

# Metodologías de muestreo estándar y su importancia en la industria del petróleo

Standard sampling methodologies and their importance in the oil industry

Diego Armando Torres Jaimes, Henry Rojas Hastamorir

<sup>1</sup>*Facultad de Ingeniería, Arquitectura, Artes y Diseño. Universidad de San Buenaventura, Calle Real de Ternera # 30 -966, Cartagena, Colombia.*

Correo-e: diego.torres@ecopetrol.com.co; Henry.rojasha@ecopetrol.com.co

## RESUMEN

El muestreo es un término propio de la estadística que hace referencia a una técnica de selección en la que se identifica una porción o muestra que conserva las propiedades de la población total; es el primer paso en todo proceso analítico, las fallas o errores en su realización conducen a resultados que no corresponden a las características físicas y químicas reales del producto.

La correcta aplicación de los procedimientos garantiza la toma de muestras representativas de forma segura que se verán reflejados en la confiabilidad de los datos que sean reportados por los laboratorios, el aseguramiento de los procesos, la reducción de costos, reducción de la accidentalidad y la satisfacción del cliente. Además de la representatividad de la muestra, es idóneo disponer del personal técnico más experimentado en la realización de procedimientos analíticos y aplicar altos estándares de calidad para garantizar la confiabilidad de los resultados.

El tema que se ocupa en el presente artículo está encaminado a la determinación de las mejores prácticas estándar de muestreo basado en criterios de eficiencia y oportunidad en los resultados, así como también la versatilidad en el tipo de hidrocarburo a muestrear, que permitan reducir al máximo la variabilidad en los datos analíticos.

**Palabras clave:** *Muestreo, aseguramiento, representativa, hidrocarburo.*

## ABSTRACT

The sampling itself is a statistical term that refers to a selection technique in which a portion or sample that retains the properties of the population is identified; is the first step in any analytical process, faults or errors in their realization lead to results that do not correspond to actual physical and chemical characteristics.

The correct application of the procedures ensures representative samples safely that will be reflected in the reliability of the data to be reported by the laboratories, the assurance of processes, reduced costs, reduced accidents and satisfaction from the customer. In addition to the representativeness of the sample, it is ideal to have the most experienced technical staff in performing analytical procedures and apply high quality standards to ensure reliability of results.

The theme that deals in this article is aimed at determining the best standard sampling practices based on criteria of efficiency and timeliness in the results, as well as versatility in the type of oil to be sampled, which will be minimized variability in the analytical data.

**Keywords:** *Sampling, assurance, representative, hydrocarbon.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Determinar las características de los hidrocarburos almacenados en los tanques o en el transporte por poliductos y oleoductos, es una de las operaciones más significativas dentro del manejo de los combustibles fósiles y los biocombustibles [1, 2]; para llevar a cabo esta labor, es necesario tomar muestras específicas y establecer sus propiedades fisicoquímicas, las cuales posteriormente son empleadas para calcular cantidades y cumplir con las especificaciones de calidad [3].

El principal objetivo de la mayoría de las mediciones es permitir que se tomen decisiones. La credibilidad de estas decisiones depende del conocimiento acerca de la incertidumbre de los resultados de la medición; si la incertidumbre de las mediciones se subestima, por ejemplo debido a que el muestreo no se realiza de forma correcta, las decisiones erróneas pueden ocasionar grandes pérdidas financieras, consecuencias ambientales, entre otras [4]. En la industria del petróleo, la toma de muestras representativas es de gran relevancia ya que se requieren para determinar las propiedades fisicoquímicas, las cuales se emplean para determinar los volúmenes estándar, precios y cumplimiento de las especificaciones regulatorias y comerciales; por esta razón, es esencial que los procedimientos de muestreo sean trazables, eficaces y se apliquen de forma correcta [5].

## 2. METODOLOGÍAS ESTÁNDAR DE TOMA DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

El diseño de la toma de muestra es una etapa fundamental dentro de las operaciones básicas en la industria petrolera, pues se pueden encontrar muestras en diferente estado físico (gaseoso, líquido o sólido) y de diferente naturaleza (matrices acuosas, matrices inorgánicas o matrices orgánicas), razón por la cual la toma de una muestra debe estar fundamentada en un protocolo estandarizado o seguir lo indicado en los métodos analíticos o de ensayo estándar [6].

En consecuencia con lo anterior y como parte de los esfuerzos por buscar unas alternativas útiles y eficaces que permitieran optimizar el proceso de muestreo, diferentes entes internacionales estandarizaron sus procedimientos para asegurar la calidad de los diferentes productos [7].

## 2.1 Equipos de muestreo

Los equipos de muestreo han sido diseñados para la toma representativa de productos en cualquier interface de un tanque [3]. Para seleccionar el equipo de muestreo adecuado, se debe tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas del producto a muestrear, la clase de muestra, el análisis de laboratorio que se desea realizar y la cantidad de muestra que se requiera [8]. Los dispositivos de muestreo deben cumplir los siguientes requisitos: El producto a muestrear no debe interactuar con los dispositivos de muestreo, debe ser de fácil limpieza, superficie lisa y fácil de manejar , [9].

### 2.1.1 Tipo ladrón (zona o nivel)

"El dispositivo de tipo ladrón se emplea para recolectar muestras de líquidos de cualquier interface del tanque, son fabricados en acero inoxidable, bronce, aluminio, acero, estaño u otros materiales que no ocasionen riesgo de producir chispa al hacer contacto con la escotilla de muestreo; presenta una pequeña compuerta en la parte superior y una válvula de clase tipo cheque en la parte inferior"[1]. La dimensión y la capacidad varían dependiendo del volumen del producto a muestrear.

