

# Chapter1

February 5, 2026



## Propiedades de los Fluidos Petroleros

Moisés Velasco Lozano, PhD

[ ]:

[ ]:

## Introducción a la fisico-química y termodinámica de los hidrocarburos

### 1 Sistemas de unidades

Para definir los esquemas de explotación de un yacimiento se requiere conocimiento detallado de las propiedades físicas y termodinámicas de los hidrocarburos (así como del sistema roca-fluidos) con el objetivo de comprender su interacción y su comportamiento posterior ante disturbios en las condiciones originales.

Algunas de las principales aplicaciones de realizar un proceso de caracterización de los fluidos son las siguientes:

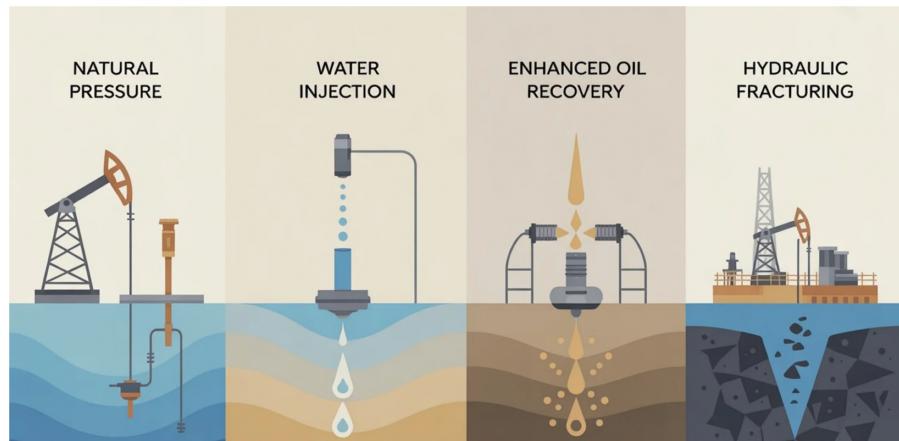
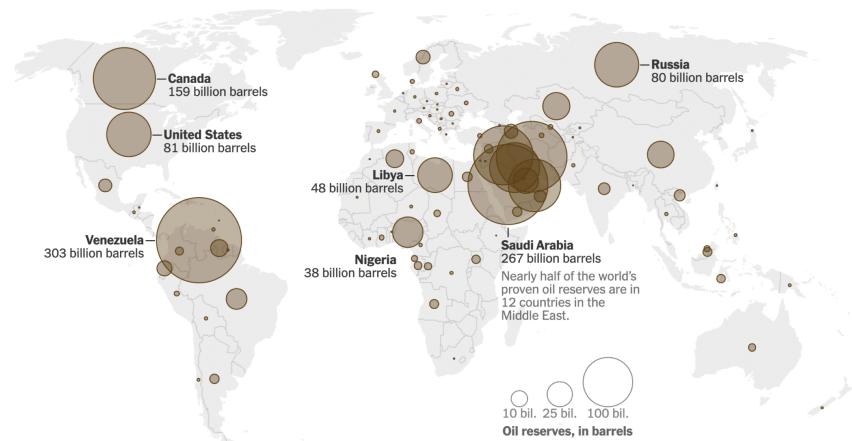
Proceso de muestreo de los fluidos

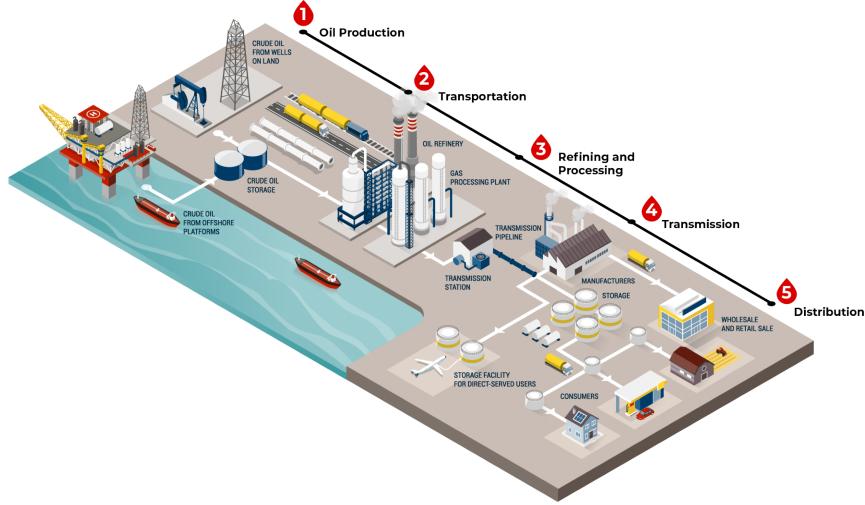
Estimación de reservas

Alternativas de producción

Métodos de recuperación de hidrocarburos (convencionales/mejorada)

Diseño de instalaciones superficiales





El entender el comportamiento de los fluidos representa una herramienta fundamental en la toma de decisiones, planeación y ejecución de proyectos en la industria petrolera; por tanto, los fluidos deben clasificarse de acuerdo a su estructura molecular y a su composición mediante métodos experimentales de laboratorio, tanto para estudios básicos de balance de materia como para simulación numérica.

