

**PROGRAMA ANALITICO****1. IDENTIFICACION**

<i>CARRERA:</i>	INGENIERIA PETROLERA
<i>NOMBRE DE LA MATERIA:</i>	TERMODINAMICA
<i>SEMESTRE:</i>	CUARTO
<i>CARGA HORARIA:</i>	96 HORAS
<i>NUMERO DE CREDITOS:</i>	5
<i>PRE-REQUISITOS:</i>	MAT-207, QMC-206
<i>DOCENTE:</i>	ING. OSCAR VARGAS ANTEZANA

**2. CONTENIDO**

1. CONCEPTOS BASICOS DE TERMODINAMICA
2. PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS
3. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA. SISTEMAS CERRADOS
4. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA. SISTEMAS ABIERTOS
5. SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA
6. ENTROPIA

**3. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

- Adquirir conocimientos sobre termodinámica básica para la determinación de propiedades de sustancias, en estado líquido, gaseoso o en cambio de fase, utilizando apropiadamente modelos de sustancias.
- Establecer la importancia de la termodinámica en los procesos industriales.
- Aplicar los fundamentos de la termodinámica en los procesos industriales.
- Evaluar energéticamente sistemas térmicos simples, tanto sistemas cerrados como volúmenes de control, determinando flujos másicos, energéticos y rendimientos de equipos o sistemas.
- Calcular los parámetros fundamentales y el rendimiento de maquinas térmicas elementales, principalmente para la producción de potencia.
- Calcular los parámetros fundamentales y los coeficientes de operación en refrigeradores y bombas de calor.

**4. PROGRAMA ANALITICO***UNIDAD #1 CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA***OBJETIVOS DEL TEMA**

- Identificar la terminología específica relacionada con la termodinámica mediante conceptos básicos para formar una base sólida en el desarrollo de los principios de la termodinámica.
- Explicar los conceptos básicos de la termodinámica, como sistema, estado, postulado de estado, equilibrio, proceso y ciclo.

- Revisar los conceptos de temperatura, escalas de temperatura, presión y presiones absoluta y manométrica.

## **CONTENIDO**

- 1.1. Introducción
- 1.2. Sistema termodinámico
- 1.3. Formas de energía
- 1.4. Propiedades de un sistema
- 1.5. Estado y equilibrio
- 1.6. Equilibrio termodinámico
- 1.7. Transformaciones reversibles e irreversibles
- 1.8. Procesos y ciclos
- 1.9. El postulado de estado
- 1.10. Presión
- 1.11. Temperatura y la ley cero de la termodinámica

### *UNIDAD #2 PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS*

#### **OBJETIVOS DEL TEMA**

- Introducir el concepto de sustancia pura
- Estudiar la física de los procesos de cambio de fase
- Ilustrar los diagramas de propiedades P-V, T-V, y P-T de sustancias puras
- Describir la sustancia “gas ideal” y la ecuación de estado de gas ideal
- Aplicar la ecuación de estado de gas ideal en la solución de problemas representativos
- Introducir el factor de compresibilidad, que toma en cuenta la desviación de gases reales respecto del comportamiento de los gases ideales.

## **CONTENIDO**

- 2.1. Sustancia pura. Definición
- 2.2. Fases de una sustancia pura
- 2.3. Procesos de cambio de fase en sustancias puras
- 2.4. Diagramas de propiedades para procesos de cambio de fase
- 2.5. Tabla de propiedades
- 2.6. La ecuación de estado de gas ideal
- 2.7. Factor de compresibilidad. Una medida de la desviación del comportamiento de gas ideal

### *UNIDAD #3 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA. SISTEMAS CERRADOS*

#### **OBJETIVOS DEL TEMA**

- Introducir los diferentes conceptos de energía como calor, transferencia de calor y trabajo.
- Identificar la primera ley de la termodinámica como un enunciado del principio de conservación de la energía para sistemas cerrados (masa fija).

