

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3401:1998**

**PETRÓLEO CRUDO Y SUS
DERIVADOS. DETERMINACIÓN
DE LA DENSIDAD Y LA
DENSIDAD RELATIVA
POR DENSIMETRÍA DIGITAL**



01-1002
01-1002

01-1002

01-1002

PRÓLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a los lineamientos del Comité Técnico de Normalización **CT4 Petróleo crudo y sus derivados**, por el Subcomité Técnico **SC5 Métodos de ensayo** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior No. 98-11 de fecha 09/12/98.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades: PDVSA-MANUFACTURA Y MERCADEO, PDVSA-INTEVEP, PDVSA-GAS, DELTAVEN, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (M.E.M.)

01-1002
01-1002
01-1002
01-1002



01-1002

**NORMA VENEZOLANA
PETRÓLEO CRUDO Y SUS DERIVADOS.
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD
Y LA DENSIDAD RELATIVA
POR DENSIMETRÍA DIGITAL**

**COVENIN
3401:1998**

1 OBJETO

1.1 Esta Norma Venezolana especifica el método para la determinación de la densidad y densidad relativa de destilados de petróleo, aceites viscosos y crudos que puedan ser manejados como líquidos a temperaturas entre 15 °C y 35 °C. Su aplicación está restringida a líquidos con una presión de vapor inferior a 80 kPa (600 mm de Hg) y viscosidades por debajo de los 15.000 cSt (mm²/s) a la temperatura del ensayo, y crudos en un intervalo entre 0,75 g/ml a 0,95 g/ml.

1.2 Productos y crudos livianos, pueden requerir una manipulación especial para prevenir pérdidas de vapor. Crudos pesados pueden requerir mediciones a temperaturas altas para eliminar burbujas de aire en la muestra.

1.3 La densidad es una propiedad física fundamental que puede usarse junto con otras propiedades para caracterizar la calidad de fracciones del petróleo tanto livianas como pesadas, productos del petróleo y petróleo crudo.

1.4 La densidad o densidad relativa del petróleo crudo y sus productos es necesaria para convertir los volúmenes medidos en volúmenes a la temperatura de referencia de 15 °C (60 °F) y para convertir las mediciones en masa a unidades en volumen.

1.5 La aplicación de los resultados de la densidad obtenidos por este método, para fines de cálculos fiscales o contables, puede requerir efectuar determinaciones del contenido de agua y sedimentos sobre una muestra representativa del crudo/productos.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma esta sujeta a revisión, se recomienda a aquéllos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

COVENIN 950-90	Petróleo crudo y sus derivados. Muestreo manual.
COVENIN 2052:1993	Productos derivados del petróleo. Determinación de la densidad y la densidad relativa de líquidos por medio del picnómetro Bingham.
COVENIN 3009:1993	Especificaciones de agua para reactivo.

2.1 Otras normas

ASTM D 1250-80 (1997)	Guía de tablas para mediciones de petróleo.
ASTM D 4177-95	Práctica para el muestreo automático de petróleos crudos y productos del petróleo.
ASTM D 4377-93a	Método de ensayo para la determinación de agua en petróleos crudos por titulación potenciométrica Karl Fischer.
ASTM D 4928-89	Determinación de agua en petróleos crudos por titulación coulométrica Karl Fischer.

3 DEFINICIONES

Para la presente Norma Venezolana COVENIN se aplican las siguientes definiciones:

3.1 **Densidad:** Masa por unidad de volumen a una temperatura dada.

3.2 Densidad relativa: Es la relación de la densidad de un material a una temperatura dada con respecto a la densidad del agua a la misma temperatura.

4 RESUMEN DEL MÉTODO

Se introduce la muestra (aproximadamente 0,7 ml) en una celda de oscilación y la variación de la frecuencia causada por el cambio de la masa introducida, se utiliza junto con los datos de calibración, para determinar la densidad de la muestra.

5 REACTIVOS Y MATERIALES

5.1 Pureza de los reactivos. A menos que se indique lo contrario, todos los reactivos deben estar conforme a las especificaciones del Comité para Reactivos Analíticos de la American Chemical Society, Washington, D.C. Se pueden usar reactivos de otros grados siempre y cuando se esté seguro de que son lo suficientemente puros para usarlos sin afectar la exactitud de la determinación.

