

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



INFORME DE LABORATORIO
LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

ENTREGADO:

15 SEPTIEMBRE 2019

ALUMNOS:

Carranza Zavala David, 20174065E

Huaroto Villavicencio Josue, 20174070I

Landeo Sosa Bruno, 20172024J

Lino Carbajal Franklin, 20110146D

Quesquen Vitor Angel, 20170270C

Sotelo Caverro Sergio, 20172125K

PROFESOR:

ING. MORALES TAQUIRI OSWALDO

Índice general

1. Objetivos	1
2. Marco teórico	2
2.1. Termómetro de inmersión parcial	2
2.2. Termómetro de inmersión total	3
2.2.1. Correcciones del cuerpo emergente	3
2.3. Termocuplas	4
2.3.1. Tipos de termocuplas	4
2.3.2. Usos típicos en la industria	5
2.3.3. Linealización	5
2.4. Termómetro bimetalico	5
3. Cálculos y resultados	7
3.1. Termocupla-Bimetálico	7
3.1.1. Error	8
3.1.2. Error porcentual	8
3.2. Termocupla-Total	9
3.2.1. Error	9
3.2.2. Error porcentual	10

3.3. Termocupla-Parcial	10
3.3.1. Error	11
3.3.2. Error porcentual	11
3.4. Errores cuadráticos medios	12
 4. Conclusiones	 13
 Bibliografía	 15

Capítulo 1

Objetivos

1. Aprender ciertas técnicas de medición para maximizar la exactitud aunque se utilicen instrumentos no tan precisos.
2. Adquirir experiencia en la tabulación de temperaturas para aplicarlas en el campo laboral.
3. Comprender como funciona cada instrumento de medición de la temperatura.
4. Comparar las lecturas de todos los instrumentos y ver que tanto error presentan comparado con el instrumento base.

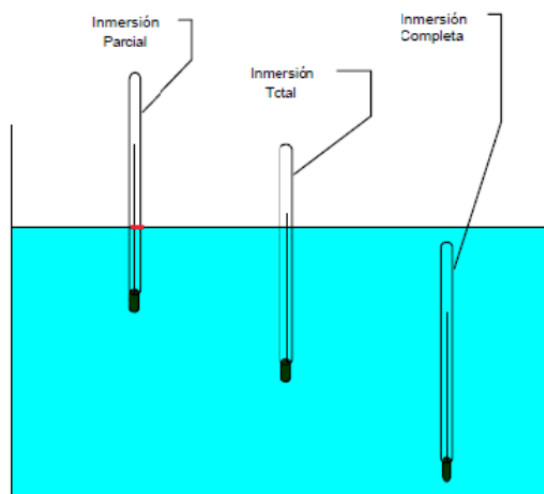
Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Termómetro de inmersión parcial

Un termómetro de inmersión parcial está diseñado para hacer lecturas de temperatura mediante la inmersión de una determinada longitud de forma vertical, que va desde el bulbo hasta una marca que estará al mismo nivel del fluido, este tipo de instrumento es de gran ayuda para mediciones donde la profundidad del fluido sea poca, es decir se volverían obsoletos el termómetro de inmersión total y completa porque estas marcarían un valor erróneo al no poder sumergirse completamente en forma vertical; sin embargo no sería de mucha ayuda el de inmersión parcial o cualquier otro termómetro de vidrio si no está calibrado en todo el rango de medición además depende de que tanto se ha dilatado el tubo capilar y otros factores más.

A continuación, se mostrará una comparación entre los 3 termómetros de vidrio.



2.2. Termómetro de inmersión total

Los termómetros de vidrio son instrumentos precisos y económicos que miden las temperaturas de los líquidos o gases. Los termómetros de vidrio cumplen con la Escala de Temperatura Internacional de 1990(ITS-90). Los termómetros ASTM varían de 5.5 a 8 mm en diámetro.

Características. Soporta temperaturas de -10°C hasta 150°C .

Exactitud. La exactitud de un termómetro de vidrio típico es de aproximadamente ± 1 división de la escala.

Usos. Diseñado para medir la temperatura de diferentes sustancias.

Especificaciones.

- Resistente a muy altas temperaturas.
- Mide la temperatura de cualquier clase de líquidos que se encuentren en exposición ambiental o en reacción química.
- Debido al material del que está hecho es necesario tener cuidado, pues es muy frágil y se rompe con facilidad.

2.2.1. Correcciones del cuerpo emergente

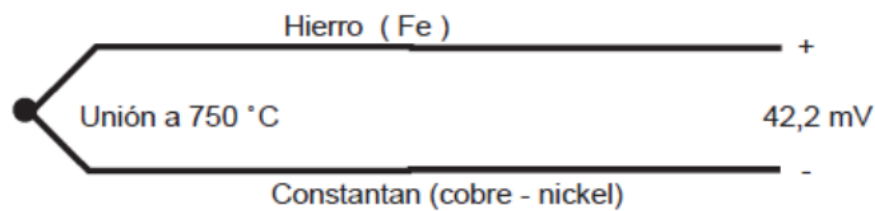
Evite las mediciones incorrectas cuando un termómetro de inmersión total no se puede sumergir correctamente. Determine la corrección del cuerpo aproximada con estas fórmulas:

- **Para termómetros de mercurio en Fahrenheit.** $= 9 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot (T - t)^{\circ}\text{F}$
- **Para termómetros de mercurio en Celsius.** $= 16 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot (T - t)^{\circ}\text{C}$
- **Para termómetros rellenos de alcohol en Fahrenheit.** $= 6 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot (T - t)^{\circ}\text{F}$
- **Para termómetros rellenos de alcohol en Celsius.** $= 1 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot (T - t)^{\circ}\text{C}$

Donde T es la temperatura del baño (la temperatura indicada en el termómetro), t es la temperatura promedio de la parte emergente del cuerpo y n es la cantidad de grados del termómetro emergente. Para determinar t , sostenga un termómetro auxiliar junto a la parte emergente del cuerpo.

2.3. Termocuplas

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Por ejemplo, una termocupla “tipo J” está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y nickel) Al colocar la unión de estos metales a 750°C, debe aparecer en los extremos 42.2 milivolts.



Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material, en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).



2.3.1. Tipos de termocuplas

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90 % de las termocuplas utilizadas són del tipo J o del tipo K.

Termocupla	Cable + Aleación	Cable - Aleación	Rango ° C	Volts (mV)
J	Hierro	Cobre/Nickel	(-180,750)	42.2
K	Nickel/Cromo	Nickel/Aluminio	(-180,1372)	54.8
T	Cobre	Cobre/Nickel	(-250,400)	20.8
R	87 % Platino + 13 % Rhodio	Platino	(0,1767)	21.09
S	90 % Platino + 10 % Rhodio	Platino	(0,1767)	18.68
B	70 % Platino + 30 % Rhodio	94 % Platino + 6 % Rhodio	(0,1820)	13.814

2.3.2. Usos típicos en la industria

Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio). La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300°C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos. Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero).

2.3.3. Linealización

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.

2.4. Termómetro bimetalico

Una termómetro bimetalico está constituida por dos láminas de metal, cada una de ellas con diferente coeficiente de dilatación, superpuestas y soldadas entre sí. De este modo se consigue que cuando se calientan, al dilatarse cada una de ellas de forma distinta, el conjunto se deforma, pudiendo aprovecharse esta deformación para la apertura o cierre de un contacto eléctrico, cuya actuación dependería de la temperatura. Aplicaciones muy comunes de los contactos formados por láminas bimetalicas se encuentran en planchas, tostadores, estufas eléctricas y otros electrodomésticos que llevan un termostato, así como en elementos de protección eléctrica como los interruptores magnetotérmicos.



Capítulo 3

Cálculos y resultados

Para los gráficos se utilizó Python 3.7 en un entorno de jupyter notebook:

Temperaturas

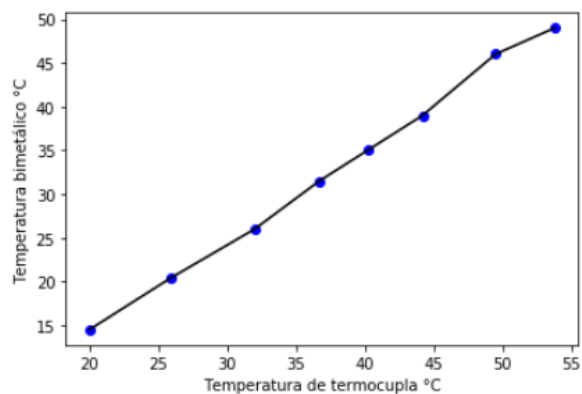
```
In [41]: ambiente = [19, 19, 19, 19, 19.7, 20, 20, 20]
ttermocupla = [20, 25.9, 32, 36.7, 40.2, 44.2, 49.5, 53.8]
tinmparcial = [20, 26, 32, 37, 40.1, 45, 52, 54]
tinmtotal = [21, 24, 34, 39, 42, 46, 52, 58]
tbimet = [14.5, 20.4, 26, 31.5, 35, 39, 46, 49]
```

3.1. Termocupla-Bimetálico

Termocupla-Bimetálico

```
In [84]: plt.xlabel('Temperatura de termocupla °C')
plt.ylabel('Temperatura bimetalico °C')
plt.plot(ttermocupla, tbimet, 'bo', ttermocupla, tbimet, 'k')
```

```
Out[84]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156bc1aeb8>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156bc1afd0>]
```



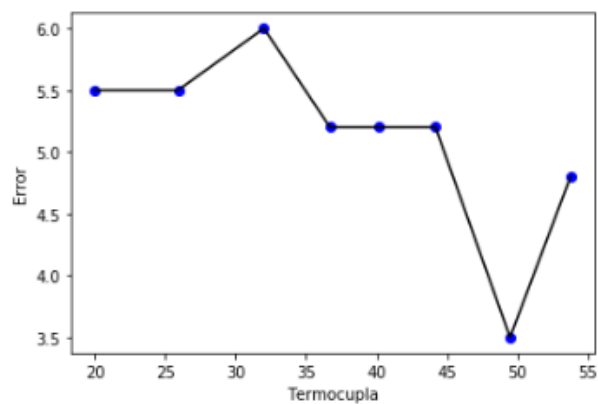
3.1.1. Error

```
In [71]: tbimetcorr = []
        for i in range(0,len(tambiente)):
            tbimetcorr.append(ttermocupla[i] - tbimet[i])
        tbimetcorr = []
        for i in range(0,len(tambiente)):
            tbimetcorr.append(abs(ttbimetcorr[i]/tbimet[i])*100)
```

Temperatura - Error

```
In [76]: plt.xlabel('Termocupla')
        plt.ylabel('Error')
        plt.plot(ttermocupla, tbimetcorr, 'bo', ttermocupla, tbimetcorr, 'k')
```

```
Out[76]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156be8a470>,
          <matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156be8a588>]
```

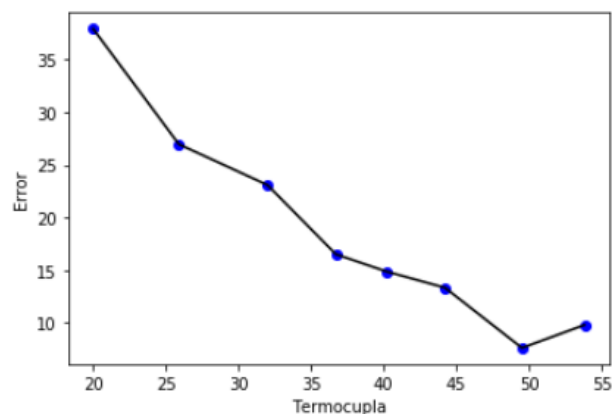


3.1.2. Error porcentual

Temperatura - Error porcentual

```
In [77]: plt.xlabel('Termocupla')
        plt.ylabel('Error')
        plt.plot(ttermocupla, tbimetcorr, 'bo', ttermocupla, tbimetcorr, 'k')
```

```
Out[77]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156be665f8>,
          <matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156be66710>]
```



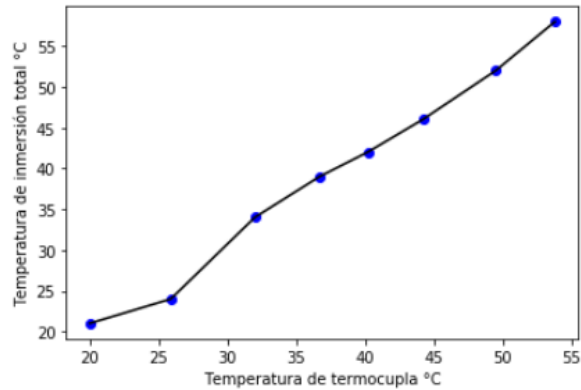
3.2. Termocupla-Total

Termocupla - Inmersión total

Temperaturas

```
In [61]: plt.xlabel('Temperatura de termocupla °C')
plt.ylabel('Temperatura de inmersión total °C')
plt.plot(ttermocupla, tinmttotal, 'bo', ttermocupla, tinmttotal, 'k')
```

```
Out[61]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c6485c0>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c6486d8>]
```



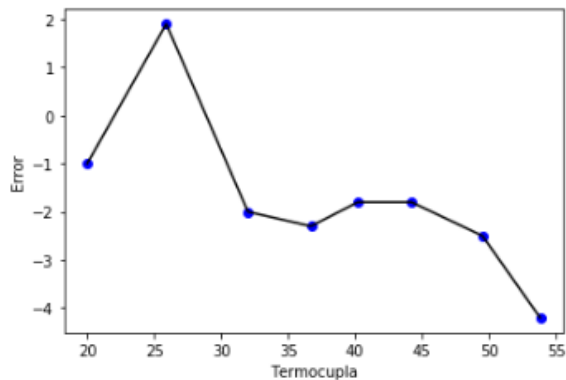
3.2.1. Error

```
In [48]: tinmttotalcorr = []
for i in range(0, len(tambiente)):
    tinmttotalcorr.append(ttermocupla[i] - tinmttotal[i])
tinmttotalcorr = []
for i in range(0, len(tambiente)):
    tinmttotalcorr.append(abs(tinmttotalcorr[i]/tinmttotal[i])*100)
```

Temperatura - Error

```
In [57]: plt.xlabel('Termocupla')
plt.ylabel('Error')
plt.plot(ttermocupla, tinmttotalcorr, 'bo', ttermocupla, tinmttotalcorr, 'k')
```

```
Out[57]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c0b5cf8>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c0b5240>]
```

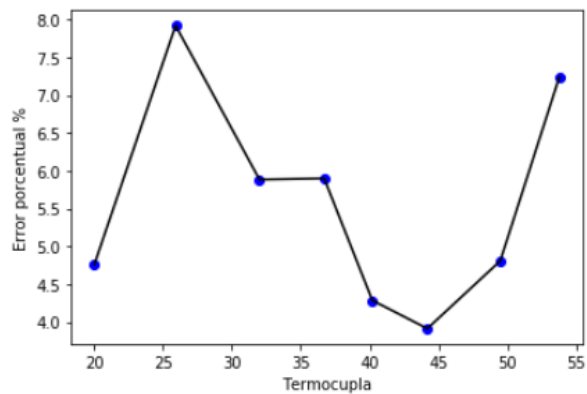


3.2.2. Error porcentual

Temperatura - Error porcentual

```
In [58]: plt.xlabel('Termocupla')
plt.ylabel('Error porcentual %')
plt.plot(ttermocupla, tinmtotalcorrp, 'bo', ttermocupla, tinmtotalcorrp, 'k')
```

```
Out[58]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c8551d0>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c855630>]
```



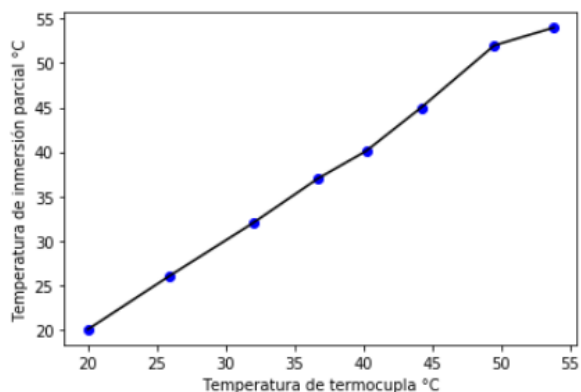
3.3. Termocupla-Parcial

Termocupla - Inmersión parcial

Temperaturas

```
In [69]: plt.xlabel('Temperatura de termocupla °C')
plt.ylabel('Temperatura de inmersión parcial °C')
plt.plot(ttermocupla, tinmparcial, 'bo', ttermocupla, tinmparcial, 'k')
```

```
Out[69]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c005ac8>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156c005be0>]
```



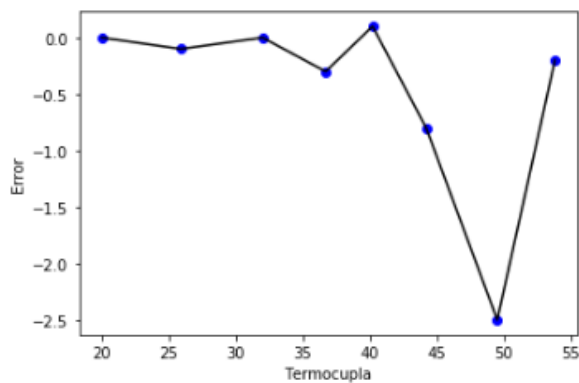
3.3.1. Error

```
In [72]: tinmparcialcorr = []
for i in range(0,len(tambiente)):
    tinmparcialcorr.append(ttermocupla[i] - tinmparcial[i])
tinmparcialcorr = []
for i in range(0,len(tambiente)):
    tinmparcialcorr.append(abs(tinmparcialcorr[i]/tinmparcial[i])*100)
```

Temperatura - Error

```
In [73]: plt.xlabel('Termocupla')
plt.ylabel('Error')
plt.plot(ttermocupla, tinmparcialcorr, 'bo', ttermocupla, tinmparcialcorr, 'k')
```

```
Out[73]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156bf4e400>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156bf4e518>]
```

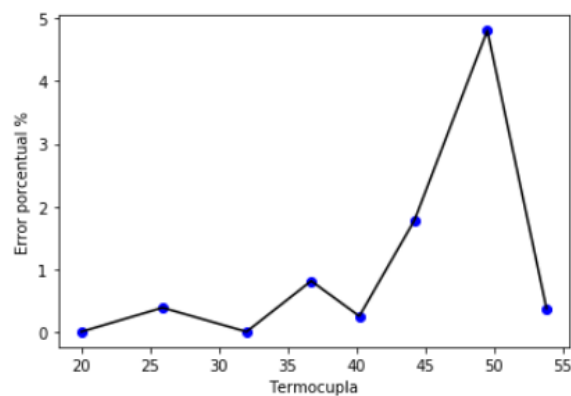


3.3.2. Error porcentual

Temperatura - Error porcentual

```
In [103]: plt.xlabel('Termocupla')
plt.ylabel('Error porcentual %')
plt.plot(ttermocupla, tinmparcialcorr, 'bo', ttermocupla, tinmparcialcorr, 'k')
```

```
Out[103]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156af2fb00>,
<matplotlib.lines.Line2D at 0x7f156af2fc18>]
```



3.4. Errores cuadráticos medios

Inmersión parcial - Error cuadrático medio

```
In [75]: tinmparcialr = 0
         for i in range(0, len(tambiente)):
             tinmparcialr += (ttermocupla[i] - tinmparcial[i])**2
         print(tinmparcialr/len(tambiente))

0.8799999999999994
```

Inmersión total - Error cuadrático medio

```
In [104]: tinmtotalr = 0
          for i in range(0, len(tambiente)):
              tinmtotalr += (ttermocupla[i] - tinmtotal[i])**2
          print(tinmtotalr/len(tambiente))

5.5337499999999998
```

Bimetálico - Error cuadrático medio

```
In [78]: tbimetr = 0
         for i in range(0, len(tambiente)):
             tbimetr += (ttermocupla[i] - tbimet[i])**2
         print(tbimetr/len(tambiente))

26.613750000000007
```


Capítulo 4

Conclusiones

1. El termómetro de inmersión parcial es el que mejores resultados ha obtenido.
2. El termómetro bimetalico dió errores muy grandes al comienzo. Dicho error fue disminuyendo conforme se hacía más mediciones, hasta llegar a menos de 10 % de error.
3. Precisar la ubicación del termómetro de inmersión total (ubicarlo completamente sumergido) ya que puede darnos una mala lectura.
4. Trabajar como temperatura patrón la termocupla de lectura digital porque es la que representa mayor sensibilidad, por ende tendrá mayor precisión.
5. La tendencia de los instrumentos utilizados está muy asimilada a la realidad, es decir, el error es aceptable.
6. Cuando se apaga el calentador, se recomienda esperar hasta que la termocupla deje de aumentar de temperatura.

Anexos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Energía - Lab. 05

DATOS PARA EL EXPERIMENTO

DATOS PARA EL EXPERIMENTO												
	Corriente	T_A	Temperatura	T_{mv}^*	T_{mv}^*	B_{mota}						
	1	19	20	20	21	14,5						
	2	19	25,9	26	24	20,4						
	3	19	32	32	34	26						
	4	19	36,7	37	39	31,5						
	5	19,7	40,2	40,1	42	35						
	6	20	44,2	45	46	39						
	7	20	49,5	52	52	46						
	8	20	53,5	54	58	49						

Bibliografía

[1] Casterona Machuca, J. (2019) “El ingeniero industrial y el sistema de seguridad en las empresas”.

[2] Termómetro bimetalico.

<https://www.electrabel.es/el-funcionamiento-de-un-termometro-bimetalico/>

[3] Termómetro de inmersión total.

<http://www.dilabsa.com/es/cual-es-la-diferencia-entre-los-termometros-de-inmersion-total-y-parcial/>

[4] Termómetro de inmersión parcial.

<http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-08-09-termometros-liquido-en-vidrio.pdf>