- Desarrollar el balance general de energía aplicado a sistemas cerrados.
- Definir el calor específico a volumen constante y el calor específico a presión constante.
- Relacionar los calores específicos con el cálculo de cambios en la energía interna y la entalpía de gases ideales.
- Describir sustancias incompresibles y determinar los cambios en su energía interna y entalpía.

## CONTENIDO

- 3.1. Introducción
- 3.2. Transferencia de calor
- 3.3. Trabajo
- 3.4. Balance de energía para sistemas cerrados (masa fija)
- 3.5. Calores específicos
- 3.6. Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales
- 3.7. Energía interna, entalpía y calores específicos de sólidos y líquidos

### *UNIDAD #4 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA. SISTEMAS ABIERTOS*

#### OBJETIVOS DEL TEMA

- Desarrollar el principio de conservación de la masa.
- Aplicar el principio de conservación de la masa a varios sistemas que incluyen volúmenes de control de flujo estable e inestable
- Aplicar la primera ley de la termodinámica como enunciado del principio de conservación de la energía para volúmenes de control.
- Describir los dispositivos comunes de flujo como toberas, difusores, turbinas, compresores, válvulas de estrangulamiento, mezcladores e intercambiadores de calor
- Aplicar el balance de energía a procesos de flujo inestable como un modelo de proceso de flujo uniforme para procesos de carga y descarga.

## CONTENIDO

- 4.1. Conservación de la masa
- 4.2. Trabajo de flujo y energía de un fluido en movimiento
- 4.3. Análisis de energía de sistemas de flujo estable
- 4.4. Análisis de procesos de flujo inestable

### *UNIDAD #5 ENTROPIA*

#### OBJETIVOS DEL TEMA

- Introducir la segunda ley de la termodinámica.
- Analizar depósitos de energía térmica, procesos reversible e irreversibles, máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor

- Describir los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius de la segunda ley de la termodinámica.
- Aplicar la segunda ley de la termodinámica a ciclos y dispositivos cíclicos
- Describir el ciclo de Carnot
- Examinar los principios de Carnot, las máquinas térmicas idealizadas de Carnot, refrigeradores y bombas de calor
- Determinar las expresiones para las eficiencias térmicas y los coeficientes de operación para máquinas térmicas reversibles, bombas de calor y refrigeradores.

## CONTENIDO

- 5.1. Introducción
- 5.2. Depósitos de energía térmica
- 5.3. Máquinas térmicas
- 5.4. Refrigeradores y bombas de calor
- 5.5. El ciclo de Carnot. Principios de Carnot
- 5.6. La máquina térmica de Carnot
- 5.7. El refrigerador de Carnot y la bomba de calor

### UNIDAD #5 ENTROPIA

#### OBJETIVOS DEL TEMA

- Aplicar la segunda ley de la termodinámica a los procesos
- Definir la entropía, para cuantificar los efectos de la segunda ley de la termodinámica
- Establecer el principio de incremento de entropía
- Calcular los cambios de entropía que tienen lugar durante los procesos para sustancias puras, sustancias incompresibles y gases ideales
- Examinar los procesos idealizados llamados isentrópicos, y desarrollar las relaciones de propiedad de estos
- Aplicar el balance de energía introduciendo la entropía a varios sistemas

## CONTENIDO

- 6.1. Entropía. Definición
- 6.2. El principio de incremento de entropía
- 6.3. Cambio de entropía de sustancias puras
- 6.4. Procesos isentrópicos
- 6.5. Diagramas de propiedades que involucran a la entropía
- 6.6. Las relaciones Tds
- 6.7. Cambio de entropía de sólidos y líquidos
- 6.8. Cambio de entropía de gases ideales
- 6.9. Balance de entropía

## 5. METODOLOGIA Y MEDIOS

- Exposición dialogada y proyección de diapositivas
- Exposición interactiva docente-alumno

**6. EVALUACION**

Evaluación sumativa y formativa de acuerdo a normas y reglamentación interna.