## 1.1 Masa

Cantidad de materia contenida en una sustancia. Las unidades comunes de masa ( $m$ ) son el gramo ( $gr$ ), la libra ( $lb$ ), y el kilogramo ( $kg$ )

## 1.2 Peso

Es la fuerza con que un cuerpo es atraído hacia el centro de la Tierra. Esto implica una variación de la gravedad local por altitud y latitud. La masa ( $m$ ) es una propiedad constante de un objeto físico, mientras que el término peso ( $W$ ) implica una variación de la masa en función de la fuerza de gravedad ( $g$ ). Esta relación se expresa mediante la ecuación:

$$W = m \times g$$

## 1.3 Sistema consistente de unidades

Un sistema de unidades es consistente si no se requieren factores de conversión para obtener resultados de la operación matemática realizada

Ejemplo: Expresar la fuerza en unidades de Newton al tener la masa en kilogramos y la aceleración en metros por segundo al cuadrado.

Datos: masa=15 kg aceleración=  $3.2m/s^2$

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

$$\text{Fuerza} = 15(\text{kg}) \times 3.2(\text{m/s}^2)$$

$$\text{Fuerza} = 48(\text{N})$$

El sistema es consistente

Ejemplo: Expresar la fuerza en unidades de libra fuerza al tener la masa en libras masa y la aceleración en pies por segundo al cuadrado.

Datos: masa=3 lb aceleración=  $64.348 \text{ ft/s}^2$

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$$

$$\text{Fuerza} = 3(\text{lb}_m) \times 64.348(\text{ft/s}^2)$$

$$\text{Fuerza} = 193.044(\text{lb}_m \frac{\text{ft}}{\text{s}^2})$$

El sistema no es consistente

Opción 1. Convertir a un sistema de unidades conocido

$$\text{Fuerza} = 193.044(\text{lb}_m \frac{\text{ft}}{\text{s}^2})$$

$$\begin{aligned}\text{Fuerza} &= 193.044(\text{lb}_m \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}) \\ \text{Fuerza} &= 193.044(\text{lb}_m \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}) \times (\frac{1\text{kg}_m}{2.2\text{lb}_m}) \times (\frac{1\text{m}}{3.28\text{ft}}) \\ \text{Fuerza} &= 26.752(\text{kg}_m \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 26.752(\text{N}) \\ \text{Fuerza} &= 26.752(\text{N}) \times (\frac{1\text{lb}_f}{4.44\text{N}}) = 6(\text{lb}_f)\end{aligned}$$

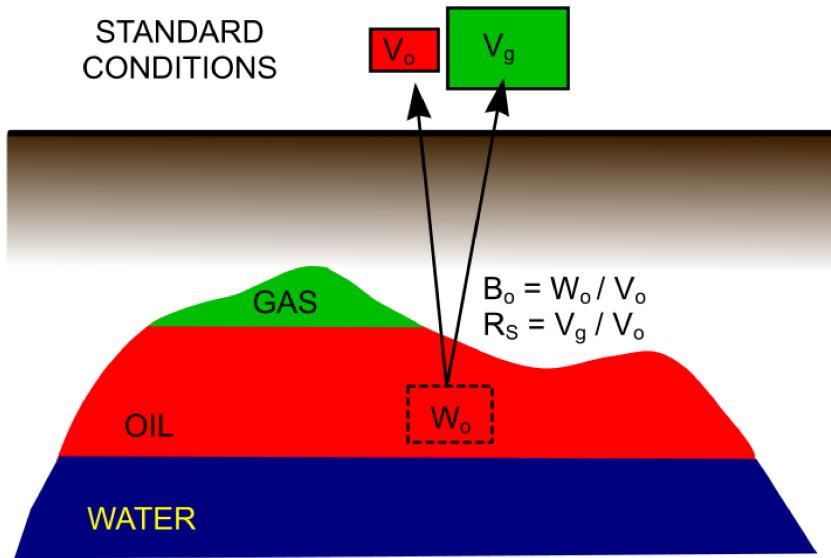
Opción 2. Utilizar definiciones. En nuestro sistema bajo las condiciones de la aceleración de la gravedad ( $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$ ), podemos convertir unidades de masa a unidades de fuerza utilizando las unidades correctas. En el caso de libras fuerza a libras masa tenemos:

$$\begin{aligned}\text{Fuerza} &= \text{masa} \times \text{aceleración} \\ 1(\text{lb}_f) &= 1(\text{lb}_m) \times 32.174(\frac{\text{ft}}{\text{s}^2})\end{aligned}$$