NOTA 1 - Información referente a la determinación de la pureza de reactivos no incluidos en la lista de la American Chemical Society, puede obtenerse en Analar Standards for Laboratory Chemicals, BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K. y la United States Pharmacopeia and National Formulary, U.S. Pharmaceutical Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.

5.2 Pureza del agua. A menos que se indique lo contrario debe utilizarse agua del tipo II (véase la Norma Venezolana COVENIN 3009).

5.3 Agua. Agua del tipo II recientemente bidestilada y enfriada a temperatura ambiente para ser utilizada como un estándar de calibración primario.

5.4 Acetona, (CH₃COCH₃). Para el lavado y secado de la celda (véase la nota 2).

NOTA 2 - Advertencia. Producto extremadamente inflamable, sus vapores pueden ocasionar incendios. Evite inhalación prolongada de vapores o rocíos, y contacto con los ojos y la piel.

5.5 Nafta de petróleo. Para el lavado de la celda después de realizar ensayos con muestras muy viscosas. También son apropiados, solventes comerciales tales como Eter de Petróleo, Ligroína o Naftas de Precipitación. (véase la nota 2).

NOTA 3 - Advertencia. Producto extremadamente inflamable, sus vapores pueden ocasionar incendios. Evite la inhalación prolongada de vapores y el contacto con la piel.

5.6 Reactivos para calibración. n-Nonano, n-Tridecano o Ciclohexano de pureza mayor o igual a 99 %, o cualquier compuesto de pureza similar, cuya densidad sea conocida con precisión, ya sea a través de la literatura o por determinación directa de la densidad de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 2052.

NOTA 4 - Advertencia. Producto extremadamente inflamable, sus vapores pueden ocasionar incendios. Evite la inhalación prolongada de vapores y el contacto con la piel.

5.7 Aire, a presión, limpio y seco, para ser utilizado en el secado de la celda y en la calibración.

5.8 Jeringas. De 2 ml de capacidad con una punta o adaptador que calce en la entrada del analizador de densidad.

6 APARATOS

6.1 Analizador digital de densidad. Constituido por un tubo oscilante en forma de U para la muestra, y un sistema de excitación electrónica, contador de frecuencia y pantalla digital.

El analizador debe ser capaz de medir exactamente la temperatura de la muestra durante el ensayo o debe controlar la temperatura de la muestra según se indica en 6.2 y 6.3. El instrumento debe ser capaz de satisfacer los requisitos de precisión exigidos en este método de ensayo.

6.2 Baño de recirculación termostataado. Capaz de mantener la temperatura del líquido circulante a una temperatura constante en $\pm 0,05$ °C, en el intervalo deseado. El control de temperatura se puede mantener como parte del instrumento analizador de densidad.

6.3 Termómetro, calibrado y graduado a 0,1 °C, con un soporte que permita sujetarlo al instrumento y observar la temperatura del ensayo. Durante la calibración del termómetro debe estimarse el punto de hielo y la corrección del orificio con una aproximación al 0,05 °C.

NOTA 5 - La colocación precisa del termómetro y el control de la temperatura en la celda es sumamente importante. Un error de 0,1 °C puede ocasionar un cambio de una unidad en la cuarta cifra decimal de la densidad medida.

6.4 Adaptador de presión o flujo continuo (opcional). Como forma alterna para introducir la muestra en el densímetro se puede utilizar este adaptador, operado mediante una bomba o con vacío.

7 MUESTREO

7.1 El muestreo se define como todos los pasos necesarios para obtener una alícuota del contenido de una tubería, tanque o cualquier otro sistema, y colocar ésta dentro de un recipiente portador de la muestra al laboratorio. Este recipiente y el volumen de muestra deben estar en proporciones adecuadas que permitan efectuar el mezclado, y así obtener una muestra homogénea para el análisis tal como se describe en 7.3.1.

7.2 Muestra de laboratorio. Deben usarse únicamente muestras representativas de acuerdo con lo especificado en la Norma Venezolana COVENIN 950.

