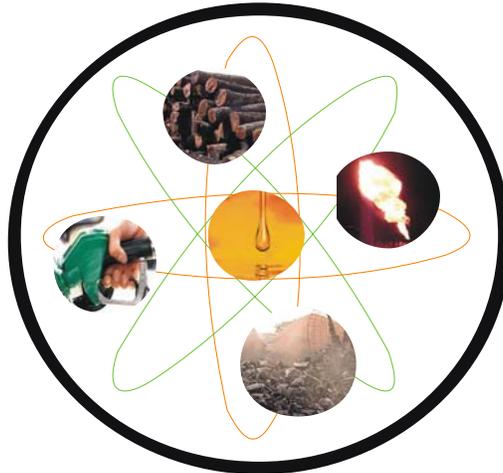


## **GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASEOSOS**



Por:

Carmen Elena Zapata Sánchez. , Msc.  
Investigador Principal  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Para

Ingeniero Gustavo Londoño  
Interventor, Convenio Interinstitucional No. 162 de 2005  
**ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN**  
**Facultad de Minas**  
**Septiembre de 2006**

## **CONTENIDO**

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1	COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	9
2.2	COMBUSTIBLES GASEOSOS	10
2.3	MADERAS	13
2.4	CARBÓN	13
3.	NORMATIVIDAD O MARCO LEGAL	15
3.1.	NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL GAS NATURAL	15
3.2	NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA CONTROL AMBIENTAL DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y SÓLIDOS	17
3.3	NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA CONTROL AMBIENTAL DE CARBONES	24
4.	PROTOCOLOS DE MUESTREO	26
4.1	PROTOCOLO DE MUESTREO Y CUSTODIA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	26
4.2.	MANUAL DE NORMAS PRÁCTICAS PARA MUESTREO DEL PETRÓLEO Y PRODUCTOS DE PETRÓLEO	29
4.2	PROTOCOLO DE MUESTREO DE CARBONES	56
	NÚMERO DE INCREMENTOS	61
4.3	PROTOCOLO DE MUESTREO DE MADERAS	71
4.4	PROTOCOLO DE MUESTREO DE GASES	77
5.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES	102
5.1	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	102
5.2	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS	104
6.	ESTANDARES PARA LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES	105
6.1	COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	105

6.2	ESTÁNDARES PARA CARBÓN Y MADERAS	107
7.	CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS EN EL AIRE	108
7.1	CONTAMINANTES DE COMBUSTIBLES FÓSILES	109
7.2	CARBÓN	113
7.3	MADERA	114
8.	RECOMENDACIONES	124
9.	BIBLIOGRAFÍA	125

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Requisitos de calidad de las gasolinas colombianas (Res. 898/95)	17
Tabla 2. Requisitos de calidad del combustible diesel (ACPM) (Res. 898/95)	18
Tabla 3. Requisitos de calidad del carbón mineral o sus mezclas para el consumo en hornos y calderas (Contenido de Azufre)	18
Tabla 4. Estándares de Calidad diesel (Res. 0447 de 2003)	18
Tabla 5. Contenido de Azufre en Combustibles Líquidos (Res 1180 de 2006)	19
Tabla 6. Estándares para la gasolina básica (Res. 1180 de 2006)	20
Tabla 7. Normatividad Diesel y Biomezclas	21
Tabla 8. Recopilación Normatividad de Calidad de Combustibles	22
Tabla 9. Emisiones permisibles de material particulado en calderas y hornos	24
Tabla 10. Contenido de Azufre Según regiones. Fecha de vigencia: Enero 1° de 1998 hasta enero 1° de 2006	25
Tabla 11. Declaraciones Preventivas Para El Uso De Sustancias Inflamables	48
Tabla 12. Instrucciones de muestreo en tanques cilíndricos horizontales	49
Tabla 13. Numero mínimo de paquetes a seleccionar por muestra	50
Tabla 14. Dimensiones del beaker o botella de acuerdo al peso de la muestra	51
Tabla 15. Tamaño de las muestras de grasa	55
Tabla 16. Calidad comparativa de un carbón fresco y oxidado (Tomada de Ramírez, 1993).	58
Tabla 17. Número de incrementos para cenizas en lotes hasta 1.000 toneladas, según normas ISO (Tomada de Ramírez, 1993).	61

Tabla 18. Número de incrementos para humedad en lotes hasta 1.000 toneladas según normas ISO (Tomada de Ramírez, 1993).	61
Tabla 19. Número y peso de incrementos para propósitos generales	63
Tabla 20. Tamaños del carbón	64
Tabla 21. Volúmenes de muestreo	79
Tabla 22. Requerimiento detallado para los Gases Licuados del Petróleo	95
Tabla 23. Formatos de muestreo y análisis de combustibles líquidos	103
Tabla 24. Formato de Muestreo para Carbón y Maderas	104
Tabla 25. Formato de Presentación de Resultados para Carbones y Maderas	104
Tabla 26. Estándares para la Gasolina	105
Tabla 27. Estándares para el Diesel	106
Tabla 28. Estándares para combustibles de uso industrial	106
Tabla 29. Normas para las Pruebas Laboratorio	107
Tabla 30. Regulaciones de Azufre en Gasoil (Canadá)	111
Tabla 31. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio	118
Tabla 32. Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos	118
Tabla 33. Concentración y Tiempo de Exposición de los Contaminantes para los Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia	119
Tabla 34 Principales Sustancias Generadoras De Olores Ofensivos - Umbrales	119
Tabla 35. Contaminantes no Convencionales	120

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Profundidades de muestreo	50
Figura 2. Accesorios de las botellas de muestreo	51
Figura 3. Accesorios para la toma tipo grifo	52
Figura 4. Sondas para el muestreo manual sectorial	52
Figura 5. Tubo de Muestreo	53
Figura 6. Ladrones.	54
Figura 7. Barrena pequeña para el procedimiento de corte de semisólidos	54
Figura 8. Localización de los puntos de muestreo a diferentes niveles del carro tanque	55
Figura 9. Localización de los puntos de muestreo en la superficie expuesta de carro	55
Figura 10. Componentes de la varianza de un programa analítico (Tomada de Ecocarbón, 1995).	59
Figura 11. Tipos de muestras y/o secuencia esquemática de muestras (Tomada de Ramírez, 1993).	59
Figura 12. Errores comunes en la toma de incrementos	66
Figura 13. Bastidor para muestreo en banda parada (Tomada de Ecocarbón, 1995)	67
Figura 14. Banda móvil – Brazo de arrastre (Tomada de Ecocarbón, 1995)	67
Figura 15. Cucharón para fino hasta de 25 mm (Tomado de Ecocarbón,	67
Figura 16. Pala de mano para carbón hasta de 50mm (Tomado de Ecocarbón, 1995)	67
Figura 17. Flujo descendente - vasija ranurada (Tomada de Ecocarbón, 1995)	68

Figura 18. Localización de los puntos de muestreo para volqueta o vagón (Tomada de Ecocarbón, 1995)	70
Figura 19. Dispositivos De Muestreo	85
Figura 20. Instrumentos para forzar el flujo de Gas	86
Figura 21. Toma de muestras mediante el desplazamiento de gas en una botella	87
Figura 22. Pasos para muestrear mediante desplazamiento en un contenedor de muestras	87
Figura 23. Recolección De Una Muestra Mediante Desplazamiento De Aire En El Contenedor De La Muestra	88
Figura 24. Instrumentos Para Recolectar La Muestra En Un Contenedor De Acero Bajo Presión, Directamente De La Fuente O Usando Una Bomba Manual.	88
Figura 25. Instrumentos Para Recolectar Una Muestra De Gas Bajo Presión En Algunos Contenedores De Acero.	89
Figura 26 (A y B).Sistema Mecánico de Muestreo	90
Figura 27. Localización de la prueba	91
Figura 28. Lazo de la muestra	92
Figura 29. Tabla de Registro	93
Figura 30. Contenedores de Muestras	98
Figura 31. Smog en Grandes Ciudades	114
Figura 32. Inversión Térmica	116

## **1. INTRODUCCIÓN**

La guía metodológica para la calidad de combustibles fue desarrollada para el **CONTRATO ÍTER ADMINISTRATIVO No. 162 DE 2005** celebrado entre el Área Metropolitana y la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. El objeto del cual fue la “Caracterización de Combustibles en Sitios de Distribución, Establecimientos Comerciales, Industriales y de Servicios para Verificar su Calidad”.

El objetivo principal de la construcción de la guía es establecer o estandarizar procedimientos y métodos a la hora de tomar muestras, preservarlas, transportarlas y analizarlas para definir la calidad de los combustibles.

En el cuerpo de la guía se observa el marco teórico concerniente a combustibles líquidos, sólidos y gaseosos; seguido por el marco legal referente a la calidad de combustibles que nos permite comparar si los resultados de los análisis realizados se encuentran acorde con los niveles permitidos. Adicionalmente, se encuentran los protocolos de muestreo de los diferentes combustibles, los procedimientos y especificaciones necesarias para el desarrollo del trabajo teórico y experimental.

Respecto a la evaluación de la calidad de combustibles, se proponen unos formatos que se encuentran sujetos a los estándares de calidad de combustibles que rigen actualmente.

La guía Metodológica se constituye en una herramienta para el muestreo y análisis de combustibles sólidos líquidos y gaseosos, es dinámica, es decir que esta sujeta a cambios que dependen de la normatividad vigente.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

El petróleo (del griego petrus: piedra y oleum: aceite) es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos y sólidos, que pueden alcanzar hasta 50 átomos de carbono por molécula.

Su importancia es innegable, basta considerar que es la fuente principal de combustibles para todo tipo de transporte. Pero además, muchas otras industrias dependen del petróleo: caucho, plásticos, insecticidas, pavimentos, medicinas, pinturas, abonos, solventes y muchos otros materiales que son posibles gracias a la industria petroquímica.

Además, con el paso del tiempo se incrementa la población, se aumenta la demanda y hay proliferación de fábricas que requieren para su producción el consumo de materias primas y combustibles. Esta ha sido una de las causas que ha llevado al agotamiento de las reservas que hasta el momento se habían descubierto; tal situación ha inducido a buscar nuevas fuentes de abastecimiento para ser utilizado en reemplazo de combustibles costosos.

#### **2.1.1 Origen y estado natural**

La teoría, mas aceptada en la actualidad acerca del origen del petróleo, indica que este proviene de la descomposición de la materia animal y vegetal de origen marino y gracias a la acción de microorganismos anaeróbicos. Este proceso ha ocurrido durante millones de años.

El petróleo se encuentra en acumulaciones en el subsuelo, en terrenos sedimentarios de origen marino, aprisionado entre capas impermeables y embebido en capas porosas (principalmente de areniscas), junto con gases y aguas salinas.

Por lo general estas acumulaciones se forman en las partes convexas de los pliegues que se denominan anticlinales y en las partes cóncavas o sinclinales.

#### **2.1.2 Composición del crudo**

La composición del petróleo crudo varía ampliamente según su fuente, pero en todos los casos sus principales componentes son los hidrocarburos saturados.

Se presentan, también, altas proporciones de hidrocarburos aromáticos e igualmente pequeñas cantidades de compuestos oxigenados y sulfurados.

### **2.1.3 Destilación primaria del petróleo**

El petróleo crudo sin procesar no tiene ninguna aplicación adicional a emplearse como combustible para calderas. Por lo cual, después de las operaciones de exploración y explotación, se somete a procesos de destilación y de refinación para obtener fracciones o productos de mayor utilidad. Todas estas operaciones se realizan en las denominadas refinerías.

La primera operación que se verifica en una refinería es una destilación fraccionada que se lleva a cabo en grandes torres y en las que se evapora el petróleo para obtener varias fracciones de destilados, como gases (GLP), gasolina, queroseno, gasóleo, aceites lubricantes, cera de parafina y asfalto.

### **2.1.4 Combustión**

La combustión es el proceso de quemar el producto, resultando una oxidación rápida de un combustible acompañado por calor y usualmente luz.

Teóricamente la combustión estequiométrica se realiza con una cantidad exacta de oxígeno que lleva el combustible a su más alto grado de oxidación. En la práctica esta combustión no ocurre dada la imposibilidad de mezcla y contacto físico perfecto entre las moléculas de combustible y de oxígeno.

## **2.2 COMBUSTIBLES GASEOSOS**

### **2.2.1 Gas Natural**

Se denomina gas natural al formado por los elementos más volátiles de la serie parafínica de los hidrocarburos, principalmente metano, cantidades menores de etano, propano, butano, y puede contener otras cantidades muy pequeñas de compuestos más pesados. Además, puede contener otros gases que sean diferentes a los hidrocarburos en cantidades variables, tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, helio, vapor de agua.

#### **2.2.1.1 Características Físicas**

El Gas Natural Seco se compone de hidrocarburos gaseosos, compuestos que se componen solo de Hidrógeno y Oxígeno, principalmente Metano ( $\text{CH}_4$  el más simple y el más básico de las series de compuestos de hidrocarburos) y otros, en fracciones pequeñas pero importantes como Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), Propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ),

Butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>). Además de algunos compuestos más pesados y complejos. Durante su procesamiento, la mayoría de los butanos, una porción de los etanos, propanos y los hidrocarburos más pesados, son removidos del gas en forma de líquidos. La mayor parte de agua, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuros y otras impurezas también se retiran en las etapas del proceso. La composición y el poder calorífico, en BTU/lb., de un gas natural sin tratamiento, varían de un yacimiento a otro.

### **2.2.1.2 Tipos de Gas Natural**

Además de la composición y el poder calorífico, el gas se clasifica en términos de su naturaleza de ocurrencia bajo tierra. Se llama *Gas no Asociado* si proviene de un yacimiento que contiene una mínima cantidad de aceite crudo y *Gas Asociado* o *Gas disuelto* si se encuentra en un yacimiento de petróleo de forma libre o en contacto con el crudo. Todos los yacimientos de crudo contienen gas disuelto y pueden o no, contener gas asociado.

Algunos gases son llamados *Gases Condensados* o simplemente *Condensados*. Estos se encuentran como gases en el yacimiento, pero contienen una cantidad alta de hidrocarburos líquidos y a condiciones normales de superficie se condensan.

Existe también otra clasificación para los gases producidos por un yacimiento de acuerdo a su contenido:

*Gas Agrio*: Es aquel que tiene cantidades apreciables de sulfuro de Hidrogeno.

*Gas Dulce*: Es aquel que no contiene Sulfuro de Hidrogeno.

*Gas Rico* (Húmedo): Contiene gran cantidad de hidrocarburos líquidos.

*Gas Pobre* (Seco): Esta formado prácticamente por metano.

Las propiedades de los fluidos producidos de los pozos de aceite crudo y gas natural varían ampliamente. El gas no asociado puede ser producido a altas presiones y requiere tratamientos mínimos antes de ser transferido al gasoducto. El flujo producido de un yacimiento de aceite crudo es normalmente separado a un estado simple mediante el paso a través de un separador. Frecuentemente, el gas recuperado a bajas presiones de un separador simple no puede ser económicamente comprimido y transmitido a un gasoducto, como consecuencia; este gas es venteado a la atmósfera o quemado.

### **2.2.1.3 Tratamiento del Gas de acuerdo a sus Propiedades**

Los gases producidos se transportan hasta las estaciones o refinerías, donde se les somete a un proceso en el cual se separan el vapor de agua, condensados, sulfuro de hidrogeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y los demás contaminantes, para que cumplan con las normas de transporte y calidad para los usuarios respectivos.

*Proceso de Endulzamiento:* se somete al gas agrio para extraerle el sulfuro de hidrogeno.

*Separación del Petróleo:* es cuando se produce petróleo junto con el gas y se le hace la separación respectiva.

*Separación del Vapor de Agua:* a esta clase de gas que contiene vapor de agua, se le hace un tratamiento con Glicol para extraerle el vapor de agua.

#### 2.2.1.4 Principales Fuentes del GN Y GLP

##### ***Yacimientos de Gas Natural***

En estos el gas natural se produce como tal, o sea en forma de gas libre, aunque generalmente se producen con algún contenido de vapor de agua y otros elementos en forma de trazas.

##### ***Yacimientos de Gas Asociado***

En estos se produce petróleo junto con metano, etano, propano y butanos.

##### ***Gasificación del Carbón***

La gasificación pirolítica del carbón tuvo su origen en Inglaterra en el siglo XVIII, utilizando carbones bituminosos con alto contenido de volátiles.

Generalmente el gas bruto que se produce en todos los procesos de gasificación a altas temperaturas tienen los mismos componentes, metano, hidrogeno, monóxido y dióxido de carbono, nitrógeno, argón, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, amoníaco y también otros hidrocarburos como el etano, propano, butanos.

Los principales procesos de gasificación son:

- Lecho fluidificado, puede ser por batches o continuo
- Sales Fundidas
- Flujo entremezclado o co-corriente

Los tipos de gases producidos son:

- ***Gas natural sustituto:*** se puede mezclar con el gas natural para su distribución ya que su composición es muy parecida, su principal componente es el gas metano
- ***Gas natural de ciudad:*** Se utilizo en el pasado para alimentar las redes de distribución, su producción se realiza en plantas de carbonización que producen coque metalúrgico.
- ***Gas combustible industrial:*** Se denomina gas de síntesis y es de mediano poder calorífico, se produce a través de la gasificación del carbón con oxígeno.
- ***Gas combustible de bajo poder calorífico:*** Se obtiene de la gasificación del carbón con el aire a presión atmosférica y en su composición tiene un 50% de nitrógeno y un bajo poder calorífico.

### **2.3 MADERAS**

Los desperdicios de madera hacen parte de la Biomasa Energética la cual es el conjunto de materiales orgánicos, de origen vegetal o animal, incluyendo materiales de su transformación natural o artificial. Su aprovechamiento energético puede constituir, a largo plazo, una fuente importante de energía renovable en nuestro país en términos de energía primaria.

Esta se puede clasificar como:

- Residuos forestales, procedentes en su mayoría de industrias de transformación de la madera
- Residuos agrícolas de diferentes podas de cultivos leñosos y algunos herbáceos
- Residuos de industrias forestales, procedentes del tratamiento de la madera (pulpa, chapas).
- Residuos biodegradables de industrias agroindustriales y alimenticias de actividad urbana.

De forma tradicional se ha aprovechado la biomasa vegetal con fines dendroenergéticos, pero cada vez adquiere mayor importancia por su alto potencial económico como fuente de energía y por los altos volúmenes de producción en los diferentes campos agrarios.

La industria se basa en métodos que buscan la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Especialmente aquella que está próxima a secarse o ya lo está, en particular se usa aserrín y madera de desperdicio.

