

2do EXAMEN PARCIAL. Teoría.

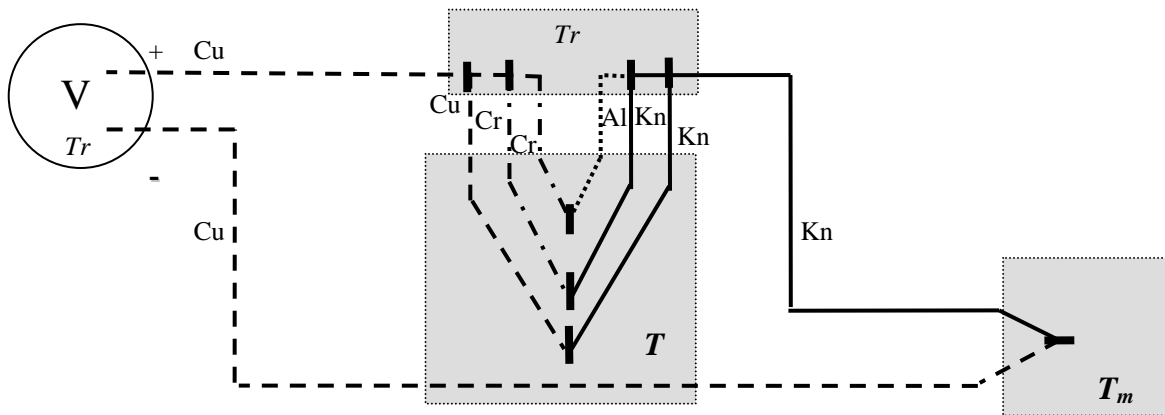
**A.** Conteste las preguntas marcadas con un círculo. Utilice ilustraciones para las explicaciones, sea lo más explícito y amplio posible. Escriba con letra clara y legible. (3 puntos cada una) (30 minutos).

1. Explique el funcionamiento de los termómetros bimetalicos, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
2. Explique el funcionamiento de los termómetros de líquido en vidrio, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
3. Explique el funcionamiento de los termómetros de resorte, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
4. Explique el funcionamiento de los termómetros de resistencia de platino, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
5. Explique el funcionamiento de los termómetros de resistencia de cobre, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
6. Explique en qué consiste el error por temperatura ambiente en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
7. Explique en qué consiste el error por diferencia de altura en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
8. Explique en qué consiste el error por cambio de presión atmosférica en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
9. Explique en qué consiste el error por inmersión en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
10. Explique en qué consiste el error por depresión en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
11. Explique el funcionamiento de los termopares, y liste los estandarizados más comunes.
12. Nombre y explique brevemente los tres efectos en los que se basa el funcionamiento de los termopares.
13. Explique el funcionamiento de los termistores, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
14. Nombre y explique brevemente tres (3) de los métodos utilizados en la medición de la resistencia eléctrica de los RTD.
15. Explique el funcionamiento del pirómetro óptico.
16. Explique el funcionamiento de los pirómetros de radiación total.
17. Explique el funcionamiento del medidor de cristal, menciones tipos y muestre sus formas constructivas.
18. Explique el funcionamiento del medidor de nivel de flotador, mencione tipos existentes.
19. Explique el funcionamiento del medidor de fuerza de empuje y la ecuación que rige su funcionamiento.
20. Explique el funcionamiento del medidor manométrico y muestre su configuración y conexión al tanque.
21. Explique el funcionamiento del medidor de tipo burbujeo y muestre su configuración y conexión.
22. Explique el funcionamiento de la medición de nivel por ultrasonido, como se instala y para que tipos de productos se utiliza.

2do EXAMEN PARCIAL. Problemas.

1. En el arreglo de termopares mostrado en la figura determine el valor de la temperatura en la junta de medición  $T$ , sabiendo que el voltaje medido por el instrumento es  $V = 20$  volts y

$T_m =$	31 °C	37 °C	43 °C	48 °C
$T_r =$	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C



(4 puntos)

2. Un termómetro de expansión trabaja con nitrógeno y tiene un rango de

-20 a 150 °C	-20 a 170 °C	-20 a 190 °C	-20 a 210 °C
--------------	--------------	--------------	--------------

A la máxima temperatura la presión manométrica interna es de a) 40 KPa; b) 400 KPa. Si la presión barométrica sufre un cambio de + 3" de Hg. ¿Cuál es el error por presión atmosférica, expresado en °C ? si el termómetro indica 100 °C.