7.3 Muestra de prueba. Es la porción de la muestra del laboratorio colocada en el tubo de la muestra en el analizador de densidad. La muestra de prueba se obtiene de la manera siguiente:

7.3.1 La muestra se mezcla para homogeneizarla. En caso de crudos debe mezclarse para homogeneizar cualquier sedimento o agua presente. El mezclado se puede realizar de la manera descrita en la sección 11 de la práctica ASTM D 4117 o en el Anexo A.1 de los métodos de prueba D 4377 y D 4928. El mezclado a temperatura ambiente en recipientes abiertos pueden conducir a la pérdida de compuestos volátiles, se recomienda efectuar el mezclado en recipientes cerrados o presurizados, o a temperatura sub-ambiente.

7.3.2 Se extrae la muestra de prueba de la muestra de laboratorio, adecuadamente mezclada, empleando una jeringa apropiada. Alternativamente, si el densímetro digital permite conexiones se utilizarán conexiones de tubos para llevar la muestra de prueba directamente al tubo de la muestra en el analizador desde el recipiente de mezclado de la muestra.

8 PROCEDIMIENTO

8.1 Preparación del equipo. Se pone en operación el baño y el densímetro según las instrucciones del fabricante. Se ajusta el baño o el control interno a la temperatura deseada de forma que se establezca y se mantenga en el compartimiento de la muestra en el analizador. Se calibra el instrumento a la misma temperatura a la cual la densidad de la muestra se ha de medir.

8.2 Calibración del equipo

8.2.1 Se calibra el densímetro la primera vez que se va a realizar el ensayo y siempre que se cambie la temperatura del mismo. Posteriormente, se calibra al menos semanalmente durante operación de rutina o más frecuentemente dependiendo de la naturaleza del crudo que está siendo medido (véase 8.2.14).

8.2.2 En la calibración inicial o después de un cambio en la temperatura del ensayo, es necesario calcular los valores de las constantes A y B, a partir de los períodos de oscilación "T", observados cuando la celda de muestra contiene aire y agua bidestilada hervida. Otros reactivos de calibración tales como n-nonano, n-tridecano, ciclohexano y n-hexadecano pueden también ser utilizadas para aplicaciones a temperaturas altas.

8.2.3 Mientras se observa el período de oscilación "T", se lava la celda con nafta de petróleo, seguida de acetona y se seca con una corriente de aire. Se continúa el secado hasta que la pantalla del digital muestre una lectura estable de "T".

NOTA 6: En caso de que existan componentes salinos depositados en la celda, lavar esta con agua, seguida de acetona y secado con una corriente de aire seco.

NOTA 7: El aire contaminado o húmedo puede afectar la calibración. Cuando esta condición exista en el laboratorio, es conveniente pasar el aire, que es usado para la calibración, a través de una serie de filtros colocados en línea para purificarlo y secarlo. Adicionalmente, la entrada y la salida del tubo en U deben ser tapadas durante la calibración con aire, para evitar la entrada de aire húmedo en el sistema.

8.2.4 Se deja que el aire seco, contenido en el tubo U, alcance el equilibrio térmico a la temperatura del ensayo y se registra el valor del período "T" para el aire.

8.2.5 Se introducen aproximadamente 0,7 ml de agua bidestilada, recientemente hervida y enfriada, por la parte inferior de la celda, utilizando una jeringa adecuada. El agua debe estar libre de aire o burbujas de gas. La celda debe quedar totalmente llena de agua o al menos, el menisco del líquido debe estar más allá del punto de suspensión. Se deja que el agua alcance el equilibrio térmico a la temperatura del ensayo y se registra el valor del período "T" para el agua y la temperatura del ensayo.

8.2.6 Como alternativa, introduzca uno de los hidrocarburos patrones de calibración y mida el valor T como en 8.2.5.

8.2.7 Se calcula el valor de la densidad del aire a la temperatura del ensayo mediante la ecuación descrita en 9.1.

8.2.8 Se determina la densidad del agua a la temperatura del ensayo de acuerdo con la tabla 1.

8.2.9 Alternativamente, para crudos, se anota la densidad de los reactivos de calibración usados en 8.2.6 obtenidos, ya sea de la literatura o de la determinación directa (véase 5.6).