### 2.1.2 Tipo botella

Las botellas son recipientes de borosilicato, de color ámbar y de cuello angosto que se emplean para la toma de la muestra de un hidrocarburo almacenado en un tanque; en el fondo tienen una pesa atada a un cordel con el fin de poder sumergirlas [1]. El diámetro de la parte superior de la botella varía de acuerdo al producto a recolectar y tienen un corcho o tapón que se utiliza, dependiendo del método de muestreo, para evitar la presencia de contaminación cruzada [10].

Algunos equipos de muestreo que se emplean son:

- A. Botella de borosilicato con contrapeso de plomo, puede ser de vidrio ámbar o plástico
- B. Canasta metálica de estructura metálica pesada con recubrimiento a prueba de chispa o plástico, elaborada de acuerdo a los diámetros de las botellas a emplear.
- C. Ladrón o recipiente metálico de muestreo.

## 2.2 Forma de muestreo.

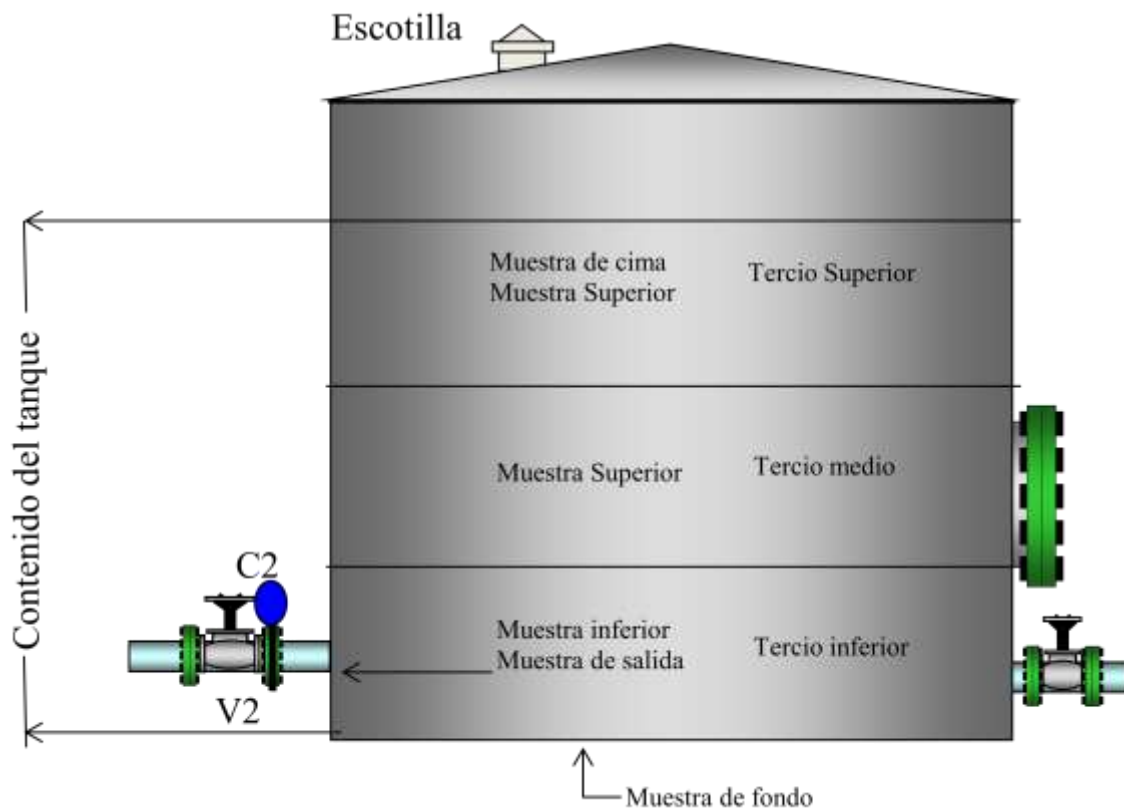
En la tabla 1 se establecen los requisitos de muestreo para los productos almacenados en tanques; para los puntos de muestreo véase la Figura 1.

**Tabla 1.** Requerimientos de muestreo según norma API, capítulo 8 [1].

CAPACIDAD DEL TANQUE/NIVEL DEL LIQUIDO	MUESTRAS REQUERIDAS		
	SUPERIOR	MEDIO	INFERIOR
Capacidad del tanque inferior o igual a 159 m3 (1000 Barriles)		X	
Capacidad del tanque superior a 159 m3 (1000 Barriles)	X	X	X
Nivel ≤ 3 metros (10 pies)		X	
3 metros < nivel 4,5metros (15 pies)	X		X
Nivel > 4,5 metros (15 pies)	X	X	X

Los tipos de muestras que se pueden recolectar de un producto almacenado en un tanque son los siguientes:

- Muestra de tipo de todos los niveles.
- Muestra tipo corrida.
- Muestra tipo de nivel o puntual (superior, media e inferior).
- Muestra tipo de fondo.
- Para impedir la presencia de contaminación cruzada durante el muestreo, se debe tomar la muestra ingresándola por la escotilla y de arriba hacia abajo de acuerdo con la secuencia: tope, tercio superior, tercio medio, tercio inferior, todos los niveles, fondo y corrida [1], [10].



**Figura 1.** Ubicación de Puntos de Muestreo [10].

### 2.3 Procedimientos de muestreo y sus aplicaciones

El sitio para recolectar las muestras debe ser apropiado, de tal forma que se cumpla con los parámetros de temperatura y humedad relativa para garantizar la óptima preservación y representatividad de las muestras [11], [9].

Para el muestreo de hidrocarburos pesados como asfaltos, parafinas etc., que se homogenizan por calentamiento, se recomienda emplear las botellas de doble pared con la capa interna de cobre y la externa de latón, equipada con una termocupla para monitorear la temperatura de la muestra; para la toma de muestras de líquidos volátiles a las que se realizará el método de ensayo de destilación, se recomienda muestrear con botella [11].

Una vez tomada la muestra, se procede a rotular con una etiqueta la cual debe contener toda la información relacionada con el muestreo [11]. Para garantizar la representatividad e integridad de las muestras, los contenedores deben estar bien bloqueados con tapa y contratapa; una vez cerrados se debe

confirmar la existencia de escapes. Los contenedores deben tener una capacidad de volumen considerable para recolectar la muestra requerida dentro del 80% de la capacidad total del recipiente para facilitar la mezcla, soportar la expansión térmica y evitar derrames de producto.

**Tabla 2.** Requerimientos de muestreo según norma API, capítulo 8 [1, 12].

APLICACIÓN	TIPO DE RECIPIENTE	PROCEDIMIENTO
Líquidos con presión de vapor Reid (RVP) no mayor a 101.32 Kpa (14,7psia)	Tanques de almacenamiento tanques de Buques y barcasas, carrotanques	Muestreo con botella Muestreo con ladrón
Líquidos con presión de vapor Reid (RVP) 101.32 Kpa (14,7psia) o menor	Tanques de almacenamiento con grifos	Muestreo por grifos
Muestreo de fondo de líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13.8 Kpa (2psia) o menor	Tanques de almacenamiento con grifos	Muestreo por grifos
Líquidos con presión de vapor Reid (RVP) 101,32 Kpa (14.7 psia) o menor	Tuberías o líneas	Muestreo Manual de Ductos
Líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13,8 Kpa (2 psia) o menor	Corrientes de descarga libre o abierta	Muestreo por cucharón
Líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13,8 Kpa (2 psia) o menor	Tambores, barriles, latas	Muestreo tubular
Muestreo de fondo o de núcleo de líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13,8 Kpa ( 2 psia) o menor	Carrotanques, tanques de almacenamiento	Muestreo con ladrón
Líquidos y semilíquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13.8 Kpa (2 psia) o menor	Corrientes de descarga libre o abierta ; Tanques abiertos u ollas de boca abierta; Carrotanques, tambores	Muestreo por cucharón
Petróleo Crudo	Tanques de almacenamiento, Tanques de buques y barcasas, carrotanques	Muestreo con ladrón Muestreo con Botella
Petróleo Crudo	Líneas o tuberías	Muestreo Manual Muestreo Automático
Hidrocarburos Aromáticos Industriales	Tanques de almacenamiento, Tanques de buques y barcasas	Muestreo con Botella

“Para las muestras de retención (testigo), se debe tener presente el tiempo durante el cual se guardará, sujeto a las recomendaciones del proceso de gestión de calidad que soporte el área y/o lo pactado contractualmente, para la realización de verificaciones en caso de eventuales reclamaciones de calidad por cualquiera de las partes” [12].

## 2.4 Normas para muestreo de hidrocarburos

### 2.4.1 Normas de la *American Petroleum Institute (API)*.

Las normas API son las principales normas de gestión de calidad para la industria del petróleo, petroquímica y gas natural, que define los requisitos para las empresas que fabrican productos relacionados con la industria [13]. El objetivo de las normas API es proporcionar los requisitos mínimos para el desarrollo de un sistema de gestión de la calidad orientada a la mejora continua, hace hincapié en la prevención de defectos, se esfuerza por minimizar la variación y desperdicios en empresas de producción. Se ha diseñado para promover la confiabilidad en el sector de la producción industrial como por ejemplo: Petróleo, Gases, Petroquímicos, válvulas y equipos de Cabeza de Pozo, [14].

#### **2.4.1.1 Metodología estándar para el muestreo manual del petróleo y productos derivados del *American Petroleum Institute* (API), capítulo 8.1 [1].**

Esta metodología proporciona información específica sobre la selección de muestras de contenedores, la preparación y manipulación de las muestras [1]. Cubre los procedimientos y equipos para obtener manualmente muestras de petróleo y sus productos derivados. Se incluyen los procedimientos para la toma de muestras de agua libre y otros componentes pesados asociados con el crudo e hidrocarburos [10].

Los procedimientos descritos en esta práctica también pueden ser aplicables en el muestreo de la mayoría de los productos químicos industriales líquidos no corrosivos, siempre que se cumplan todas las medidas de seguridad específicas para estos productos químicos [15].

Una de las grandes ventajas de ésta metodología es la veracidad y confiabilidad en las muestras debido a su metodología de recolección en el mismo proceso, haciendo de las muestras más representativas y permitiendo obtener información respecto al análisis a tratar de forma oportuna [11]. En ésta metodología, dependiendo de las propiedades fisicoquímicas a determinar, se elige la clase de muestra, la forma de muestreo, los equipos, el volumen de muestra y los cuidados para su manejo [16].

Para impedir la pérdida de hidrocarburos livianos y la contaminación cruzada se recomienda conservar las muestras en recipientes cerrados y evitar los excesivos trasvases [17]; a su vez, las muestras se deben preservar durante el almacenamiento empleando recipientes tipo ámbar para evitar la degradación causada por la luz, calor u otras condiciones [18].

Las desventajas de ésta metodología están relacionadas principalmente con el error humano. El muestreo de hidrocarburos líquidos con alta temperatura es una práctica que requiere mucha experiencia y cuidado por parte del operador debido a los riesgos de salpicaduras y derrames que puedan producir quemaduras [19]; en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, se debe decantar el tiempo suficiente para que el agua del producto se precipite y se pueda medir el agua libre con el fin de tomar una muestra representativa. Cuando las condiciones descritas no se cumplan, se recomienda emplear un sistema de muestreo automático [20].

#### **2.4.1.2 Metodología estándar para el muestreo automático del petróleo líquido y productos derivados del *American Petroleum Institute* (API), capítulo 8.2 [8].**

En ésta metodología se cubren los procedimientos de muestreo mediante toma muestras automáticos para la obtención de muestras representativas en línea durante el proceso [8].

A diferencia del muestreo manual, el error humano desaparece. Los contenedores que recolectan las muestras recogidas por el toma muestras, están protegidos del ambiente evitando el ingreso de aire y la degradación causada por la luz y el calor; el toma muestras automático toma la cantidad representativa adecuada con un espacio suficiente que permita la mezcla y la expansión térmica posterior [21].

"En sistemas o poliductos donde se transportan baches de productos en tubería es recomendable tener un toma muestras automático; este dispositivo trabaja proporcional al flujo. Debido a que el muestreo es proporcional al tiempo, es admisible que la variación del de flujo sea menor +/- 10 % de la rata promedio sobre todo el bache" [22].

La desventaja de ésta metodología radica en que los períodos de mezcla y sus ratas de flujo son elevados. El exceso de mezclado puede ocasionar una fina dispersión que no alcanza a ser retirado del sedimento en la prueba de agua y por esta razón se tendría que utilizar desemulsificantes [2].

#### **2.4.1.3 Metodología estándar para el muestreo y manipulación de combustibles para la medición de su volatilidad del *American Petroleum Institute (API)*, capítulo 8.4**

Cubre los procedimientos y equipos para la obtención, la mezcla y el manejo de muestras representativas de los combustibles volátiles cumpliendo con las normas establecidas para las medidas de volatilidad aplicables a los combustibles ligeros. Esta práctica es aplicable a la toma de muestras, la mezcla y la manipulación de los combustibles reformulados incluyendo aquellos que contienen compuestos oxigenados [23].

Los derivados volátiles del crudo como las naftas y los destilados medios por lo general son homogéneos, pero estos se envían a menudo desde tanques que tienen agua libre en el fondo [17]. Para poder muestrear manualmente se debe dejar un tiempo determinado para permitir la separación del agua libre con el hidrocarburo, por lo cual debe medirse utilizando la medición a fondo usando una crema indicadora de agua, para poder identificar así los perfiles de hidrocarburo y de agua con el fin de tomar una muestra representativa [24].

#### **2.4.2 Normas de la *American Society for Testing Materials (ASTM)*.**

Las normas ASTM se crearon en base a un procedimiento que acoge los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio de la Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como entes gubernamentales participen directamente y en igualdad de condiciones, en una decisión global consensuada [25], [26].

Las normas ASTM se usan en proyectos de desarrollo, investigaciones, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales en todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día [27].

##### **2.4.2.1 Metodología estándar para el muestreo materiales Bituminosos de la *American Society for Testing Materials (ASTM D 140-01)* [28].**

Éste procedimiento aplica para el muestreo de materiales bituminosos líquidos o hechos líquidos por calentamiento, semisólidos o sólidos en los puntos de producción, almacenamiento y entrega [29]; la toma de muestras de hidrocarburos líquidos con temperaturas altas es riesgosa por la probabilidad de salpicaduras y derrames que pueden ocasionar quemaduras en los operadores [30].

Debido a los numerosos tipos y calidades de los materiales bituminosos que se almacenan en los mismos contenedores, existe la posibilidad de contaminación cruzada con residuos, precipitados o disolventes de limpieza [28]. Existen numerosas oportunidades para la obtención de muestras no representativas del material y por lo tanto, es responsabilidad del productor, transportista, usuario y el personal a cargo del muestreo ejercer precaución continua en el muestreo y la manipulación de estos materiales.

##### **2.4.2.2 Metodología estándar para el muestreo manual del petróleo y productos derivados de la *American Society for Testing Materials (ASTM D 4057-06)* [31].**

Describe el procedimiento para la toma manual de muestras representativas de productos del petróleo en estado líquido, semilíquido o sólidos, cuyas presiones de vapor a condiciones ambientales están por debajo de 101 kPa (14.7 psia) [31]. "En compuestos sólidos como los asfálticos que son analizados para determinar el asfalto en la solución, se debe realizar por los métodos de Abson o centrifuga. Estas muestras se deben adquirir por el método de perforación o por el método de muestras agarradas. Se debe obtener bastante muestra para originar al menos 100 gramos de bitumen recuperado" [1].

En productos donde el punto de solidificación es rápido o cercano a la temperatura ambiente como el asfalto, combustóleo, azufre y productos de fondos, se debe asegurar que el medio de calentamiento sea eléctrico o vapor para que conserve las muestras almacenadas en estado líquido en los recipientes colectores [32]; sin este calentamiento los productos se solidifican y no se garantiza que sea una muestra representativa de dicho producto [33].

#### **2.4.2.3 Metodología estándar para el muestreo automático del petróleo líquido y productos derivados de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 4177-95) [34].**

Describe algunos requerimientos para el diseño, instalación, pruebas y operación del equipo automático para la extracción de muestras representativas del petróleo y sus derivados líquidos con presión de vapor menor a 101 kPa (14.7 psia), desde una corriente que fluye en un ducto hacia un receptor de la muestra [34].

En la toma de muestras de hidrocarburos en línea o ductos se debe tener precaución y verificar la temperatura y la presión del sistema, ya que si estos parámetros son relativamente altos y se deben establecer procedimientos especiales de muestreo para evitar pérdida de componentes livianos y la afectación de la representatividad de las muestras [8]. En crudos livianos es necesario tomar la muestra con un serpentín de refrigeración para minimizar las pérdidas de componentes livianos; se requieren muestras representativas de petróleo y sus derivados para la determinación de las propiedades químicas y físicas, que se utilizan para establecer los volúmenes estándar, los precios, y el cumplimiento de las especificaciones comerciales y regulatorios. [34].

#### **2.4.2.4 Metodología estándar para el muestreo de combustibles de aviación para análisis de contaminación por trazas de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 4306-07) [35].**

Describe los tipos y preparación de contenedores más adecuados para el manejo de muestras de combustibles de aviación, con el fin de determinar las propiedades críticas afectadas por contaminación por trazas [35]. Las muestras de JET y destilados medios, por su gran demanda en el mercado y como productos de exigencia en calidad, su requerimiento en la toma de la muestra es tan alto y exigente que a fin de realizar pruebas para la determinación del contenido de partículas contaminante, se debe tener las siguientes recomendaciones [36]:

- Los recipientes deben estar completamente tapados mientras la muestra es transportada.
- El toma muestras y el recipiente deben ser lavados por lo menos 3 veces con el mismo producto que va a muestrearse.
- Si es muestra de una tanque, esta debe tomarse inmediatamente el tanque termine el recibo.
- Si es muestra de línea, debe lavarse completamente el grifo, embudo y la botella con el mismo producto.
- Debe evitarse cualquier transferencia y exposición de la muestra al sol



- Durante la manipulación toda acción que contribuya a la incorporación de material extraño a la muestra debe evitarse completamente.

#### **2.4.2.5 Metodología estándar para el muestreo y manipulación de combustibles para la medición de su volatilidad de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 5842-04) [37].**

Describe los procedimientos y equipos para la realización de pruebas relacionadas con la volatilidad. En dicha descripción se contemplan los aspectos necesarios para obtener, mezclar y manejar las muestras representativas de los combustibles volátiles [37]. La práctica aplica a aquellos compuestos con rango de presión de vapor seco, equivalente (DVPE) entre 13 y 105 kPa (2 a 16 psia) [18].

Las muestras líquidas y con presión de vapor RVP superior a los 60 KPa las que se realiza el método de ensayo estándar de destilación, se debe realizar el procedimiento de muestreo con botella; antes de recolectar la muestra se debe sumergir la botella en el producto hasta llenarla y desechar el primer llenado garantizando así un volumen de un 80%. Luego de obtener la muestra se debe cerrar la botella inmediatamente con un tapón ajustado o corcho y se procede almacenarla en un refrigerador [13].

#### **2.4.2.6 Metodología estándar para la mezcla y manipulación de muestras líquidas de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 5854-96) [2].**

Práctica estandarizada que permite asegurar la representatividad de muestras de petróleo o productos líquidos del petróleo, mediante la descripción de procedimientos para el manejo, mezclado y acondicionamiento de las muestras que deben ser transferidas desde el contenedor al equipo de prueba o a un contenedor intermedio [2]. Define materiales adecuados o recomendados para contenedores de muestras de crudos, gasolinas, kerosene y *fuel oil* números: 2, 4, 5 y 6, especificando los tipos de análisis, y si estos contenedores son recomendados para análisis inmediato de las muestras, hasta seis meses después y si son reutilizables o desechables [38].

Se recomienda el uso de las botellas de plástico de material de alta densidad ya que son las ideales para el uso y almacenamiento de los hidrocarburos refinados y los ácidos. Las botellas de esta clase no son permitidas para almacenar gasolina, turbocombustible, keroseno, petróleo, disolventes; si los análisis previos no indican problemas de solubilidad, contaminación o detrimento de componentes livianos, éstas podrían emplearse para muestrear y almacenar los productos.

No es conveniente usar contenedores de polietileno no lineal para recolectar muestra de destilados medios con el objetivo fundamental de evitar la contaminación de la muestra.

#### **2.4.2.7 Metodología estándar para el muestreo manual de combustibles líquidos, materiales asociados y componentes de sistemas de combustibles para análisis microbiológico de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 7464-08) [39].**

Describe los aspectos relacionados con la preparación de dispositivos de muestreo y manejo de muestras para prevenir que sean contaminadas con microorganismos no contenidos, originalmente, en la muestra. También describe las consideraciones de manejo de muestras que son perecederas y colectadas para pruebas microbiológicas [39].

Uno de los productos más delicados por la contaminación de microorganismos es el biocombustible (B100) [39], ya que es más higroscópico que los combustibles petroquímicos, por tal razón se debe

tomar una muestra dedicada la cual debe ser tapada herméticamente y de inmediato para evitar absorción de humedad del medio ambiente durante la manipulación.

Uno de los inconvenientes del almacenamiento del B100, es evitar la gran acumulación de agua en los tanques ya que este medio es propicio para los microorganismos, por tal motivo, es de rutina del operador mantener los tanques drenados y libres de agua.

**2.4.2.8 Metodología estándar para el muestreo manual de gases licuados del petróleo de la American Society for Testing Materials (ASTM D 1265-05) [40].**

Práctica que describe el equipo y los procedimientos para obtener una muestra representativa de gas licuado del petróleo (GLP) con especificación, tal como lo descrito en la ASTM D 1835, GPA 2140 (ver tabla 3) [21].

**Tabla 3.** Especificaciones de calidad del GLP.

Especificaciones de calidad para el GLP				
Grado:		Gas combustible doméstico		
Referencia:		ASTM D 1835 / , GPA 2140		
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Presión de Vapor a 37.8°C (100°F),	KPa	ASTM D 2598		1434
Residuo volátil:		ASTM D 2163		
Pentano y más pesados.	mL/100 mL			2,0
Material Residual:		ASTM D 2158		
Residuo por evaporación de 100mL	mL			0,05
Observación mancha de aceite			PASA	
Densidad relativa a 15.6°C/15.6°C		ASTM D 2598	REPORTAR	
Corrosión a la lámina de Cobre	Clasificación	ASTM D 1838		1
Azufre	mg/Kg	ASTM D 6667		140
Sulfuro de Hidrógeno		ASTM D 2420	PASA	
Poder calorífico	kJ/kg	ASTM D 3588	REPORTAR	
Contenido de agua libre		Visual	NADA	

Esta metodología también puede ser usada para el muestreo de Gas Natural Líquido (NGL) y productos que son normalmente de una sola fase (mezcla NGL, butano, etc.), que se definen en otras especificaciones de la industria [40]. Los productos que contienen cantidades significativas de gases no disueltos (N2, CO2), agua libre u otras fases separadas, como el gas sin procesar pueden generar muestras no representativas y productos fuera de especificaciones de calidad [41].

#### **2.4.2.9 Metodología estándar para el muestreo automático de gases combustibles de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 5287-08) [42].**

Práctica que cubre la recolección de combustibles gaseosos y sus equivalentes sintéticos al utilizar un muestreador automático [42]. Cubre únicamente mezclas de gas en una sola fase y no aplica para corrientes de dos fases. Incluye la selección, instalación y mantenimiento de sistemas de muestreo automáticos [43].

La selección del sistema de muestreo depende de varios factores. Estos factores incluyen la dinámica, las condiciones operacionales, presencia potencial de humedad y de hidrocarburos líquidos, y trazas de componentes peligrosos o contaminantes. Para las fuentes limpias y secas de gas, la dinámica y las condiciones normales de funcionamiento del sistema puede ser muy simple [44]. Del mismo modo, los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento deben tomar en cuenta estas dinámicas del gas [43].

#### **2.4.2.10 Metodología estándar para el muestreo y manipulación de gas natural y sistemas de acondicionamiento para instrumentación de la *American Society for Testing Materials* (ASTM D 5503-94) [44].**

Práctica estandarizada que cubre el sistema manejador de muestras y de acondicionamiento para instrumentación de monitoreo en líneas típicas (cromatógrafos de gas analizadores de humedad y demás). Esta práctica aplica para mezclas en una fase que varían en composición, ya que una muestra representativa no puede ser obtenida de una corriente de dos fases [44]. Para que un sistema de muestreo realice una toma de muestra verdaderamente representativa, el gas natural debe ser mantenido en la fase líquida hasta el punto en el que se vaporiza [45]; en ese punto, debe ser vaporizado de manera uniforme en un estado de vapor de una sola fase. Si el gas natural comienza a vaporizarse en las líneas de muestra, el nitrógeno y el metano ebullicarán primero, variando la composición del gas [46].

#### **2.4.2.11 Metodología estándar para el muestreo de gas presurizado para análisis de gases de la *American Society for Testing Materials* (ASTM F307-02) [47].**

Describe el procedimiento para obtener una muestra de gas presurizado, con el fin de analizar el gas de un sistema o los componentes disueltos en los gases a altas presiones y temperaturas que ocasionan diversos problemas en la producción [47]. Esta práctica es apropiada para obtener muestras representativas en todas las pruebas de rutina del GLP que requieren la especificación D1835.

Una de las principales ventajas de éste muestreo radica en la toma de la muestra a alta presión y temperatura garantizando la representatividad, el aseguramiento de la calidad del producto y el análisis de bajos límites de cuantificación de los componentes contaminantes [47]. Otra característica importante se fundamenta en el montaje para el muestreo, ya que presenta un diseño compacto y de bajo costo. También puede ser usada en productos como el gas natural líquido (GNL) que se encuentra en una sola fase (mezclas de GNL, butano de campo y demás) [48].

#### **2.4.3 Normas de la *International Organization for Standardization* (ISO).**

Las normas ISO proporcionan herramientas prácticas para hacer frente a los diversos requerimientos del sector energético aumentando la eficiencia energética, y promoviendo el desarrollo de tecnologías

de energía renovable. Son empleadas para implementar sistemas de gestión de la calidad y para garantizar la calidad de los productos que se procesan.

**2.4.3.1 Metodología estándar para el muestreo manual de líquidos del petróleo de la *International Organization for Standardization (ISO 3170:2004)* [10].**

Esta norma especifica los métodos manuales que se emplean para la recolección de muestras de hidrocarburos líquidos o semilíquidos, residuos de tanques, vehículos de carretera, barcos y barcasas, o de los líquidos que se bombean a través de gasoductos [1], [10].

Aplica al muestreo de los productos derivados del petróleo, petróleo crudo y productos intermedios, que se almacenan en tanques a presión atmosférica, o transferidos a través de gasoductos, y que se manejan como líquidos a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente hasta 200 °C [10].

Una de las grandes ventajas en tanques de crudo que tienen sistemas de agitación y sistemas de calentamiento es que el hidrocarburo evita que se estratifique y que siempre se mantenga fluido el crudo. El combustible y el arotar son productos pesados que debido a su API y densidad siempre van a presentar una estratificación del agua y del hidrocarburo pero siempre la fase acuosa se va a presentar por encima del hidrocarburo, dando así inconvenientes en el momento de muestreo. Para este inconveniente es aconsejable emplear botellas con corcho y la habilidad de muestreo del operador es fundamental para tomar una muestra representativa.

**2.4.3.2 Metodología estándar para el muestreo manual y automático en línea de líquidos del petróleo de la *International Organization for Standardization (ISO 3171:1988)*[5].**

Esta metodología describe la toma automática y manual de muestras de crudo y sus derivados en línea, así como también la determinación de la composición y la calidad del producto muestreado. Las recomendaciones de homogeneidad y frecuencia de muestreo de esta norma internacional son fundamentales en la toma de una muestra representativa.

Esta norma internacional describe además las prácticas y procedimientos para la determinación precisa del agua que en la actualidad son los más propensos a conducir a un muestreo no representativo. Sin embargo, la exactitud de la determinación de agua se obtienen utilizando tomamuestras automáticos y dependerá de las características de todos elementos que componen el sistema de muestreo, y en la precisión de los procedimientos analíticos.

**2.8 Ventajas de las metodologías de muestreo**

En la tabla 4 se presentan las ventajas de muestrear con las diferentes metodologías.

**Tabla 4.** Ventajas de trabajar con las normas API, ASTM e ISO.

Ventajas de trabajar con las normas API	Ventajas de trabajar con las normas ASTM	Ventajas de trabajar con las normas ISO
Posibilidad de expandir el negocio y llegar a mercados internacionales.	Las normas ASTM demuestran confiabilidad en la empresa y ayudan al cliente a cumplir con sus obligaciones en la entrega de sus productos.	Estandarizar las actividades que realiza el personal.

Cumplir con los requisitos de clientes actuales y clientes potenciales.	Las agencias gubernamentales de todo el mundo hacen referencia a ellas en códigos, regulaciones y leyes [25], [26].	Asegurar la calidad de los productos y servicios de manera consistente, dada la estandarización de los procedimientos y actividades.
Mejorar la competitividad.	Son muy proactivas para proporcionar herramientas, dentro de su proceso obligatorio de consenso, para activar la elaboración de normas y para responder con rapidez a las necesidades inmediatas de nuevas normas de la industria [49].	Aumentar la eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos.
Reducir los Costos de Operación mediante la Eliminación de desperdicios de la producción, minimización del riesgo y control en la variación de los procesos.	Las normas ASTM son referencias de normas como las API y de normas de seguridad como las NFPA.	Mejorar continuamente en los procesos, productos, eficacia, entre otros.
La evaluación y gestión de riesgos	Su uso son de gran aporte en proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día [50]	Mantienen la calidad.

## CONCLUSIONES

- La metodología estándar para el muestreo manual del petróleo y los productos derivados del *American Petroleum Institute* (API) tiene como ventaja la veracidad, la versatilidad en sus aplicaciones y la confiabilidad en los resultados; es recomendable emplear éstas metodologías en sistemas de almacenamiento como tanques o en poliductos donde se transportan baches de productos.
- Las metodologías de la *American Society for Testing Materials* (ASTM) son idóneas para realizar el muestreo del crudo y todos los derivados del petróleo. La ventaja principal de estas metodologías de muestreo consisten en la posterior aplicación de los diferentes métodos de ensayo estándar para el análisis fisicoquímico de todos los productos teniendo en cuenta los cuidados de preservación, recolección y análisis de las muestras.
- Las normas de la *International Organization for Standardization* (ISO) de muestreo son procedimientos basados en otras normas como las API o las ASTM manteniendo la estandarización de éstas metodologías. Su principal ventaja radica en la aceptación a nivel internacional en las especificaciones de calidad de muchos productos.
- Se logró determinar que los métodos de muestreo de la ASTM incluyen la aplicación de todos los procedimientos generales descritos en las metodologías de la API y la ISO de forma detallada, relacionando la importancia del muestreo con el aseguramiento de la calidad de los resultados de los diferentes métodos de ensayo, permitiendo controlar los procesos de forma eficiente mediante la oportunidad en la entrega de los resultados

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS Y TÉRMINOS

API	Instituto Americano del Petróleo
ASTM	Sociedad Americana de Prueba de Materiales
DVPE	Presión de Vapor Seco
GLP	Gas Licuado del Petróleo
GNP	Gas Natural del Petróleo
GPA	Asociación de Procesadores de Gas
ISO	Organización Internacional de Normalización

## REFERENCIAS

1. *Section 1, Standard practice for manual sampling of petroleum and petroleum products*, in *Manual of petroleum measurement standard*, Institute, A.P. October 1995, reaffirmed March 2006.
2. ASTM D5854-96(2010), Standard Practice for Mixing and Handling of Liquid Samples of Petroleum and Petroleum Products, 2010. International, A., West Conshohocken, PA.
3. NTE INEN 930, Petróleo crudo y sus derivados. Muestreo, 1984. Normalización, I.E.d., Quito.
4. Caparrós Ruiz, F.J., *Toma de muestras y análisis in-situ*. 1ra ed. 2014, Andalucía: Innovación y Cualificación Editorial.
5. Sampling, 2010. West Conshohocken, PA.
6. Dixon, L.A., *The Importance of Sampling and Analysis of Natural Gas for the Design of Production and Downstream Facilities*. 1981.
7. Swick, D., et al., *Gasoline risk management: A compendium of regulations, standards, and industry practices*. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2014. **70**(2): p. S80-S92.
8. *Section 2, Standard practice for automatic sampling of liquid petroleum and petroleum products*, in *Manual of petroleum measurement standard*, Institute, A.P. October 1995, reaffirmed June 2006.
9. ASTM D7448-09, Standard Practice for Establishing the Competence of Laboratories Using ASTM Procedures in the Sampling and Analysis of Coal and Coke, 2009. International, A., West Conshohocken, PA.
10. ISO 3170, Petroleum liquids — Manual sampling, 2004. Standardization, I.O.f., Switzerland.
11. Kosewicz, P.W., D.J. Major, and D. Comstock, *Sampling Techniques*, in *ASTM International 2010*: West Conshohocken, PA.
12. Manual de medición de hidrocarburos y biocombustibles, 2013. ECOPETROL,
13. Bassett, A., *SMEs and Standards-SMEs Contribute to and Benefit from ASTM Standards*. ASTM Standardization News, 2012. **40**(5): p. 22.
14. Jamaluddin, A.K.M., et al., *Single-phase bottomhole sampling technology*. Journal of Canadian Petroleum Technology, 2002. **41**(7): p. 25-30.
15. Short, J. and P. Harris. *Chemical sampling and analysis of petroleum hydrocarbons in near-surface seawater of Prince William Sound after the Exxon Valdez oil spill*. in *American Fisheries Society Symposium*. 1996. 1996.