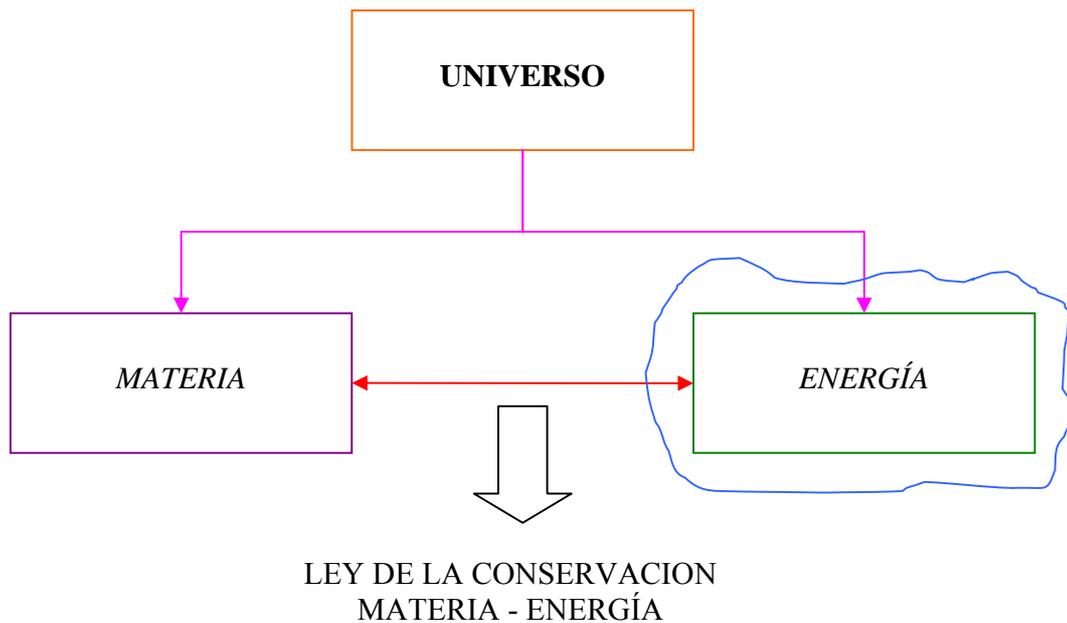
<b>EXÁMENES</b>	<b>TEMAS</b>	<b>PONDERACION</b>
✓ 1° Ex. Parcial	Unidades 1 y 2	30%
✓ 2° Ex. Parcial	Unidades 3y 4	30%
✓ 3° Ex. Parcial	Unidades 5 y 6	30%
✓ Trabajos Prácticos		10%

# Tema Nro. 1

## Conceptos Básicos de Termodinámica

---

### 1. INTRODUCCION



#### 1.1. Termodinámica:

Ciencia que estudia la energía y sus transformaciones.

#### 1.2. Energía:

Es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo.

#### 1.3. Trabajo:

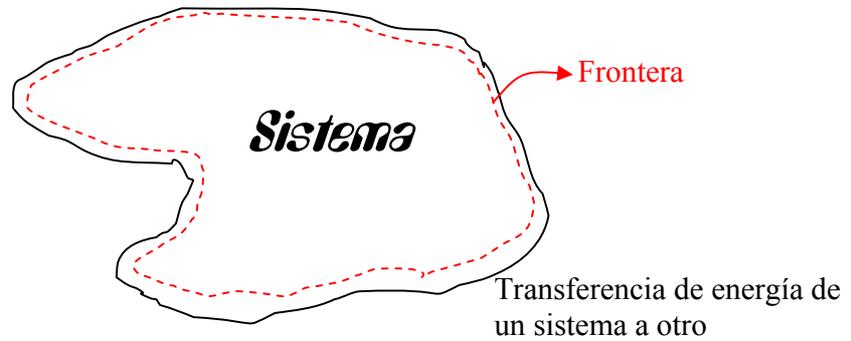
Es la transferencia de energía asociada a una fuerza que actúa a lo largo de una distancia.

### 2. Sistemas Termodinámicos

#### 2.1. Sistema

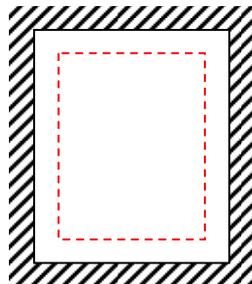
Es la cantidad de materia elegida para un estudio. Ej: Una taza de café, un intercambiador de calor, una planta industrial, etc.

# ENTORNO



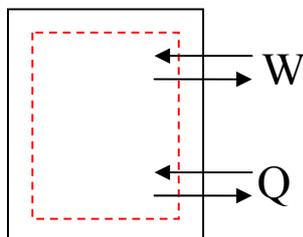
Sistema Termodinámico {  
 Aislados  
 Cerrados → *discontinuos*  
 Abiertos → *continuos*

## 2.1.1. Sistema Aislado



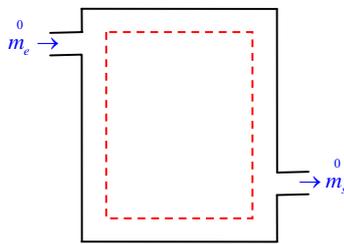
∄ transferencia de materia  
 ∄ transferencia de energía

## 2.1.2. Sistema Cerrado



∄ transferencia de materia  
 ∃ transferencia de energía

## 2.1.3. Sistema Abierto



∃ transferencia de materia

∃ transferencia de energía

## 3. Formas de energía

3.1. Energía Eléctrica → Voltaje, intensidad de corriente

3.2. Energía Química →

3.3. Energía Térmica

3.4. Energía Nuclear

3.5. Energía Mecánica

3.5.1. Energía Cinética

Es aquella energía que posee un cuerpo debido a su movimiento

$$E_p = \frac{1}{2}mv^2$$

3.5.2. Energía Potencial

Es la energía almacenada que posee un cuerpo debido a su reposo.

$$E_p = mgh$$

*“ La energía se puede transformar de una forma a otra, se puede almacenar o se puede transferir de un material a otro ”*

**Ejemplo:** La caída de agua en una represa, la combustión de la gasolina en un motor, las reacciones químicas en las baterías, etc.

## 4. Propiedades de un Sistema

Son propiedad de un sistema: masa, volumen, temperatura, presión, densidad, viscosidad, otros.

4.1. Propiedades Extensivas

Aquellas propiedades que sí dependen de la cantidad de materia. (Masa, volumen)

4.2. Propiedades Intensivas:

Aquellas propiedades que no dependen de de la cantidad de materia: Temperatura, densidad viscosidad, presión, volumen específico.

Toda propiedad extensiva por unidad de masa se denomina propiedad específica.

$$\bar{V} = \frac{V}{m} \text{ (volumen específico)}$$

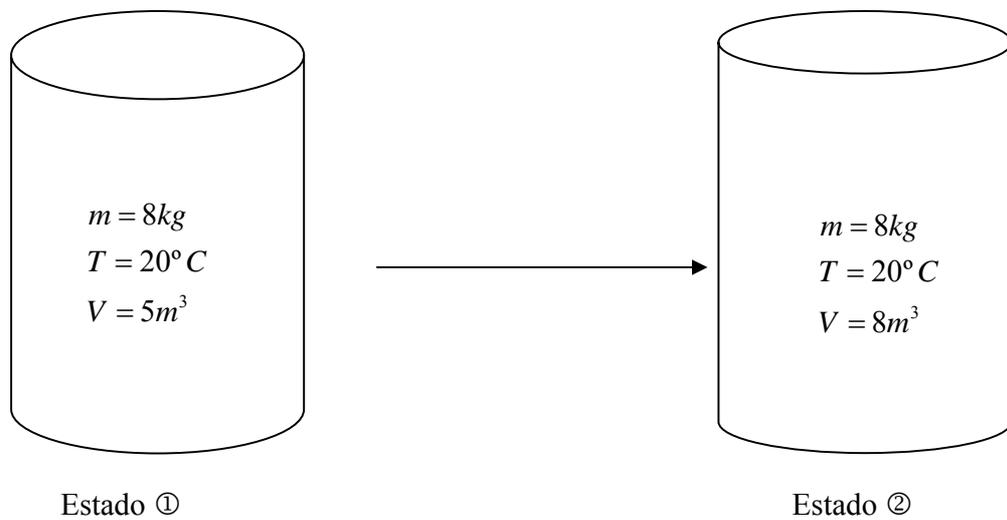
$$[[\bar{V}]] = \left[ \frac{m^3}{kg} \right] \text{ (Propiedad termodinamica)}$$