8.2.10 Con los valores de los períodos "T" observados y los valores de referencia para el agua y el aire, se calculan las constantes A y B, mediante las ecuaciones presentadas en 9.2. Como alternativa, use los valores T y d del líquido de referencia.

8.2.11 Si el analizador es capaz de realizar el cálculo de la densidad a partir de las constantes A y B y los valores observados de "T" para la muestra, se procede a introducir los valores de las constantes en la memoria del instrumento de acuerdo con la instrucción del fabricante.

8.2.12 Se verifica la calibración y se ajusta si fuera necesario, mediante una calibración de rutina como se describe en 8.2.14.

8.2.13 Para calibrar el instrumento cuando se determina la densidad relativa, es decir, la densidad de la muestra a una temperatura dada con respecto a la densidad del agua a la misma temperatura, se siguen los pasos desde el punto 8.2.3 hasta el 8.2.11, pero sustituyendo el valor de la densidad del agua por 1,000 g/ml en los cálculos descritos en 9.2.

8.2.14 En aquellos casos en los que se manejan crudos que sean difíciles de remover de la celda, se recomienda una verificación frecuente de la calibración. Esta verificación y cualquier ajuste posterior de las constantes A y B puede realizarse sin la necesidad de repetir el procedimiento para los cálculos.

NOTA 8 - La necesidad de un cambio en la calibración, es generalmente atribuible a depósitos en la celda que no son renovados mediante el procedimiento rutinario de lavado. Aun cuando esta condición puede ser compensada mediante ajustes de las constantes A y B, como se describe más adelante, es recomendable limpiar la celda con algunos detergentes líquidos, los cuales han sido utilizados exitosamente como agentes limpiadores. Sin embargo, el agente limpiador más efectivo es la solución tibia de ácido crómico (Advertencia- El ácido crómico ocasiona quemaduras severas y es un agente carcinogénico comprobado).

8.2.15 Se lava y se seca la celda como se describe en 8.2.3 y se espera hasta que la pantalla muestre una lectura estable. Si la pantalla no muestra un valor correcto para "T" o la densidad para el aire a la temperatura del ensayo, se repite el procedimiento de limpieza o se ajusta el valor de la constante B, comenzando con la última cifra decimal, hasta que se muestre la densidad correcta.

8.2.16 Si un ajuste de la constante B, fue necesario en 8.2.15 se continúa la recalibración introduciendo agua bidestilada, recientemente hervida y enfriada, en la celda como se indicó en 8.2.5 y se espera que la pantalla muestre una lectura estable. Si el instrumento ha sido calibrado para mostrar la densidad, se ajusta la lectura para corregir el valor para el agua a la temperatura del ensayo (véase la tabla 1) cambiando el valor de la constante A, comenzando por la última cifra decimal. Si el instrumento ha sido calibrado para mostrar la densidad relativa se ajusta la lectura al valor de 1,0000.

NOTA 9 - Cuando se aplica este procedimiento de calibración periódica (por ejemplo, semanalmente) se ha encontrado que más de uno de los valores de A y B que difieren en la cuarta cifra decimal, dan la lectura correcta de la densidad del aire y del agua. La selección de este ajuste dependerá de si se obtuvo de un valor más alto o más bajo. La selección del ajuste por este método podría tener el efecto de alterar la cuarta cifra decimal de la lectura que se ha obtenido para la muestra.

8.2.17 Algunos densímetros están diseñados para mostrar sólo el periodo de oscilación medido (valores de "T") y su calibración requiere que se le determine una constante K del instrumento, la cual debe ser usada para calcular la densidad o densidad relativa a partir de los datos observados. Se realiza en estos casos el procedimiento indicado en los puntos siguientes para la determinación de la constante K:

8.2.17.1 Se lava y se seca la celda como se describe en 8.2.3 y se permite que el aire alcance el equilibrio a la temperatura del ensayo y se espera que la pantalla muestre una lectura estable. Se registra el valor del periodo "T" para el aire.

8.2.17.2 Se introduce agua bidestilada (recientemente hervida y enfriada) en la celda como se describe en 8.2.5. Se espera que la pantalla muestre una lectura estable y se anota el valor del periodo "T" para el agua.

8.2.17.3 Con los valores de los periodos "T" observados y las densidades de referencia para el agua y el aire (véase 8.2.7 y 8.2.8) se calcula la constante K del instrumento de acuerdo con las ecuaciones presentadas en 9.3.

