

GUÍA DE LABORATORIO PARA LA CALDERA MARCET

Resumen: *En esta guía de laboratorio se establece una metodología para calcular un valor aproximado de presión o temperatura, con el fin de evidenciar la relación entre el cambio de presión y la temperatura en un recipiente cerrado y demostrar la veracidad del método gráfico y la ecuación de Antoine respecto a las tablas de agua saturada ya establecidas, teniendo en cuenta las definiciones de presión y temperatura de saturación, presión de vapor y ebullición que deben conocerse para realizar y entender la práctica. También se encuentran descritos los instrumentos que se utilizarán y el proceso para registrar los datos. Se recomienda verificar los elementos antes de utilizarlos, tener cuidado de no sobrepasar los 9 bares de presión durante la práctica y por último dejar los elementos limpios y en orden después de utilizarlos.*

1. INTRODUCCIÓN

La caldera se define como un recipiente cerrado diseñado para generar vapor por medio del suministro de energía en forma de calor, existen dos tipos de caldera *acuotubulares* en las cuales el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento y *pirotubulares* que son aquellas calderas en las que el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos en los cuales circulan gases a altas temperaturas. La caldera con la que cuenta el laboratorio se denomina Caldera Marcet y es un instrumento que permite mostrar la relación entre la presión y la temperatura para el vapor saturado simulando una caldera *pirotubular*, se dice que simula porque en vez de utilizar gases se utilizan resistencias.

El vapor saturado es vapor a la temperatura de ebullición del líquido y este es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve, el vapor saturado se puede describir por medio de los siguientes términos:

- **Presión de vapor:** la presión de vapor o de saturación se considera como la presión a la cual, a una temperatura establecida, una sustancia comienza a evaporarse. El valor de esta presión varía de acuerdo con las sustancias.
- **Ebullición:** la ebullición se define como el fenómeno físico en el cual un líquido modifica su fase y se vuelve gaseoso, el instante en el cual se produce este cambio de fase se denomina punto de ebullición y varía según los siguientes aspectos:

- **Presión:** El agua hierve con mayor facilidad a bajas temperaturas y bajas presiones. Esta hervirá a aproximadamente 26°C a 0,03 bar y aproximadamente a 180 ° C a 10 bar (10 atmósferas).
- **La calidad del agua limpia:** El agua pura hierve más fácilmente (a bajas temperaturas) que el agua sucia o salada. El agua del mar contiene 35 g.kg⁻¹ de sal y hierve a 100.56 °C. Adicionar sal al agua para aumentar su punto de ebullición es conocido como elevación del punto de ebullición. Sin embargo, se tiene que agregar grandes cantidades para cambiar el punto de ebullición por sólo unos pocos grados.
- **Material de la caldera (acabado superficial interior):** El científico francés Gay-Lussac encontró que el agua hervía a una temperatura más alta en un vaso de vidrio que en un recipiente de metal, por una diferencia de poco más de 1°C. Marcet hizo experimentos utilizando vasijas de vidrio que contenían previamente ácido, el cual afecto la superficie interior del vidrio, entonces el agua se evaporaba 105 ° C.
- **Aire contenido:** El agua puede contener partículas de aire, especialmente cuando se ha sacudido, forzado a salir de una salida a alta presión o cuando se vierte desde una altura. Los científicos han encontrado que la extracción de aire del agua aumenta su punto de ebullición. A menor cantidad de aire se tiene un mayor punto de ebullición.
- **Temperatura y presión de saturación:** La temperatura y presión de saturación son aquellas en donde ocurre la ebullición de una sustancia pura. Para una presión de saturación existe un único valor de temperatura de saturación y viceversa.

Para conocer la temperatura o presión de saturación se utilizan las denominadas **tablas de vapor saturado**. Estas tablas son indispensables para cualquier ingeniero que quiera trabajar con vapor y son usadas para determinar la temperatura de saturación de vapor a partir de la presión o viceversa, es decir, presión a partir de la temperatura de saturación de vapor. Las tablas de vapor sólo se pueden realizar con precisión a partir de experimentos reales, ya que no se pueden utilizar ecuaciones simples para relacionar las variables (temperatura y presión) en todo el rango. Sin embargo, a continuación, se describen dos métodos que se pueden implementar para predecir las variables de temperatura y presión con un error bajo. (Estos métodos se realizan a partir de datos experimentales de temperatura y presión)

2. OBJETIVOS

- 2.1. Comparar y demostrar que los resultados obtenidos dan resultados aproximados a las tablas de agua saturada ya establecidas.
- 2.2. Analizar el comportamiento de la presión en la sustancia a trabajar (agua destilada) bajo una condición que va variando con el tiempo.
- 2.3. Observar el cambio de estado a diferentes presiones en la caldera.