El  $\bar{V}$  es una propiedad intensiva

5. Estado y Equilibrio

5.1. Estado

Esta definido por sus propiedades o características propias.



5.2. Equilibrio

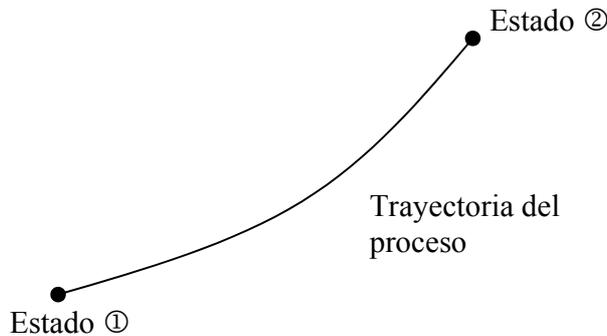
No tiene variación a lo largo del tiempo. Sus propiedades son:

- Térmico → la temperatura no varía con el tiempo.
- Mecánica → la presión no varía con el tiempo.
- Química → la composición química no varía con el tiempo.

6. Procesos y Ciclos

6.1. Proceso

Cambio de etapas – estados



## 6.2. Ciclo

Serie de procesos que parten de un punto y vuelve al estado inicial.

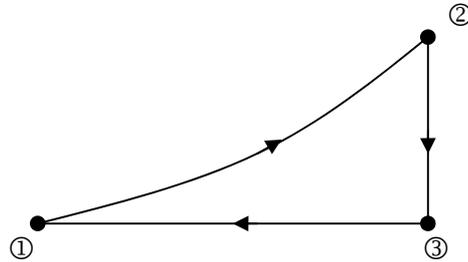
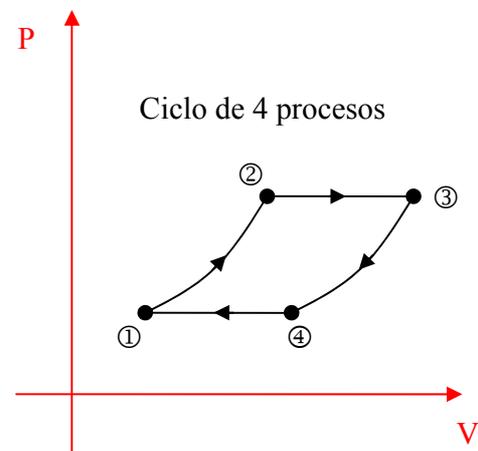
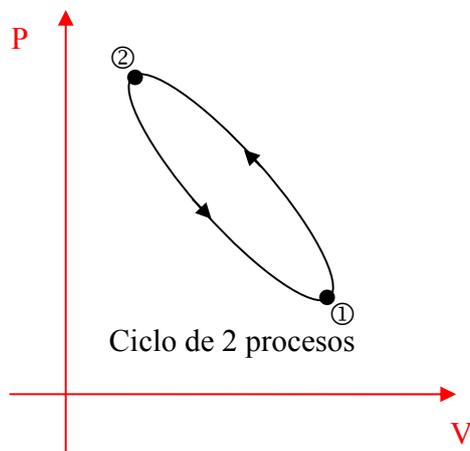


Diagrama P-V



## 7. El postulado de Estado

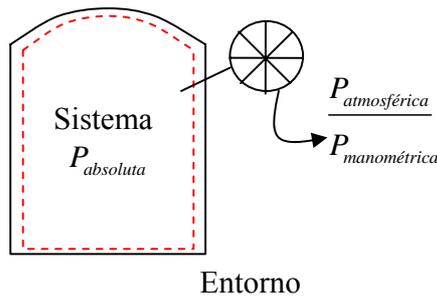
El estado de un sistema viene definido por medio de sus propiedades.