8.3 Técnica de ensayo

8.3.1 Se introducen aproximadamente 0,7 ml de muestra en una celda limpia y seca, utilizando una jeringa apropiada. Mantenga la jeringa en el lugar y tape la salida.

8.3.2 La muestra también puede ser introducida en la celda mediante succión. Para ello, se conecta un capilar de Teflón a la entrada inferior de la celda. Se sumerge el otro extremo del capilar en la muestra y se aplica vacío al extremo superior de la celda, mediante una jeringa o una línea de vacío, hasta que la celda esté completamente llena.

8.3.3 Se enciende la lámpara y se examina cuidadosamente la celda, con el fin de asegurarse que no hayan burbujas de aire atrapadas. La celda debe estar totalmente llena con la muestra, para el caso de crudos, o que esté llena más allá del punto de suspensión del lado derecho. La muestra debe lucir homogénea y libre de la más mínima burbuja. Se apaga inmediatamente la lámpara después de la inspección de la celda, debido a que el calor generado puede afectar la temperatura del ensayo.

8.3.4 Se permite que la muestra se equilibre a la temperatura del ensayo antes de proceder a evaluar la muestra que fue examinada para detectar la presencia de aire o burbujas de gas.

8.3.5 Para muestras muy oscuras es muy difícil la observación de aire o burbujas de gas en la celda. Sin embargo, la presencia de burbujas pueden a menudo ser detectada por observación de las fluctuaciones de los valores "T" o de la densidad en la pantalla digital. Las burbujas de aire o gas ocasionan grandes variaciones aleatorias en la tercera y cuarta cifra decimal para la lectura de la densidad y en la quinta y sexta cifra decimal para las lecturas "T". Cuando las burbujas están ausentes y la muestra está en equilibrio con la temperatura del ensayo, los valores mostrados en la pantalla digital son estables, no se observan caídas y sólo muestra pequeñas variaciones del orden de ± 1 a ± 2 unidades en la última cifra decimal. Si no se observan valores estables después de unos pocos minutos, se debe repetir la inyección de una nueva muestra.

NOTA 10 - Cuando se analizan muestras muy viscosas, se puede alcanzar una lectura estable aún cuando están presentes burbujas de gas o aire. Una inyección cuidadosa de una muestra fresca a menudo eliminará burbujas de aire. Las burbujas ocasionan lecturas bajas de la densidad. Por lo tanto, cuando se introduce una muestra fresca y se observa un aumento de la densidad, se concluye que previamente la muestra contenía burbujas.

8.3.6 Después de unos minutos, la pantalla digital mostrará una lectura estable hasta la cuarta cifra decimal para la densidad y hasta la quinta cifra decimal para el valor del período "T", indicando así que se ha alcanzado el equilibrio térmico. Se anota el valor de la densidad o del valor "T".

8.3.7 Se lava y se seca la celda como se indica en 8.2.3 y se verifica la calibración como se describe en 8.2.15 antes de introducir otra muestra.

9 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1 Cálculo de la densidad del aire. La densidad del aire se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d_{\text{aire}} = 0,001293 [273,15 / T] \times [P / 760]$$

donde:

d_{aire} es la densidad del aire, g/ml

T es la temperatura, °K y

P es la presión barométrica, torr

$$d_{\text{aire}} = 0,001293 \left(\frac{273,15 \times P}{760 \times T} \right)$$

NOTA 11 - La tabla 2 sirve de ayuda para determinar la densidad del aire a diferentes presiones y temperaturas.

9.2 Cálculo de las constantes A y B. El cálculo de las constantes A y B se realiza según las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{T_{\text{agua}}^2 - T_{\text{aire}}^2}{d_{\text{agua}} - d_{\text{aire}}}, \quad B = T_{\text{aire}}^2 - (A \times d_{\text{aire}})$$

donde:

T_{agua} es el período de oscilación observado para la celda que contiene agua.

T_{aire} es el período de oscilación observado para la celda que contiene aire.

d_{agua} es la densidad del agua a la temperatura del ensayo.

d_{aire} es la densidad del aire a la temperatura del ensayo.

9.3 Cálculo de la constante K. Se utilizan los valores de los períodos "T" observados y las densidades de referencia para el agua y el aire, para calcular la constante K, mediante las siguientes ecuaciones:

para la densidad:

$$K_1 = \frac{d_{\text{agua}} - d_{\text{aire}}}{T_{\text{agua}}^2 - T_{\text{aire}}^2}$$

para la densidad relativa:

$$K_2 = \frac{1,0000 - d_{\text{aire}}}{T_{\text{agua}}^2 - T_{\text{aire}}^2}$$

donde:

T_{agua} es el período de oscilación observado para la celda con agua.

T_{aire} es el período de oscilación observado para la celda con aire.

d_{agua} es la densidad del agua a la temperatura del ensayo.

d_{aire} es la densidad del aire a la temperatura del ensayo.

9.4 Resultados de densidad o densidad relativa

9.4.1 Analizador con lectura directa de densidad. El valor anotado corresponde al resultado final, expresado como densidad en g/ml (kg/m^3) o como densidad relativa. Note que $1 \text{ g/ml} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

9.4.2 **Analizadores sin lectura directa de densidad.** Con los valores de periodos de la muestra (T_M) anotados en 8.3.6 y para el período del agua (T_{agua}) obtenido en 8.2.17.2, junto con las constantes K_1 y K_2 determinados en 9.3, se calcula la densidad o densidad relativa mediante las siguientes ecuaciones:

Para la densidad:

$$\text{densidad, g/ml a } t = d_{\text{agua}} + K_1 (T_M^2 - T_{\text{agua}}^2)$$

$$d_M = d_{\text{agua}} + K_1 (T_M^2 - T_{\text{agua}}^2)$$

Para la densidad relativa:

$$\text{densidad relativa, } t/t = 1 + K_2 (T_M^2 - T_{\text{agua}}^2)$$

$$dr_M = 1 + K_2 (T_M^2 - T_{\text{agua}}^2)$$

donde:

densidad es la densidad de la muestra a la temperatura del ensayo, g/ml ó kg/m³

densidad relativa es la densidad relativa de la muestra a la temperatura del ensayo.

T_{agua} es el periodo de oscilación "T" observado para la celda con agua.

T_M es el periodo de oscilación "T" observado para la celda con la muestra.

d_{agua} es la densidad del agua a la temperatura del ensayo.

K_1 es la constante del instrumento para la densidad

K_2 es la constante del instrumento para la densidad relativa

t es la temperatura de la prueba en °C

Equivalencia: 1 g/ml = 1000 kg/m³.

NOTA 12 - Todos los cálculos deben realizarse con seis cifras decimales y el resultado final debe redondearse a cuatro cifras decimales.

9.4.3 Si fuera necesario convertir un resultado obtenido mediante el densímetro a determinada temperatura de ensayo para obtener la densidad o densidad relativa a otra temperatura, se pueden utilizar las tablas adecuadas para su conversión, cuando el factor de expansión del vidrio haya sido excluido.

9.5 **Precisión.** La precisión de este método, obtenida mediante análisis estadístico de resultados de evaluaciones interlaboratorios a temperaturas de ensayo de 15 °C y 20 °C, es la siguiente:

9.5.1 **Repetibilidad.** La diferencia entre resultados de ensayos sucesivos obtenidos por un mismo operador, con el mismo instrumento y bajo condiciones de operación constante sobre el mismo material, en normal y correcta aplicación del método de ensayo, podría exceder los siguientes valores solamente en un caso de veinte:

Muestra	Intervalo	Repetibilidad
Líquido	0,68 g/ml a 0,97 g/ml	0,0001
Crudo	0,75 g/ml a 0,95 g/ml	0,00105X

donde X es el valor promedio de la muestra de crudo (Véase tabla 3).

9.5.2 **Reproducibilidad.** La diferencia entre dos valores individuales e independientes, obtenidos por diferentes operadores, trabajando en diferentes laboratorios sobre el mismo material, en normal y correcta aplicación del método de ensayo, podría exceder los siguientes valores solamente en un caso de veinte:

Muestra	Intervalo	Reproducibilidad
Líquido	0,68 g/ml a 0,97 g/ml	0,0005
Crudo	0,75 g/ml a 0,95 g/ml	0,00412X

donde X es el valor promedio de la muestra de crudo (Véase tabla 3).

9.6 Tendencias. Debido a indicios de la existencia de tendencias o desviaciones registradas en la literatura (Fitzgerald, H. Et. al - An Assessment of Laboratory Density Meters - en Petroleum Review, noviembre 1992, pp. 544 - 549) se realizó un estudio el cual confirmó la desviación existente entre los valores de densidad conocidos para materiales de referencia y los valores determinados con este método sobre el mismo material de referencia. La matriz para este estudio de desviación o tendencias se realizó entre 15 laboratorios, cada uno de los cuales analizó cuatro aceites de referencia con valores de densidad certificados, determinados por el Netherlands Meet Instituut (NMI), por picnometría, cubriendo un intervalo de densidades entre 747 kg/m^3 y 927 kg/m^3 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, y con viscosidades comprendidas entre $1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ y $5000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (también a $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Este estudio está documentado en el reporte de investigación de la ASTM RR-D02-1387. Los usuarios de este método deben, por lo tanto, estar pendientes de que los resultados obtenidos por este método pueden tener una diferencia hasta de $0,6 \text{ kg/m}^3$ ($0,0006 \text{ g/ml}$).

10 INFORME

El informe debe contener como mínimo la siguiente información:

- a) Fecha de realización del ensayo
- b) Identificación del analista
- c) Realizado de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 3401.
- d) Identificación de la muestra
- e) Resultados parciales y/o finales:
 - Cuando se determina la densidad, se indica el valor de la densidad a la temperatura del ensayo y en las unidades correspondientes. Por ejemplo: densidad a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ = $0,8765 \text{ g/ml}$ u $876,5 \text{ kg/m}^3$.
 - Cuando se determina la densidad relativa, se indica el valor de la densidad relativa mencionando tanto la temperatura del ensayo como la temperatura de referencia sin unidades. Por ejemplo: densidad relativa a $20/20 \text{ }^\circ\text{C}$ = 0,XXXX.
 - Se indica el resultado final con cuatro (4) cifras decimales.

11 TIEMPO DE ANÁLISIS

- a) El tiempo promedio requerido para la realización de un ensayo, una vez calibrado el instrumento, es 1 h.
- b) Las horas-hombres promedio requeridas para realizar un ensayo es 1.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D 4052-96 *Standard test method for density and relative density of liquids by digital density meter.* Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.02, 1994.

ASTM D 5002-94 *Standard test method for density and relative density of crude oils by digital density analyzer.* Annual Book of ASTM Standard, Vol 05.03, 1994.

Participaron en la elaboración de esta norma: Ceballos, Carmen; Moreno, Teresita; Rodríguez, Guillermo; Rodríguez, Isidoro; Silva, Pedro Vicente; Vásquez, Yubiri.

Tabla 1 - Densidad del agua (*)

Temperatura °C	Densidad g/ml	Temperatura °C	Densidad g/ml	Temperatura °C	Densidad g/ml
0,0	0,999840	21,0	0,997991	40,0	0,992212
3,0	0,999964	22,0	0,997769	45,0	0,990208
4,0	0,999972	23,0	0,997537	50,0	0,988030
5,0	0,999964	24,0	0,997295	55,0	0,985688
10,0	0,999699	25,0	0,997043	60,0	0,983191
15,0	0,999099	26,0	0,996782	65,0	0,980546
15,56	0,999012	27,0	0,996511	70,0	0,977759
16,0	0,998943	28,0	0,996231	75,0	0,974837
17,0	0,998774	29,0	0,995943	80,0	0,971785
18,0	0,998595	30,0	0,995645	85,0	0,968606
19,0	0,998404	35,0	0,994029	90,0	0,965305
20,0	0,998203	37,78	0,993042	100	0,958345

(*) Las densidades fueron corregidas de acuerdo con la escala internacional de temperatura de 1990 (ITS 90 en el Apéndice G, en Standard Methods for Analysis of petroleum and Related Products 1991, Institute of Petroleum, Londres).

Tabla 2 - Densidad del aire seco.