(4 puntos)

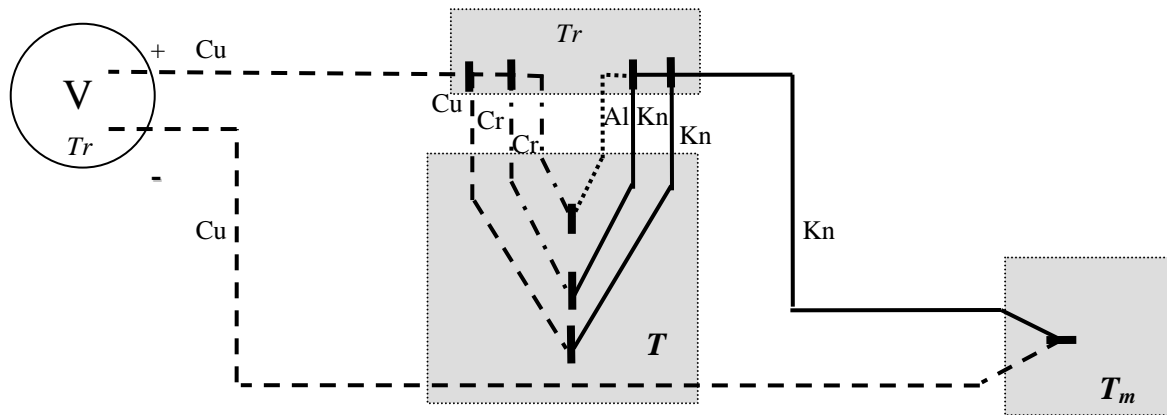
Duración 90 minutos

2do EXAMEN PARCIAL. Problemas.

**SOLUCION**

1. En el arreglo de termopares mostrado en la figura determine el valor de la temperatura en la junta de medición  $T$ , sabiendo que el voltaje medido por el instrumento es  $V = 19$  volts y

$T_m =$	31 °C	37 °C	43 °C	48 °C
$T_r =$	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C



(4 puntos)

**Solución:**

Como se tienen 3 termopares en el arreglo las ecuaciones serán:

$$\begin{aligned}
 E_{Cu-Cu}^{Tr} + E_{Cu-Kn}^T + E_{Kn-Kn}^{Tr} + E_{Kn-Cu}^{Tm} - V_1 &= 0 \\
 E_{Cu-Cr}^{Tr} + E_{Cr-Kn}^T + E_{Kn-Kn}^{Tr} + E_{Kn-Cu}^{Tm} - V_2 &= 0 \\
 E_{Cu-Cr}^{Tr} + E_{Cr-Al}^T + E_{Al-Kn}^{Tr} + E_{Kn-Cu}^{Tm} - V_3 &= 0 \\
 V &= \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}
 \end{aligned}$$

Las ecuaciones se pueden simplificar tomando en cuenta la ley de los circuitos homogéneos:

$$\begin{aligned}
 E_{Cu-Kn}^T - E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_1 \\
 E_{Cr-Kn}^T - E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_2 \\
 E_{Cr-Al}^T - E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_3
 \end{aligned}$$

Luego con la ley de las temperaturas intermedias:

$$\begin{aligned}
 E_{Cu-Kn}^T - E_{Cu-Kn}^{T_0} - E_{Cu-Kn}^{T_0} + E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_1 \\
 E_{Cr-Kn}^T - E_{Cr-Kn}^{T_0} - E_{Cu-Kn}^{T_0} + E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_2 \\
 E_{Cr-Al}^T - E_{Cr-Al}^{T_0} - E_{Cu-Kn}^{T_0} + E_{Cu-Kn}^{Tm} &= V_3
 \end{aligned}$$

Sustituyendo en la ecuación del voltaje tenemos:

$$V = \frac{1}{3} (E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} + E_{Cr-Kn}|_0^T - E_{Cr-Kn}|_0^{Tr} - E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} + E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} + E_{Cr-Al}|_0^T - E_{Cr-Al}|_0^{Tr} - E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} + E_{Cu-Kn}|_0^{Tr})$$

$$V = \frac{1}{3} (E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Cr-Kn}|_0^T + E_{Cr-Al}|_0^T) + \frac{1}{3} (-3E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} + 2E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} - E_{Cr-Kn}|_0^{Tr} - E_{Cr-Al}|_0^{Tr})$$

$$(E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Cr-Kn}|_0^T + E_{Cr-Al}|_0^T)$$

$$= 3V + 3E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} - 2E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} + E_{Cr-Kn}|_0^{Tr} + E_{Cr-Al}|_0^{Tr}$$

Buscando en las tablas:

$T_m$	31 °C	37 °C	43 °C	48 °C
$E_{Cu-Kn} _0^{Tm}$ (T)	1,238	1,486	1,738	1,950

$T_r$	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
$E_{Cu-Kn} _0^{Tr}$ (T)	0,391	0,589	0,790	0,992
$E_{Cr-Kn} _0^{Tr}$ (E)	0,591	0,890	1,192	1,495
$E_{Cr-Al} _0^{Tr}$ (K)	0,397	0,597	0,798	1,000

El resultado de la ecuación será entonces (para las diversas combinaciones de temperatura):

Tr - Tm	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
31 °C	60,920	61,023	61,124	61,225
37 °C	61,664	61,767	61,868	61,969
43 °C	62,420	62,523	62,624	62,725
48 °C	63,056	63,159	63,260	63,361

Se debe buscar entonces una temperatura para la cual  $E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Cr-Kn}|_0^T + E_{Cr-Al}|_0^T$  sea igual a ese voltaje, en la siguiente tabla se muestran los valores de esta suma para distintas temperaturas:

371	372	373	374	375	376	377	378
60,897	61,080	61,262	61,445	61,628	61,810	61,993	62,176

379	380	381	382	383	384	385	386
62,358	62,543	62,726	62,908	63,092	63,275	63,458	63,642

En consecuencia, si tomamos el ejemplo de  $T_m = 31$  y  $T_r = 10$  tenemos que la temperatura  $371 < T < 372$  si queremos el valor exacto interpolamos entre esos dos valores.

2. Un termómetro de expansión trabaja con nitrógeno y tiene un rango de

-20 a 150 °C	-20 a 170 °C	-20 a 190 °C	-20 a 210 °C
--------------	--------------	--------------	--------------

A la máxima temperatura la presión manométrica interna es de a) 40 KPa; b) 400 KPa. Si la presión barométrica sufre un cambio de + 3" de Hg. ¿Cuál es el error por presión atmosférica, expresado en °C ? si el termómetro indica 100 °C.

(4 puntos)

**Solucion (caso rango -20 a 150 °C)**

La ecuación que rige el termómetro es:

$$Pv = mRT \leftrightarrow P = \rho RT$$

A la máxima temperatura:

a)  $P_{abs} = 40 + 100 = 140 \text{ KPa}$  y  $T_{max} = 150 \text{ °C}$

$$\rho R = \frac{P}{T} = 330,97$$

A la temperatura medida  $T = 100 \text{ °C}$ , la presión interna es de:

$$P = \rho RT = 330,97 \times (100 + 273) = 123,45 \text{ KPa}$$

El resorte mide la diferencia de presión entre el exterior y el interior ( $P_{man}$ ), y no la presión absoluta:

$$P_{man} = P - P_{Atm} = 123,45 - 100 = 23,452 \text{ KPa}$$

Por lo tanto si la diferencia de presión atmosférica es:

$$\Delta P = (3" \times 25,4/1000) \times 1000 \times 13,6 \times 9,81 = 10,166 \text{ KPa}$$

La presión atmosférica real será:

$$P_{Atm} = 100 + 10,166 = 110,166 \text{ KPa}$$

El instrumento indicará:

$$P_{man} = P - P_{Atm} = 123,45 - 110,166 = 13,285 \text{ KPa}$$

Si no se conoce esta modificación en la presión atmosférica, el instrumento indicara que la presión absoluta es:

$$P_{med} = P_{man} + P_{Atm} = 13,285 + 100 = 113,285 \text{ KPa}$$

Esta presión es la equivalente a una temperatura de:

$$T_{med} = \frac{P}{\rho R} = 69,283 \text{ °C}$$

El error en la medida es de:

$$E_T = T - T_{med} = 30,717 \text{ °C}$$

b)  $P_{abs} = 400 + 100 = 500 \text{ KPa}$  y  $T_{max} = 150 \text{ °C}$

Nombre: \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

$$\rho R = \frac{P}{T} = 1182,0$$

A la temperatura medida  $T = 100^\circ\text{C}$ , la presión interna es de:

$$P = \rho R T = 1182,0 \times (100 + 273) = 440,90 \text{ KPa}$$

El resorte mide la diferencia de presión entre el exterior y el interior ( $P_{man}$ ), y no la presión absoluta:

$$P_{man} = P - P_{Atm} = 440,90 - 100 = 340,90 \text{ KPa}$$

El instrumento indicará (considerando  $P_{atm}$  real):

$$P_{manR} = P - P_{Atm} = 440,90 - 110,166 = 330,73 \text{ KPa}$$

Si no se conoce esta modificación en la presión atmosférica, el instrumento indicara que la presión absoluta es:

$$P_{med} = P_{manR} + P_{Atm} = 330,73 + 100 = 430,73 \text{ KPa}$$

Esta presión es la equivalente a una temperatura de:

$$T_{med} = \frac{P}{\rho R} = 91,399^\circ\text{C}$$

El error en la medida es de:

$$E_T = T - T_{med} = 8,6007^\circ\text{C}$$

#### Resumen resultados 4 casos:

$T = 373$  ;  $DP = 1.0166\text{e}+004$  ;  $P_{maxA} = 140000$  ;  $P_{maxB} = 500000$

-20 a 150 °C	-20 a 170 °C	-20 a 190 °C	-20 a 210 °C
Tmin = 253	Tmin = 253	Tmin = 253	Tmin = 253
Tmax = 423	Tmax = 443	Tmax = 463	Tmax = 483
RhoRA = 3.3097e+002	RhoRA = 3.1603e+002	RhoRA = 3.0238e+002	RhoRA = 2.8986e+002
PA = 1.2345e+005	PA = 1.1788e+005	PA = 1.1279e+005	PA = 1.0812e+005
PAman = 2.3452e+004	PAman = 1.7878e+004	PAman = 1.2786e+004	PAman = 8.1159e+003
PAmanReal = 1.3285e+004	PAmanReal = 7.7118e+003	PAmanReal = 2.6199e+003	PAmanReal = -2.0504e+003
PAméd = 1.1329e+005	PAméd = 1.0771e+005	PAméd = 1.0262e+005	PAméd = 9.7950e+004
TAméd = 3.4228e+002	TAméd = 3.4083e+002	TAméd = 3.3938e+002	TAméd = 3.3793e+002
TAmédC = 6.9283e+001	TAmédC = 6.7831e+001	TAmédC = 6.6379e+001	TAmédC = 6.4926e+001
EtA = 3.0717e+001	EtA = 3.2169e+001	EtA = 3.3621e+001	EtA = 3.5074e+001
RhoRB = 1.1820e+003	RhoRB = 1.1287e+003	RhoRB = 1.0799e+003	RhoRB = 1.0352e+003
PB = 4.4090e+005	PB = 4.2099e+005	PB = 4.0281e+005	PB = 3.8613e+005
PBman = 3.4090e+005	PBman = 3.2099e+005	PBman = 3.0281e+005	PBman = 2.8613e+005
PBmanReal = 3.3073e+005	PBmanReal = 3.1083e+005	PBmanReal = 2.9264e+005	PBmanReal = 2.7596e+005
PBmed = 4.3073e+005	PBmed = 4.1083e+005	PBmed = 3.9264e+005	PBmed = 3.7596e+005
TBmed = 3.6440e+002	TBmed = 3.6399e+002	TBmed = 3.6359e+002	TBmed = 3.6318e+002
TBmedC = 9.1399e+001	TBmedC = 9.0993e+001	TBmedC = 9.0586e+001	TBmedC = 9.0179e+001
EtB = 8.6007e+000	EtB = 9.0073e+000	EtB = 9.4140e+000	EtB = 9.8206e+000