La temperatura y la presión son propiedades independientes en sistemas de una sola fase y dependientes en sistemas multifase.

### 7.1. Presión

Se define como fuerza por unidad de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

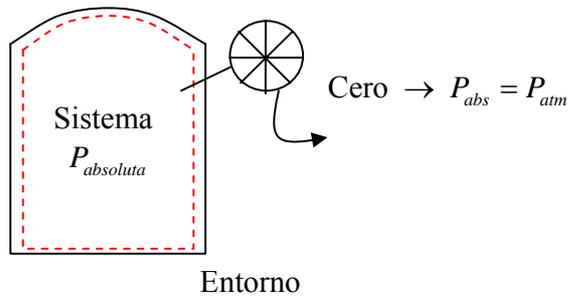


$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm} \text{ y } P_A > P_{atm}$$

$$P_{vacío} = P_{atm} - P_{abs} \text{ y } P_{ab} < P_{atm}$$

Santa Cruz 680mmHg  $\rightarrow$  5mmHg (P. vacío) reducción de presión



## 8. Temperatura

Mide el grado de intensidad de calor (Medida de intensidad de calor)

### 8.1. Ley Cero de la Termodinámica

Dos cuerpos se encuentran en equilibrio si se encuentran a la misma temperatura, incluso con un tercer cuerpo estarán en equilibrio entre sí.

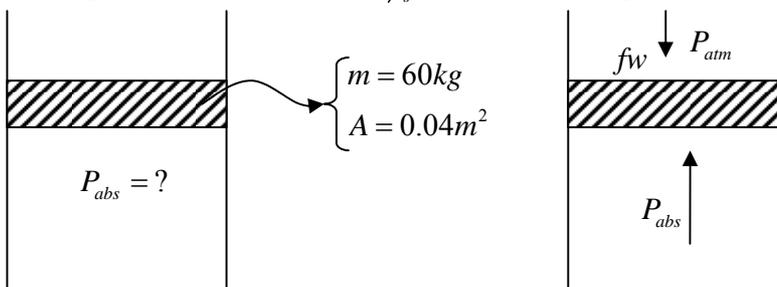
8.2. Escalas de Temperatura

	°C	°F	K	R
Punto de ebullición del agua	100	212	373.15	672
Punto de congelación del agua	0	32	278.15	492
Cero absoluto	-273.15	-460	0	0

$$\begin{aligned}
 K &= ^\circ C + 273 \\
 R &= ^\circ F + 460 \\
 ^\circ F &= 1.8^\circ C + 32
 \end{aligned}$$

**Ejemplo 1.**

El embolo de un dispositivo de cilindro-embolo contiene un gas con una masa de 60kg, con un área de sección transversal de  $0.04\text{ m}^2$ . La presión atmosférica local es de  $0.97\text{ bares}$  y la aceleración gravitacional es de  $9.81\text{ m/s}^2$ . Determinar la presión dentro del cilindro.



$$P = \frac{F}{A}; \quad F = P \cdot A$$

$$1Pa = \frac{N}{m^2}$$

$$1bar = 100kPa$$

$$\sum F = 0$$

$$P_{atm} \cdot A + W - P_{abs} \cdot A = 0$$

$$A(P_{atm} - P_{abs}) + mg = 0$$

$$P_{abs} = P_{atm} + \frac{mg}{A}$$

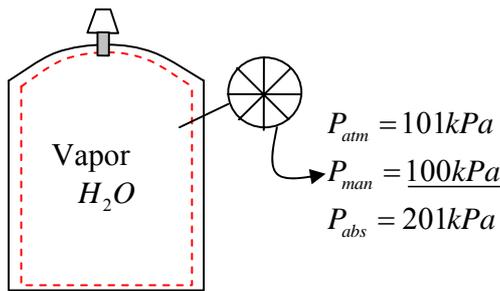
$$P_a = 0.97bar + \frac{60kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}}{0.04m^2}$$

$$P_a = 0.97bar + 1471 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{1kPa}{1000T \frac{N}{m^2}} \cdot \frac{1bar}{100kPa}$$

$$P_a = 1.117bar$$

**Ejemplo 2.**

Determinar la masa de la válvula de una olla de presión, cuya presión de operación es de 100kPa manométricos y que tiene un área de sección transversal con abertura de 4mm<sup>2</sup>. Suponer una presión atmosférica de 101kPa y dibujar e diagrama de cuerpo libre de la válvula.



$$4mm^2 \cdot \frac{1cm^2}{10mm^2} \cdot \frac{1m^2}{100cm^2}$$

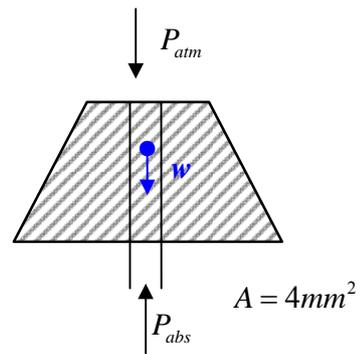


Diagrama de cuerpo libre

$$\sum F = 0$$

$$P_{atm} \cdot A + mg - P_{abs} \cdot A = 0$$

$$A(P_{atm} - P_{abs}) + mg = 0$$

$$m = \frac{A(P_{atm} - P_{abs})}{g}$$

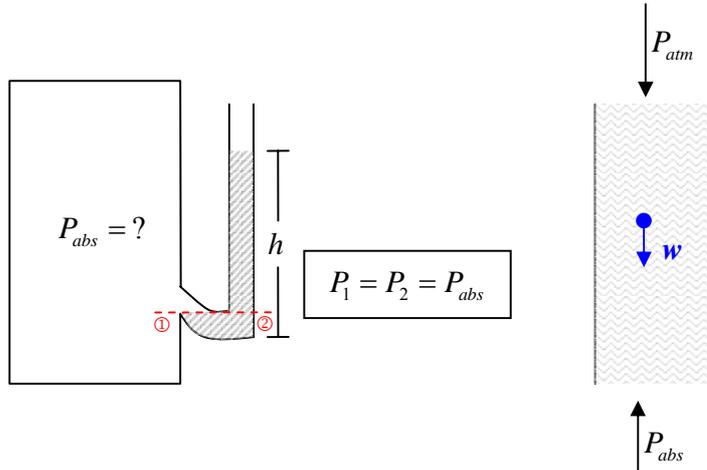
$$m = \frac{(4 \times 10^{-6} m^2)(100) kPa \cdot \frac{100 \frac{N}{m^2}}{1kPa}}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$m = 0.0477 \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2}}{\frac{m}{s^2}}$$

$$m = 40.77 gr$$

**Ejemplo 3.**

Se usa un manómetro para medir la presión en un tanque. El fluido utilizado tiene una densidad relativa de 0.85 y la altura de la columna manométrica es de 55cm. Si la  $P_{atm}$  local es de 96kPa, determinar la  $P_{abs}$  dentro del tanque.



$$\sum F = 0$$

$$P_{atm} \cdot A + w - P_{abs} \cdot A = 0$$

$$A(P_{atm} - P_{abs}) + mg = 0$$

$$P_{abs} = P_{atm} + \frac{mg}{A}$$

$$\rho = \frac{m}{V}; m = \rho \cdot V; V = Ah$$

$$P_{abs} = P_{atm} + \frac{\rho(Ah)g}{A}$$

$$P_{abs} = P_{atm} + \rho hg$$

$$P_{abs} = 96kPa + 850 \frac{kPa}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.55 m$$

$$P_{abs} = 96kPa + 4586.175 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{1kPa}{1000 \frac{N}{m^2}}$$

$$P_{abs} = 100.586kPa$$