T °C	Presión (torr)								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
0	0,1191	0,1278	0,1225	0,1248	0,1259	0,1276	0,1293	0,1310	0,1327
1	0,1187	0,1204	0,1221	0,1238	0,1255	0,1272	0,1288	0,1305	0,1322
2	0,1182	0,1199	0,1216	0,1233	0,1250	0,1267	0,1284	0,1301	0,1318
3	0,1178	0,1195	0,1212	0,1229	0,1245	0,1262	0,1279	0,1296	0,1313
4	0,1174	0,1191	0,1207	0,1224	0,1241	0,1258	0,1274	0,1291	0,1308
5	0,1170	0,1186	0,1203	0,1220	0,1236	0,1253	0,1270	0,1287	0,1303
6	0,1165	0,1182	0,1199	0,1215	0,1232	0,1249	0,1265	0,1282	0,1299
7	0,1161	0,1178	0,1194	0,1211	0,1228	0,1244	0,1261	0,1277	0,1294
8	0,1157	0,1174	0,1190	0,1207	0,1223	0,1240	0,1256	0,1273	0,1289
9	0,1153	0,1169	0,1186	0,1202	0,1218	0,1235	0,1252	0,1268	0,1285
10	0,1149	0,1165	0,1182	0,1198	0,1215	0,1231	0,1247	0,1264	0,1280
11	0,1145	0,1161	0,1178	0,1194	0,1210	0,1227	0,1243	0,1259	0,1276
12	0,1141	0,1157	0,1174	0,1190	0,1206	0,1222	0,1239	0,1255	0,1271
13	0,1137	0,1153	0,1169	0,1186	0,1202	0,1218	0,1234	0,1251	0,1267
14	0,1133	0,1149	0,1165	0,1181	0,1198	0,1214	0,1230	0,1246	0,1262
15	0,1129	0,1145	0,1161	0,1177	0,1193	0,1210	0,1226	0,1242	0,1258
16	0,1125	0,1141	0,1157	0,1173	0,1189	0,1205	0,1221	0,1238	0,1254
17	0,1121	0,1137	0,1153	0,1169	0,1185	0,1201	0,1217	0,1233	0,1249
18	0,1117	0,1133	0,1149	0,1165	0,1181	0,1197	0,1213	0,1229	0,1245
19	0,1113	0,1129	0,1145	0,1161	0,1177	0,1193	0,1209	0,1225	0,1241
20	0,1110	0,1126	0,1141	0,1157	0,1173	0,1189	0,1205	0,1221	0,1236
21	0,1106	0,1122	0,1137	0,1153	0,1169	0,1185	0,1201	0,1216	0,1232
22	0,1102	0,1118	0,1134	0,1149	0,1165	0,1181	0,1197	0,1212	0,1228
23	0,1098	0,1114	0,1130	0,1145	0,1161	0,1177	0,1193	0,1208	0,1224
24	0,1095	0,1110	0,1126	0,1142	0,1157	0,1173	0,1189	0,1204	0,1220
25	0,1091	0,1107	0,1122	0,1138	0,1153	0,1169	0,1185	0,1200	0,1216
26	0,1087	0,1103	0,1118	0,1134	0,1149	0,1165	0,1181	0,1196	0,1212
27	0,1084	0,1099	0,1115	0,1130	0,1146	0,1161	0,1177	0,1192	0,1208
28	0,1080	0,1096	0,1111	0,1126	0,1142	0,1157	0,1173	0,1188	0,1204
29	0,1077	0,1092	0,1107	0,1123	0,1138	0,1153	0,1169	0,1184	0,1200
30	0,1073	0,1088	0,1104	0,1119	0,1134	0,1150	0,1165	0,1180	0,1195

Tabla 3 - Valores de precisión para crudos

Densidad	Repetibilidad	Reproducibilidad
0,70	0,0007	0,0029
0,75	0,0008	0,0031
0,80	0,0008	0,0033
0,85	0,0009	0,0035
0,90	0,0009	0,0037
0,95	0,0010	0,0039

COVENIN
3401:1998

CATEGORÍA
C

FONDONORMA
Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12
Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12
CARACAS

publicación de:



I.C.S: 75.080

ISBN: 980-06-2170-9

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Productos del petróleo, petróleo crudo, destilado de petróleo, densidad, densidad relativa, densimetría digital.