Para el caso en análisis tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Fuerza} &= 3 \times 1(\text{lb}_m) \times 32.174(\frac{\text{ft}}{\text{s}^2}) \times 2 \\ \text{Fuerza} &= 6(\text{lb}_f)\end{aligned}$$

## 2 Conceptos generales



### Condiciones estándar

Las condiciones estándar hacen referencia a los variables de presión y temperatura que se tienen en la superficie de la tierra. Para el caso particular de ingeniería, estos valores corresponden a  $p_{atm} = 14.7$  (psia) y  $T = 60^{\circ}\text{F}$ ; en algunas ocasiones estos valores pueden cambiar dependiendo de la exactitud requerida en los cálculos y debido a la ubicación espacial en la que se requieran evaluar los resultados del problema. La nomenclatura usada es:

$$p_{cs} = \text{Presión a condiciones estándar}$$

$$T_{cs} = \text{Temperatura a condiciones estándar}$$

### Condiciones de yacimiento

Estas se refieren a las condiciones de presión y temperatura del yacimiento. Cabe mencionar que aquí sí existe una variación importante sobre los valores que se tengan durante la vida productiva del yacimiento, debido a la declinación natural y a posibles factores externos que la modifican. Es fundamental indicar las condiciones a las que se realizan los cálculos y bajo qué condiciones de tiempo fueron registrados los datos. La nomenclatura usada es:

$$p_{cy} = \text{Presión a condiciones de yacimiento}$$

$$T_{cy} = \text{Temperatura a condiciones de yacimiento}$$

### Densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densidad de un fluido es la relación entre la masa de dicho fluido y el volumen que ocupa; se expresa como:

Densidad relativa

La densidad relativa es un número adimensional que se obtiene de la relación de densidades de diferentes fases en comparación de una fase de referencia. Generalmente, los sólidos y líquidos se refieren al agua pura a cuatro grados centígrados, y los gases al aire, a condiciones de referencia (en la mayoría de los problemas las condiciones corresponden a condiciones estándar o ya fijas). Para líquidos y gases respectivamente:

$$\gamma_l = \frac{\text{densidad de un líquido @ p y T}}{\text{densidad del agua @ p y T de referencia}}$$
$$\gamma_g = \frac{\text{densidad de un gas @ p y T}}{\text{densidad del aire @ p y T de referencia}}$$

Ecuaciones de estado (EdE, EoS)

Se denomina ecuación de estado a cualquier ecuación que relaciona la presión, el volumen y la temperatura.

$$EdE = f(P, V, T)$$

[ ]:

Fase

Una fase es una porción homogénea de un sistema físicamente diferenciable y separable mecánicamente

Peso molecular (masa molar)

El peso molecular de un compuesto es el peso de una molécula de ese compuesto. De la misma forma, es el número de gramos de un elemento numéricamente igual al peso molecular ó molécula gramo (por ejemplo, el peso molecular del metano es 16.043 lbm/lbmol)

Presión

Presión absoluta. La presión absoluta en un sistema, es igual a la suma del valor de la presión manométrica,  $p_{man}$ , más la presión atmosférica o barométrica  $p_{atm}$ ,

Presión barométrica. La presión barométrica es el valor de la presión atmosférica medida en un lugar geográfico específico.

La presión manométrica es el valor de la presión que registra un manómetro en un sistema, es decir, sólo la presión contenida en el sistema generada en su interior, sin tomar en consideración la presión atmosférica adicional.

[ ]:

Sistema

Un sistema es cualquier porción del universo aislado en un recipiente inerte que puede ser real o imaginario y es muy útil para estudiar el efecto de las diversas variables que lo constituyen.

Sistema heterogéneo. Es aquel que contiene más de una fase..

Sistema homogéneo. Es aquel que contiene una fase.

Temperatura

La temperatura es la unidad de medir la energía interna de las moléculas, °F, °K, °R, °C

Viscosidad

La viscosidad es la resistencia que presenta una sustancia a fluir

Propiedades intensivas y extensivas

Intensivas. Estas son independientes de la cantidad que se trate, es decir, no dependen de la masa.