16. Hernández, M., et al., *Caso de aplicación del método Taguchi en el diseño de herramientas de muestreo de hidrocarburos*. Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo, 2003. **1**(3): p. 91-101.
17. Shahrzad, S., et al., *Simple and sensitive method for the measurement of volatile alkyl mercaptans in gasoline for remote field deployment*. Fuel Processing Technology, 2013. **113**: p. 109-113.
18. Speight, J.G., *Handbook of petroleum product analysis*. 2002, New Jersey: Wiley-Interscience New Jersey.
19. ASTM D 6196-03(2009), Standard Practice for Selection of Sorbents, Sampling, and Thermal Desorption Analysis Procedures for Volatile Organic Compounds in Air, 2009. International, A., West Conshohocken, PA.
20. Japper-Jaafar, A., et al., *Yield stress measurement of gelled waxy crude oil: Gap size requirement*. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2015. **218**: p. 71-82.
21. Haiqing, W., *IMPROVEMENT OF SAMPLING HYDROCARBON SERIES FROM CONDENSATE GAS RESERVOIR BY FLASH TEST [J]*. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1993. **4**: p. 005.
22. Hariri, S., et al., *Analysis of operational parameters, distorted flow and damaged blade effects on accuracy of industrial crude oil turbine flow meter by CFD techniques*. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2015. **127**: p. 318-328.
23. Dobbs, D. and D. Fish *Collection and safe transportation of hydrocarbon samples*. 1993.
24. Wang, Z. and M. Fingas, *Developments in the analysis of petroleum hydrocarbons in oils, petroleum products and oil-spill-related environmental samples by gas chromatography*. Journal of Chromatography A, 1997. **774**(1): p. 51-78.
25. Muthiah, K. and R. Chapman, *Benefits of Using ASTM Building Economics Standards for the Design, Construction, and Operation of Constructed Facilities in U.S Department of Commerce National Institute of Standards and Technology*2012, National Institute of Standards and Technology Engineering Laboratory Gaithersburg, Maryland
26. Kasi, M., *Managing Transportation Projects with ASTM International Standards*. ASTM Standardization News, 2007. **35**(11).
27. Mateo, J.P. and S. García, *El sector petrolero en Ecuador: 2000–2010*. Problemas del desarrollo, 2014. **45**(177): p. 113-139.
28. ASTM D140/ D140M-14, Standard Practice for Sampling Bituminous Materials, 2014. International, A., West Conshohocken, PA.
29. ASTM D6883-04, Standard Practice for Manual Sampling of Stationary Coal from Railroad Cars, Barges, Trucks, or Stockpiles, 2004. International, A., West Conshohocken, PA.
30. ASTM D7430-13, Standard Practice for Mechanical Sampling of Coal, 2013. International, A., West Conshohocken, PA.
31. ASTM D4057-06(2011), Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products, 2011. International, A., West Conshohocken, PA.
32. ASTM D6469-14, Standard Guide for Microbial Contamination in Fuels and Fuel Systems<sup>1</sup>, 2014. International, A., West Conshohocken, PA.
33. ASTM D6345-10, Standard Guide for Selection of Methods for Active, Integrative Sampling of Volatile Organic Compounds in Air, 2010. International, A., West Conshohocken, PA.
34. ASTM D4177- 95(2010), Standard Practice for Automatic Sampling of Petroleum and Petroleum Products, 2010. International, A., West Conshohocken, PA.

35. ASTM D4306-13, Standard Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination, 2013. International, A., West Conshohocken, PA.
36. NTC 4517, Manejo del turbocombustible para aviación. Transporte. , 2013-04-17. Internacional, I., Bogotá.
37. ASTM D5842-14, Standard Practice for Sampling and Handling of Fuels for Volatility Measurement, 2014. International, A., West Conshohocken, PA.
38. ASTM D3686-13, Standard Practice for Sampling Atmospheres to Collect Organic Compound Vapors(Activated Charcoal Tube Adsorption Method), 2013. International, A., West Conshohocken, PA.
39. ASTM D7464-14, Standard Practice for Manual Sampling of Liquid Fuels, Associated Materials and Fuel System Components for Microbiological Testing, 2014. International, A., West Conshohocken, PA.
40. ASTM D1265-11, Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, Manual Method, 2011. International, A., West Conshohocken, PA.
41. GPA 2166-05, Obtaining natural gas samples for analysis by gas chromatography, 2005. Association, G.P.,
42. ASTM D5287-08, Standard Practice for Automatic Sampling of Gaseous Fuels, 2008. International, A., West Conshohocken, PA.
43. ASTM D3700-14, Standard Practice for Obtaining LPG Samples Using a Floating Piston Cylinder1, 2014. International, A., West Conshohocken, PA.
44. ASTM D5503, 94(2008), Standard Practice for Natural Gas Sample-Handling and Conditioning Systems for Pipeline Instrumentation, 2008. International, A., West Conshohocken, PA.
45. Ingham, M., P. Myers, and O. Uyehara, *In-cylinder sampling of hydrocarbons in a texaco L-141 TCP engine*, 1982, SAE Technical Paper.
46. *Section 1, Collecting and handling of natural gas samples for custody transfer.*, in *Manual of petroleum measurement standard*, Institute, A.P.
47. ASTM F307-13, Standard Practice for Sampling Pressurized Gas for Gas Analysis, 2013. International, A., West Conshohocken, PA.
48. Matthews, M., *Importance of sampling design and density in target recognition*. 1996.
49. Bassett, A., *SMEs and Standards*. ASTM Standardization News, 2012. **40**(5).
50. Rodríguez Pinzón, H.Y., *Estudio del fenómeno de inflación importada vía precios del petróleo y su aplicación al caso colombiano mediante el uso de modelos var para el periodo 2000–2009*. Estudios Gerenciales, 2011. **27**(121): p. 79-97.