3. MATERIALES REQUERIDOS

3.1. Por el estudiante:

- Cronómetro.
- Agua destilada (550 ml aprox.)

3.2. Disponibles en el laboratorio:

- Embudo
- Caldera Marcet

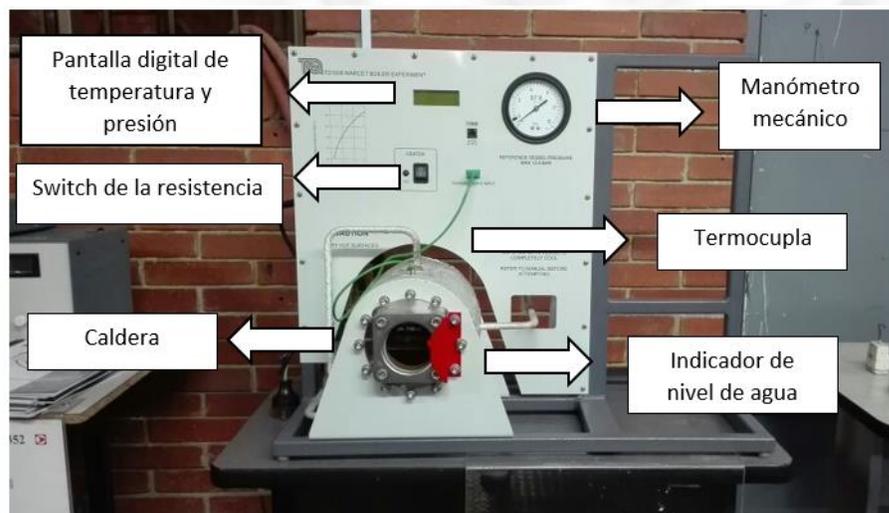


Figura 1 Componentes de la caldera Marcet

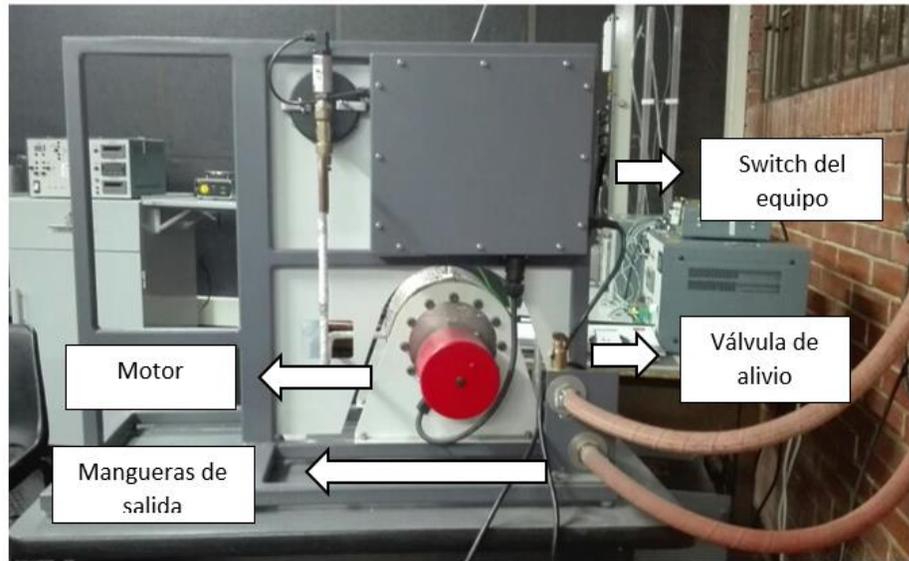


Figura 2 Componentes de la caldera Marcet

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Encienda el equipo.



Figura 3 Interruptor de encendido

4.2. Retire el tapón superior de la caldera usando la llave indicada.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-CT05

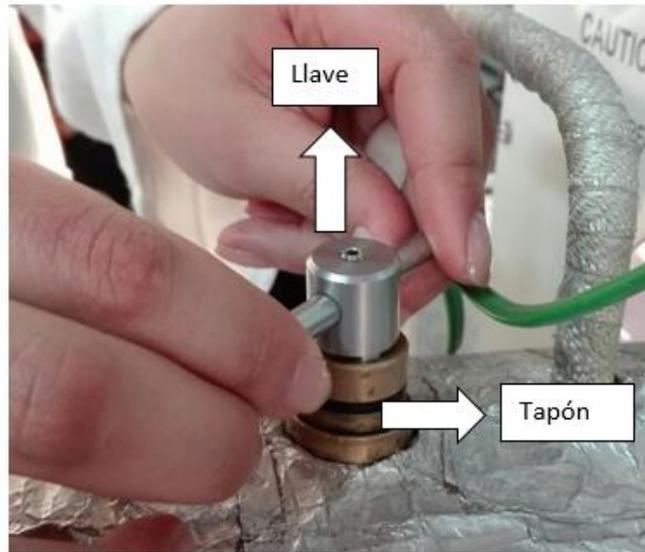


Figura 4 Tapón de llenado

4.3. Adicione agua destilada usando el embudo de tal manera que el nivel quede ubicado entre el mínimo y máximo mostrado en la parte frontal de la caldera.



Figura 5 Llenado de la caldera

4.4. Retire el embudo y coloque el tapón superior de la caldera ajustándolo correctamente haciendo uso de la llave.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

4.5. Encienda la resistencia



Figura 6 Interruptor de encendido de la resistencia

4.6. Observe las temperaturas a medida que se calienta la caldera. Cuando alcance los 100° C, hale cuidadosamente la válvula de alivio de presión hacia arriba sin soltarla; hasta que la temperatura haya disminuido hasta 95° C.



Figura 7 Válvula de alivio

NOTA: (Esto ayuda a purgar el aire no deseado de la zona sobre el agua. Si no se hace correctamente, la presión en el recipiente aumentara debido a la expansión del contenido de aire (no vapor), dando lecturas falsas.)

- 4.7. Luego de realizar la purga la temperatura disminuirá, espere que la caldera llegue nuevamente a 100 °C.
- 4.8. Una vez haya llegado a 100 °C inicie la toma de datos de temperatura en Kelvin (K) y la presión en (Pa) cada 30 segundos, hasta que la temperatura llegue a 180° C o 9 bares, registrándolos en la tabla del anexo 1.
- 4.9. Cuando la temperatura llegue a 180° C o 9 bares, apague la resistencia.
- 4.10. Vuelva a subir la válvula de alivio de presión, note la salida de vapor y en cuanto este deje de salir suelte la válvula.
- 4.11. Apague el equipo.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Realice la gráfica de temperatura Kelvin [K] respecto a presión [Pa].

5.2. A partir de la figura 1 realizar una gráfica de logaritmo de presión respecto a $\frac{1000}{T}$, la cual debe ser lineal.

5.3. Realice la gráfica temperatura (K) contra presión absoluta (kPa) de las temperaturas mediante el concepto de la ecuación de Antoine.

Ecuación de Antoine

Esta ecuación describe la relación entre la temperatura y la presión de saturación de vapor de sustancias puras.

Figura 8 Curva de saturación

$$\text{Log}_{10}p = A - \frac{B}{C + T} \quad (1)$$

Los términos A, B y C son coeficientes únicos de la sustancia para un rango dado.

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmecanica@udistrital.edu.co

Para el agua entre las temperaturas de 99 ° C a 374 ° C (372K a 647K) se tiene que:

Unidad	A	B	C
<i>mmHg y °C no absolutos</i>	8,14019	1819,94	244,485
<i>Pa y K absoluto</i>	10,265093	1810,94	-28,665

Despejando T de la ecuación (5) se obtiene:

$$T = \frac{B}{A - \log_{10} p} - C \quad (2)$$

A partir de la ecuación previa podemos obtener valores aproximados de temperatura y presión de saturación a las tablas de agua saturada ya establecidas.

- 5.4. Compare, analice y describa los resultados y gráficas obtenidas, mediante el método gráfico y la ecuación de Antoine.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1. Verificar el estado de los elementos antes de utilizarlos.
- 6.2. Cuando la presión llegue a 9 bar por favor apague la resistencia para evitar daños en el equipo.
- 6.3. Dejar los elementos utilizados en la práctica limpios y en completo orden.
- 6.4. Tener precaución con la expulsión de vapor de agua en la manguera.

Proyectó	Camila Andrea Moreno Mora Diego Orlando Duarte Baquero	Monitor académico 2017-3 Monitor académico 2018-3
Revisó	Carlos Andrés Romero	Auxiliar de laboratorio
Aprobó	Luini Hurtado	Coordinador de Laboratorios y Talleres de Mecánica
Fecha	05/10/2018	Versión 03

Anexo 1

Tabla de consignación de datos y resultados de cálculo

No.	P (KPa)	P (Pa)	T (°C)	T (K)	Log ₁₀ P (Pa)	1000/T (K)	1000/T _{Antoine} (K)	T _{Antoine} (K)	%Error
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-CT05

14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmechanica@udistrital.edu.co



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-CT05

32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmechanica@udistrital.edu.co



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-CT05

50									
51									
52									
53									
54									
55									

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmeccanica@udistrital.edu.co