Ejemplos: temperatura, densidad, punto de fusión, punto de ebullición, etc.

Extensivas. Estas dependen de la cantidad de masa que se tenga, es decir, se guarda una relación de cambio de las propiedades en estudio de acuerdo a la cantidad de masa del objeto de estudio. Ejemplos: volumen, masa, energía, cantidad de sustancia, etc.

### **3 Importancia de la caracterización de los fluidos**

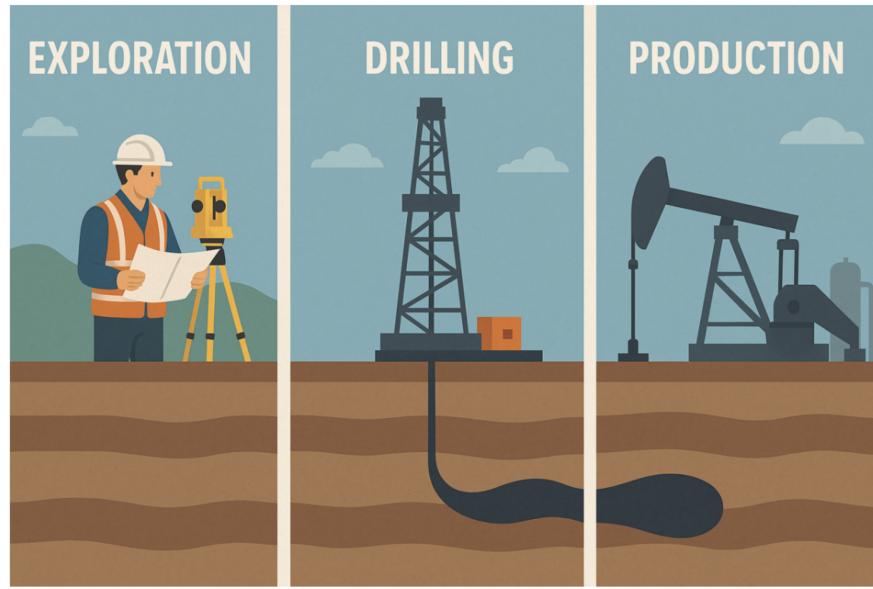
Los yacimientos de petróleo, están compuestos principalmente de componentes orgánicos. Por lo que es necesario conocer y modelar sus propiedades físicas y químicas en la ejecución de un plan integral de recuperación de hidrocarburos (exploración-perforación-producción-transporte).

Exploración. Interpretación de datos registrados, como lo son los registros geofísicos, para determinar la densidad del fluido presente.

Perforación. Intervalo productor con la distribución de fluidos (aceite-agua-gas) en función de las condiciones de presión y temperatura del yacimiento.

Producción. Viscosidad del fluido y diagrama de fases para el estudio del cambio de composición.

Transporte. Instalación de separadores, manejo de impurezas, etc.

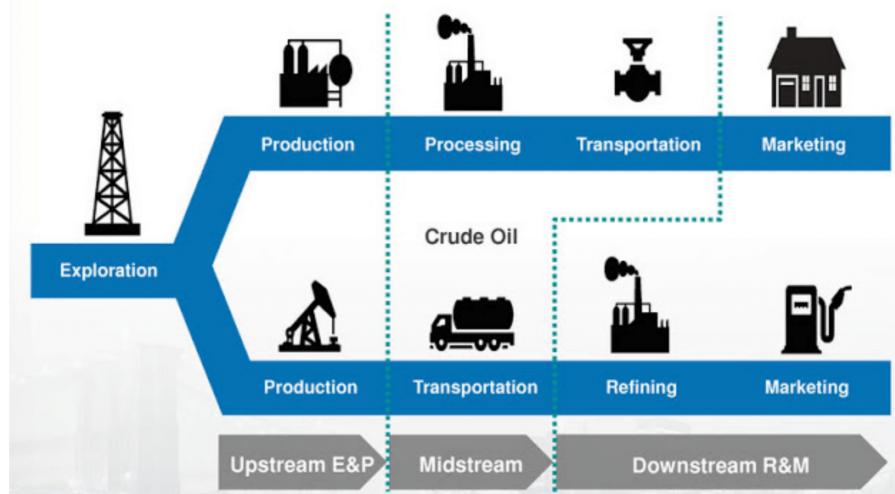


En la industria petrolera las tres principales áreas en el proceso de producción de aceite y gas son:

**Upstream:** The primary process of the oil and gas production that includes exploration, drilling, and extraction.

**Midstream.** The processing, storing, and transportation of oil and gas products.

**Downstream:** The third stage and final process of refining and distribution of petroleum products.



[ ]: