termorresistencias en construcciones sanitarias montaje con brida tipo clamp ISO 2852 o con tuerca DIN 11851, SMS 1145, con vaina de tubo soldado, con sonda interior intercambiable opcional y transmisor montado en el cabezal de conexiones opcional.



Termorresistencias construcción antiexplosiva

Termorresistencias en construcciones a prueba de explosión, con cabezal de conexiones APE EX para montaje a termovaina de barra maciza, con sonda interior intercambiable y transmisor opcional convencional o intrínsecamente seguro.



Características de los termopares

La elección de un termopar para un determinado servicio debe ser hecha considerando todas las posibles variables y normas exigidas para el proceso, por lo tanto estamos aportando algunos datos para la orientación en la correcta elección de los mismos.

La tabla de abajo relaciona los tipos de termopares con el rango de temperatura usual las ventajas y restricciones.

Tipo	Elemento Positivo	Elemento Negativo	Rango de Temperatura	Ventajas	Restricciones
T	Cobre	Cobre-Níquel (Constatán)	- 184 a 370°C	Resiste la atmósfera corrosiva Aplicable en atmósfera reductora u oxidante debajo de los 310°C Su estabilidad lo torna útil en temperaturas debajo de lo 0°C Presenta buena precisión en el rango de utilización	Oxidación del cobre encima de los 310°C
J	Hierro	Cobre-Níquel (Constatán)	0 a 760°C	Bajo costo Indicado para servicios continuos hasta 760°C en atmósfera neutra o reductora.	Límite máximo de utilización en atmósfera oxidante de 760°C debido a la rápida oxidación del hierro. Utilizar tubo de protección encima de los 480°C
E	Níquel Cromo (Cromel)	Cobre-Níquel (Constatán)	0 a 870°C	Alta potencia termoeléctrica Los elementos son altamente resistentes a la corrosión, permitiendo su uso en atmósfera oxidante.	Baja estabilidad en atmósfera reductora.
K	Níquel Cromo (Cromel)	Níquel-Aluminio (Constatán)	0 a 1260°C	Indicado para atmósfera oxidante. Para rangos de temperatura más elevados tiene mejor rigidez mecánica que los tipos SOR y mayor vida útil que el tipo J	Vulnerable en atmósferas reductoras, sulfurosas y gases como SO ₂ y H ₂ S requiriendo sustancial protección cuando se lo utiliza en estas condiciones.
S	Platino Rhodio 10%	Platino	0 a 1480°C	Indicado para atmósferas oxidantes.	Vulnerable a contaminación en atmósferas que no sean oxidantes.
R	Platino Rhodio 13%	Platino	1 a 1480°C	Presenta buena precisión a altas temperaturas.	Para altas temperaturas utiliza aisladores y tubos de protección de alta alúmina
B	Platino Rhodio 30%	Platino Rhodio 6%	870 a 1705°C	Mejor estabilidad que los tipos S y R Mejor resistencia mecánica Más adecuado para altas temperaturas que los tipos SOR	Vulnerable a contaminación en atmósferas que sean oxidantes. Utilizar aisladores y tubos de protección de alta alúmina

Límite máximo de aplicación

Tipo de termopar	Diámetro 8 AWG	Diámetro 14AWG	Diámetro 20AWG	Diámetro 24AWG
T	--	370°C	260°C	200°C
J	760°C	590°C	480°C	370°C
E	870°C	650°C	540°C	430°C
K	1260°C	1090°C	980°C	870°C
S y R	--	--	--	1480°C
B	--	--	--	1700°C

Límites de error

Tipo de termopar	Rango de temperatura	Límites de error	
		Standard Clase 2	Especial Clase 1
T	-40°C a 150°C	+/- 1°C	+/- 0.5°C
	125°C a 350°C	-0.0075	-0.004
J	-40°C a 333°C	+/- 2.5°C	+/- 1.5°C
	333°C a 750°C	-0.0075	-0.004
E	-40°C a 333°C	+/- 2.5°C	+/- 1.5°C
	333°C a 900°C	-0.0075	-0.004
K	-40°C a 375°C	+/- 2.5°C	+/- 1.5°C
	375°C a 1200°C	-0.0075	-0.004
S y R	0°C a 600°C	+/- 1.5°C	+/- 1°C
		-0.0025	+/- {1+0.003(t-1100)}
B	600°C a 1700°C	-0.0025	

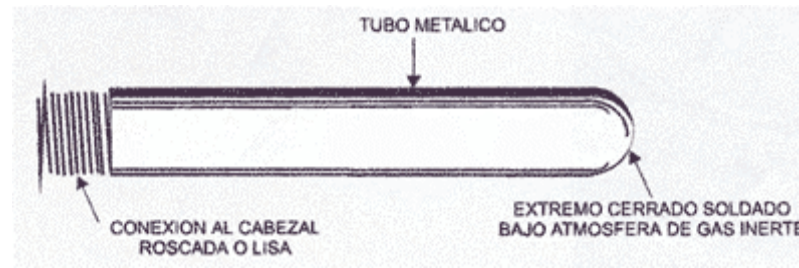
Nota:

1. Junta de referencia 0°C

2. (t)=temperatura que está siendo medida

Selección de materiales para vainas de protección

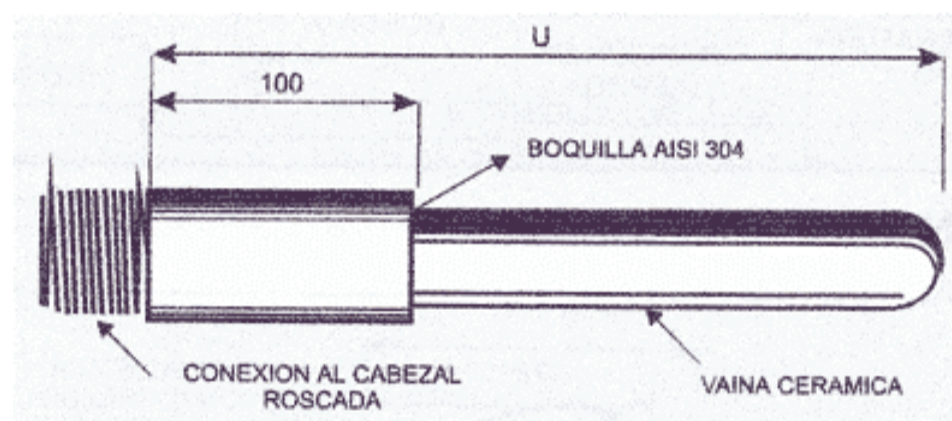
Son utilizados para la protección de sensores de temperatura, para la correcta especificación de estos es necesario tener en cuenta todas las condiciones de uso tales como: temperatura, resistencia mecánica, corrosión (atmósfera oxidante o reductora), tipo de fluido, velocidad de respuesta, etc. Por lo tanto para orientar en la elección de éstos, les informamos en las tablas subsiguientes las características y aplicaciones principales de los materiales para protección.



Material	Temperatura Máxima de Aplicación	Consideraciones Generales
Acero común	560°C	Satisfactorio en atmósferas no corrosivas.
Hierro fundido	700°C	Principal campo de aplicación en fundición de metales no ferrosos, recomendándose blanqueo diario.
Acero inoxidable 304	850°C	Buena resistencia a la oxidación y corrosión en una amplia gama de ambientes industriales. Buenas propiedades mecánicas hasta 760°C. Considerando en general como material estándar para protección de termocuplas.
Acero inoxidable 316	890°C	Igual características que el 304, pero tiene mejor resistencia a la corrosión
Acero inoxidable 310	1060°C	Igual características que el 304, pero resiste mayor temperatura.
Acero inoxidable 446	1100°C	Excelente resistencia a la oxidación y a la corrosión a elevadas temperaturas. Buena resistencia en atmósferas sulfurosas. No apto para atmósferas carburizantes.
Inconel 600	1175°C	Excelente resistencia a la oxidación a altas temperaturas. Buena resistencia a la corrosión, no debe ser utilizado en atmósferas sulfurosas por encima de los 500°C
Kanthal AF	1280°C	Buena resistencia a las atmósferas sulfurosas y oxidantes a altas temperaturas.

Utilizados en la mayoría de los casos para la protección de termopares tipo "S", "R", o "B". Para estos termopares, considerados nobles, una protección cerámica doble recomendada, pues proporciona mayor resistencia mecánica y vida útil del par termoeléctrico.

Características de los materiales de protección cerámicos

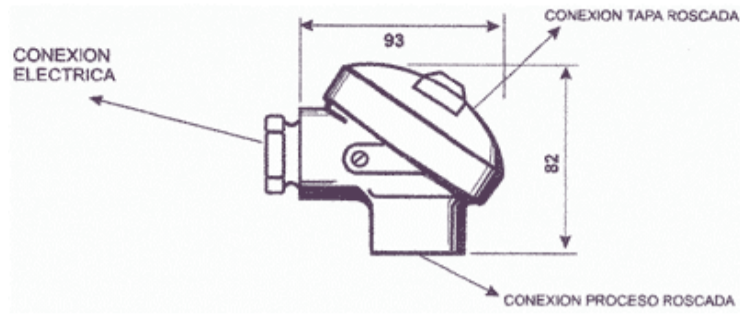


Material	Temperatura Máxima de Aplicación	Consideraciones Generales
Tipo 610 Según DIN 43724	1600°C	<ul style="list-style-type: none"> Contiene 60% de aluminio (Al₂O₃) Material no poroso Buena resistencia mecánica Buena conductividad térmica Bajo costo
Tipo 710 Según DIN 43724	1850°C	<ul style="list-style-type: none"> Contiene 60% de aluminio (Al₂O₃) Material no poroso Resistencia mecánica y conductividad térmica muy superior al tipo 610 Alto costo
Carburo de Sicilio	1500°C	<ul style="list-style-type: none"> Material altamente poroso Baja resistencia mecánica Alta conductividad térmica Resistente al choque térmico Utilizado en fundición de metales no ferrosos

Tipo de cabezales de conexión.

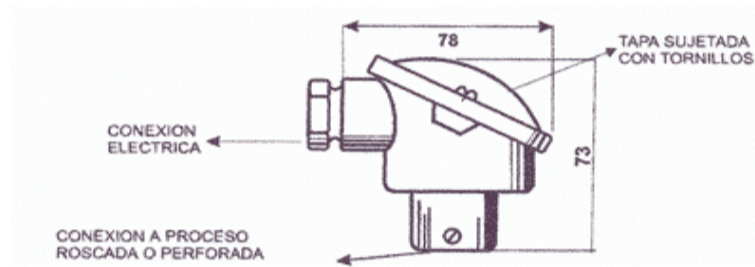
El cabezal de conexión tiene una finalidad de unir el termopar con el cable compensado, por intermedio de un conector cerámico interior que actúa como bornera. Tiene también la misión de hacer de soporte de la vaina de protección.

Cabezal Tipo americano



Características Generales	Material	Conexión a proceso	Conexión eléctrica
Cabezal robusto, estanco y antiexplosivo, con tapa roscada para vainas de extremo roscado. Temperatura máxima de trabajo 200°C	Fundición de aluminio	Rosca 1/2" BSP	Prensacable
		3/4 BSP	Rosca 1/2" BSP
	Fundición de hierro	Rosca 1/2" NPT 3/4" NPT 1" NPT	Rosca 1/2" BSP

Cabezal Tipo DIN B



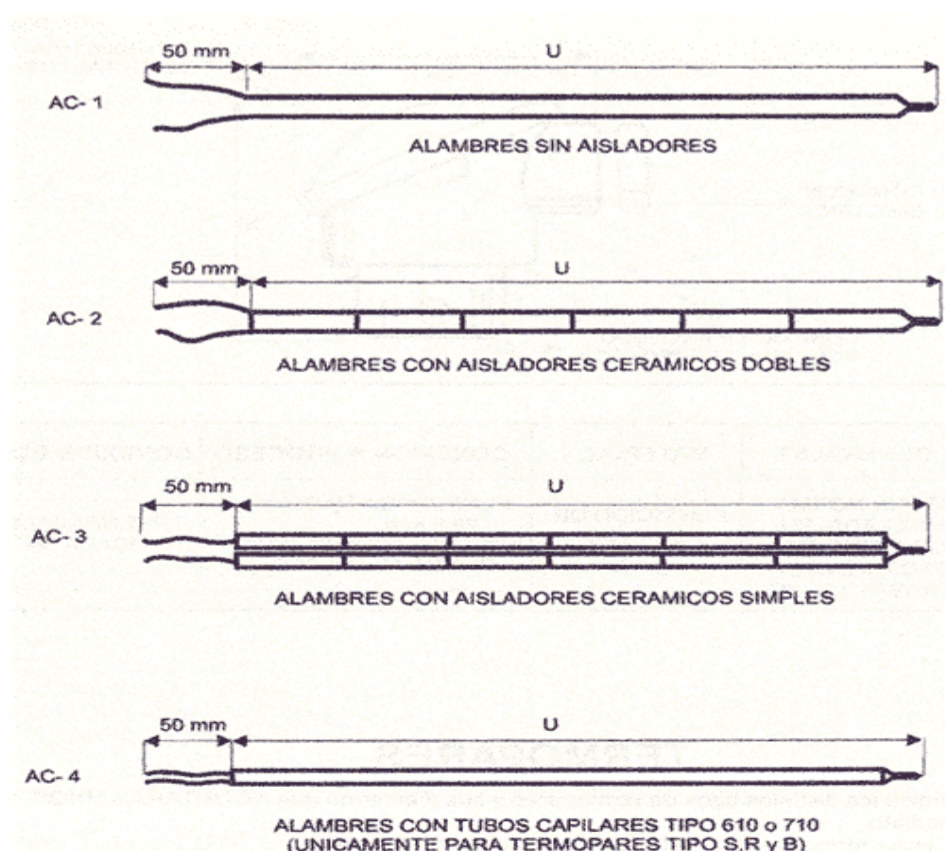
Características generales	Material	Conexión a proceso	Conexión eléctrica
Cabezal según norma 43729, con tapa atornillada. Sujeto a la vaina por medio de 2 tornillos o de rosca. Temperatura máxima de trabajo 200°C Diámetro máximo del termopar 1.5mm	Fundición de aluminio	Perforada hasta 21.5mm Roscada 1/2" BSP	Prensacable roscado 3/4" NF

Termopares

La tabla inferior indica los distintos tipos de termopares y sus diámetros más usados en la industria, en general. La calibración de estos termopares cumple con la norma IEC 584-2

Tipo	Diámetro (mm)	Positivo	Negativo
T	1.29	Cobre	Cobre-níquel (constantán)
J	0.8	Hierro	Cobre-níquel (constantán)
	1.29		
E	1.29	Níquel-cromo (cromel)	Cobre-níquel (constantán)
	3.26		
K	0.8	Níquel-cromo (cromel)	Níquel-aluminio (alumel)
	1.29		
	2		
S	0.35	Platino-rodio (10%)	Platino
	0.5		
R	0.5	Platino-rodio (13%)	Platino
B	0.5	Platino-rodio (30%)	Platino-rodio 6%

Termopares convencionales - Tipo AC



Especificación

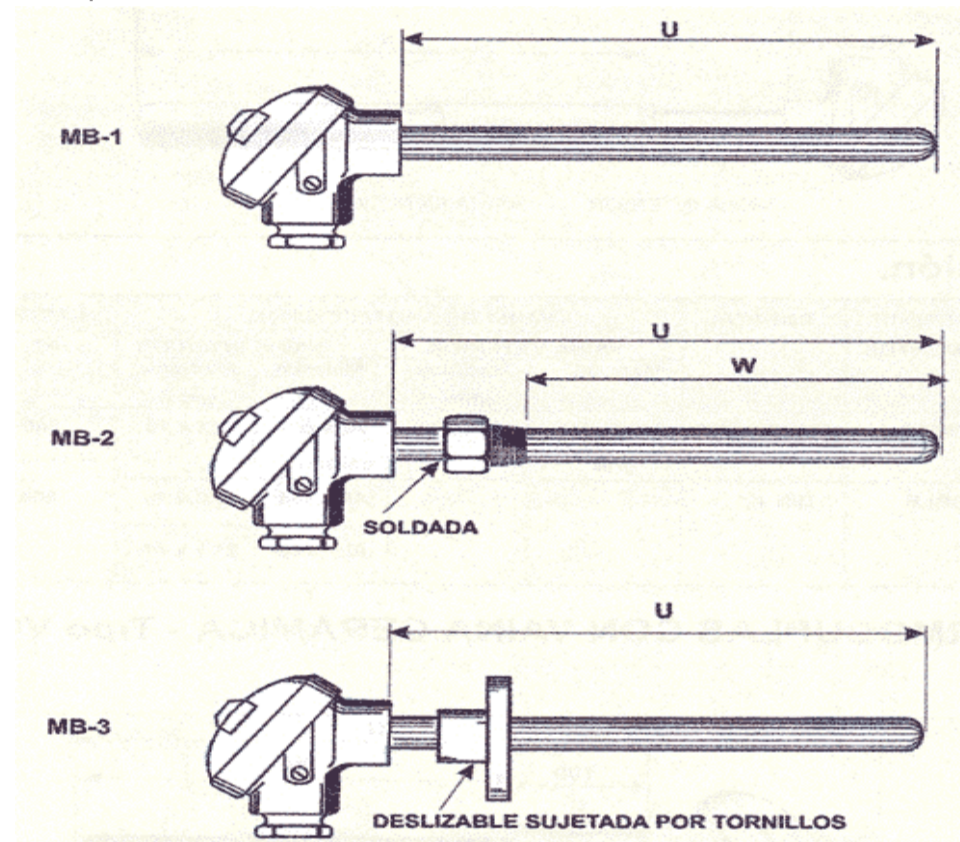
Termopar tipo	Número de elementos	Aislación				Largo "U"	
		Tipo de aislador	Medidas (mm)				
			ext	Nº orif	O orif		
T	Simple	Sin aislador (desnudo)	--	--	--	Especificar en mm	
J			4	1	2.3		
E			4	2	1		
K			6	2	1.8		
S			6	4	1.2		
R	Doble	Ceramicos, monofilares, bifilares, cuadrifilares (1)	8.5	2	2.5		
			9	4	2.2		
			12.5	2	3.2		
B			Tubos capilares TIPO 610 y 710 (2)	4.5	2		1
				5.5	4		1.2

Notas:

1) Largo máximo del aislador 120 mm

2) Conforme a norma DIN 43725. Largo máximo 1460 mm. Únicamente para Termopares Tipo S, R o B

Termocuplas con vaina metálica - Tipo MB



Especificación

Termopar Tipo	Número de elementos	Cabezal	Conexión a proceso		Vaina de protección		
			Tipo	Material	Material	Diám (mm)	Largo "U"
T	Simple	Americano	Sin conexión	--	acero común	9.52	Especificar en mm
J						12.7	
E						16	
K						19	
S						21.3	
R	Doble	DIN B (1)	ROSCA: especificar tipo BSP o NPT medidas en pulgadas	AISI 304	26.7		
					21.3		
					26.7		
					21.3		
B					26.7		
	Doble	BRIDA: deslizante con sujeción por tornillos	BRIDA: deslizante con sujeción por tornillos	Fundición gris	AIDI 446	33.4	
					Inconel 6.00	21.3	
					Kanthal AF (2)	19	

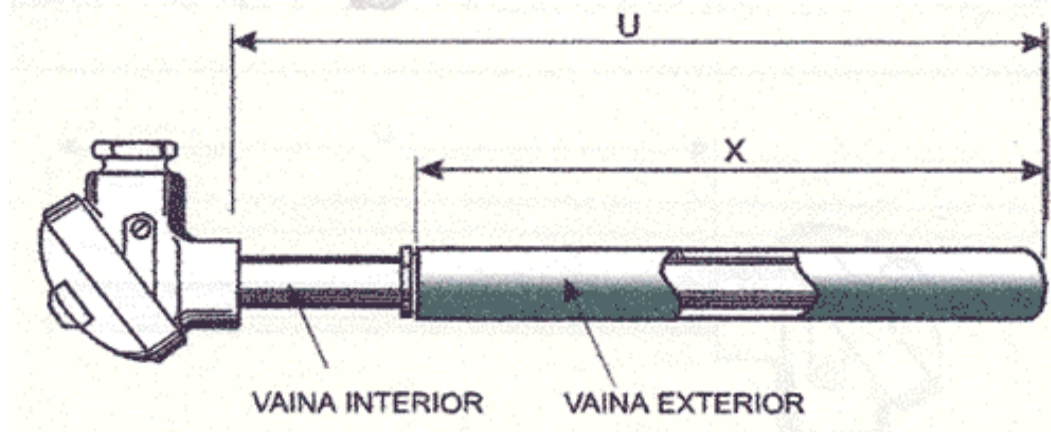
Notas:

1) Cabezal DIN únicamente para vainas de protección con diámetros menores a 2.15 mm

2) Para termocuplas tipo S, R y B con vaina interior cerámica tipo 610 o 710

3) Construidas según Norma DIN 43720

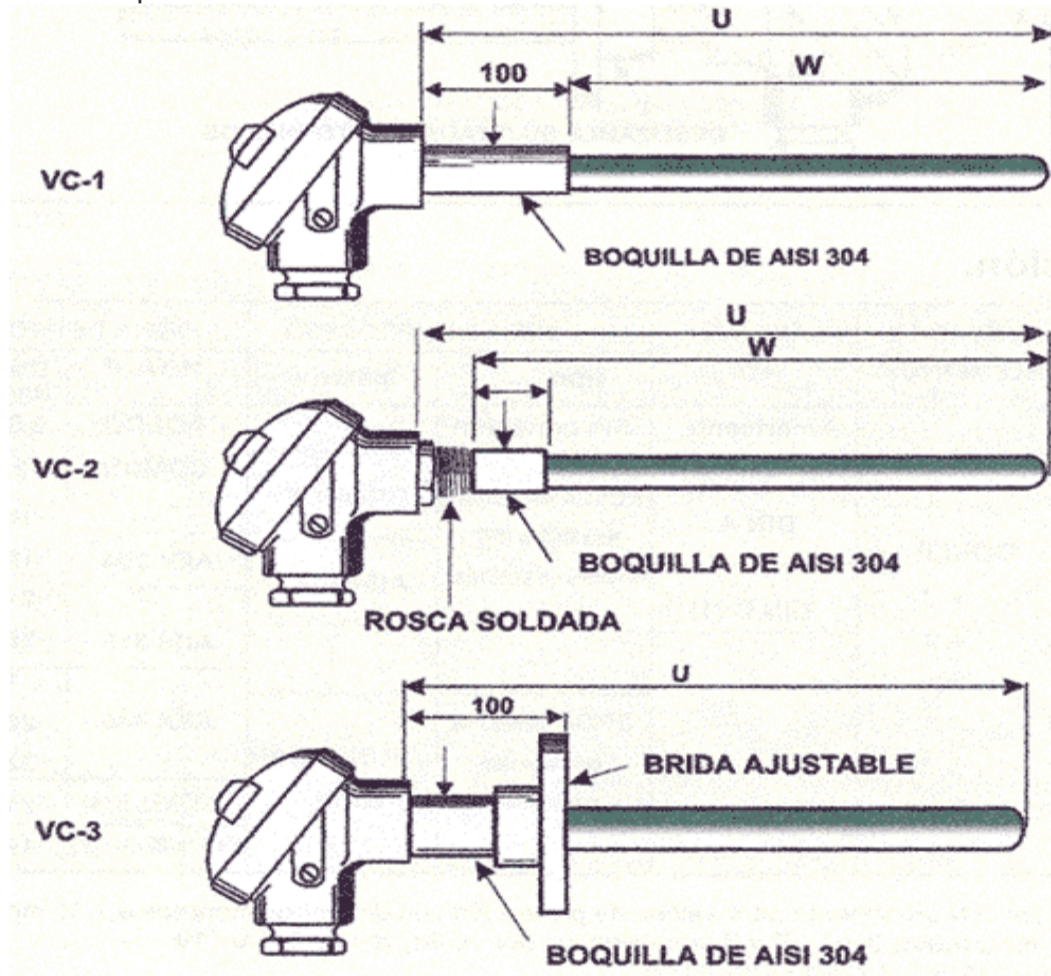
Termocupla - Tipo VMF



Especificación

Termopar	Número de elementos	Cabezal	Vaina de protección (1)				Largo "X"	Largo "U"
			Vaina exterior		Vaina interior			
			Material	Medidas (mm)	Material	Medidas (mm)		
J (día 3.26 mm)	Simple	Americano	Fundición gris	43 x 23	Acero común	2.13 x 16	500	Especificar en mm
K (día 3.26 mm)	Doble	DIN A			AISI 304	21.3 x 16	800	
					AISI 448	21.3 x 16		

Termocuplas con vaina cerámica - Tipo VC



Especificación

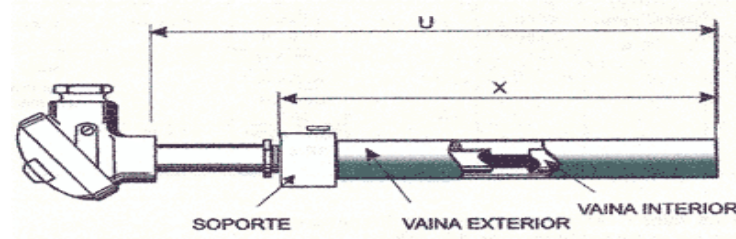
Termopar Tipo	Número de elementos	Cabezal	Conexión a proceso		Vaina de protección (2)			Largo "U"
			Tipo	Material	Material	Diámetro (mm)		
						Ext	Int	
K	Simple	Americano	Sin conexión	--	TIPO 610	10	7	Máximo 1460 mm
S		DIN A	ROSCA: soldada o deslizable, Tipo BSP o NPT	Bronce		15	11	
R		DIN B	medidas en pulgadas	AISI 304		24	19	
B	Doble	DIN B	BRIDA: deslizable con sujeción por tornillos	Fundición gris	TIPO 710	10	6	
			Otros a pedido			15	10	

Notas:

1) Cabezal DIN B únicamente para vainas cerámicas con protección con diámetros menores a 15 mm

2) Las vainas de protección se unen al cabezal por medio de boquillas metálicas de AISI 304 cuyo diámetro depende de las vainas que soporten, siendo el largo estándar de 100 mm.

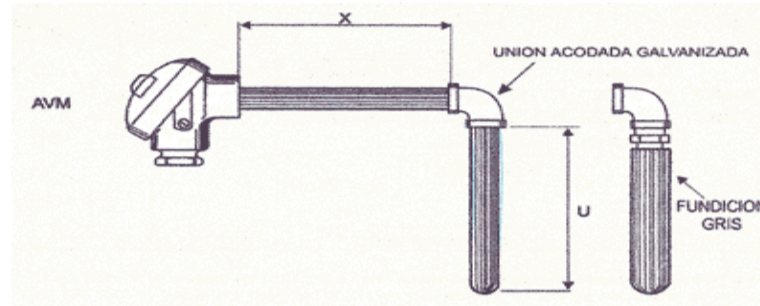
Termocuplas - Tipo CSC



Especificación

Termopar Tipo	Número de elementos	Cabezal	Vainas de protección						Largo "X" (Mm)"	Largo "U" (Mn)
			Vaina exterior			Vaina interior				
			Material	Ø ext (mm)	Ø int (mm)	Material	Ø ext (mm)	Ø int (mm)		
J (3.26 mm)	Simple	Americano	carburo de silicio	45	25	Acero común	21.3	16	MAX: 700	Especificar
K (3.26 mm)	Doble	DIN A				AISI 446	21.3	16		
S						Cerámica Tipo 610	15	11		

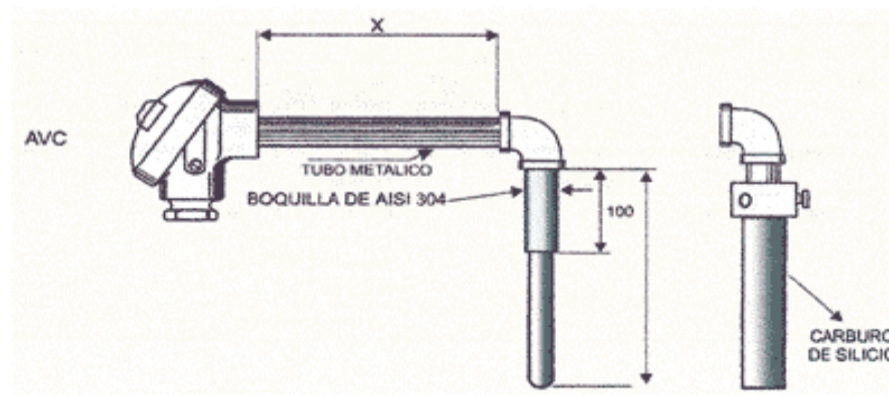
Termocuplas acodadas con vaina metálica - Tipo AVM



Especificación

Termopar	Número de elementos	Cabezal	Vaina de protección				Largo "H"	Largo "U"
			Horizontal		Vertical			
			Material	Medidas (mm)	Material	Medidas (mm)		
J	Simple	Americano			Acero común		500 mm	500 mm
K	Doble	DIN A	Acero común	21.3 x 16	AISI 316	21.3 x 16	Otros especificar en mm	Otros especificar en mm
					AISI 446			
					Inconel 600	43 x 23		
					Fundición Gris (2)			

Termocuplas acodadas con vaina metálica - Tipo AVC



Especificación

Termopar	Número de elementos	Cabezal	Vaina de protección				Largo "H"	Largo "U"
			Horizontal		Vertical			
			Material	Medidas (mm)	Material	Medidas (mm)		
K	Simple	Americano			Tipo 610	10 x 7	500 mm	Otros especificar en mm (2)
S	Doble	DIN A	Acero común	21.3 x 16	Tipo 710	15 x 11		
R					Tipo 610	24 x 19		
B					Carburo de silicio	10 x 6		
						15 x 10		
						45 x 25		

Notas:

- 1) Medidas de las vainas: diámetro exterior por diámetro interior.
- 2) Para vainas tipo 610 y 710. Largo máximo 1460 mm, para vainas de carburo de silicio largo máximo 700 mm.
- 3) Con vaina interior de Acero común, AISI 446 o tipo 610.

Termocuplas Compactadas

Las termocuplas compactadas están constituidas de uno o más pares termoeléctricos envueltos por un polvo aislante de óxido de magnesio altamente compactado en una vaina externa metálica. Debido a esta construcción los conductores del par termoeléctrico están totalmente protegidos contra la atmósfera exterior, consecuentemente la durabilidad del termopar depende de la resistencia a la corrosión de la vaina externa y no de la resistencia a la corrosión de sus conductores. En función de esta característica, la elección del material de la vaina es un factor importante en la especificación de estos.



Ventajas de las Termocuplas Compactadas

- Estabilidad de la fuerza electromotriz
La estabilidad de la F.E.M. Del termopar depende fundamentalmente de que los dos conductores estén completamente protegidos contra la acción de gases o de otras condiciones ambientales que normalmente causan oxidación y consecuentemente pérdida de la fuerza electromotriz generada.
- Resistencia mecánica
El óxido de magnesio bien compactado dentro de la vaina metálica, mantiene a los conductores uniformemente posicionados, permitiendo que la termocupla compactada sea doblada, achatada, torcida o estirada, soporte presiones externas y choque térmicos sin que pierda sus propiedades termoeléctricas.
- Dimensiones reducidas
El proceso de fabricación permite la producción de termocuplas compactadas con vainas de diámetro externo de hasta 1.50mm. Permitiendo la medición de temperatura en lugares que anteriormente no era posible con termopares convencionales.
- Impermeabilidad al agua, aceite y gas
La vaina metálica asegura la impermeabilidad del termopar en agua, aceite y gas.
- Facilidad de instalación
La gran maleabilidad de la termocupla compactada, conjuntamente con su pequeña dimensión y su gran resistencia mecánica, aseguran su fácil instalación aún en las condiciones más difíciles.
- Adaptabilidad
La construcción de la termocupla compactada permite que la misma fuese tratada como si se tratara de un conductor sólido. en su capa metálica pueden ser montados accesorios por medio de soldadura o tornillos como roscas, bridas, bujes, etc.
- Respuesta más rápida
La pequeña masa y la gran conductibilidad térmica del polvo de óxido de magnesio, proporcionan a la termocupla compactada un tiempo de respuesta que es virtualmente igual de un termopar descubierto de dimensiones equivalentes.
- Resistencia a la corrosión
Las vainas pueden ser seleccionadas adecuadamente para resistir el ambiente corrosivo.
- Resistencia de aislación elevada
La resistencia de aislación de la termocupla compactada es elevada, pudiendo mantener esta condición aún en las condiciones de uso más húmedas.

Características técnicas de las termocuplas compactadas

Para la perfecta elección de una termocupla compactada deben ser consideradas todas las posibles características y normas exigidas en el proceso, siendo fundamental la correcta elección de la vaina exterior metálica. A continuación aportamos algunos datos de orientación.

Vaina exterior	Análisis químico	Características generales
AISI 304	(Ni 8 a 11) (Cr 18 a 20) (Si 75 máx.) (S 03 máx.) (P 04 máx.) (Mn 2 máx.) (C 08 máx.)	Corrosión: Muy buena resistencia en una amplia gama de ambientes industriales. Rango de temperatura: muy buena resistencia a la oxidación en servicio intermitente hasta 860°C y en servicio continuo hasta 920°C.
AISI 316	(Ni 11 a 14) (Cr 16 a 18) (Mo 2 a 3) (Si 75 máx.) (S 03 máx.) (P 04 máx.) (Mn 2 máx.) (C 08 máx.)	Corrosión: Muy buena resistencia en una gama más amplia que el 304. Resiste también el ataque de agua de mar. Rango de temperatura: muy buena resistencia a la oxidación en servicio intermitente hasta 860°C y en servicio continuo hasta 920°C
AISI 310	(Ni 19 a 22) (Cr 24a 26) (Si 75 máx.) (S 03 máx.) (P 04 máx.) (Mn 2 máx.) (C 15máx)	Corrosión: excelente resistencia a temperaturas normales y en altas temperaturas presenta muy buena resistencia a la oxidación y a atmósferas carburizantes. Rango de temperatura: buena resistencia a la oxidación en servicio intermitente en aire hasta 1030°C y en servicio continuo hasta 1140°C
INCONEL 600	Ni(72) (Cr 14 a 17) (Cu 5 máx.) (Si 05 máx.) (S 015 máx.) (Fe 6-10) (Mn 1 máx.) (C 015 máx.)	Corrosión: buena resistencia a la corrosión en general, excelente resistencia a la oxidación a altas temperaturas. Rango de temperatura: puede operar hasta 1177°C en aire.

Limites de error

La tabla de abajo representa los límites de error para termocuplas compactadas provistas por nuestra fabrica. Estando de acuerdo con la norma ANSI/ASTM E230-72

Tipo de termopar	Conductores		Rango de temperatura °C	Limites de error	
	Positivo	Negativo		Standard °C	Special °C
T	Cobre	Cobre/niquel (constantan)	-59 a +93 +93 a +371	-0.85 -0.0075	-0.42 -0.00375
J	Hierro	Cobre/niquel (constantan)	0 a 277 277 a 760	-2.2 -0.0075	-1.1 -0.00375
E	Niquel/cromo (cromel)	Cobre/niquel (constantan)	0 a 316 316 a 871	-1.6 -0.005	-1.25 -0.00375
K	Niquel/cromo (cromel)	Niquel/aluminio (alumel)	0 a 277 277 a 1280	-2.2 -0.0075	-1.1 -0.00375

Aislación

La temperatura de aislación de las termocuplas compactadas provistas por nuestra fabrica a temperatura ambiente (20°C) es de mínimo 200 Megaohms a 500 VCC.

Tipos de juntas de medición

Junta caliente aislada

En este caso los conductores se encuentran soldados aislados de la vaina.

Ventajas: la resistencia de aislación puede ser medida antes y después de la instalación, pudiéndose así verificar la integridad en toda su extensión. Evita errores de medición debidos a diferencias de potencial de tierra entre el temporar y el instrumento, posee mayor vida útil en ambientes corrosivos.

Junta caliente solidaria

En este caso los conductores son soldados junto con la vaina.

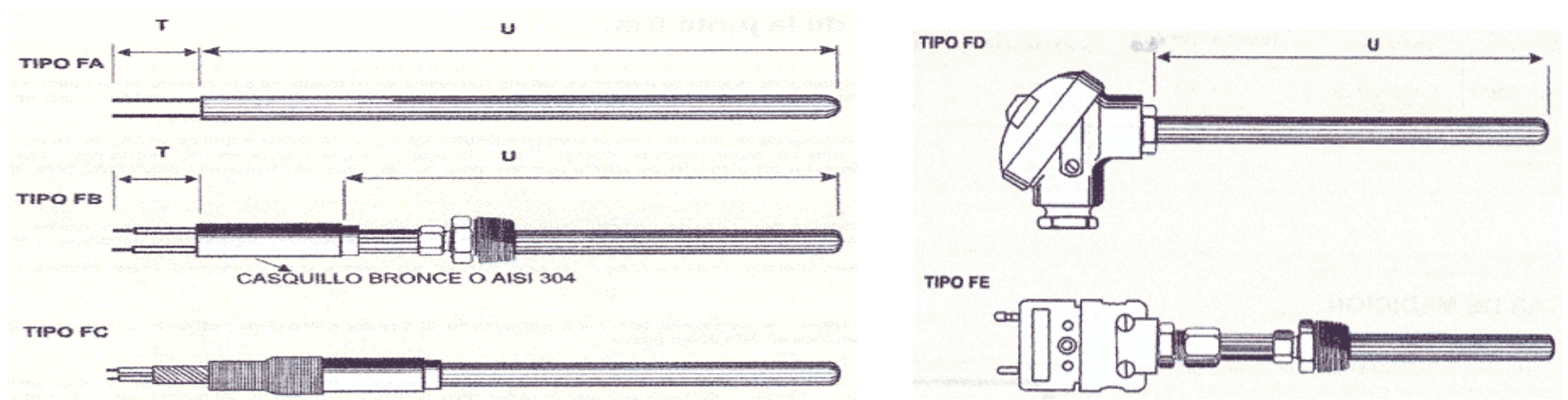
Ventajas: de esta forma se obtiene un tiempo de respuesta más rápido que en la junta aislada.

Junta caliente expuesta

En este caso los conductores están soldados fuera de la vaina.

Ventajas: ofrece una máxima velocidad de respuesta.

Termocuplas Compactadas - Tipo CF



Especificación

Termopar Tipo	Nº de elementos	Diámetro (mm)	Vaina	Conexión a proceso	Junta de medición	"U"	"T"
T	Simple	1.5	AISI 304	Sin conexión	Aislada	Especificar en mm	
		3.17	AISI 316	Rosca fija: especificar tipo BSP o NPT	Solidaria		
J	Doble	4.75	AISI 310	Rosca deslizable	Expuesta		
		6.35	INCONEL 600				
K		9.52					

Notas:

- 1) Únicamente para diámetros mayores a 3.17 mm
- 2) Será provista únicamente sobre consulta pues presenta restricciones de aplicación.

Terminación de la junta fría

- Tipo FA: la extremidad posterior de la junta de medida es sellada con resina epoxi resistente a temperaturas de hasta 200°C, impidiendo la penetración de gases y líquidos. Los chicotes de salida son la prolongación del mismo alambre del termopar.
- Tipo FB: la extremidad posterior de la junta de medida lleva un casquillo soldado de AISI 304 o bronce de 35 mm de longitud, de 3 mm a 12 mm de diámetro, dependiendo del diámetro de la termocupla compactada, sellado con resina epoxi. Los chicotes de salida están formados por alambres del mismo termopar pero en diámetros mayores aislados con PBC, fibra de vidrio o goma siliconada.
- Tipo FC: la extremidad posterior de la junta de medición lleva un casquillo soldado igual al tipo con resorte y extensión de cable compensado forrado en fibra de vidrio y malla metálica de 0.75 a 1.5 mm. de sección, dependiendo del diámetro de compactado.
La finalidad del resorte, el cual se ajusta al cable de extensión, es que permita una máxima flexibilidad, disminuyendo el riesgo de rotura.
- Tipo FD: terminación con cabeza de conexiones tipo DIN B o americano. El montaje sobre el cabezal será por intermedio de elementos de fijación contruidos en AISI 304 o bronce.
- Tipo FE: la extremidad posterior de la junta de medida lleva una ficha compensada de cuerpo plástico cuyos pines de contacto son contruidos con el mismo material del termopar, siendo el negativo de mayor diámetro que el positivo evitando inversión en la conexión, los accesorios de fijación son contruidos en AISI 304.

Mediciones de Temperatura

Propiedades de los pares de metales utilizados en termocuplas.

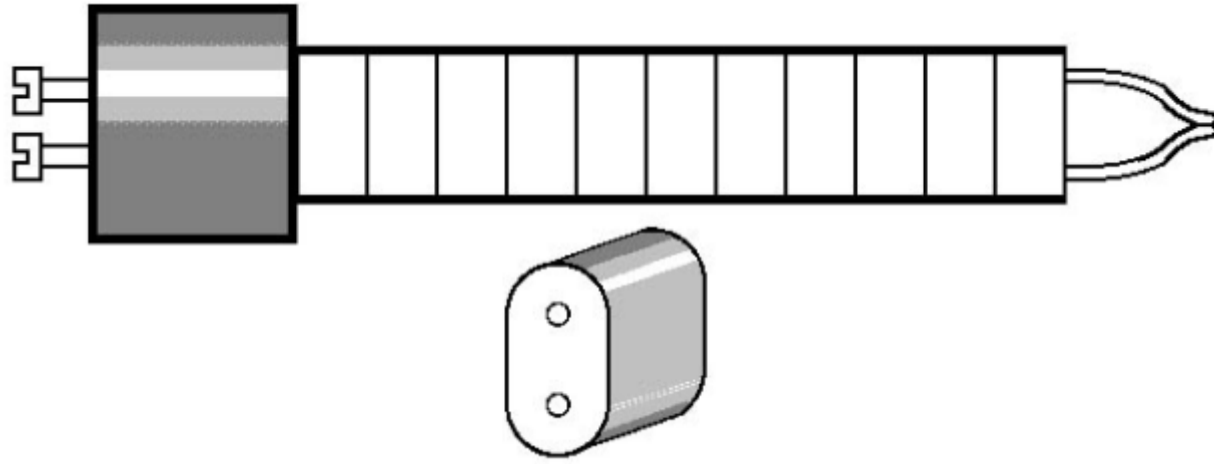
Deben generar fem suficientes para el instrumental de adquisición, dentro del rango de medición.

La calibración del par debe ser estable

El par debe ser intercambiable.

Resistencia del par a las condiciones de proceso.

La forma más corriente de realización de las uniones de medición es mediante alambres de las composiciones correspondientes aislados entre sí en todo otro punto que no sea la junta de medición.

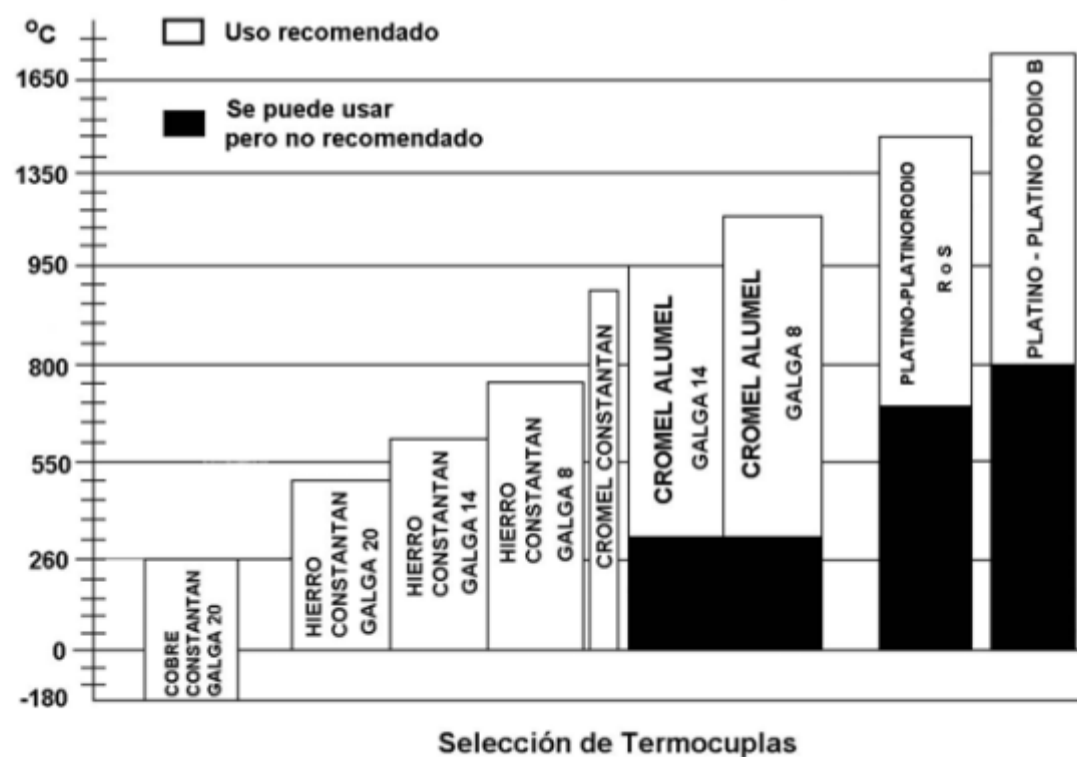


Separadores de Aislación
 Conjunto que normalmente va colocado dentro de la Protección o Vaina

Vemos los alambres de termocuplas y sus combinaciones usuales con sus composiciones químicas.

Tipo	+/-	Material	Termopares, Composición porcentual salvo trazas								
			Pt	Rh	Al	Cu	Ni	Si	Mn	Fe	Cr
J	+	Hierro	--	--	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	<0.5%	99.5	--
	-	Constantan	--	--	--	55	45	--	--	--	--
T	+	Cobre	--	--	--	100	--	--	--	--	--
	-	Constantan	--	--	--	55	45	--	--	--	--
K	+	Cromel	--	--	--	--	90	--	--	--	10
	-	Alumel	--	--	2	--	95	1	2	--	--
R	+	Pt +13%Rodio	87	13	--	--	--	--	--	--	--
	-	Platino	100	--	--	--	--	--	--	--	--
S	+	Pt +10%Rodio	90	10	--	--	--	--	--	--	--
	-	Platino	100	--	--	--	--	--	--	--	--
B	+	Pt +30%Rodio	70	30	--	--	--	--	--	--	--
	-	Pt +6%Rodio	94	6	--	--	--	--	--	--	--

Vemos un resumen de los campos de temperatura de aplicación en rangos de temperaturas de las termocuplas usuales, como vemos para ciertos rangos dada la agresividad del medio se piden diámetros de cable mas grandes (Galga).



Por ejemplo:

Platino Platino - Rodio (tipo B) rango recomendado 800 1700 °C.

Ventaja su aptitud de ser utilizada sin compensación de junta de referencia para fluctuaciones normales de la temperatura ambiente (por su respuesta de muy baja sensibilidad en ese rango). Resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes o inertes a temperaturas hasta 1.700° C, como así también durante cortos períodos de tiempo en vacío.

Aplicaciones usuales Siderurgia.

Desventajas: Tienen baja ganancia. No resisten atmósferas reductoras. Se contaminan con metales razón por la que usan sin vaina metálica. También la contaminan algunos no metales.

Platino Platino - Rodio (tipo R o S) rango recomendado entre (uso continuo) 700 1500°C

Su composición química las hace resistentes en atmósferas oxidantes, en el caso de atmósferas reductoras se contaminan y en poco tiempo la calibración va derivando. Se usan sin vaina metálica en atmósferas oxidantes, para atmósferas reductoras se usan con vaina no metálica.

Son menos estables que la termocupla Tipo B cuando se las utiliza en vacío.

La termocupla Tipo S (PtRh 10 % - Pt) es el estándar internacional (Escala Práctica Internacional de Temperaturas de 1968, IPTS-68) para la determinación de temperaturas entre el punto de solidificación del antimonio 630,74° C (1.167,33° F) y el punto de solidificación del oro 1.064,43° C (1.917° F). Aplicaciones usuales Siderurgia.

Cobre Constantan (tipo T) rango recomendado -180 260 °C este rango se puede extender hasta 370°C pero comienza a suceder la oxidación del cobre. Resulta satisfactoria para uso continuo en vacío y en atmósferas oxidantes. Su desventaja reside en el hecho de que su límite máximo de temperatura es de tan sólo 370° C para un diámetro de 3,25 mm.

Las termocuplas de bajas temperaturas han sido desplazadas en gran medida por los sensores PT100. Un ejemplo lo son las termocuplas tipo T (Cobre – Constantan) cuyo rango se puede extender hasta -250 y 400 °C cuyo campo de aplicación típico es la industria alimenticia, frigorífica, etc.

Hierro Constantan (tipo J) tiene un rango recomendado (uso continuo) entre 0 y 760 °C pero si las atmósferas son reductoras su rango se puede extender desde -150 hasta 1000°C. El conductor negativo es el Constantan (una aleación de 55 % de cobre y 45 % de níquel). Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo.

Se regula la composición del conductor de cobre-níquel de manera que la fem de salida de la termocupla siga la curva de calibración publicada. Los elementos fabricados por las distintas empresas, con frecuencia no son intercambiables para el mismo tipo de termocupla.

No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C.

No se las recomienda para temperaturas inferiores a 0° C.

Si se sobrepasan los 760° C, aún durante lapsos cortos períodos pierden exactitud al medir temperaturas por debajo de la mencionada.

El 90% de las termocuplas usadas en la industria pertenecen a los tipos J y K.

Las del tipo J se usan en la industria del plástico, goma y aleaciones metálicas de bajo punto de fusión tales como las de aluminio, por ejemplo Zamac. Los procesos correspondientes son normalmente inyección, fundición, extrusión.

Cromel Alumel (tipo K) (marcas registradas de Hoskins Manufacturing Co, EE.UU.). Tienen un rango recomendado entre 300 y 1260 y se puede extender con limitaciones entre -200 y 1300.

El Chromel se compone de aproximadamente 90% de níquel y 10% de cromo, el Alumel de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso.

Constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para uso en atmósferas reductoras o sulfurosas o en vacío. Aplicadas usualmente en hornos con temperaturas menores a 1300 °C por ejemplo fundición de Cobre y tratamientos térmicos

La termocupla Tipo E, o Chromel-constantán, posee la mayor ganancia de las termocuplas estándar, según se muestra en la figura 1.11 del apunte 01 . Dependiendo del diámetro de los alambres rango recomendado supera los 900° C y se pueden usar hasta -200°C. (Recomendación ASTM).

Estas termocuplas se desempeñan satisfactoriamente en atmósferas oxidantes e inertes, y resultan particularmente adecuadas para uso en atmósferas húmedas a temperaturas bajo cero a raíz de su elevada fem de salida y su buena resistencia a la corrosión.

Para altas temperaturas se puede consultar la aplicación de Rodio Iridio – Rodio (hasta 2200°C) Algunas aleaciones de Tungsteno o Renio permiten medir hasta 2750 °C en condiciones favorables. También se usa para estos rangos Boro – Grafito hasta 2450 °C, por tiempos cortos.

Para temperaturas más altas se pueden usar métodos indirectos o también métodos de radiación.

Las juntas de referencia se mantenían en baño de hielo fundiendo pero hoy en día la temperatura de referencia se mide con otro sistema y se corrige respecto de cero. La verdadera referencia es el punto triple del agua pero rara vez se necesitará esa exactitud.

Tipo	Rango de medición en °C	Errores de la termocuplas			Cables de extensión Límites		
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Temperatura °C	Error	
						Superior	Normal
Cromel Constantan Tipo E	-40..800	+/- 1,5°C +/-0,4%			-60 a 200	ND	+/- 1,5°C +/-2,0%
	-40..900		+/- 2,5°C +/-0,4%				
	-200..40			+/- 2,5°C +/-0,4%			
Cromel Constantan Tipo T	-40..350	+/- 0,5°C +/-0,4%			-60 a 95	+/- 0,5°C +/-0,5%	+/- 1,5°C +/-2,0%
	-40..350		+/- 1,0°C +/-0,75%				
	-200..40			+/- 1,0°C +/-1,5%			
Hierro Constantan Tipo J	-40..750	+/- 1,5°C +/-0,4%			0 a 200	+/- 1,0°C +/-0,75%	+/- 2,5°C +/-1,25%
	-40..750		+/- 2,5°C +/-0,4%				
Cromel Alumel Tipo K	-40..1000	+/- 1,5°C +/-0,4%			0 a 200	+/- 1,0°C +/-0,75%	+/- 2,5°C +/- 2,5°C
	-40..1200		+/- 2,5°C +/-0,4%				
	-200..40			+/- 2,5°C +/-0,4%			
Pt -Pt Rh 13% Tipo R	0..1600	+/- 1 °C	+/- 1,5°C +/-0,25%		25 a 200	ND	+/-5°C +/-6,0%
Pt -Pt Rh 10% Tipo S	0..1600	+/- 1 °C	+/- 1,5°C +/-0,25%				
Pt Rh 6%– Pt Rh 30% Tipo B	600..1700		+/- 1,5°C +/-0,25%		25 a 200	ND	+/-5°C +/-6,0%
	600..1700			+/- 4°C +/-0,5%			

Para mayores exactitudes se deben calibrar las termocuplas en forma individual. ND datos no disponibles. Durante el año 1986. se uniformizaron las normas europeas DIN (alemanas), BS (inglesas), NF (francesas) y las antedichas ANSI (norteamericanas) en cuanto a la correlación de temperaturas y fem, así como en lo que hace a las tolerancias de estas fem en las distintas aleaciones. Esto ha quedado homologado en la norma IEC 584 (International Electrotechnical Commission).

CONDUCTORES DE EXTENSIÓN:

El instrumento de medición de la diferencia de potencial existente básicamente un voltímetro digital con la resolución necesaria a más de la transformación en escala que corresponda para adaptar la medición a las denominadas unidades de ingeniería p. Ej. Temperatura Centígrada, Fahrenheit, Kelvin, etc.

El instrumento también puede dar la salida adecuada al sistema de control que se esté usando.

Dado que la junta de referencia está en general en la sala de control los cables del par termoeléctrico se deben prolongar hasta la misma o hasta donde se halle el instrumento.

En los casos que los materiales del par son caros se buscan pares de materiales distintos cuyas juntas como vimos se mantienen a temperaturas uniformes para que no influyan en la fem medida. Ver tablas 2.02 y 2.03.

A estas extensiones se las denominan pares compensados o conductores de extensión, ya que dentro de un rango (por ejemplo hasta 200°C) tienen comportamientos termoeléctricos semejantes al par que prolongan. , tienen la polaridad correspondiente al par que prolongan. Si se conectan al revés se producirá un error ya que se generarán otros pares termoeléctricos a las temperaturas a los que estén las uniones Vemos en la siguiente tabla algunos ejemplos.

Conductores Compensados o de extensión

Termopar		Extensiones	
Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
Cobre	Constantan	Cobre	Constantan
Hierro	Constantan	Hierro	Constantan
Chromel	Alumel	Chromel	Alumel
Chromel	Alumel	Hierro	Cobre – Níquel
Chromel	Alumel	Cobre	Constantan hasta 125°C
Platino Rodio	Platino	Cobre	Cobre Níquel

Códigos de colores de las Termocuplas

Los cables de las termocuplas están codificados dependiendo del tipo. Existen distintas normas. Las más comunes son:

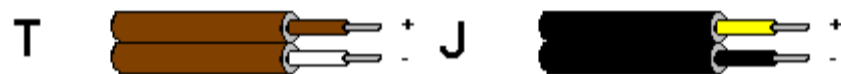


Estados Unidos ASTM:

Datos sacados de la web por lo que se deben tomar solo como ejemplo para asegurarse debe consultarse al proveedor en partículas.



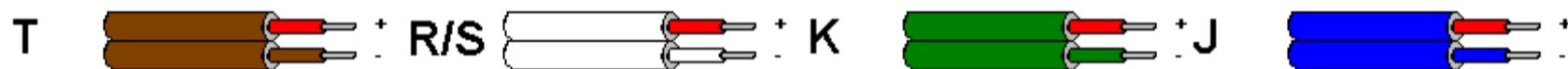
Inglaterra BS1843: 1952:



Francia NFE:



Alemania DIN:



Aspectos Constructivos

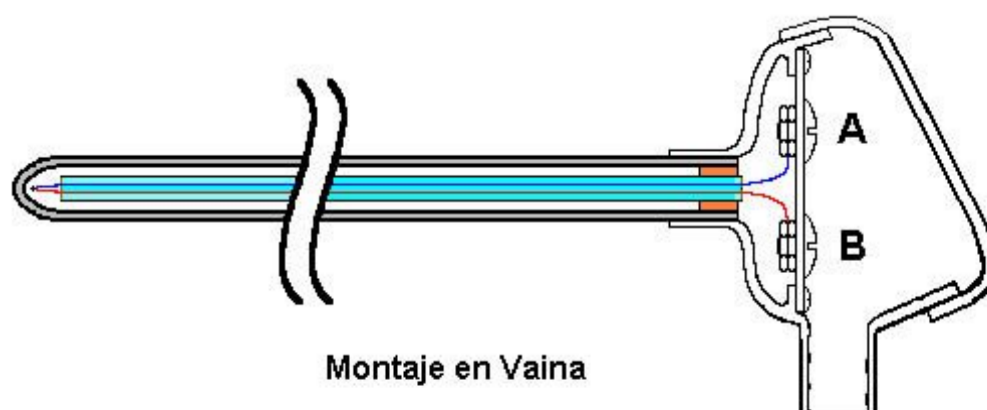
Las termocuplas pueden hacerse usando cables normalizados y algún tipo de aislante adecuado.

La unión de medición se forma en un extremo soldando los dos alambres conductores fundiéndolos entre sí bajo una atmósfera inerte de argón (gas inerte con el objeto que no se formen óxidos).

La condición esencial es establecer una conexión eléctrica adecuada entre los conductores.



La termocupla suele ir montada en una carcasa o vaina cerrada en su extremo (termo pozo) de alguna aleación metálica o cerámica a fin de resistir las condiciones del proceso, corrosivas, alta temperatura etc.



Hay unidades blindadas o herméticas, en ellas los cables conductores están envueltos en un polvo mineral aislante e inerte compactados en una camisa metálica que se lamina o trafilada sobre el mismo. Esa camisa es de acero inoxidable o aleaciones de níquel.

Las unidades herméticas se consiguen en diámetros externos desde 0.25 hasta más de 10 mm y largos de unos pocos milímetros hasta varios de metros.

El aislante suele ser óxido de magnesio, pueden también usarse óxido de aluminio y óxido de berilio.

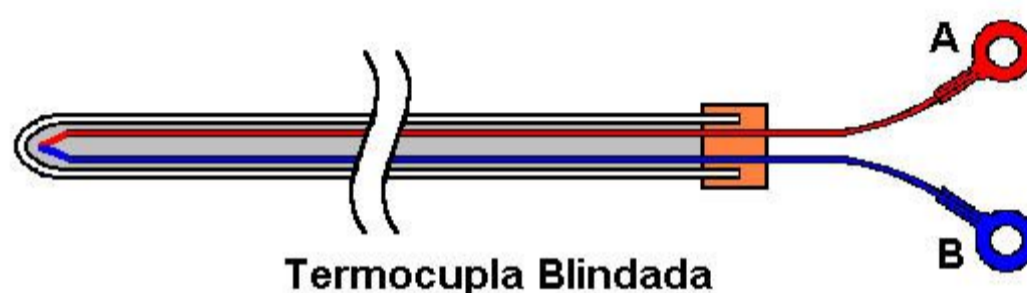
El conjunto se somete a un tratamiento térmico para aliviar las tensiones provocadas por la reducción del diámetro y para eliminar humedad.

La termocupla blindada es más fuerte que la termocupla común, y se la puede conformar con radios de curvatura muy reducidos hasta el valor de dos diámetros del blindaje.

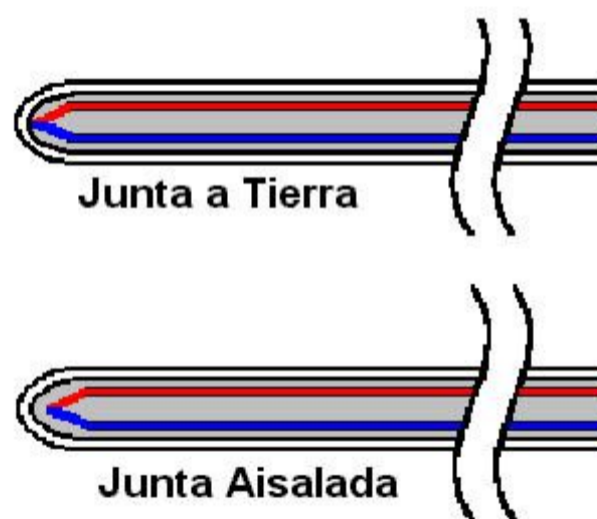
Hay también termocuplas selladas en vidrio para protegerlas del ambiente hostil.

En ocasiones se le ejerce una fuerza a resorte dentro del tubo de protección que se coloca cuando se requiere protección adicional, con el objeto de obtener un buen contacto con el fondo a fin de obtener una respuesta rápida.

Los blindajes pueden hacerse de una gran variedad de materiales, siendo los más comunes los de aleaciones de níquel-cromo y aceros inoxidables.



Las termocuplas que tienen la unión del termopar expuesta directamente al proceso tienen una respuesta más rápida, es decir una menor constante de tiempo ya que las variaciones de temperatura no necesitan atravesar la vaina.



Para poder usar la junta expuesta el proceso no debe ser exageradamente agresivo para la misma, por ejemplo no ser excesivamente corrosivo o bien no hacerla cambiar de estado físico.

En caso que eso suceda y de todos modos se quiera aplicar la junta expuesta la misma puede ser descartable o de uso en corto tiempo.

En segundo escalón en cuanto a velocidad de respuesta tenemos que la unión se pone en contacto con el extremo interno de la vaina que a su vez está conectada a tierra, el circuito electrónico de adquisición debe ser adecuado a esta circunstancia.

La termocupla envainada y aislada de tierra es la más lenta en respuesta dinámica de medición pero su ventaja es que no la afectan las variaciones de las características eléctricas del elemento bajo medición y son menos ruidosas.

Los cables de las termocuplas tienen muchas veces terminales que permiten conectarlos con el circuito electrónico de adquisición. Los pines de los conectores están contruidos de materiales o aleaciones adecuadas para no alterar la FEM generada en la unión de medición, permitiendo así la rápida conexión o desacople del sensor a utilizar sin afectar de forma alguna la uniformidad del termo elemento.

En las termocuplas, existen dos puntos importantes: la junta de medición o junta caliente que está en contacto directo o indirecto con el proceso, y la junta fría que en los casos prácticos de medición está en contacto con el medio ambiente.

Los materiales que serán usados ya están estandarizados y tienen unas tablas de comportamiento, que suponen, que la junta fría se encuentra a cero (0) grados centígrados.

Esto es con el fin, de tener un valor de patrón de comparación que parta de cero.

Si junta fría no está a cero grados actúa como un segundo termopar en serie con el primero sumándose algebraicamente así a la f.e.m. de la junta caliente.

En la práctica industrial, lo frecuente, es tener la junta fría a temperatura ambiente, lo que hace necesaria la compensación mencionada.

Termocuplas especiales

Hay muchos otros materiales usados en termocuplas que no tienen asignada una denominación ISA (IEC). Se usan por sus características especiales las que deben ser informadas por sus fabricantes.

Hay una aleación en particular, muy usada, que debemos considerar por separado. Se trata de la aleación hierro-constantán Fe - CuNi. Quizás la más difundida antes de la homologación de las normas ANSI MC 96.1 (IPTS - 68) y DIN 43710.

La curva de esta aleación, identificada por IEC con la letra L presenta una diferencia con la Tipo J vista anteriormente, aún cuando sus composiciones químicas sean similares, de casi 13° C en 800°C. Sin embargo, en Argentina se la confunde con su similar Tipo J. En la Tabla 2.06 se detallan las características de las termocuplas no estándar más comunes disponibles hoy día en la industria de procesos.

Criterios de selección de las termocuplas:

Rango de Temperaturas a cubrir.

Ser químicamente resistentes.

Ser mecánicamente robustos.

Producir una salida eléctrica mensurable, y estable.

Tener la exactitud y precisión requeridas.

Responder con la velocidad necesaria

Ser lo más económicas posibles.

En las aplicaciones se deben considerar

La transferencia de calor al medio y viceversa para no afectar la lectura.

Si se necesita o no que estén aislados eléctricamente de masa.

Otras cuestiones ambientales Presión, Vibraciones, Áreas Clasificadas, Cableados, Sistema de Control con el que se deberá compatibilizar la medición. Se deben tratar de evitar esfuerzos destructivos, mecánicos y térmicos sobre el par termoeléctrico, por ejemplo llama directa, vibraciones, flujos turbulentos. En este sentido es favorable la resistencia de los alambres, por lo cual sin dejar de tener en cuenta los aspectos desfavorables es conveniente usar los alambres de mayor diámetro posible.

Recomendaciones respecto del ambiente en el que la termocupla irá colocada

Tipo	Atmósfera oxidante	Atmósfera reductora	Vacío	Atmósfera sulfurosa	Temperaturas subcero	Vapores metálicos
B	SI	NO	Si durante corto tiempo	NO	NO	NO
R	SI	NO	NO	NO	NO	NO
S	SI	NO	NO	NO	NO	NO
J	SI	SI	SI	NO >500°C	NO	SI
K	SI (1)	NO	NO	NO	SI	SI
T	SI	SI	SI	NO	SI	SI
E	SI	NO	NO	NO	SI (2)	SI

Tolerancias de calibración para termocuplas normalizadas
(Referencia junta fría 0° C) según IEC 584 Parte 1 .

Termocupla	Rango	Clase 1 . Desviación máxima (+) (1)
Cobre --. Cobre-níquel, Tipo T	-40 a + 350°C	0,5 °C ó 0,004 (t)
Hierro --. cobre- níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Níquel-cromo --. níquel, Tipo K	- 40 a 1.000 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Platino-rodio 13% --. Platino, Tipo R .	0 a + 1.600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1. 100)°C
Platino-rodio 10% --. Platino, Tipo S	0 a + 1. 600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1.100)°C
Termocupla	Rango	Clase 2 . Desviación máxima (+) (1)
Cobre --. cobre-níquel, Tipo T	-40a+ 350°C	1°C ó 0,0075(t)
Hierro --. cobre-níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	2,5 °C ó 0,0075 (t)
Níquel-cromo --. níquel, Tipo K	- 40 a + 1.200°C	2. 5 °C ó 0.0075 (t)
Platino-rodio 13% --. Platino, Tipo R	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 10% --. Platino, Tipo S	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 30% --. Platino- rodio 6%, Tipo B	+ 600 a + 1700 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Termocupla	Rango	Clase 3 . Desviación máxima (+) (1)
Cobre --. Cobre-níquel, Tipo T	-200 a + 40 °C	1 °C ó 0,015 (t)
Hierro --. cobre- níquel, Tipo J	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Níquel-cromo --. níquel, Tipo K	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Platino-rodio 30% --. Platino-rodio 6%, Tipo B	+600 a + 1.700 °C	4 °C ó 0,005 (t)

(1) El que resulte mayor.

Composición	Características
NicroSil(1) - NiSil(2) - (níquel - cromo - silicio --. níquel - silicio)	Calibración desde - 240 a 1.230°C; similar a la termocupla Tipo K, con una mejor estabilidad y mayor vida útil .
Platino - 20% rodio --. platino - 5% rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 40% rodio --. platino - 20% rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 13% rodio --. platino - 1 % rodio	Mayor vida útil respecto a las termocuplas tipos R, S y B a temperaturas más elevadas .
Platino - 15% iridio --. paladio	Mayor fem de salida que otras termocuplas de platino.
Platino - 5% molibdeno --. platino - 0,1 % molibdeno	Mayor resistencia a la radiación de neutrones en relación a otras termocuplas de platino,
Iridio - 40% rodio --. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Iridio - 50% rodio --. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Rodio - 40% iridio --. iridio	Mayor capacidad de temperatura que las termocuplas de platino - rodio.
Plantinel I y II (3)	Fem similar a la de las termocuplas Tipo K pero con una mayor estabilidad a la temperatura
Geminol (4)	Mayor resistencia que las termocuplas Tipo K en atmósferas reductoras hasta 1.090°C
Thermo-Kanthal especial (5)	Calibración similar a la de las termocuplas Tipo K, pero con una mejor estabilidad,
Tophel II(4) --. Nial II (4)	Calibración similar a la de las termocuplas Tipo K, pero con una mayor resistencia .
Chromel (6) (3-G-345) --. Alumel (6) (3-G-196)	Mayor resistencia que la termocupla Tipo K a la oxidación de cromo en atmósferas oxidantes de bajo tenor .
Tungsteno --. tungsteno - 26% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.700 °C
Tungsteno - 3% renio --. tungsteno - 25% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.760 °C
Tungsteno - 5% renio --. tungsteno - 26% renio	Capaz de medir temperaturas hasta 2.700 °C
Aleación - hierro --. Chromel	Capacidad mejorada respecto a las termocuplas de medición de temperaturas hasta -185 °C

Marcas registradas de :

- (1) Amax Speciality Metals Corp.
- (2) Amax Speciality Metals Corp.
- (3) Engelhard Industries Div. Engelhard Corp.
- (4) Driver - Harris Co.
- (5) Thermo-Kanthal Co.
- (6) Hoskins manufacturing Co.

Comentarios Varios

Verificación Inicial.

Como los instrumentos tienen la junta fría incluida si uno hace un puente entre los bornes de conexión de la termocupla, la tensión de medición es cero y el instrumento debe indicar la temperatura ambiente.

Reconocimiento de una Termocuplas

Se pueden medir tensiones y verificar que la salida para identificar el par pero una primer aproximación se puede obtener de las siguientes formas:

Termocuplas tipo J.: Una termocupla tipo J está formada por un conductor de Hierro y otro de Constantan (aleación de Cobre Níquel). El alambre de Hierro es gris opaco , en casos se recubre con cobre para protegerlo , pero su característica fundamental es que es magnético. El Constantan es plateado brillante y muy levemente magnético.

Termocuplas tipo K.: Una termocupla tipo K está formada por un conductor de Cromel (aleación de Cromo Aluminio) y otro de Alumel (aleación de Aluminio Níquel) . Ambos son de color plateado brillante pero el Alumel es levemente magnético debido a su contenido de Níquel.

Como Medir con una termocupla y un milivoltímetro.

1. Se mide la tensión que da la termocupla colocada en el ambiente cuya temperatura queremos obtener.
2. Se mide la temperatura ambiente.
3. Con la tabla que da la relación tensión- temperatura del par se obtiene la tensión que corresponde a la temperatura ambiente.
4. Se suman algebraicamente ambas tensiones.
5. De la tabla que da tensión- temperatura para el par que estamos usando se saca entonces la temperatura correcta a la que está sometida la termocupla.