La principal tecnología aplicada para estos residuos es la quema de la madera o combustión. En la cual ocurre una oxidación completa de la biomasa por el oxígeno del aire, liberando agua y gas carbónico.

### **2.4 CARBÓN**

El carbón es una roca sedimentaria heterogénea con predominio de material orgánico y cantidades variables, pero menores, de material inorgánico. Esto da como resultado que existan grandes diferencias en las propiedades del carbón sobre todo cuando proviene de diferentes zonas geográficas y aún entre el carbón de diferentes zonas de una misma fuente o mina.

El carbón ocupa una posición única dentro de las rocas, debido no solamente a su origen orgánico y sus condiciones particulares de formación, sino también debido a su gran importancia práctica, ya que se usa principalmente como combustible

para la generación eléctrica o como materia prima para la manufactura del coque metalúrgico, además de un amplio rango de procesos industriales.

Para lograr una buena eficiencia, en cualquiera de los procesos industriales, es necesario caracterizar el carbón, razón por la cual la primera etapa en la evaluación del carbón es el **muestreo**. Este muestreo debe realizarse adecuadamente de manera que asegure que las muestras representen el carbón que se consume. Para esto los países productores y consumidores han desarrollado normas claras y precisas, entre las cuales se tienen las establecidas por la ISO, la ASTM y el ICONTEC.

### **3. NORMATIVIDAD O MARCO LEGAL**

#### **3.1. NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL GAS NATURAL**

En la industria del gas Natural, cuando se habla de avances en tecnología de combustibles gaseosos es necesario mencionar ciertas entidades cuya misión esta orientada a optimizar los diferentes procesos que involucra la cadena tecnológica del gas natural. Entre ellas se tiene:

- **GPSA** (Gas Processors Suppliers Association): Esta asociación fundada en 1928 con el nombre de NGSMA (Natural Gasoline Supply Men`s Assosiation), tuvo como propósito inicial, servir de apoyo a su homóloga ya existente la NGAA (Natural Gasoline Association of América). Dichas asociaciones cambiaron sus nombres en 1961 por NPGA (Natural Gas Processors Suppliers Association); respectivamente. En el año de 1974 los nombres mencionados fueron nuevamente cambiados por los que actualmente tienen GPA (Gas Processors Association) y GPSA (Gas Processors Suppliers Association)
- **AGA** (American Gas Association): Dicha entidad fue fundada en 1918 y su área de trabajo abarca prácticamente todos los aspectos de la industria de gas natural.
- **IGT** (Institute of Gas Technology): Este instituto fue creado en 1941 como un apoyo a la industria del gas en educación e investigación.

##### **3.1.1 Normatividad Internacional**

La normatividad en los diferentes países que tienen trayectoria en la industria del gas, esta dirigida fundamentalmente a definir las especificaciones que debe tener dicho fluido para ser introducido al sistema de transporte. Debido a lo anterior, dicha normatividad para un país o una región dada, depende en gran medida del esquema de organización institucional de su sector gas, es decir, depende de factores tales como: participación estatal y/o privada en las inversiones, si los productores son independientes de los transportadores y distribuidores o si existe un monopolio sobre la actividad, o sea un solo ente que maneja todo el proceso.

Dichos valores se conocen como racionalizados, lo cual quiere decir que son valores obtenidos por redondeo y por lo tanto no son conversiones directas.

En el caso de Canadá, en la actualidad es muy reconocida la norma de la empresa NOVA denominada NOVA SPECIFICATIONS, la cual se aplica para el gas natural en el punto de recibo por parte del transportador y considera las siguientes nueve especificaciones:

- Debe estar libre de: arenas, gomas, petróleo crudo, contaminantes, impurezas o cualquier tipo de sustancias que puedan ocasionar daños o interferir con las operaciones normales de los equipos.
- El punto de rocío de los hidrocarburos no debe ser superior a  $-10^{\circ}\text{C}$  a la presión de operación del sistema.
- No debe contener más de  $23\text{mg}/\text{m}^3$  de sulfuros totales.
- No debe contener mas de  $65\text{ mg}/\text{m}^3$  de agua en estado de vapor
- La temperatura de entrega no debe exceder los  $49^{\circ}\text{C}$
- Debe estar libre de  $\text{O}_2$ , pero en el evento que exista, la cantidad no debe exceder de 0.4% por volumen
- El poder calorífico no debe ser inferior a  $36\text{mj}/\text{m}^3$

La compañía NOVA CORP es una de las empresas más importantes en cuanto a fabricación de tuberías y montajes petroquímicos en Canadá.

En el caso del gas natural para licuefacción se exige que su contenido de impurezas sea controlado al máximo, de este modo, muchas veces un determinado gas a pesar de cumplir con las especificaciones para ser transportado por tubería o para consumo domestico, no esta lo suficientemente puro para ser conducido a la sección de licuefacción de una planta de gas natural licuado y por lo tanto requiere de un tratamiento adicional previo.

En general, las especificaciones de calidad para el gas natural históricamente se han desarrollado como negociaciones individuales y establecidas en contratos entre compradores o compañías transportadoras y productores o procesadores.

### **3.1.2 Normatividad Nacional**

Aunque en Colombia ya se tenia consumos marginales de gas desde la década de los 50, es solo a partir de la década de los 60 cuando se empezó a darle una importancia mas seria al aprovechamiento de este recurso, época en la cual un sector de empresarios de la costa norte se intereso por el aprovechamiento del gas proveniente de los yacimientos que explotaba SHELL en el Campo El Difícil (Magdalena) y promovió, la construcción de un gasoducto para su transporte hasta Barranquilla.

Además de El Difícil, otros campos petrolíferos y/o gasíferos que han jugado un papel importante en el incentivo del consumo de gas, en sus zonas pobladas aledañas han sido: Providencia y Payoa (Santander), Jobo- Tablón en (Córdoba), Cicuco (Magdalena) entre otros.

Pero la coyuntura clave para que se presentara un incremento sensible en el consumo de gas en el país fue el descubrimiento en el año 1973 de los campos de Chuchupa, Ballenas y Riohacha en la Guajira. La puesta en producción de estos campos en 1977, incentivó la demanda y permitió la gasificación de las principales ciudades de la Costa Atlántica.

Con el gas de la guajira por sus características de gas seco y dulce, y por su alto contenido de metano (mas del 97% por mol), no han existido dificultades en cuanto a su calidad a través de los casi 20 años de producción continua. Debido a que dicho gas no condensa hidrocarburos líquidos ni en el subsuelo, ni en la superficie y que se trata de una formación productora gigante, es de esperar que su composición no tenga variaciones significativas durante el resto de la vida productiva del yacimiento.

Pero un caso bien diferente se presenta con los nuevos yacimientos de gas descubiertos en la presente década y en los cuales se fundamenta en gran medida el desarrollo del plan de gasificación del uso del gas en el país. Por ejemplo, los gases naturales del Piedemonte Llanero: Cusiana, Cupiagua y floreña, los cuales son gases asociados al petróleo o gases retrógrados, son fluidos que por su interacción permanente con los hidrocarburos líquidos no mantienen su composición constante además de poseer un mayor contenido de impurezas que el gas de la guajira.

### **3.2 NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA CONTROL AMBIENTAL DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS Y SÓLIDOS**

La revisión de la normatividad existente acerca de la calidad de combustibles líquidos y sólidos se realizó a partir de la resolución 898 de agosto de 1995 que establece criterios para diferentes combustibles líquidos como Gasolina Extra, corriente, Diesel, basada en las normas ASTM. Las siguientes Tablas muestran los estándares según esta resolución.

**Tabla 1.** Requisitos de calidad de las gasolinas colombianas (Res. 898/95)

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Enero 1/1996</b>	<b>Fecha de Vigencia Enero 1/2001</b>	<b>Enero 1/2006</b>
1. Octanaje mínimo.	Índice (RON+MON)/2	81	81	81
1.1. Gasolina corriente.	Índice (RON)	86	86	86
1.2. Gasolina Extra.	Índice (RON+MON)/2	86	86	86
	Índice (RON)	94	94	94
2. RVP, máx.	Psia	8.5	8.1	8.1
3. Azufre, máx.	% Peso.	0.10	0.05	0.03
4. Oxígeno, máx.	% Peso.		2.0	2.0
5. Aromáticos, máx.	% Volumen.	28.0	25.0	25.0
6. Benceno, máx.	% Volumen.	1.1	1.0	1.0

**Tabla 2.** Requisitos de calidad del combustible diesel (ACPM) (Res. 898/95)

Parámetro	Unidad	Enero 1/1996	Fecha de Vigencia Enero 1/1998	Enero 1/2002
1. Azufre, máx.	% peso.	0.4	0.1	0.05
2. Aromáticos.	% volumen	20	20	20
3. Índice de Cetano.	Índice.	45	45	45

Adicionalmente también se establecen estándares para verificar la calidad del carbón. La siguiente Tabla muestra el cambio de la normatividad respecto al contenido de azufre en carbones

**Tabla 3.** Requisitos de calidad del carbón mineral o sus mezclas para el consumo en hornos y calderas (Contenido de Azufre)

Región	Enero 1/1996	Enero 1/1998	Fecha de Vigencia Enero 1/2001	Enero 1/2006
Atlántica	1.5	1.2	1.0	menor a 1
Central y Orinoquía	1.5	1.2	1.0	menor a 1
Amazonía	3.8	3.2	2.56	menor a 1.5

Posteriormente la Resolución 0447 de 2003 del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial y del Ministerio de Minas y Energía establece nuevos criterios para la calidad de combustibles diesel usados fuera de Bogotá

**Tabla 4.** Estándares de Calidad diesel (Res. 0447 de 2003)

PROPIEDAD	ASTM	MÍNIMO	MÁXIMO
Azufre	D 4294		%masa 0.45
Aromáticos	D5186		% volumen 35
Índice Cetano	D976 o D4737	45	
Corrosión al cobre	D 130		Clasificación 2
Color ASTM	D 1500		3
Residuos de carbón micro	D 4530		% masa 0.20
Gravedad API	D4052, D1298, D287	Reportar	
Agua y Sedimentos	D1796 o D 2709		% Volumen 0.05
Punto de Fluidez	D97 o D5949		°C 4
Punto de inflamación	D 93	°C 52	
Cenizas	D 482		% en masa 0.01
Número Cetano	D 613	43	

Los estándares de calidad establecidos por esta norma también pueden ser apreciados en el capítulo 6 de esta guía.

Los estándares para combustible diesel usado en Bogotá son diferentes ya que este se caracteriza por su bajo contenido en azufre.

Debido a las obligaciones en el contenido de gasolina y ACPM a cumplir a partir de julio de 2008 según las normas: Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 adicionada por la Resolución 125 del 7 de febrero de 1996, modificada parcialmente por las resoluciones 623 del 9 de julio de 1998, 0068 del 18 de enero de 2001, 0447 del 14 de abril de 2003, 1565 del 27 de diciembre de 2004, 1289 del 7 de septiembre de 2005 y 2200 del 29 de diciembre de 2005, de los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Minas y Energía, regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores; y debido a la imposibilidad de cumplir tal norma se expide la resolución 1180 de 2006 con la siguiente propuesta en la reducción de azufre en combustibles.

**Tabla 5.** Contenido de Azufre en Combustibles Líquidos (Res 1180 de 2006)

Contenido de azufre, ppm				
Producto	Actual	01-jul-07	01-jul-08	31-dic-10
ACPM	4500	4000	3000	500
ACEM Bogotá	1200	1000	1000	500
Gasolina	1000	1000	1000	300

También se establecen los criterios para la calidad de la gasolina (ver Tabla 5) como se muestran en las Tablas la normatividad se basa en las normas ASTM vigentes, aunque estas últimas contengan a veces un rango de estándares mas exigente, tal es el caso del contenido de Gomas que registra un valor máximo de 5 en la resolución 1180 de 2006, pero que en las últimas disposiciones de ECOPETROL presenta un rango máximo de 4.

**Tabla 6.** Estándares para la gasolina básica (Res. 1180 de 2006)

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN				METODOS DE PRUEBA	
		FECHA DE VIGENCIA					
		Abril 1° 2001		Dic-31 2010			
1	Índice Antidetonante, mínimo <sup>(1)</sup>					ASTM D2699 y ASTM D 2700 ó IR <sup>(1,2)</sup>	
	Gasolina Corriente	Adimensional	81	81			
	Gasolina Extra	Adimensional	87	87			
2	Plomo, máximo	g/l	0,013	0,013		ASTM D3237 ó ASTM D5059	
3	Índice de Cierre de Vapor (ICV), máximo <sup>(3)</sup>	Kpa	98	98		---	
4	Aromáticos, máximo					ASTM D5580 ó D1319 ó Método PLANO (ASTM D 6729)	
	Gasolina Corriente	% vol.	28	28			
	Gasolina Extra	% vol.	35	35			
5	Benceno, máximo					ASTM D5580 ó ASTM D3606 ó ASTM D6729	
	Gasolina Corriente	% vol.	1,0	1,0			
	Gasolina Extra	% vol.	2,0	2,0			
6	Azufre, máximo	% en masa	0,10	0,03		ASTM D4294 ó ASTM D2622	
7	Corrosión al Cobre, 3h a 50°C, máximo	Clasificación	1	1		ASTM D130	
8	Contenido de Gomas, máximo	mg/100 ml	5	5		ASTM D381	
9	Estabilidad a la Oxidación, mínimo	Minutos	240	240		ASTM D525	
10	Destilación	°C	Mín	Máx	Mín	Máx	ASTM D86
	10% vol. Evaporado			70		70	
	50% vol. Evaporado		77	121	77	121	
	90% vol. Evaporado			190		190	
	Punto Final Ebullición			225		225	
11	Contenido de Aditivos <sup>(4)</sup>	mg/l	---	---		---	
12	RVP, máximo <sup>(5)</sup>	Psia	8.5	8.0	8.0	ASTM D4953 ó ASTM D5191 ó ASTM D323	
		KPa	58	55	55		

La siguiente Tabla muestra la normatividad referente al Diesel corriente y sus mezclas con biocombustibles

**Tabla 7. Normatividad Diesel y Biomezclas**

PARÁMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		MÉTODOS DE ENSAYO	
		FECHA VIGENCIA			
		Abr-01 2001	Dic-31 2010		
1	Azúfre, máximo	% masa	0,45	0,4 (Jul 1 2007) 0,3 (Jul 1 2008) 0,05 (Dic 31 2010)	ASTM D4294 <sup>(1)</sup>
2	Aromáticos, máximo	% vol.	35	35	ASTM D5186 ó ASTM D1319 <sup>(2)</sup>
3	Número de Cetano, mínimo, <sup>(3)</sup>	Adimensional	43	43	ASTM D 613
4	Índice de Cetano, mínimo <sup>(4)</sup>	Adimensional	45	45	ASTM D 976 ó ASTM D 4737
5	Contenido de Biocombustible, máximo	% volumen		5%±0,5 (Enero 1 2008)	EN 14708
6	Corrosión al cobre, 3h a 50 °C, máximo	Adimensional	2	2	ASTM D130
7	Color ASTM, máximo		3,0	3,0	ASTM D1500
8	Residuos de Carbón micro, máximo (10% de fondos)	% masa	0,20	0,20	ASTM D 4530
9	Gravedad API, mínimo	°API	Reportar	Reportar	ASTM D 4052 ó ASTM D1298 ó ASTM D 287
10	Viscosidad a 40 °C, Mínimo – máximo	mm <sup>2</sup> /s	1,9 – 5,0	1,9 – 5,0	ASTM D445
11	Destilación	°C			ASTM D86
	Punto Inicial de Ebullición		Reportar	Reportar	
	Temp. 50 % vol. Recobrado		Reportar	Reportar	
	Temp. 90% vol. Recobrado, máximo		360	360	
	Punto Final de Ebullición. Máximo		390	390	
12	Agua y Sedimento, máximo	% Vol.	0,05	0,05	ASTM D1796 ó ASTM D 2709
13	Punto de Fluidéz, máximo	°C	3	3	ASTM D97 ó ASTM D 5949
14	Índice de yodo			120 máximo (Enero1 2008)	EN 14111
15	Temperatura de Obturación del filtro frío (CFPP)	°C		Reportar (Enero1 2008)	ASTM D6371 EN 116
16	Punto de nube/ enturbiamiento	°C		Reportar (Enero 1 2008)	ASTM D 2500 ISO 3015
17	Punto de Inflamación, mínimo	°C	52	52	ASTM D93
18	Cenizas, máximo	% en masa	0,01	0,01	ASTM D482
19	Lubricidad <sup>(5)</sup>	micrómetros	--	450	ASTM D 6079

A continuación se muestra una recopilación cronológica de la normatividad

**Tabla 8.** Recopilación Normatividad de Calidad de Combustibles

TIPO	AÑO	NUMERO	FECHA	ASUNTO
Dcto.	1995	948	Junio 5	Por el cual se reglamentan; parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
Res.	1995	898	Agosto 23	Por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Dcto.	1995	2107	Noviembre 30	Uso de crudos como combustibles. Quemadas abiertas en áreas rurales. Emisiones de vehículos Diesel. Diagnosticentros. Normas para fuentes fijas. Se modifica parcialmente el decreto 948 de 1995 que contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire. Modificado por el decreto 903/98
Res	1996	125	Febrero 7	Adiciona la resolución 898/95 sobre calidad de combustibles utilizados en hornos y calderas y en motores de combustión interna de vehículos automotores
Dcto.	2000	2622	Diciembre 18	El contenido de plomo en las gasolinas. Por medio del cual se modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2° del Decreto 1697 de 1997”.

TIPO	AÑO	NUMERO	FECHA	ASUNTO
Res.	2001	0068	Enero 18	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995, adicionada por la Resolución número 125 de 1996 y modificada por la Resolución número 623 de 1998, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Dcto.	2001	693	Septiembre 19	Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones
Dcto.	2002	1503	Julio 19	Por el cual se reglamenta la marcación de los combustibles líquidos derivados del petróleo en los procesos de almacenamiento, manejo, transporte y distribución
Res	2003	0447	Abril 14	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de... ...uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.
Dcto.	2004	1565	Diciembre 27	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.
Dcto.	2005	423	Febrero	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna

TIPO	AÑO	NUMERO	FECHA	ASUNTO
Acto.	2005	1289	Septiembre 7	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, en el sentido de regular los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diesel como componente de la mezcla con el combustible diesel de origen fósil en procesos de combustión.
Res	2006	1180	Junio	Por la cuál se modifican parcialmente las resoluciones 1565 y 1289, del 27 de Diciembre de 2004 y 7 de Septiembre de 2005 en lo referente a contenido de azufre de combustibles líquidos y estándares de calidad

Adicionalmente se observa alguna normatividad referente a biocombustibles que sirve de base para la segunda parte de este proyecto

### 3.3 NORMATIVIDAD TÉCNICA PARA CONTROL AMBIENTAL DE CARBONES

La legislación ambiental colombiana reglamenta las emisiones atmosféricas permisibles en el decreto 948 de 1995, que acepta las regulaciones establecidas en el decreto 02 de 1982. Los valores estipulados en dicho decreto para las emisiones de los diferentes contaminantes provenientes de la combustión del carbón son las siguientes:

#### Material Particulado

En el artículo 48 se estipulan las emisiones permisibles, ver Tabla 9 siguiente:

**Tabla 9.** Emisiones permisibles de material particulado en calderas y hornos

Consumo de calor Mkcal/h	Zona Rural Kilos/10 <sup>6</sup> kcal	Zona Urbana kilos/10 <sup>6</sup> kcal	Altura de referencia punto de descarga
10 ó menos	3.00	2.00	15
25	2.24	1.45	20
50	1.79	1.14	25
75	1.57	0.99	30
100	1.43	0.90	40
200	1.15	0.71	45
300	1.01	0.61	50
400	0.92	0.55	55
500	0.86	0.51	60
750	0.75	0.45	100
1000	0.68	0.40	115
1500 ó más	0.60	0.35	120

Mkcal/h = Millones de kilocalorías por hora

La siguiente tabla muestra la cantidad de azufre total del carbón o sus mezclas que se puede utilizar como combustible, de acuerdo a la resolución 623 de 1998.

**Tabla 10.** Contenido de Azufre Según regiones. Fecha de vigencia: Enero 1° de 1998 hasta enero 1° de 2006

<b>Región</b>	<b>Enero 1/1996</b>	<b>Enero 1/1998</b>	<b>Fecha de Vigencia Enero 1/2001</b>	<b>Enero 1/2006</b>
Atlántica	1.5	1.2	1.0	menor a 1
Central y Orinoquía	1.5	1.2	1.0	menor a 1
Amazonía	3.8	3.2	2.56	menor a 1.5

## **4. PROTOCOLOS DE MUESTREO**

A continuación se muestran los protocolos de muestreo combustibles líquidos, sólidos y gaseosos

### **4.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y CUSTODIA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

Dentro de este protocolo se pueden enmarcar combustibles tales como: Gasolina Extra, Gasolina Corriente, Diesel, Crudos, Fuel oil, entre otros. A continuación se detalla el protocolo de muestreo de cada uno de estos combustibles.

#### **4.1.1. ACPM (Diesel)**

**Descripción Del Producto:** el ACPM, aceite combustible para motores (diesel), es un destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, en tal forma que su índice de Cetano, el cual mide la calidad de ignición, sea de 45 mínimo.

**Usos:** esta diseñado para ser usado como combustible en vehículos con motores diesel para generar energía mecánica y eléctrica; y en quemadores de hornos, secadores y calderas.

**Precauciones y Manejo:** Se clasifica como un líquido combustible clase II de acuerdo con la norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association).

Para los diseños de plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, tuberías, llenadotes, etc., deben tenerse en cuenta las normas NFPA (para almacenamiento y protección contra incendios), API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por el ministerio de minas y energía.

#### **4.1.2. Gasolina Regular**

**Descripción Del Producto:** La gasolina regular es un combustible proveniente de naftas obtenidas por procesos de destilación atmosférica, ruptura catalítica y otros. Las naftas son tratadas químicamente para eliminar compuestos azufrados indeseables, tales como sulfuros y mercaptanos causantes de corrosión y se mezclan en forma tal que se obtiene un número octano investigación (RON) de 80 mínimo.

Se incorporan también aditivos químicos con el fin de mejorar las propiedades de estabilidad a la oxidación y protección contra la corrosión y el herrumbre importantes para evitar variaciones en su calidad durante el almacenamiento en plantas de abasto, estaciones de servicio y el depósito de los vehículos y además se le adiciona un colorante para diferenciarlo de otros productos similares. En Colombia, también se conoce como Gasolina Corriente.

**Usos:** esta gasolina está diseñada para ser usada como combustible en motores de combustión interna de baja de compresión (8:1 a 9:1) de acuerdo con la recomendación del fabricante.

**Precauciones Y Manejo:** Se clasifica como un líquido inflamable clase IA de acuerdo con la norma 321 de la NFPA, por lo cual se debe tener especial cuidado con el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y llenadotes. Es conveniente recordar que este producto genera vapores desde una temperatura de – 43 grados C, los cuales al mezclarse con el aire en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen causan mezclas inflamables y explosivas.

#### **4.1.3. Gasolina Extra**

**Descripción Del Producto:** La gasolina extra es un combustible proveniente de naftas obtenidas por procesos de destilación atmosférica, ruptura catalítica y otros. Las naftas son tratadas químicamente para eliminar compuestos azufrados indeseados, como sulfuros y mercaptanos causantes de corrosión y se mezclan en forma tal que se obtiene un número octano investigación (RON) de 92 mínimo.

Se incorporan también aditivos químicos con el fin de mejorar las propiedades de estabilidad a la oxidación y protección contra la corrosión y el herrumbre importantes para evitar variaciones en su calidad durante el almacenamiento en plantas de abasto, estaciones de servicio y el depósito de los vehículos, y además se le adiciona un colorante para diferenciarlo de otros productos similares.

**Usos:** está diseñada para ser usada como combustible en motores de combustión interna de alta relación de compresión (superior a 9:1) de acuerdo con la recomendación del fabricante.

**Precauciones Y Manejo:** se clasifica como un líquido inflamable clase IA de acuerdo con la norma 321 de la NFPA, por lo cual se debe tener especial cuidado en el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y llevaderos. Es conveniente recordar que este producto genera vapores desde una temperatura de – 43 grados C, los cuales al mezclarse con el aire en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen causan mezclas inflamables y explosivas.

Para los diseños de plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, etc., deben tenerse en cuenta las normas NFPA para almacenamiento y protección

contra incendio, API y las reglamentaciones expedidas por el ministerio de minas y energía.

No se recomiendan usos para este producto diferentes al mencionado debido a que sus vapores al ser mas pesados que el aire se concentran en las zonas bajas que son sensibles a ignición tales como interruptores, pilotos de estufas, toma de corriente, lámparas, puntos calientes, etc., pudiendo causar incendios y o explosiones.

La inhalación de vapores en altas concentraciones produce mareos, pérdida de conocimiento y muerte en casos extremos. Si llega a suceder contacte un médico de inmediato. Se recomienda usar para su manejo ropa impermeable, gafas y guantes de seguridad.

#### **4.1.4. Combustoleo (Fuel Oil N° 6)**

**Descripción Del Producto:** El combustoleo, también conocido como fuel oil N° 6, es un combustible elaborado de productos residuales que se obtiene de los procesos de refinación del crudo.

**Usos:** Esta diseñado para ser usado como combustible en hornos, secadores y calderas. También se emplean en plantas de generación de energía eléctrica.

**Precauciones Y Manejos:** Se clasifica como un liquido combustible clase III, de acuerdo con la norma 321 de la NFPA, lo que quiere decir que puede sufrir ebullición desbordante (boil - over).

En los diseños de plantas de almacenamiento, tuberías, llevaderos y otros, deben tenerse en cuenta las normas NFPA para almacenamiento y protección contra incendios, API y las reglamentaciones expedidas por el ministerio de minas y energía.

Para su manejo se deben conectar a tierra los camiones tanques (cargue y descargue del producto), las tuberías, bombas y tanques. Debe tenerse precaución en su manejo a temperaturas superiores a 9° grados centígrados.

#### **4.1.5. Crudo**

**Descripción Del Producto:** El crudo castilla es un petróleo crudo con características similares a las del combustoleo que, una vez sale del pozo se somete a deshidratación para retirar el excedente de agua y dejarlo en condiciones de ser utilizado como combustible.

**Usos:** Se utiliza como combustible industrial, en hornos, secadores y caldeas. Puede utilizarse en plantas de generación eléctrica.

**Precauciones y Manejos:** se clasifica como un líquido combustible clase II de acuerdo con la norma 321 de la NFPA, lo que significa que puede sufrir ebullición desbordante (boil – over).

Para los diseños de plantas de almacenamiento, tuberías, llevaderos, etc., deben tenerse en cuenta las normas NFPA para almacenamiento y protección contra incendios, API y las reglamentaciones expedidas por el ministerio de minas y energía.

Para su manejo se deben conectar a tierra los camiones tanques de carga y descarga de producto, las tuberías, las bombas y los tanques. Debido a su alta viscosidad, se recomienda el uso de bombas de desplazamiento positivo. Hay que tener precaución de su manejo a temperaturas superiores a 90 grados centígrados y aunque su contenido de agua es bajo debe drenarse periódicamente.

#### **4.1.6. Queroseno**

**Descripción Del Producto:** El queroseno es un destilado medio proveniente de la destilación atmosférica del petróleo crudo.

**Usos:** Está diseñado para utilizarse como combustible en estufas domésticas y en quemadores de hornos y secadores industriales

**Precauciones Y Manejos:** Se clasifica como un líquido combustible Clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association). Los vapores de este producto, al mezclarse con el aire en proporciones de 0.7 a 5.0% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas.

Cuando se diseñan plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de este producto, deben aplicarse las Normas NFPA para lo relacionado con la protección contra incendio, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional local. No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado antes debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire.

#### **4.2. Manual De Normas Prácticas Para Muestreo Del Petróleo Y Productos De Petróleo**

**Alcance:**

Este manual cubre los procedimientos para obtener manualmente muestras representativas de líquidos, semilíquidos o sólidos. Estaciones o fuentes móviles de productos de petróleo uniformes, excepto los aceites aislantes eléctricos y los fluidos que fluyen por fuerza hidráulica. Este método no incluye al butano, propano, gases líquidos o menores de 26 PSI (179 kPa), y otros productos de petróleo gaseosos a temperatura y presión atmosférica. Un resumen del procedimiento de muestreo y su aplicación se resume en la tabla 1.

**Nota 1.** Los procedimientos descritos en este método también se pueden aplicar a la mayoría de los químicos industriales líquidos no corrosivos, de manera que todas las precauciones de seguridad específicas a estos químicos puedan seguirse estrictamente.

**Nota 2.** El procedimiento para el gas licuado del petróleo se describe en el método de ASTM D 1265 y los casos de petróleo licuado (LP), el procedimiento para aceites aislantes eléctricos esta en el método de ASTM D 923, y el procedimiento para probar la fuerza de los fluidos hidráulicos se cubre bajo las normas: ANSI/B93.19 y ANSI/B93.44.

El procedimiento también se puede usar para petróleo crudo y petróleo no uniforme en estaciones y fuentes móviles. Sin embargo, si se presentan grados diferentes de uniformidad o presencia de sedimentos y agua se pueden presentar dificultades que afectarían la naturaleza representativa de las muestras finales.

**Precauciones:**

Ciertas muestras requieren de una debida precaución para su manejo. Refiérase al anexo A1 (norma ASTM D4057) para ver los requerimientos de precaución con respecto a estos productos.

**Documentos aplicables:**

**a. Normas ASTM:**

- D 86 Método De prueba para Destilación de Productos De petróleo en Presión Atmosférica
- D268: Guía para Probar Solventes Químicos Volátiles e Intermedios, para Empleo en Pintura y Capas Relacionadas y Materiales
- D323: Método De prueba para Presión de Vapor de Productos De petróleo (Método Reíd)
- D525: Método De prueba para Estabilidad de Oxidación de Gasolina (Método de Período de Inducción)
- D 923: Método De prueba para Probar Aislamiento Eléctrico de Líquidos
- D 4177: Práctica para Hacer un muestreo Automáticamente petróleo y Productos De petróleo
- D 5854 Práctica para Mezclarse y Manejarse Combustibles para Medidas de Volatilidad

**a. América Nacional Estándar:**

- B93.19 Método Estándar para Extracción de Muestras de Fluido de las Líneas de un Sistema de operaciones con Fluido Fuerza Hidráulica (para Análisis de Contaminación con Partículas)
- B93.44 Método para Extraer Muestras Fluidas del Depósito de un Sistema De operaciones de Fluido con Fuerza Hidráulica

**b. Manual de Petróleo de Medidas Estándar API:**

- Capítulo 8.2. Muestreador Automático De petróleo y de Productos De petróleo

- Capítulo 8.3. Práctica Estándar para Mezclarse y Manejarse las Muestras Líquidas De petróleo y de Productos De petróleo
- Capítulo 8.4. Práctica Estándar para el Probar y Manejar Combustibles para Medidas de Volatilidad
- Capítulo 9.3. Prueba Termo hidrómetro por el Método de Densidad y Gravedad API de Productos Ordinarios De petróleo y Líquidos De petróleo
- capítulo 18.1. Procedimientos de Medida del para Petróleo crudo Juntado de Pequeños Carro Tanques
- Capítulo 10. varias secciones, Determinación De agua y Sedimento

**Método de Muestreo Simple: (Muestreo en tanque).**

- Si el volumen del tanque no es homogéneo de arriba a bajo o si las condiciones en 4.1.2 no se cumplen, se recomienda un muestreo automático.
- Las muestras de los tanques son representativas si el contenido es homogéneo desde el fondo hasta la superficie. Esto es un caso raro en la práctica. Sin embargo las muestras de los tanques son aceptables si todas las condiciones siguientes se cumplen:
- El tanque contiene componentes pesados (tales como agua) que están en el fondo, separado de los principales componentes.
- El tanque esta equipado con una llave para la toma de muestras que previene cualquier porción del componente pesado.
  - Las muestras del tanque se toman de forma tal que ninguno de los componentes pesados este incluido.
  - Ver la sección 8 para precauciones e instrucciones adicionales.

**Significado y usos:**

- Las muestras de petróleo y productos del petróleo se examinaran por varios métodos de prueba para determinar las características físicas y químicas. Los resultados de las pruebas se usan para tomar decisiones. Para esto es necesario que las muestras sean representativas del petróleo o productos del petróleo en cuestión. Se requiere precaución para asegurar el carácter representativo de las muestras que son numerosas y dependen del tipo de material de la muestra, el tanque, el portador, el contenedor o la línea de la cual se obtiene la muestra, el tipo y pureza de la muestra contenida y del procedimiento de muestreo que fue usado. Un resumen del procedimiento de muestreo y su aplicación se presenta en la tabla 1. cada procedimiento es conveniente para probar varios materiales específicos bajo el almacenamiento definido, transporte o condiciones del recipiente. El principio básico de cada procedimiento es el de obtener una muestra o un conjunto de muestras criticas en tales manejos y de tales locaciones, en el tanque o en el contenedor que la muestra o compuesto puede ser representativo del petróleo o productos del petróleo.

### **Descripción de términos:**

- **Productos Uniformes del Petróleo:** Es la toma de muestras en tanques que se hacen en el tope, en la parte superior, en la mitad y en el fondo, de acuerdo a lo establecido en las pruebas de laboratorio. Similarmente, en tuberías de transferencia, las muestras se toman a 1.20, 50 y a 80% del total de acuerdo a lo establecido en las pruebas de laboratorio.
- **Muestra “oficial”:** Es la muestra tomada en el punto a custodiar en el laboratorio.
- **Muestra Representativa:** Es una muestra que representa una porción pequeña del volumen total del material (por ejemplo, tanques, recipientes y líneas), obtenida con una precisión igual o mejor que la precisión del laboratorio por el cual se analiza la muestra.
- **Muestra de todo Nivel:** Es una muestra obtenida sumergiendo un recipiente tapado lo mas cerca posible al nivel de la válvula de succión del tanque, luego se destapa y se sube a velocidad tal que se llene hasta los tres cuartos de su volumen (85%).

No son necesarias muestras representativas de todo nivel porque el volumen del tanque puede que no sea proporcional a la profundidad y porque el operador puede que no sea capaz de aumentar más, la velocidad requerida para proporcionar un buen llenado. La tasa de llenado es proporcional a un cuarto de la profundidad de inmersión.

**Nota 3:** El procedimiento de muestreo con tubo, 9.5.3. Se puede usar para obtener una muestra de todos los niveles en un barril o en un tambor.

- **Muestra Corrida:** Una muestra se obtiene bajando un recipiente destapado desde el tope del nivel del petróleo hasta el nivel de la llave en el fondo, y retornar hasta el tope a una velocidad uniforme tal que el recipiente este lleno las tres cuartas partes cuando se retire del petróleo.  
Una muestra corrida no es necesariamente representativa porque el volumen del tanque no puede ser proporcional a la profundidad y porque el operador puede que no sea capaz de aumentar la velocidad variable requerida para proporcionar el llenado.
- **Muestra Sectorial:** Es la muestra tomada en un sitio específico, en el tanque o en el oleoducto durante un tiempo específico, durante una operación de bombeo.
- **Muestra de Cima:** Es una muestra sectorial tomada a 6 pulgadas (152 mm), por debajo de la parte superior del líquido (figura 1).

- **Muestra Superior:** Es una muestra puntual tomada en la mitad del tercio superior del contenido de un tanque de almacenamiento (figura 1).
- **Muestra Media:** Es una muestra puntual obtenida en la mitad del tercio medio (un punto en la mitad entre la parte superior e inferior) (figura 1) (ver 9.3.2).
- **Muestra Inferior:** Es una muestra puntual tomada en la mitad del tercio inferior de un tanque (figura 1).
- **Muestra Punto Muerto:** Es una muestra sectorial tomada cuatro pulgadas (102 mm), debajo del nivel de salida del tanque.
- **Muestra de Fondo:** Es una muestra tomada del fondo del tanque, contenedor en el punto mas bajo.
- **Muestra de Drenaje:** Es una muestra obtenida de la válvula de extracción del agua. Ocasionalmente, una muestra de drenaje es similar a una muestra de fondo como es el caso de los carrotanques.
- **Muestra de Salida:** Es una muestra puntual tomada a nivel del fondo de la salida del tanque, pero no mas alta que un metro por encima del fondo del tanque (figura 1).
- **Muestreador Automático:** Es un muestreador usado para tomar muestras representativas de un líquido que fluye en un oleoducto.  
El muestreador automático consta de:
  - a. sonda
  - b. mecanismo de extracción
  - c. control asociado
  - d. receptor para muestras.
- **Muestra Compuesta de Tanques:** Es una mezcla de muestras superior, media e inferior en partes iguales.
- **Muestra Compuesta de Tanques Múltiples:** (embarques, embarcaciones, etc.): Es una mezcla de muestras individuales de diferentes compartimientos proporcional al volumen del producto en cada compartimiento.
- **Muestra Sectorial Compuesta:** Es una mezcla de muestras sectoriales volumétrica mente proporcionales que se someten a prueba. También se puede realizar las pruebas a cada muestra sectorial antes del mezclado y sacar un resultado promedio. Las muestras sectoriales de tanques de petróleo crudo se colectan como sigue:
  - a. **Forma Tres:** En un tanque de capacidad de 1000 barriles que contiene un exceso de 15 pies (4.6 m) de petróleo, se podrían tomar muestras de igual volumen para la parte superior, media y baja, o a la salida, en la

conexión de petróleo comerciable, en el orden nombrado. En un tanque de 1000 barriles o menos de capacidad, también se puede usar este método.

**b. Forma Dos:** En un tanque de capacidad de 1000 barriles que contiene un exceso entre 10 pies (3.0 m) y 15 pies (4.6 m) de petróleo, se podrían tomar muestras de igual volumen para la parte superior y baja, o a la salida, en la conexión de petróleo comerciable, en el orden nombrado. En un tanque de 1000 barriles o menos de capacidad, también se puede usar este método.

- **Muestras Sectoriales en el Medio:** En un tanque de capacidad de 1000 barriles que contiene un exceso de 10 pies (4.6 m) o menos de petróleo crudo, se podría tomar muestras sectoriales casi en el centro de la columna vertical de petróleo y en la conexión de salida.
- **Muestra Tipo Tubo ó Ladrón:** Es una muestra obtenida con un muestreador tipo tubo o ladrón especial, en un punto específico en el tanque o en el contenedor.
- **Muestra Lateral del Tanque:** Es una muestra sectorial tomada de una conexión para muestreo en el costado del tanque.
- **Muestra de Superficie:** Es una muestra sectorial desnatada de la superficie del líquido en el tanque.
- **Contenido de Agua:** Es el agua suspendida en el petróleo, incluye emulsiones pero no incluye agua disuelta.
- **Muestra Agua Fondo:** Es una muestra sectorial de agua libre, tomada por debajo del crudo en un compartimiento de embarque o tanque de almacenamiento.
- **Emulsión:** Es una mezcla de agua y petróleo que no se puede separar fácilmente.
- **Muestra Receptora:** En un contenedor se colectan todas las muestras tomadas durante una operación de muestreo.

#### **Equipos:**

- **Contenedor de muestras:** Pueden ser botellas de vidrio claro o ámbar o latas. Las botellas claras son ventajosas porque estas se pueden examinar visualmente, si están limpias y también permite la inspección visual del contenido de agua libre o de impurezas de sólidos. La botella de vidrio ámbar permita la protección contra la luz. Las latas son aquellas soldadas y recubiertas con fibra de vidrio, resinas epóxicas o teflón.

- **Botellas plásticas:** Hechas convenientemente sin pigmentación de polietileno lineal, pueden usarse para manejar y almacenar gas, diesel, fuel oil y lubricantes. No se puede usar gasolina, combustible de aviación jet, keroseno, crudo, y en productos con punto de burbujeo especial a menos que las pruebas indique que no hay problema con la solubilidad, contaminación o pérdidas extremas de luz.

**Nota 4:** En circunstancias no convencionales el polietileno no lineal se puede usar en muestras de hidrocarburos líquidos. Esto evita la contaminación de las muestras.

**Nota 5:** Las botellas plásticas tienen la ventaja de que no son fragmentadas como el vidrio y no se corroen como los contenedores de metal. Estas se usan generalmente solo una vez y se desechan para no requerir procedimientos de recobro.

- **Contenedores cerrados:** Corchos, tapones de vidrio o latas enroscadas de plástico o metal, las tapas enroscadas se usan para proporcionar la expansión, los corchos son buenos siempre que estén limpios y libres de huecos y de pedazos sueltos de corcho, no usar tapones de caucho. El contacto de la muestra con el corcho puede prevenirse envolviendo con una hoja metálica de estaño o de aluminio alrededor del corcho antes de forzarlo dentro de la botella. Los tapones de vidrio son más adecuados. Las tapas de tornillo pueden ser protegidas por un disco con una hoja metálica de estaño o de aluminio, u otro material que no pueda ser afectado por el petróleo o productos del petróleo.
- **Procedimiento de limpieza:** Todas las muestras en el contenedor deben estar absolutamente limpias y libres de agua, tierra, hilaza, compuestos del lavado, nafta, u otros solventes, flujo de soldadura, ácidos, corrosión, herrumbre, o aceite, antes de usar un contenedor, enjuagar este con solvente o otra nafta de volatilidad similar. (Puede ser necesario usar solventes de lodos para remover algunas trazas de sedimentos y lodos de contenedores previamente usados). Entonces el lavado del contenedor debe hacerse con una solución buena de jabón, enjuagar este completamente con un poco de agua, finalmente con agua destilada, secarlo pasando una corriente de aire caliente a través del contenedor poniendo este en una cabina caliente libre de polvo a 40 ° C (104 ° F) o mayor. Cuando este seco, tapar el contenedor inmediatamente. En el campo, podría eliminarse el lavado con jabón y el enjuague con agua.
- **Jaula de muestreo:** esta debe ser de metal, o de plástico, adecuadamente construida para sostener el contenedor apropiado. Los aparatos combinados deben ser de un peso tal como el material para ser muestreado, y debe llenarse el contenedor en algún nivel deseado (ver figura 2a). Se requieren botellas de dimensiones especiales para una jaula de muestreo específica. El uso de la jaula de muestreo se prefiere para los beaker que contienen

productos volátiles, que probablemente se usan cuando se esta transfiriendo la muestra de un beaker a otro contenedor.

- **Aparatos de muestreo:** Están descritos con detalle bajo cada procedimiento de muestreo específico, los aparatos de muestreo deben estar limpios, secos y libres de toda sustancia que podría contaminar el material.

**Precauciones e instrucciones:**

- **Petróleo crudo y fuel oil pesado:** Usualmente no son homogéneos, se recomiendan los muestreadores automáticos para muestras que contienen sedimentos y agua (S & W) y para realizar medidas de densidad. Las muestras de tanque podrían ser no representativas porque:  
La cantidad de agua es alta. Mal manejo de la muestra o el compuesto de la muestra superior, media e inferior no es representativo por el contenido de agua. La interfase entre el aceite y el agua libre es difícil de medir, especialmente por la presencia de emulsión, o lodo.

La determinación del volumen de agua libre es difícil porque el nivel de agua varía a través del fondo a la superficie del tanque. El fondo esta frecuentemente cubierto por agua libre o agua emulsionada rodeadas por capas de lodo o de cera.

- **Gasolina y productos destilados:** Usualmente son homogéneos pero son frecuentemente enviados de tanques que tienen claramente el agua separada en el fondo. El muestreo en el tanque es aceptable bajo las condiciones descritas en la sección 4.1.2.

Cuando se usan muestras de tanque, la medida de S & W es usualmente el total del volumen de agua libre y el contenido de agua se ha determinado del análisis de S & W de la muestra del tanque. La dificultad de la determinación del volumen de agua libre limita la exactitud de la deducción de S & W. Se recomiendan muestreadores automáticos. Sin embargo, por mutuo acuerdo, se pueden usar, tanques, compartimientos o muestras manuales de líneas.

- **Manipulación de Muestras y División del Petróleo Crudo y Productos no Uniformes:** La transferencia de muestras de petróleo crudo del receptor de muestras a la cristalería del laboratorio en el cual se analizan requiere de especial cuidado para mantenerlos con la naturaleza representativa. Para esto el número de transferencias debe ser minimizado. Se recomiendan medidas mecánicas para transferir las muestras. Un método seria un sistema de circulación externa provisto con una bomba y elementos de mezcla que unen directamente al contenedor de muestra. El tiempo de mezcla y la tasa de flujo son críticas en tales sistemas, otro método seria una mezcladora que es insertada en el contenedor de muestras. Cualquiera que sea el sistema de manejo, división y mezclado, se podría verificar la introducción y transferencia de muestras con contenido de agua.

En la mezcla y transferencia de muestras representativas, la variación de la concentración de agua conocida no debe exceder  $\pm 0.05\%$  cuando la concentración de agua conocida es menor de 1% y  $\pm 5\%$  cuando la concentración de agua conocida es mayor de 1%.

- **Custodia de la Transferencia:** Por mutuo acuerdo, las muestras pueden ser tomadas de un tanque, de tanques de buques, o de líneas de tuberías. Las muestras de líneas de tubería pueden ser tomadas automáticamente o manualmente. La toma correcta de muestras en líneas es la automática ya que son más representativas que las muestras manuales. El muestreo manual en líneas se describe en la sección 9.4. Las muestras de tanques podrían no ser representativas a menos que el tanque sea completamente homogéneo y no contenga agua libre.
- **Tanques Estacionarios:**  
Los tanques de petróleo crudo podrían ser muestreados de la siguiente forma: Composición sectorial, intermedia sectorial, todos los niveles, corrida de muestras o muestras de grifos. Adicionalmente las muestras podrían ser tomadas como sean necesarias.

**Nota 6:** Donde se tenga concentraciones realmente altas de emulsiones en el fondo del tanque, el muestreo inferior no podría ser considerado como representativo. En tales casos el muestreo automático en las líneas es recomendado. Si esto no es posible una muestra en el desagüe o una muestra de fondo podría requerirse en vez de una muestra inferior. En adición, una toma de fondo podría ser hecha para medidas de abre y cierre así que algún cambio en el nivel del S & W en el fondo del tanque podría ser observado y notado.

#### **Obtención de Muestras:**

- Extremo cuidado y buen juicio son necesarios para asegurar que las muestras obtenidas representen el carácter general y la condición promedia del material. Es importante tener las manos limpias, podrían llevarse con guantes limpios pero solo cuando sean absolutamente necesarios, tal como en muestras frías, o cuando se este manejando materiales con altas temperaturas, o por razones de seguridad. Seleccionar telas limpias que no introduzcan hilachas, porque podrían contaminar las muestras.
- Como muchos de los vapores de petróleo son tóxicos e inflamables, evite respirarlos o encenderlos abriendo una llama o por una chispa producida por estática. Seguir todas las precauciones de seguridad específicas para el material que esta siendo muestreado.
- Cuando se esta muestreando productos relativamente volátiles mas de 2 Psi (13.8 Kpa) Rvp. Abra y permita que el aparato de muestreo reboce. Cuando el contenedor esta siendo llenado con la muestra, colocar el muestreador en la abertura del contenedor y permitir que permanezca en esta posición hasta que el contenido sea transferido para que la muestra no se sature de aire.

- Cuando se están muestreando productos líquidos no volátiles de menos de 2 Psi (13.8 Kpa) Rvp, el aparato de muestreo debe ser llenado y permitir el reboce antes de sellar la muestra. Si la muestra esta siendo transferida a otro contenedor, enjuagar el contenedor de la muestra con algunos de los productos a ser muestreados y drenar antes que este se llene con la muestra sectorial.

**Nota 7:** Cuando se toman muestras de tanques que se sospechan que son inflamables a la presión atmosférica, se deben tener ciertas precauciones para guardarlas contra ignición debida a la electricidad estática. Metales u objetos conductivos tales como tapas calibradoras, contenedores de muestra y termómetros, se aconseja no bajarlos dentro o bajarlos suspendidos en un compartimiento o en tanque el cual se esta llenado o inmediatamente después de suspender del bombeo. Un periodo de espera generalmente permite una relajación sustancial de la carga electrostática.

### **Manejo de Muestras:**

- **Muestras volátiles:** Para esto es necesario proteger todas las muestras volátiles de petróleo o productos del petróleo evaporables. La transferencia inmediata de productos del aparato de muestreo al contenedor de muestra. Guarde el contenedor cerrado excepto cuando el material esta siendo transferido. Cuando se obtienen muestras de mas de 16 Psi (110 Kpa) Rvp, se debe usar contenedores bastante buenos para conocer las regulaciones de seguridad local. Después de la entrega a los laboratorios, las muestras volátiles podrían ser enfriadas antes de abrir el contenedor.
- **Muestras Sensitivas a la Luz:** Estas muestras sensitivas a la luz son muy importantes, tales como la gasolina, son guardadas en lugares oscuros, si las pruebas incluyen la determinación de tales propiedades como el calor y contenido de inhibidor, características de formación de lodo, pruebas de estabilidad o valor de neutralización. Podrían ser usadas botellas de vidrio ámbar. Guardar las botellas en cajas inmediatamente después de la colección.
- **Materiales Refinados:** Protección de productos refinados de humedad y polvo poniendo papel, plástico o una fina lámina de metal encima del tapón y el tope del contenedor.
- **Limite del Contenedor:** Nunca llenar completamente el contenedor de muestra, para permitir expansión, tomando en consideración la temperatura del líquido en el tiempo de llenado y la máxima temperatura probable para el cual el llenado del contenedor podría ser tomado.
- **Envío de Muestras:** Para prevenir perdidas de líquidos y vapores durante el transporte, y para proteger contra la humedad y polvo, tapar con tapones de vidrio con tapas plásticas, limpie, seque, coloque encima del tope los tapones en las botellas, y permita el cierre hermético. Atornille las tapas de metal del contenedor herméticamente y verifique que no haya goteo.
- **Etiquetar el Contenedor de Muestras:** Etiquetar el contenedor de muestras inmediatamente después de que la muestra es obtenida. Use papel

impermeable y tinta a prueba de aceite o un lapicero bastante duro para abollar la etiqueta, y debe incluir la siguiente información.

- Datos de tiempos (el periodo transcurrido durante continuos muestreos y las horas y minutos de colección de tomas de muestras).
- Nombre del muestreador
- Nombre o número y dueño de la embarcación, carro o contenedor.

#### **PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:**

##### **a. Muestras de botella o beaker:**

- **Aplicación:** El procedimiento de muestreo por botella o beaker se aplica a muestras líquidas de 16 Psi (110 Kpa) Rvp o menos.
- **Aparatos:** Una muestra de botella o beaker ideal se muestra en la figura 2, se recomienda el uso y diámetro de apertura en la botella o beaker dados en la tabla 4.

- **Procedimiento:**

- Muestreo de todos los niveles (forma uno):** Baje la botella tapada o beaker hasta el fondo, tire del tapón con un fuerte jalón de la cuerda y aumente uniformemente la tasa de la botella para que esta se llene las tres cuartas partes y sáquela del líquido. Para productos livianos o tanque profundos, se necesita de una restricción al abrir para evitar el llenado completo de la botella.
- Corrida de muestra (forma dos):** Baje la botella sin tapón o el beaker tan bajo como sea posible o al nivel del fondo de la conexión de salida o que la cuerda este tensionada y entonces suba la botella o beaker a una tasa uniforme de velocidad tal que se llene las tres cuartas partes y entonces retire del petróleo. Para productos livianos o tanques profundos, use un corcho ranurado u otra restricción abierta para evitar el llenado completo de la botella.
- Muestras superior, media, inferior y a la salida:** Baje la botella tapada al tope apropiado, superior, medio, inferior y a la salida. (Ver figura 1.)

**Nota 8:** Cuando hay alta concentración de emulsiones en el fondo del tanque, la muestra inferior no se considera representativa. Se recomienda en tales casos un muestreo automático. Esto no es posible en la muestra de salida o la muestra del fondo. Se requiere en cambio la muestra más baja. En adición, hacer una toma en el fondo, a la entrada y a la salida, para que cualquier cambio en el nivel de S & W se observe y se anote.

- (1)** Seleccione el nivel, tire afuera el tapón con un fuerte tirón de la cuerda y permita que la botella o el beaker se llene completamente. Cuando crea que esta lleno, suba la botella o el beaker, bote una pequeña cantidad y tape inmediatamente.
- Muestra Compuesta de múltiples tanques:** Prepare la muestra compuesta en el laboratorio (no en el campo) mezcle porciones de todos los niveles como se especifica en la sección 6.1.19.

- vi. **Muestra puntual compuesta:** Prepare la muestra puntual compuesta en iguales proporciones como se especifica en la sección 4.1.18, usando la forma tres o la forma dos.
- vii. **Muestra media compuesta:** Obtenga esta muestra de la forma especificada en la sección 6.1.19.
- viii. **Manejo:** cierre y etiquete la botella inmediatamente después de tomarla y entregue al laboratorio la muestra en la botella original. Una ventaja al usar una botella a cambio del beaker, es que la pérdida de luz final es probable que ocurra en la transferencia de la muestra del beaker a otro contenedor.

**b. Muestras del grifo o surtidor:**

- **Aplicación:** El procedimiento de la toma de muestras del grifo se aplica para muestras líquidas de 26 Psi (179 Kpa) Rvp o menos en tanques que están equipados con grifos o líneas. Se recomienda este procedimiento para productos volátiles en el tanque tipo respirador o techo flotante, globo, esferoide, etc. (las muestras pueden ser tomadas del grifo) la forma del muestreador tipo grifo se muestra en la figura 3.

**Nota 9:** Si Rvp es mayor a 16 Psi (110 Kpa), se debe usar un enfriador entre el grifo del tanque y el contenedor de muestras para mantener la muestra fresca y contener y prevenir la volatilización de componentes de bajo punto de burbujeo como muestra la figura 10.

- **Aparatos:**

- i. **Grifo del tanque:** El tanque puede estar equipado con menos de tres grifos de muestreo puestos equidistantes a través de la altura del tanque y extendido a menos de 3 pies (0.9 m) dentro de la lata del tanque. Una tubería estándar es de pulgada con válvulas satisfactoria.
- ii. **Muestras de grifos:** Las muestras de petróleo crudo pueden tomarse a través de grifos. La muestra del grifo superior puede estar localizada a 18 pulgadas (457 mm) bajo el tope del tanque. El grifo inferior se puede localizar al nivel del fondo o en la conexión de salida, y la muestra del grifo del medio se localiza entre los grifos superiores e inferiores. Otro grifo se puede adicionar a 4 pulgadas (102 mm) bajo la conexión de salida para determinar si el nivel del petróleo comerciable está bajo este punto. El grifo para la toma de muestra se puede localizar mínimo a 6 pies (1.8 m) distante circunferencialmente de la tubería de salida y en la conexión de desagüe o al tope de las conexiones de arriba, y a 8 pies (2.4 m) de la línea de llenado. Use grifos de tamaño de pulgada y líneas de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro nominal para petróleo crudo de 18 ° de gravedad API o menos. Para petróleo ligero, se puede usar, tamaño de grifo de  $\frac{1}{2}$  pulgada con línea de diámetro nominal de  $\frac{1}{2}$  pulgada. Las líneas pueden extenderse a un mínimo de 4 pulgada (102 mm) dentro del grifo del tanque, excepto en tanques con techo flotante, donde son necesarias instalaciones de flujo rápido. Todas las muestras de grifos se pueden equipar con válvulas y tapones.

- (1) En tanques de mas de 10000 barriles de capacidad, se pueden instalar menos de dos juegos de grifos, localizarlos equidistantes alrededor de la circunferencia del tanque. 5 o más grifos se pueden instalar por juego, uniformemente espaciados entre los niveles mas altos y bajos.
- iii. **Tubo:** La entrada del tubo no debe de estar contaminada con el producto muestreado y debe tener suficiente longitud para que alcance el fondo del contenedor de muestra que se requiere para el llenado. Cuando se enfría la muestra, es conveniente un tubo similar entre el grifo del tanque y el enfriador.
  - iv. **Contenedor de muestras:** Usar una botella de vidrio limpia, del tamaño y fuerza conveniente para recibir las muestras. Si la presión de vapor del producto a muestrear esta entre 16 y 26 Psi (110 y 179 Kpa) Rvp, proteger la botella con una cubierta de metal hasta que la muestra se descargue. En algunos casos, tales como en muestras de petróleo crudo, puede usarse un contenedor de metal en lugar de botellas de vidrio.
- **Procedimiento:**
- i. Después de sacar la muestra, continúe con el flujo del grifo y línea hasta limpiar completamente. Conecte el tubo limpio al grifo. Saque directamente las muestras de la parte superior, media e inferior de los grifos respectivos, después tape y etiquete la muestra contenida e inmediatamente se llene, lleve al laboratorio.
  - ii. Cuando se usa una muestra fría durante la operación de muestreo, se usa un tubo limpio que se conecta al grifo y se procede con la operación de muestreo.
  - iii. (1) En un tanque de 10000 barriles de capacidad o menos, tome muestras de igual cantidad de las conexiones superior, media e inferior. Mida el recipiente de tamaño adecuado para sacar la cantidad necesaria del grifo.
  - iv. (2) En un tanque de más de 10000 barriles de capacidad, tome muestras de igual cantidad de cada conexión y de cada juego de conexiones.
  - v. (3) Mezcle todas las muestras en igual proporción de muestras compuestas, o pruebas de muestras separadamente y promedie los resultados.
  - vi. (4) Cuando el nivel del petróleo crudo en el tanque alcanza los grifos de arriba o de la mitad en un tanque equipado con tres grifos, se sugiere que la corrida de la muestra se obtenga como sigue: si el nivel del petróleo esta mas cerca al grifo superior que al de la mitad, tome dos muestras del grifo de la mitad y una del grifo inferior. Si el nivel del petróleo esta más cerca al grifo de la mitad que del superior, tome una muestra del grifo del medio y otra del grifo inferior. Si el nivel del petróleo esta por debajo del grifo medio, tome todas las muestras del grifo inferior.

**c. Manual de muestreo en tuberías:**

- **Aplicación:** El procedimiento de la toma de muestras en tuberías se aplica para muestras liquidas de 16 Psi (110 Kpa) Rvp o menos y semilíquidos. Donde la custodia de transferencia envuelve, preferiblemente continuas muestras automáticas. Cuando la toma automática falla, son necesarias

muestras manuales. La toma de muestras manuales debe ser lo más representativamente posible.

- **Aparatos:**

- i. **Sonda muestreadora:** La función de la sonda es retirar de la corriente de flujo una porción representativa. El diseño de la sonda se muestra en la figura 4. estos son:
  - ii. **(1)** Un tubo extendido del centro de la línea y biselado a 45° que afronte la corriente arriba. (Figura 4(a)).
  - iii. **(2)** Una longitud radial de codo forjado o de tubería encorvada extendida en el centro de la tubería y que afronte la corriente arriba. El final de la sonda debería ser escariado para dar un borde de entrada agudo (figura 4(b)).
  - iv. **(3)** Un tubo cerrado al final con un orificio redondo cerca del final cerrado que debería ser colocado de tal modo que el orificio este en el centro de la tubería y afronte la corriente como muestra la figura 4(c).
- v. **Locación de la sonda:** Como el fluido que va a ser muestreado no es siempre homogéneo, la locación, la posición y el tamaño de la sonda debe ser tal que minimice algunas separaciones por agua y partículas pesadas que podrían hacer que su concentración cambie al tomar la muestra.
- vi. **(1)** La sonda debe estar siempre en posición horizontal para prevenir desagüe atrás de algunas partes de la muestra en la corriente principal.
- vii. **(2)** La sonda de muestreo se debe localizar preferiblemente en la corrida vertical de la tubería donde tal corrida vertical podría realizarse. La sonda también se podría localizar en la corrida horizontal de la tubería que abastece la velocidad de flujo que es bastante alta para proporcionar una mezcla turbulenta. Mientras la velocidad de flujo adecuada no puede eliminar las diferencias de concentración entre el fondo y el tope de la tubería, que puede proveer una concentración promedio en el medio de la tubería que será representativa de toda la tubería de la estación a probar.
- viii. **(3)** Donde la velocidad adecuada de flujo no está disponible, se puede instalar un dispositivo adecuado para la mezcla de flujo de fluidos para el muestreo por grifo para reducir la estratificación a un nivel aceptable. Si el flujo es vertical con una distancia suficientemente grande hay tasas de flujo bajas, por lo que tales dispositivos no son necesarios, algunos dispositivos efectivos para obtener la mezcla adecuada son: un reductor del tamaño de la tubería; con una serie de baffles; un orificio o un plato perforado; o una combinación de estos métodos. El diseño o el tamaño de los dispositivos depende de cada situación, que sea tan largo como se este fluyendo para permitir la mezcla y obtener una muestra representativa de la sonda.
- ix. **(4)** El punto de muestreo debe estar tan cerca como sea práctico al punto donde el petróleo pasa a la muestra receptor.
- x. **(5)** La línea de muestreo está tan cerca como sea práctica y puede limpiarse antes de que se tomen las muestras.

- xi. **(6)** Controlar la tasa con la que la muestra se retira, la sonda se puede ajustar con válvulas o con grifos.

- **Procedimiento:**

- i. Ajuste la válvula o el grifo de la sonda de modo que sostenga la corriente que se saca de la sonda, la tasa de muestreo para retirar a tales velocidades de flujo a través de la sonda que es aproximadamente igual a la velocidad lineal promedio del líquido a través de la tubería. La medida y registro de la tasa de muestreo es la cantidad retirada de galones por hora (o litros por hora). Desvíe la corriente del contenedor continuamente o intermitentemente con tal de que la cantidad de muestra sea suficiente para el análisis.
- ii. En muestras de petróleo crudo, se pueden tomar muestras de ½ pt (0.2 l) o más cada hora o menos, cualquiera que este atravesando. Por mutuo acuerdo, el periodo de muestreo o tamaño de la muestra, o ambos, pueden ser acomodados al tamaño de la parcela. Es muy importante el tamaño de la muestra y el intervalo entre las operaciones de muestreo con tasas de flujo uniforme o no uniforme. Cuando la corriente principal de la tasa de flujo es variable, varíe la tasa de muestreo acorde a la cantidad de muestra para que sea siempre retirada de cualquier cantidad dada de fluido pasando por el punto de muestreo en la corriente principal. En práctica, esto es difícil de lograr.
- iii. **(1)** El lugar de muestrear el petróleo crudo en un contenedor cerrado y al final en acuerdo con el periodo de tiempo, mezcle las muestras combinadas y tome una muestra compuesta para mezclas y el manejo de las muestras contenidas frescas, secas; evite la exposición directa al sol.
- iv. **(2)** Alternativamente, la línea de muestreo puede tomarse en intervalos regulares e individualmente probados. Los resultados individuales se pueden promediar aritméticamente, ajustados por variaciones en la tasa de flujo durante un periodo de tiempo.
- v. **(3)** Se aceptan resultados de cada compuesto o el promedio aritmético.
- vi. Después de cada procedimiento, etiquete la muestra y entregue al laboratorio en el contenedor donde fue colectado.

**Nota 10:** Cuando las muestras son semilíquidas, caliente las líneas de muestreo, válvulas y receptores a la temperatura suficiente para mantener el material líquido y asegure la exactitud de la muestra y la mezcla.

**Tubo muestreador:**

- **Aplicación:** El procedimiento del tubo muestreador es aplicable a muestras líquidas de 2 Psi (13.8 Kpa) Rvp o menos y para semilíquidos.
- **Aparatos:**
  - i. **Tubo:** Se puede usar tubos de vidrio o de metal, diseñado para que pueda alcanzar 1/8 pulgada (3.2 mm.) del fondo y tenga una capacidad

aproximadamente de 1 pt (0.5 l) o 1 qt (0.9 l). El tubo de metal es conveniente para muestras de 50 galones (190 l) en tambores que se muestran en la figura 5. Tiene dos anillos soldados a los lados opuestos del tubo mas arriba del final que son convenientes para sostener con los dedos y evitar que se deslice, dejando libre el dedo pulgar para cerrar la abertura.

- ii. **Contenedor de muestra:** Se usan latas, botellas de vidrio limpias y secas.
- **Procedimiento:**
    - i. **Tambores y barriles:** Coloque el tambor o el barril al lado de la obstrucción. Si el tambor no tiene obstrucción, colóquelo derecho con la muestra en el tope. Es deseable detectar agua, oxido u otro contaminante insoluble, permita que el tambor o el barril permanezcan en la misma posición para permitir que los contaminantes se estabilicen. Remueva el dedo pulgar, permitiendo el flujo del petróleo dentro del tubo. Cierre de nuevo con el dedo pulgar y retire el tubo. Enjuague el tubo con el petróleo sosteniendo este casi horizontal y moviéndolo para que el petróleo tenga contacto con la parte dentro de la superficie inmersa en la muestra tomada. Evite manejar cualquier parte del tubo que pueda estar inmersa en el petróleo durante la operación de muestreo. Deseche el enjuague del petróleo y permita desaguar el tubo. Inserte de nuevo el tubo dentro del petróleo, sosteniéndolo con el dedo pulgar (si se desea una muestra de todos los niveles, inserte el tubo abierto). Cuando el tubo alcance el fondo, remueva el dedo pulgar y permita que el tubo se llene. Cierre con el dedo pulgar, retire el tubo rápidamente y transfiera al contenedor de muestra el contenido. No permita en el manejo que se tenga contacto con cualquier parte de la muestra. Cierre el contenedor de muestra; apriete el tapón en el tambor o el barril. Etiquete el contenedor y entregue al laboratorio.
    - ii. **Latas:** La obtención de muestras en latas de 5 galones (19 l) de capacidad o más de la misma forma que los tambores y barriles (9.6.3.1) usando un tubo proporcionalmente de dimensiones mas pequeñas. Para las latas de menos de 5 galones (19 l) de capacidad, use todo el contenido de la muestra, seleccione la lata al azar como indica la tabla 3. o de acuerdo con el acuerdo entre el comprador y el vendedor.

**d. Muestreador tipo ladrón:**

- **Aplicación:** El procedimiento con el muestreador tipo ladrón se aplica para obtener muestras del fondo (figura 1.), o para semilíquidos en carro tanques y en tanques de almacenamiento.

El ladrón es, a grandes rasgos, un tubo cilíndrico de unas 18 pulgadas de longitud y al menos 2 pulgadas de diámetro. Una válvula operada por un resorte cierra la parte inferior. El ladrón, con la válvula abierta se baja dentro del tanque por medio de una cuerda. Utilizando una segunda cuerda atada a un dispositivo especial en el ladrón, se cierra la válvula cuando aquel esta a la profundidad deseada. El ladrón es ampliamente usado en muestras de petróleo crudo en tanques de almacenamiento. En esta aplicación se pueden usar

muestras tomadas a diferentes niveles tan buenas como las muestras del fondo del petróleo no comerciable y agua en el fondo del tanque.

- **Aparatos:**

- i. **Ladrón:** El ladrón debe ser diseñado para que la muestra sea obtenida cerca de  $\frac{1}{2}$  pulgada (13 mm) del fondo del carro o del tanque. Dos tipos de ladrones se ilustran en la figura 6. Uno de ellos se baja dentro del tanque con las válvulas abiertas para permitir el flujo de petróleo a través del contenedor. Cuando el ladrón golpea el fondo del tanque, las válvulas se cierran automáticamente atrapando la muestra del fondo. El otro tipo de ladrón tiene una cuerda la cual abre las válvulas automáticamente cuando el vástago golpea el fondo del tanque. La muestra entra al contenedor a través de la válvula del fondo y el aire se suelta simultáneamente a través del tope. Las válvulas se cierran cuando el ladrón se retira. El ladrón tipo centro es similar al que muestra la figura 6(b), con una sección transversal uniforme y el fondo cerrado y con una capacidad que depende del tamaño requerido por la muestra, también se puede usar para petróleo crudo. El ladrón debe ser capaz de penetrar el petróleo en el tanque al nivel requerido, mecánicamente equipado para permitir el llenado de cualquier nivel, y capaz de retirarse sin un debido contenido de contaminación. El ladrón puede ser equipado como sigue:
  - ii. **(1)** Muestras de grifos, obtener muestras para la determinación de agua y sedimentos;
  - iii. **(2)** Se usan extensiones de barras para obtener muestras en niveles que están en correspondencia con requerimientos alta o de conexiones para muestras para determinar que tan grande es el nivel de agua y sedimentos;
  - iv. **(3)** La medida de agua y sedimentos para determinar que tan alto esta el agua y los sedimentos en el ladrón;
  - v. **(4)** Se usa una sombrilla cuando se esta tomando la gravedad y la temperatura del petróleo para prevenir la alteración de la temperatura por el viento y/o la contaminación con la lluvia;
  - vi. **(5)** Un abridor para descansar la tensión en la válvula o dispositivo en cualquier nivel deseado;
  - vii. **(6)** Una cinta graduada para el ladrón con el fin de poder tomar la muestra a cualquier profundidad del tanque; y
  - viii. **(7)** Un gancho para la caída del ladrón en la compuerta vertical.
- ix. **Contenedor de muestra:** Se usan latas o botellas de vidrio limpias y secas.

- **Procedimiento:**

- i. Baje el ladrón limpio, seco a través del domo del carro tanque o la compuerta del tanque hasta que golpee el fondo. Cuando este lleno, remueva el ladrón y transfiera el contenido de la muestra al contenedor. Cierre y etiquete el contenedor inmediatamente y entregue al laboratorio.
- ii. Baje despacio el ladrón limpio y seco dentro del petróleo a la profundidad deseada, baje el ladrón asegurando la muestra y suba lentamente para

evitar la agitación. La profundidad apropiada para el muestreo se describe en la sección 4.1. .

**e. Muestreador de pesados semisólidos:**

- **Aplicación:** El procedimiento del muestreador de pesados se aplica para ceras y sólidos suaves en barriles, cajas, bolsas cuando no pueden fundirse y ser muestreados líquidos.
- **Aparatos:**
  - Barrena pequeña:** Use una barrena pequeña de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19 mm) en diámetro, similar al que se muestra en la figura 7. y lo suficientemente larga como para que pase a través del material que va a ser muestreado.
- **Procedimiento**
  - i. Remueva la cabeza o tapa de los barriles o cajas. Abra las bolsas y envuelva los pasteles. Remueva cualquier suciedad, ramitas, cordones u otras sustancias extrañas de la superficie del material. Perfore tres huecos a través del cuerpo del material, uno en el centro, y los otros dos a medio camino entre el centro y el borde del paquete en los lados derecho e izquierdo, respectivamente. Si se remueve cualquier material extraño del interior del material durante la operación de perforación ponga los tres juegos perforados en un contenedor individual de las muestras, etiquete y entregue al laboratorio.
  - ii. **Inspección de laboratorio:** Si se ve cualquier diferencia en la muestra, examine y pruebe cada juego perforado en el laboratorio. Por otra parte, combine los tres juegos perforados dentro de una muestra. Si se desea subdividirlo, enfríe, pulverice (si es necesario), mezcle y divida en cuartos hasta reducir a la cantidad deseada.

**f. Muestreador agarrador:**

- **Aplicación:**
  - i. El procedimiento del muestreador agarrador se aplica para todas las muestras en cajas, barriles, bolsas. Este se aplica particularmente a conexiones de petróleo verde de coque. Refiérase al método D346, donde se usan otros métodos de manejo y envío.
  - ii. **Lugar de muestreo:** El coque del petróleo puede ser muestreado de montones o de tambores de coque después de cargado el ferrocarril.
- **Aparatos:**
  - iii. **Contenedor de muestras:** Un cubo de polietileno de aproximadamente 10 qt (9.5 l) de capacidad.
  - iv. **Cucharón grande:** De acero puro o de aluminio de tamaño número 2.
- **Procedimiento:**
  - i. **Muestreo:** Se usan Sólidos heterogéneos y por eso se dificulta la precisión de las muestras. Es preferible que tomar muestras durante el descargue de

- carros, o durante el transporte del material. Durante el transporte de material, obtener un número de porciones a intervalos frecuentes y regulares y combinarlos.
- ii. Cuando se tienen muestras de ferrocarriles, usar uno de los siguientes procedimientos:
  - iii. **(1) Toma de una pila:** Tome un cucharón lleno de muestra de cada una de las cinco muestras en los puntos que se muestran en la figura 8. y deposite en el cubo de polietileno. Tome la muestra y entregue al laboratorio.
  - iv. **(2) Toma directa del tambor de coque:** Para cualquiera de los cinco puntos de muestreo dados en la figura 9., tome un cucharón lleno de coque sobre 1 pie (0.3 m) bajo la superficie y deposite este en el cubo de polietileno, tape la muestra y entregue al laboratorio.
  - v. Cuando las muestras son de bolsas, barriles o cajas, la obtención de cada número de paquetes se hace seleccionando al azar como se muestra en la tabla 3, o de acuerdo con el convenio entre el comprador y el vendedor.
  - vi. **Cuarteo:** Mezclar las muestras cuidadosamente y reducir las a un tamaño conveniente para el laboratorio por el procedimiento de cuarteo descrito en el método D346. Ejecutar la operación de cuarteo en una superficie dura, limpia, libre de grietas y protegida de la lluvia, viento y sol. Evite contaminación con cenizas, arenas, astillas de suelo u otro material. Proteger la muestra de pérdida o ganancia de humedad o polvo. Mezclar y extender la muestra en una capa circular, y dividirla en cuadrantes.
  - vii. Combine dos cuadrantes opuestos para formar una muestra representativa. Si esta muestra es todavía grande para propósitos de laboratorio, repita la operación de cuarteo. De esta manera, la muestra podría finalmente ser reducida a una muestra representativa de tamaño conveniente para propósitos de laboratorio. Etiquetar y entregar la muestra al laboratorio en el contenedor conveniente. La subdivisión podría hacerse en el laboratorio usando un muestreador RIFFLE con el método D346.

**g. Muestreo industrial de hidrocarburos aromáticos:**

- **Aplicación:** Para obtención de muestras de hidrocarburos aromáticos industriales (benceno, tolueno, xileno, y solvente naftas), proceda de acuerdo a las secciones anteriores, particularmente aquellas pertinentes a precauciones, cuidados y limpieza.

**PRUEBAS DE LABORATORIO**

**Destilación de gasolina natural:** Cuando se obtiene muestras de gasolina natural, que están siendo muestreadas usando el método D216, es preferido el muestreo del procedimiento de botella 9.1.3. Antes de obtener la muestra enfriar la botella por inmersión de esta en el producto, permitir que se llene y descargar el primer llenado. Si el procedimiento botella no puede ser usado, obtener la muestra por el procedimiento tapón, y con el uso de baño enfriador, como se describe en la sección 9.2.3. no se debe agitar la botella al tiempo de sacar la muestra. Después de obtener la muestra, cerrarla inmediatamente con un tapón hermético y

depositarlo en un baño de hielo o un refrigerador a una temperatura de 32 a 40 ° F (0 a 4.5 ° C).

**Presión de vapor Reid:**

Cuando el muestreo de productos se hace usando el método D323, observe las siguientes precauciones: Las presiones de vapor son extremadamente sensitivas a pérdidas por evaporación y por cambios leves en composición. Cuando obtengan depósitos o manejos de muestras observe las precauciones necesarias para asegurar muestras representativas del producto y satisfactorias para pruebas de presión de vapor Reid.

Muestras oficiales podrían ser tomadas por o bajo la supervisión inmediata de una persona de juicio, habilidad, y experiencia de muestreo. Si el muestreo o muestras requieren de otras pruebas diferentes a las descritas en la sección 11.3.1.2 a 11.3.1.9, obtenga una muestra separada de muestras de presión de vapor Reid. Nunca prepare muestras compuestas de estas pruebas. Asegúrese que los contenedores estén siendo embarcados por el transportador con forme al ICC, estado o regulaciones locales. Cuando se están fluyendo o limpiando las líneas o contenedores, observe las regulaciones pertinentes y precauciones contra fuego, explosión y otros peligros.

**Estabilidad de Oxidación:**

Cuando los productos de muestreo se están probando por estabilidad de oxidación de acuerdo al método D525, método D873 o por métodos equivalentes, observe las siguientes instrucciones y precauciones: muy pocas cantidades (menos de 0.001%) de algunos materiales, tales como inhibidores, tienen un considerable efecto en pruebas de estabilidad de oxidación. Evitar contaminación y exposición a la luz en el momento de manejar y tomar muestras. Para prevenir excesiva agitación con aire el cual promueve la oxidación, no hacer vaciado, agitarse, o revolver las muestras. Nunca exponga a temperaturas por encima de las necesarias para las condiciones atmosféricas...

## **ANEXOS DEL PROTOCOLO DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

### **ANEXO A1**

Las siguientes sustancias pueden ser usadas en todo el curso de este método estándar de prueba. Las declaraciones preventivas deberían ser leídas antes del empleo de tales sustancias.

**Tabla 11. Declaraciones Preventivas Para El Uso De Sustancias Inflamables**

- **Benceno:**
  - Mantener lejos del calor, chispas, y llama abierta.
  - Mantener el contenedor cerrado.
  - Empleo con ventilación adecuada.
  - Empleo de capucha siempre que sea posible.

Evitar el desarrollo de vapores y eliminar todas las fuentes de ignición, aparatos eléctricos y calentadores.

Evitar la respiración prolongada de vapores o rocío de niebla.

Evitar el contacto con la piel y ojos. No tomar internamente.

Mantener lejos del calor, chispas, y abren la llama.

Mantener el contenedor cerrado.

Empleo con ventilación adecuada. Evite el desarrollo de vapores y elimine todas las fuentes de ignición, sobre todo de aparatos eléctricos y calentadores.

Evitar la respiración prolongada de vapores o rocío de niebla.

Evitar el contacto prolongado o repetido de la piel.

▪ Líquido Inflamable:

Mantener lejos del calor, chispas, y llama.

Mantener el contenedor cerrado.

Usan sólo con una ventilación adecuada.

Evitar la respiración prolongada de vapor o rocío de niebla.

Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

▪ Gasolina:

Perjudicial de ser absorbido por piel.

Mantener lejos del calor, chispas, y llama.

Mantener el contenedor cerrado. Empleo con ventilación adecuada.

Evitar el desarrollo de vapores y eliminan todas las fuentes de ignición sobre todo aparatos eléctricos y calentadores.

Evitar la respiración prolongada de vapor o rocío de niebla.

Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

▪ Tolueno y Xileno:

Inflamable de advertencia. Vapor dañoso.

Mantener lejos del calor, chispas, y llama.

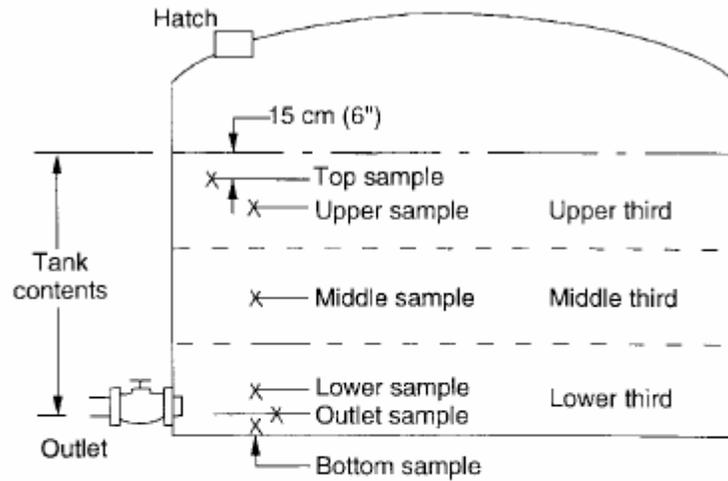
Mantener el contenedor cerrado.

Empleo con ventilación adecuada. Evite respirar de vapor o rocío de niebla.

Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

**Tabla 12.** Instrucciones de muestreo en tanques cilíndricos horizontales

Liquid Depth (% of Diameter)	Sampling Level (% of Diameter Above Bottom)			Composite Sample (Proportionate Parts Of)		
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
100	80	50	20	3	4	3
90	75	50	20	3	4	3
80	70	50	20	2	5	3
70		50	20		6	4
60		50	20		5	5
50		40	20		4	6
40			20			10
30			15			10
20			10			10
10			5			10



NOTE 1—The location shown for the outlet sample applies only to tanks with side outlets. It does not apply when the outlet comes from the floor of the tank or turns down into a sump. Bottom sample location must be specified.

NOTE 2—Samples should be obtained from within solid stand pipes as the materials normally not representative of the material in the tank at that point.

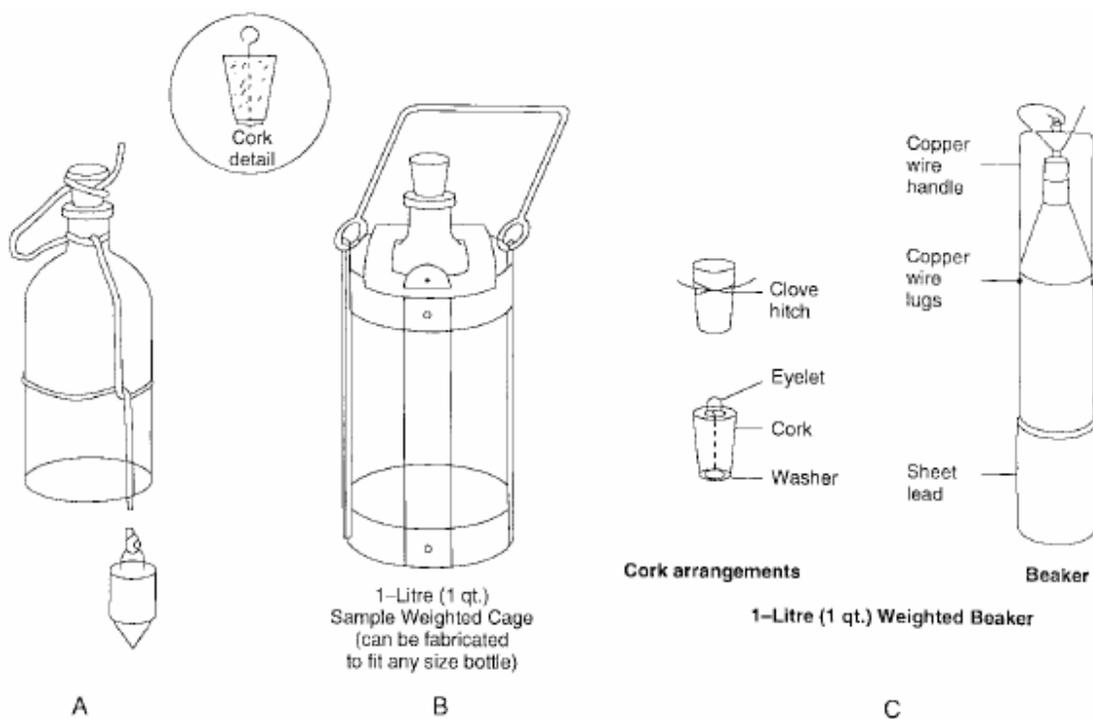
**Figura 1.** Profundidades de muestreo

**Tabla 13.** Numero mínimo de paquetes a seleccionar por muestra

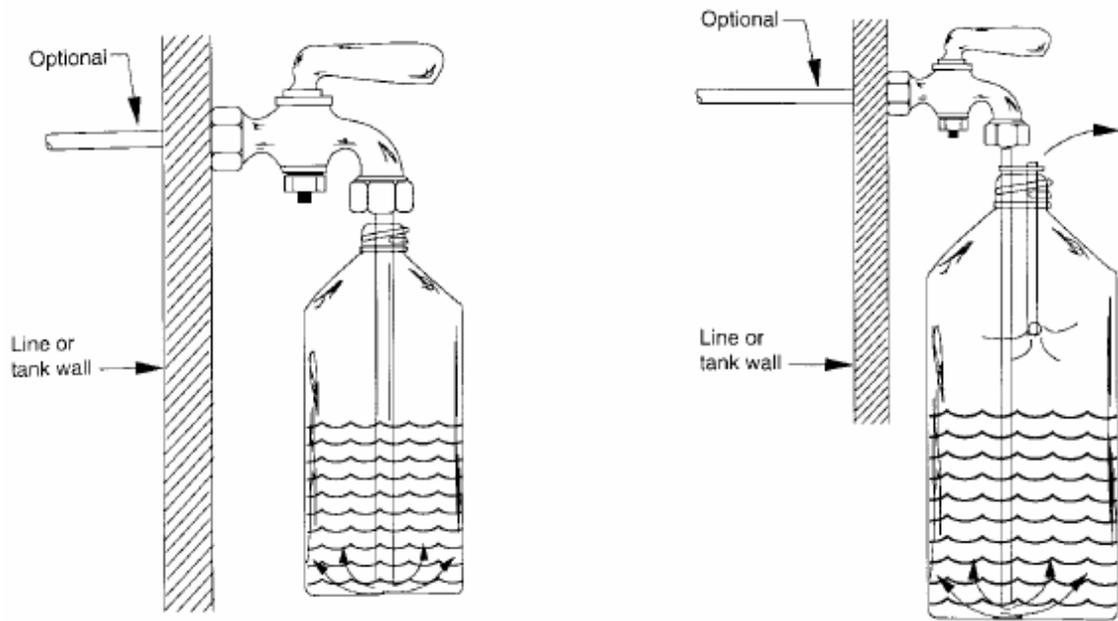
Packages in Lot	Packages to be Sampled	Packages in Lot	Packages to be Sampled
1 to 3	all	1332 to 1728	12
4 to 64	4	1729 to 2197	13
65 to 125	5	2198 to 2744	14
126 to 216	6	2745 to 3375	15
217 to 343	7	3376 to 4096	16
344 to 512	8	4097 to 4913	17
513 to 729	9	4914 to 5832	18
730 to 1000	10	5833 to 6859	19
1001 to 1331	11	6850 and greater	20

**Tabla 14.** Dimensiones del beaker o botella de acuerdo al peso de la muestra

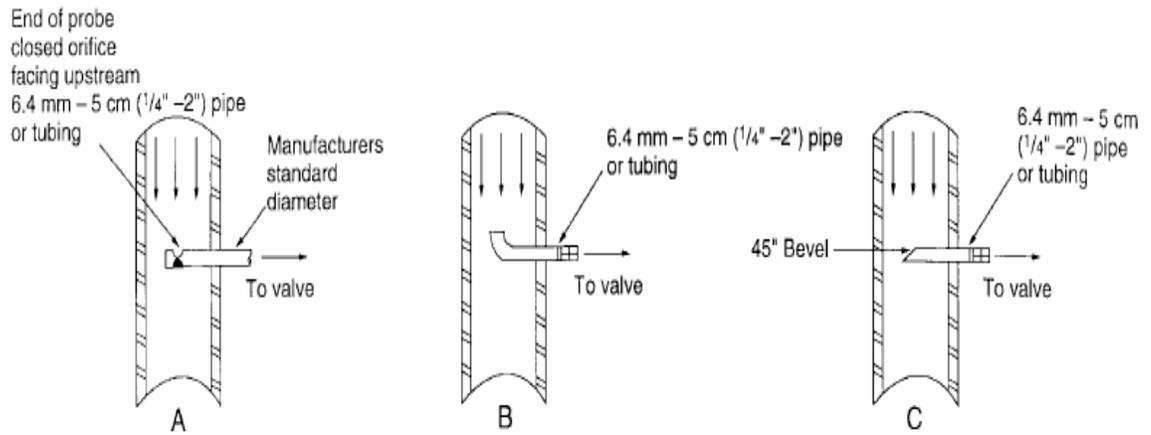
Material	Diameter of Opening	
	cm	in.
Light lubricating oils, kerosines, gasolines, transparent gas oils, diesel fuels, distillates	2	¾
Heavy lubricating oils, nontransparent gas oils	4	1½
Light crude oils less than 43 cTs at 40°C	2	¾
Heavy crude and fuel oils	4	1½



**Figura 2.** Accesorios de las botellas de muestreo

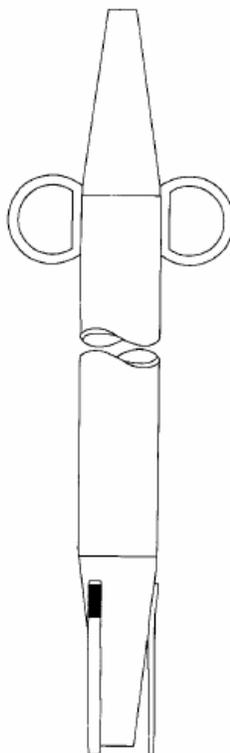


**Figura 3. Accesorios para la toma tipo grifo**

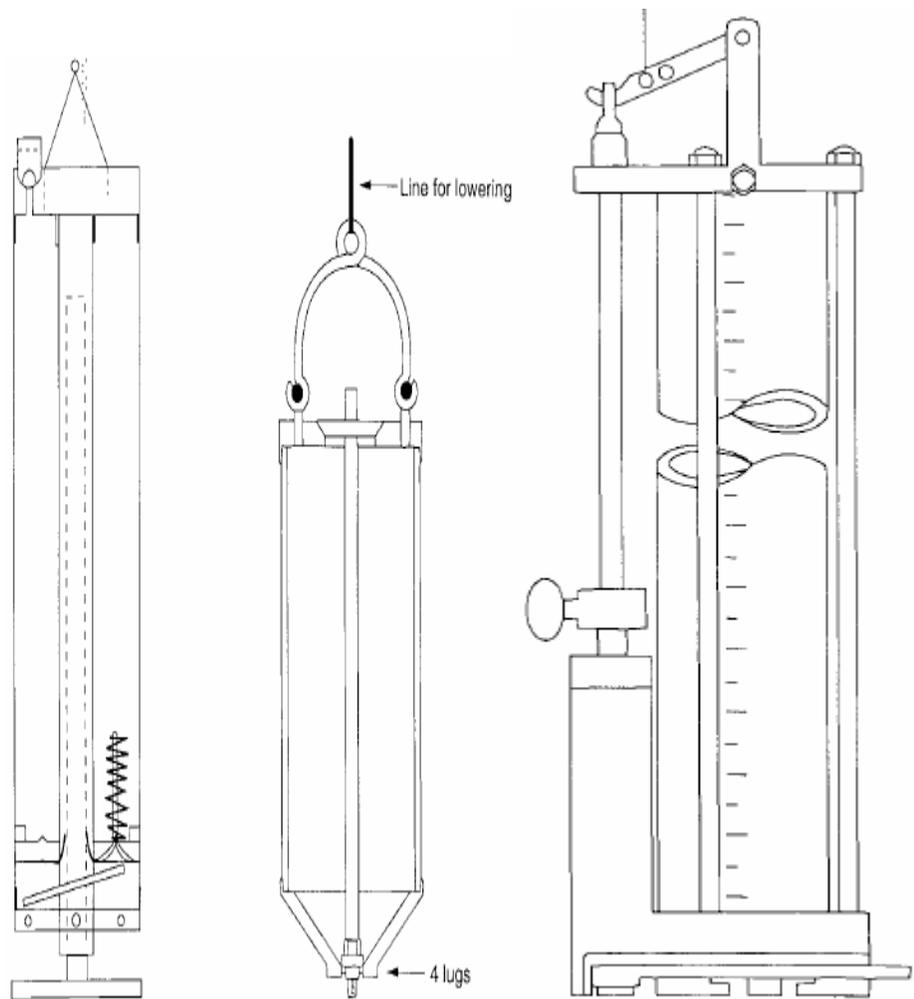


NOTE 1—Probes may be fitted with valves or plug cocks. The probe should be oriented horizontally.

**Figura 4. Sondas para el muestreo manual sectorial**



**Figura 5. Tubo de Muestreo**



**Figura 6. Ladrones.**



**Figura 7. Barrenita pequeña para el procedimiento de corte de semisólidos**

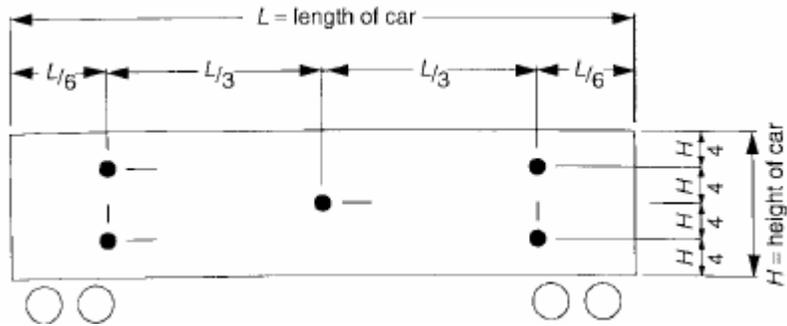


Figura 8. Localización de los puntos de muestreo a diferentes niveles del carro tanque

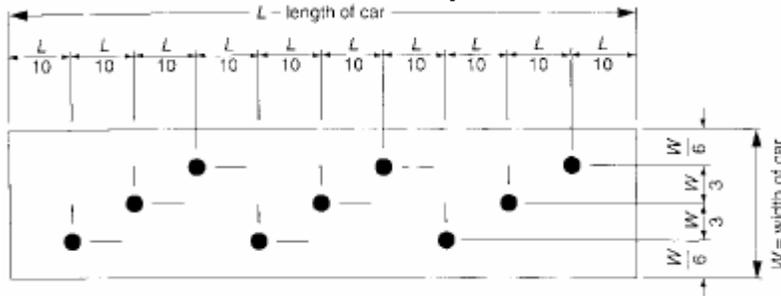


Figura 9. Localización de los puntos de muestreo en la superficie expuesta de carro

Tabla 15. Tamaño de las muestras de grasa

Container	Lot or Shipment	Minimum Sample
Tubes or packages, less than 0.45 Kg (1 lb)	All	enough units for a 4.4 Kg (2 lb) sample
0.45 Kg (1 lb) cans	All	three cans
2.3 or 4.6 Kg (5 or 10 lb) cans	All	one can
Larger than 4.6 Kg (10 lb)	less than 4536 Kg (10 000 lb)	1 to 1.4 Kg (2 to 3 lb) from one or more containers
Larger than 4.6 Kg (10 lb)	4536 to 22 680 Kg (10 000 to 50 000 lb)	1 to 2.3 Kg (2 to 5 lb) from two or more containers
Larger than 4.6 Kg (10 lb)	more than 22 680 Kg (50 000 lb)	1 to 2.3 Kg (2 to 5 lb) from three or more containers

## 4.2 PROTOCOLO DE MUESTREO DE CARBONES

El carbón es una es una roca sedimentaria heterogénea con predominio de material orgánico y cantidades variables pero menores de material inorgánico, lo cual hace que existan grandes diferencias en las propiedades del carbón sobre todo cuando proviene de diferentes fuentes y aún entre el carbón de diferentes zonas de una misma fuente o mina.

El carbón ocupa una posición única dentro de las rocas, debido no solamente a su origen orgánico y sus condiciones particulares de formación, sino también debido a su gran importancia práctica, ya que se usa principalmente como combustible para la generación eléctrica o como materia prima para la manufactura del coque metalúrgico, además de un amplio rango de procesos industriales.

Para lograr una buena eficiencia en cualquiera de los procesos industriales es necesario conocer el carbón, razón por la cual la primera etapa en la evaluación del carbón es el **muestreo**. Este muestreo debe realizarse adecuadamente de manera que asegure que las muestras representen el carbón que se consume, para esto los países productores y consumidores han desarrollado normas claras y precisas, entre las cuales se tienen las establecidas por la ISO, la ASTM y el ICONTEC.

### Objetivos Del Muestreo.

El objetivo de un muestreo de carbones es el de obtener una muestra parcial representativa (es decir, sin error sistemático) de una calidad total de carbón con el fin de determinar propiedades físicas, químicas y petrográficas. La proporción y distribución de estas variables deben ser las mismas en la muestra parcial y total.

Las investigaciones modernas son muy precisas y no tendrían valor, si la muestra investigada no fuera representativa de una cantidad total de carbón (Tomado de Ramírez, 1993).

**EJEMPLO:** Para determinar las propiedades químicas y físicas de una cantidad total de carbón suministrada por una mina, se toma una determinada cantidad de muestras sencillas (incrementos) que se mezclan formando una muestra mixta (bruta). La muestra mixta se tritura, seca, muele, y cuarteo, para obtener muestras parciales. De las muestras parciales se obtienen las muestras de análisis.

### Importancia Del Muestreo.

La importancia de un muestreo adecuado se debe a que:

- Permite evaluar o conocer las características físicas, químicas, petrográficas y tecnológicas del carbón con un grado de certeza muy alto.

- El productor de carbón requiere datos físicos y químicos precisos para planear y controlar la exploración, desarrollo, explotación y mercadeo.
- Las plantas industriales y consumidoras, necesitan datos similares para determinar cuales carbones se adaptan mejor a sus necesidades.
- En los contratos de compra y venta el vendedor y el comprador se basan en los análisis de las muestras para determinar el precio básico del producto, los bonos y los castigos.
- Dependencias gubernamentales requieren estos datos para verificar que se ajustan a normas sobre contaminación ambiental.
- Para la toma de decisiones importantes sobre factibilidad de proyectos mineros, diseño de plantas, técnicas de lavado, manejo de carbón, trituradoras, etc., es necesario tener resultados confiables los cuales se basan en el análisis de muestras representativas colectadas.
- Define el control de calidad.
- La investigación básica y aplicada requiere de una selección de muestras teniendo en cuenta tanto la variedad composicional como el número de muestras y el número de mantos.

#### **Factores Que Afectan El Muestreo.**

El carbón es uno de los materiales más difíciles de muestrear ya que (Tomado de Ramírez, 1993):

- Los mantos de carbón presentan variaciones laterales y verticales tanto en la materia orgánica como en la inorgánica
- Los procedimientos de minería, preparación y manejo rompen el carbón en pedazos heterogéneos en tamaño y composición.
- Las diferencias de tamaño de las partículas producen segregación de ellos en las pilas, bandas transportadoras, volquetas, vagones, etc.
- El carbón es susceptible a la oxidación, más el de menor grado de carbonificación (rango), es decir, los altos en volátiles (Tabla 6)
- Estos factores hacen que tanto el método como el cuidado con el que se realice el muestreo tengan una influencia fundamental en los resultados analíticos

**Tabla 16. Calidad comparativa de un carbón fresco y oxidado (Tomada de Ramírez, 1993).**

Análisis	Muestra fresca (Núcleo 1)		Muestra oxidada (Afloramiento 2)	
	Cruda	Lhcz(*)	Cruda	Lhcz(*)
Humedad, %	6.88		16.10	
Materia volátil, %	35.65	38.67	34.80	41.42
Azufre, %	1.30		0.26	
Poder calorífico, BTU/LB	13.500	14.644	10.110	12.150
Ceniza, %	0.93		0.69	
Carbono, %	56.54	61.33	48.41	58.18

( 1 ): Tomada de un pozo de corazonamiento a 16.8 m de profundidad

( 2 ): Colectada de un apique ubicada a 5 m del pozo

Lhcz: Libre de humedad y cenizas

### Definiciones De Muestras.

En el muestreo de carbones hay que diferenciar (Tomado de Ramírez, 1993) (Figura 9):

- **Suministro (consingment).** Cantidad específica de carbón como un embarque, vagón, tren, producción de un día, etc. Un suministro puede incluir más de un lote de carbón.
- **Lote.** Cantidad de carbón a ser representada por una muestra bruta (mixta).
- **Muestra bruta, ("gross sample").** Muestra mixta que representa un lote de carbón y está compuesta por incrementos en los cuales no ha habido reducción (disminución del tamaño por trituración y molienda) ni división (cuarteo).
- **Incremento.** Muestra sencilla que representa una pequeña porción de un lote colectada por una operación simple de muestreo (una palada de carbón por ejemplo) y que normalmente se combina con otros incrementos del lote para obtener una muestra bruta (mixta). Esta operación también puede ser realizada por una máquina cortadora que atraviesa la corriente de carbón en una banda transportadora durante la descarga de un sistema de transporte.
- **Muestra de laboratorio.** Muestra parcial de una bruta que ha sufrido reducción y división en el laboratorio
- **Muestra de análisis.** Muestra parcial lo suficientemente fina para realizar una investigación.

- **Muestra de azar.** Muestra sencilla seleccionada en forma tal que todas las muestras posibles del mismo tamaño tienen igual oportunidad de ser escogidas. Esta muestra es investigada por si sola y puede servir de control.
- **Muestra sistemática.** Muestra en la cual los incrementos se toman a intervalos iguales de tiempo, lugar, espacio o masa en todo el lote o suministro.

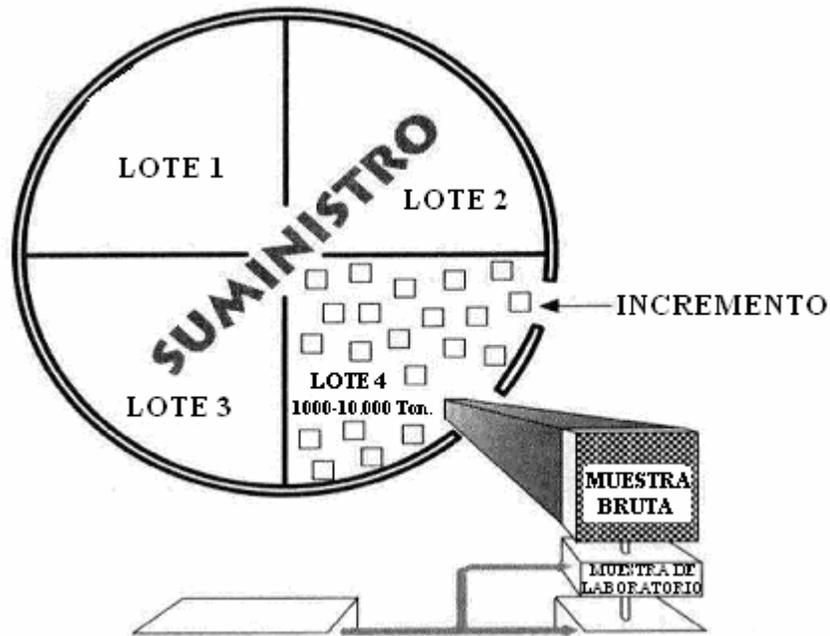


Figura 10. Componentes de la varianza de un programa analítico (Tomada de Ecocarbón, 1995).

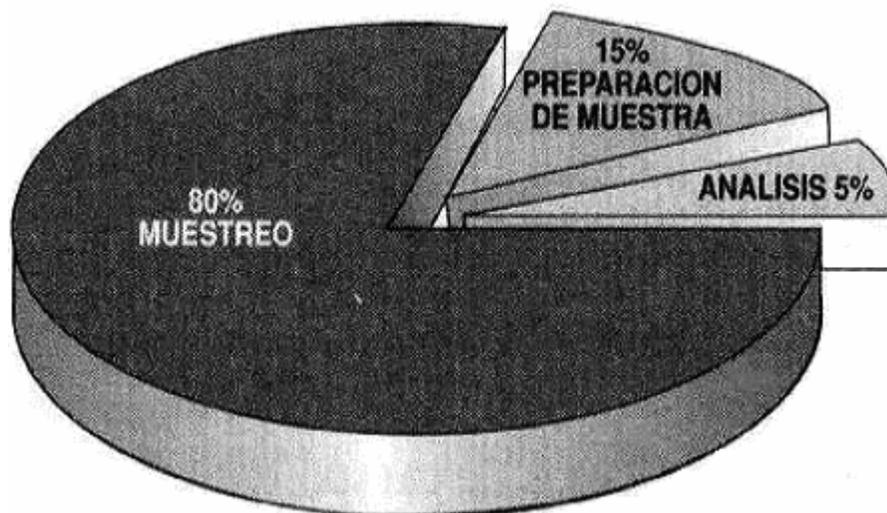


Figura 11. Tipos de muestras y/o secuencia esquemática de muestras (Tomada de Ramírez, 1993).

## Exactitud del Muestreo

Según las normas y por definición ningún muestreo es perfecto, debido a que el valor medio verdadero ( $\mu$ ) de un análisis no puede ser conocido con exactitud. La exactitud es una medida de concordancia entre el verdadero valor y uno experimental. Entre más pequeña sea esta medida más se acerca al verdadero valor, pero como no se conoce, se trabaja con la precisión que es la diferencia entre los valores repetitivos de una experimentación. Entre más pequeñas sean estas diferencias expresadas en varianza, más precisas son las experimentaciones y con ello se supone más se acerca al verdadero valor, considerando que no hay sesgamiento.

No se habla entonces de la exactitud de un muestreo sino de su precisión.

## Precisión del Muestreo (con Base en la Varianza).

La precisión de un muestreo se basa en la precisión de un patrón de referencia para cenizas y humedad del carbón.

Por experiencia se sabe, que si una muestra bruta es analizada para cenizas y los análisis muestran precisión expresada en varianza, esta misma muestra entregará una mayor precisión en otros análisis y por lo tanto se puede considerar como un patrón de referencia.

Entonces se asume, por experiencia, que cuando se muestrea un patrón de referencia, la varianza "error" para la preparación y los análisis es de 1/5 ó 20% de la varianza total y que el resto 4/5 ó 80% de la varianza corresponderá al muestreo y a los análisis (Figura 11).

### EJEMPLO

El análisis de cenizas de un lote de carbón es de 10% con una precisión del 1% en el 95% de todos los análisis. ¿Qué porcentaje de varianza corresponde al muestreo, análisis y preparación? (Observe la figura 2.1)

El 95% de los análisis equivalen a dos desviaciones estándares (2S), por lo tanto las dos desviaciones estándares son iguales al 1% de precisión.

$2S = 1\%$       $S = 1/2\% = 0,5\%$       $S^2$  (varianza) = 0,25%  
1/5 de la varianza corresponde a la preparación y análisis:

$0,25\% \times 1/5 = 0,05\%$ .

De este 0.05%,  $3/4$  corresponden a la preparación (0,0375%) y  $1/4$  a los análisis (0.0125%).

4/5 de la varianza corresponden al muestreo:

$0,25\% \times 4/5 = 0,20\%$ .

Para estas notas todas las referencias de precisión están relacionadas hasta en un 95% de probabilidad, es decir, con más o menos dos desviaciones estándares de un valor medio.

Las características de los carbones varían considerablemente, de suerte que el tipo de muestreo proporcionará diferentes precisiones para diferentes carbones.

### Número De Incrementos

El número de incrementos, tomados de un suministro proveniente de una sola fuente, necesarios para obtener una precisión dada es una función de la **variabilidad** de los carbones y de las **técnicas** de muestreo.

La variabilidad del carbón está dada por:

- Rango del carbón.
- Tipo del carbón (grupos macérales).
- Grado de impureza del carbón (crudo o lavado).

De estos tres parámetros depende la **capacidad de segregación** y el **tamaño** de las partículas del carbón, por ejemplo, un carbón **vitrínico** se parte en pedazos más pequeños que uno **durítico**, además, los carbones antracíticos son más duros que los bituminosos altos en volátiles. Debido a que estos parámetros varían mucho cuando se trata de suministros muy grandes se recomiendan incrementos para lotes hasta de 1.000 toneladas para de esta manera asegurar la precisión del patrón de referencia (Tabla 17 y Tabla 18).

**Tabla 17.** Número de incrementos para cenizas en lotes hasta 1.000 toneladas, según normas ISO (Tomada de Ramírez, 1993).

Estado del carbón	Bandas transportadoras, similares	Vagones, volquetas y barcazas	Barcos	Pilas
Lavado	16	24	32	32
Sin lavar	32	48	64	64

**Tabla 18.** Número de incrementos para humedad en lotes hasta 1.000 toneladas según normas ISO (Tomada de Ramírez, 1993).

Estado del carbón	Número de incrementos para todos los métodos de muestreo
Carbón seco o sin lavar	16
Carbón lavado < 50 mm	32

Para suministros sobre 1.000 toneladas existen dos procedimientos para determinar el número de incrementos: Si el tonelaje total del lote excede 1.000 toneladas, calcule el número de incrementos  $n_2$  como sigue:

$$n_2 = n_1 \sqrt{\frac{\text{Peso total del lote}}{1.000 \text{ toneladas}}}$$

$n_1$  = Es el número de incrementos dado en la tabla

- Dividir el suministro en lotes iguales hasta de 1.000 toneladas o menos y formar una muestra bruta con los incrementos especificados para cada lote, es decir, de los lotes de 1000 toneladas se toman 32 muestras de cada uno según las normas ISO.
- Formar una muestra bruta, pero el número inicial de incrementos para este caso particular se multiplica por el factor empírico dado por:

$$F = \sqrt{\frac{\text{Peso del suministro (toneladas)}}{1.000}}$$

### EJEMPLO

Si se tiene un suministro de 5.000 toneladas de carbón lavado en una pila y se desea conocer el número de incrementos que se deben coleccionar para asegurar la precisión del patrón de referencia.

a.  $\frac{5.000}{1.000} = 5$  lotes cada uno de 1.000

De cada lote se toman 32 incrementos (Normas ISO):  $32 \times 5 = 160$  incrementos.

b. El número inicial de incrementos para lotes de hasta 1.000 toneladas de carbón lavado en una pila es de 32, el cual se multiplica por el factor F.

$$F = \sqrt{\frac{5.000}{1.000}} = \sqrt{5} = 2.22 \text{ luego } 32 \times 2.22 \approx 71 \text{ incrementos}$$

Las desviaciones encontradas no introducen errores significativos siempre y cuando la precisión sea del mismo orden que la del patrón de referencia, pero generalmente se recomienda no buscar una precisión (varianza) menor que 0.5% absoluto, además, para estar seguro de cumplir con cualquier patrón de referencia el número inicial de incrementos nunca debe ser menor de 12.

### Peso Mínimo De Los Incrementos.

Se exige un peso mínimo de los incrementos para evitar desviaciones. El peso debe ser lo suficientemente grande para que las partículas de todos los tamaños queden incluidas así como para que todas las partículas queden representadas en la misma proporción y distribución que el existente en todo el carbón que se está muestreando. El **peso mínimo** de los incrementos depende principalmente del **tamaño** de las partículas (Tabla 9). En general no es aconsejable coleccionar incrementos más grandes que los especificados, a menos que sea inevitable, y el número de incrementos no debe reducirse cuando se toman incrementos más grandes.

El peso mínimo para carbones hasta 150 mm de tamaño tope “top size” está dado por la fórmula empírica:

$$P \text{ (kg)} = 0,06 \times D \text{ (mm)}$$

P = Peso mínimo de los incrementos (siempre > 0,5 kg).

D = Tamaño tope (95% del carbón tiene tamaño igual o menor).

Durante el muestreo el **peso mínimo** debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Cuando se muestrea una banda parada el ancho mínimo de su sección transversal debe ser 2,5 veces el tamaño del tope del carbón.
- Cuando se muestrea una banda en movimiento la abertura mínima del dispositivo muestreador debe ser 2,5 veces el tamaño tope del carbón.
- Cuando se muestrea en volquetas, vagones, barcos, pilas, etc., el ancho mínimo de la pala muestreadora debe ser 2,5 veces el tamaño del tope del carbón (10).
- Los tamaños tope de las partículas en los tres apartes anteriores no deben ser nunca menores de 30 mm.

Para tamaños mayores de 150 mm top size se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Cumplir las condiciones anteriores de muestreo.
- El peso mínimo de los incrementos debe ser 10 kg.
- La proporción de peso del carbón sobre 150 mm debe estimarse o determinarse con el análisis de distribución de tamaños, del cual también se puede determinar el tamaño tope (top size).

El número inicial de incrementos se lee de la Tabla 20. y de él se determinan, según la granulometría del carbón, cuántos corresponden para tamaños sobre 150 mm y cuántos para tamaños menores de 150 mm.

**Tabla 19. Número y peso de incrementos para propósitos generales**

amaño tope (top size)	5/8' (16 mm)	2' (50 mm)	6' (150 mm)
<b>Lavado mecánicamente</b>			
Número mínimo de incrementos	15	15	15
Peso mínimo de cada incremento	1 Kg.	3kg.	7Kg.
<b>Sin lavar (crudo)</b>			
Número mínimo de incrementos	35	35	35
Peso mínimo de cada incremento	1 Kg.	3 Kg.	7 Kg.

**Tabla 20. Tamaños del carbón**

Nombre	Tamaño	Peso
Cocina	2½	3.8
Granulado grueso	1½ - 2½	2.3 - 3.8
Granulado fino	¾ - 1½	1.1 - 2.3
Almendra	1/3 - ¾	0.5 - 1.1
Ripio	< ¼	0.5 Kg.
Carril	< ¾	0.5 Kg

**EJEMPLO:** Para determinar el número de incrementos

Se tiene un carbón crudo, es decir sin lavar, con 21% de cenizas, de este carbón el 10% tiene granulometrías superiores a 150 mm top size. Determinar el número de incrementos si el lote es de 1.000 toneladas y se quiere realizar el muestreo de una banda transportadora.

Según la tabla el número de incrementos es de 32. Los incrementos según la granulometría son:

Material con tamaño tope > 150 mm - 10%

Material con tamaño tope < 150 mm - 90%

El 10% de 32 incrementos ~ 3 > 150 mm

El 90% de 32 incrementos ~ 29 < 150 mm

Para determinar el número de incrementos sobre 150 mm se toma un número determinado de pedazos mayores de 150 mm y se trituran hasta que el carbón pase a tamaños menores de 80 mm. El carbón se mezcla y se cuartea hasta obtener el número de incrementos necesario, cada uno de 10 kg (Ejemplo 30 Kg para los 3 incrementos). El peso de los otros 29 incrementos se toma de acuerdo al tamaño tope, pero en este caso si se toma como tamaño 80 mm entonces el peso de los incrementos sería 4.8 kg x 29 = 139,2 kg.

### **Tipos De Muestreo.**

Aquí solo se tendrá en cuenta el muestro durante la fase de producción y explotación que es la que se asemeja al muestreo que se utiliza en una empresa que utiliza el carbón para generar energía.

- **Sistema de muestreo durante la fase de producción o explotación.** Este muestreo se refiere al carbón que ha sido arrancado o extraído por operaciones mineras y por lo tanto se le denomina muestra de producción. Este muestreo puede ser de carbón en reposo o de una corriente de carbón (carbón en movimiento) (Tomado de Ramírez, 1993).

Los equipos de muestreo utilizados en esta fase se pueden reunir en tres grupos:

- i. Los equipos operados manualmente para carbón en reposo o en flujo.

- ii. Equipos muestreadores de bandas mecánicas para flujos de carbón
  - iii. Tubos muestreadores (augers) para carbón en reposo.
- **Factores causantes y prevenciones de error sistemático en el muestreo.**
    - i. Selección de incrementos de una parte no representativa del carbón muestreado, por ejemplo de un solo lado de un vagón, volqueta, banda transportadora, etc.
    - ii. Colección de incrementos no representativos, por ejemplo cuando se usa una pala con poca capacidad para coleccionar los fragmentos más grandes del carbón. Por este motivo la abertura del dispositivo de muestreo debe ser al menos 2,5 veces más grande que el tamaño tope a muestrear.
    - iii. Se puede corregir el error sistemático cambiando la forma o colocación del aparato de muestreo o cambiando el sistema de muestreo.
    - iv. La precisión del muestreo se puede afectar alterando el número de incrementos pero esto no alterará cualquier error sistemático inerte en el sistema.
  - **Factores críticos del muestreo de carbón en reposo.** Estos factores son:
    - i. Hay segregación de los tamaños de partículas.
    - ii. Existe una mayor susceptibilidad a la oxidación en la superficie que en el interior de la masa
    - iii. La humedad tiende a ser mayor hacia el interior de la masa.

*Antes de tomar la muestra debe decidirse acerca del tamaño requerido para los diferentes ensayos (Tomado de Ecocarbón, 1995).*

*Las muestras deben ser representativas de la mayor cantidad de carbón producido con un mínimo de 12 incrementos cada una. Se debe incluir más de una muestra, sobre todo al considerar que se deben analizar aparte varias características del carbón o del sistema de explotación, por ejemplo, cuando hay varios métodos de minería, minería selectiva, mantos anómalos, carbón meteorizado en algún porcentaje, etc.*

*El número de incrementos para muestrear el carbón hasta 1.000 toneladas se presenta en las tablas 19 y 20*

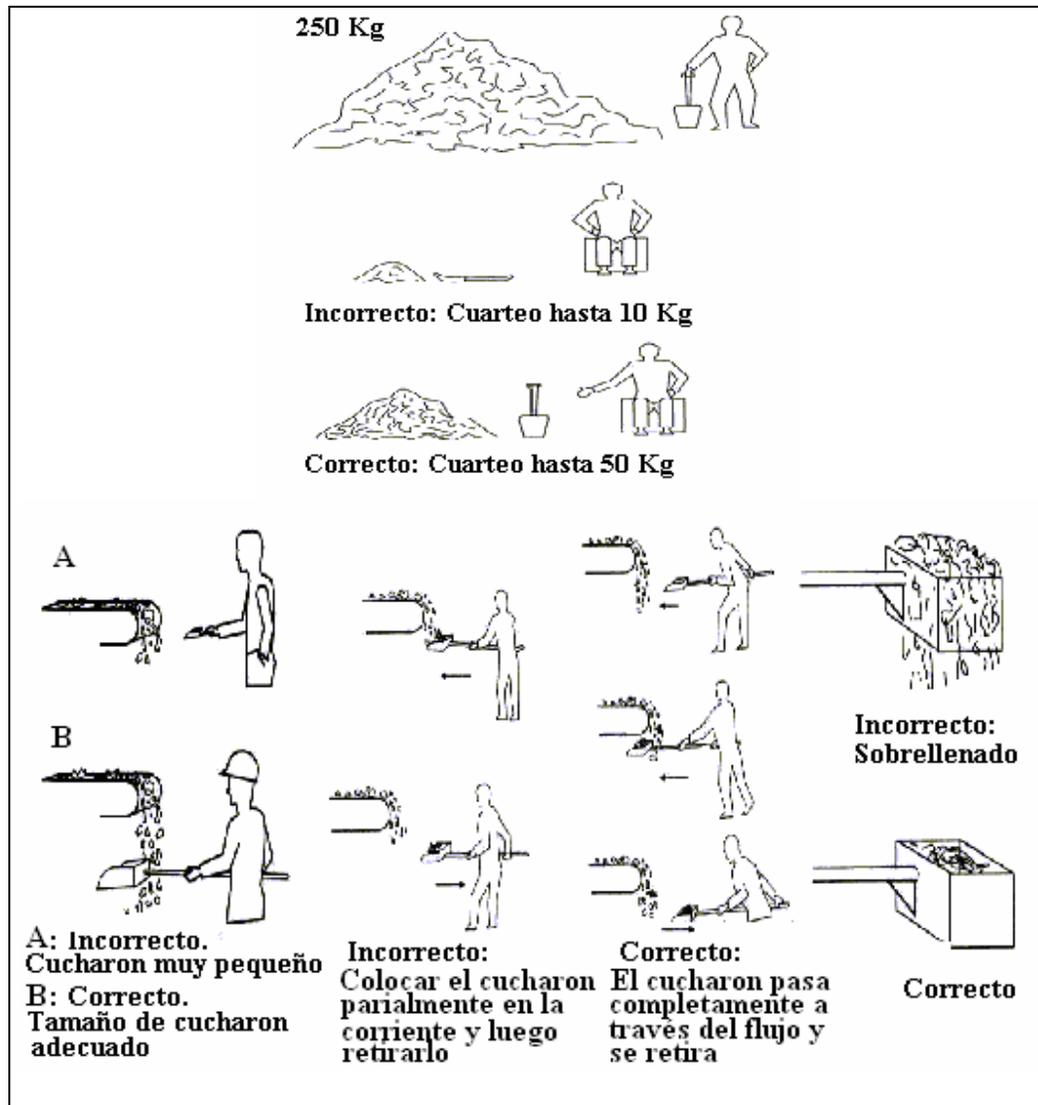
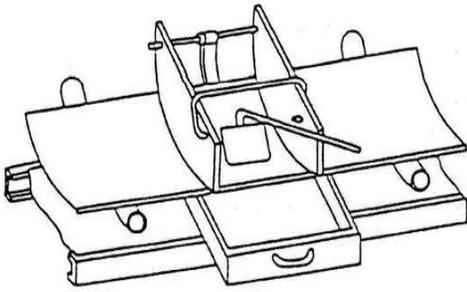
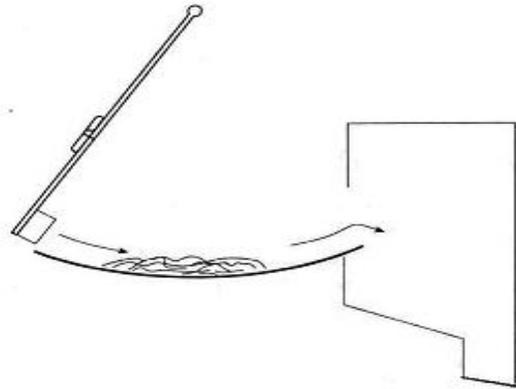


Figura 12. Errores comunes en la toma de incrementos

- **Muestreo de un flujo de carbón (bandas transportadoras).** Este muestreo depende de si el carbón se toma de una banda parada (Figura 1.4) o de una banda en movimiento (Figura 1.5). Este, se considera el método más confiable y satisfactorio, siendo el primero el más preciso, para obtener una muestra exenta de error sistemático. Debe utilizarse para chequear otros métodos. En este tipo se tienen las siguientes consideraciones (Tomado de Ramírez, 1993):

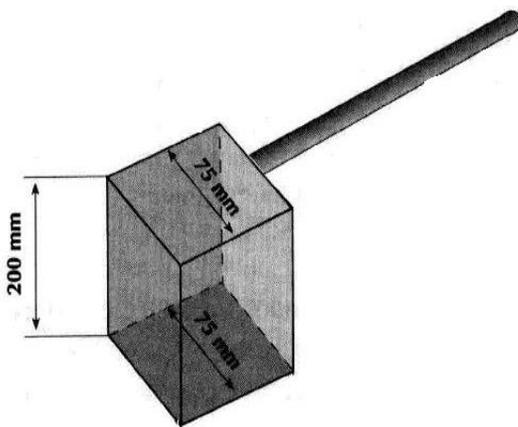


**Figura 13.** Bastidor para muestreo en banda parada (Tomada de Ecocarbón, 1995)

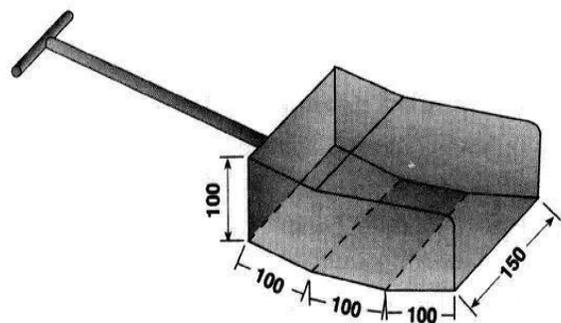


**Figura 14.** Banda móvil – Brazo de arrastre (Tomada de Ecocarbón, 1995)

- i. Los incrementos pueden tomarse con dispositivos especiales (pala, separadores o automáticamente) o a mano.
- ii. Se debe evitar la toma de muestras al comienzo y al final del flujo.
- iii. El muestreo mediante dispositivos puede ser controlado manualmente o automáticamente. Estos dispositivos atraviesan el flujo de carbón asegurándose de tomar todo el espesor y ancho del flujo. Los dispositivos de muestreo han probado ser libres de sesgamiento y son preferibles a los métodos manuales ya que se comportan siempre de la misma manera y eliminan la influencia subjetiva del muestreador.
- iv. En el muestreo manual los incrementos de un flujo de carbón pueden tomarse con una pala o un cucharón, la cual es desplazada a través de todo el ancho del flujo a una velocidad constante (Figuras 13 y 14).



**Figura 15.** Cucharón para fino hasta de 25 mm (Tomado de Ecocarbón,

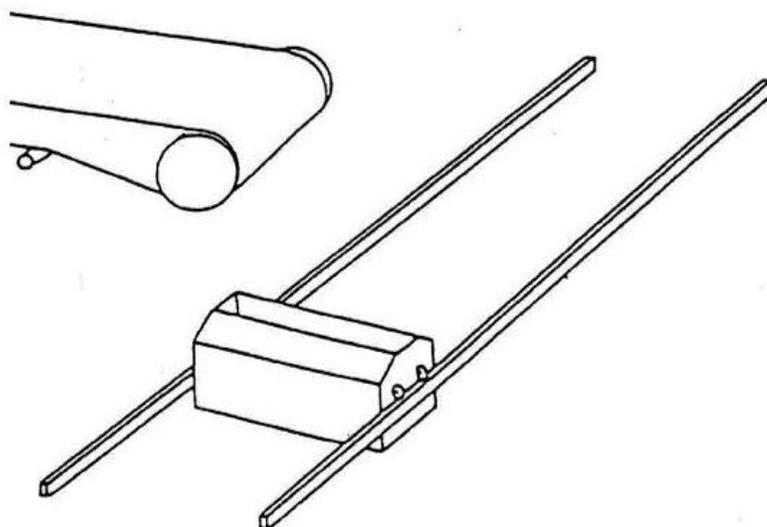


**Figura 16.** Pala de mano para carbón hasta de 50mm (Tomado de Ecocarbón, 1995)

- v. El muestreo de bandas puede realizarse de dos maneras, o tomando incrementos a intervalos iguales de tiempo en donde el peso de los

incrementos es proporcional a la densidad de flujo o tomando incrementos de igual peso.

- vi. Cuando las características del lote a muestrear son regulares y uniformes se utiliza el muestreo basado en el peso en donde la relación de pesos entre el incremento y la masa total es siempre constante.
- vii. Cuando las bandas se mueven a altas velocidades o llevan cargas fuertes son peligrosas. Por ello el muestreo manual de bandas en movimiento se recomienda sólo cuando la velocidad de la banda es menor de 0,15 m/seg., la altura del carbón es menor de 0,3 m y el flujo es menor de 200 t/hora. En el Cerrejón el flujo puede llegar a 10.000 t/hora y la velocidad 0,40 m/seg. Por lo tanto el muestreo se realiza con dispositivos automáticamente (Figura 17).



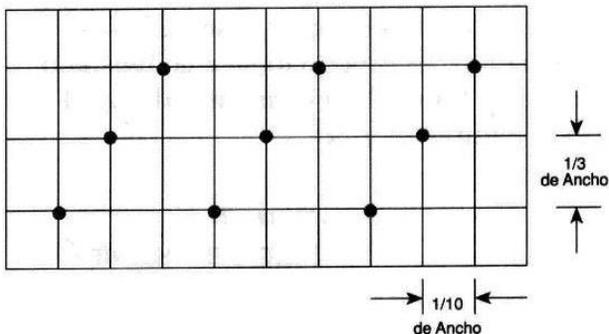
**Figura 17.** Flujo descendente - vasija ranurada (Tomada de Ecocarbón, 1995)

- viii. Para evitar el error sistemático el intervalo de tiempo entre incrementos sucesivos no debe coincidir con ninguna periodicidad natural en la cantidad o calidad del carbón. También hay que tener presente que el ancho de la sección a muestrear debe ser 2,5 veces el tamaño tope del carbón y que se debe evitar tomar la muestra al comienzo o al final del flujo de carbón.
- **Muestreo de carbón en reposo.** Para el muestreo de carbón en reposo como se mencionó anteriormente es conveniente tener presente que existe: a). una segregación de los tamaños de partículas; b). hay una mayor susceptibilidad a la oxidación en la superficie que en el interior de la masa de carbón y c). que la humedad tiende a ser mayor hacia el interior de la masa de carbón (Tomado de Ramírez, 1993).
  - **Muestreo en pilas de carbón.** Son muestras voluminosas de carbón triturado, que se toman desde una pila de almacenamiento. Puede consistir de carbón de uno o varios mantos, carbón lavado o carbón crudo. El método de muestreo depende de la construcción de la pila (Tomada de Ecocarbón, 1995).

□

Las características de estas muestras son las siguientes (Tomado de Ramírez, 1992):

- a. Si se apilan los carbones en capas se debe coleccionar los incrementos pero corazonados en puntos uniformemente espaciados sobre las capas de la pila. Si esta es de grandes dimensiones es aconsejable diseñar el plan de muestreo en un plano.
  - b. El dispositivo de muestreo debe ser adecuado para alcanzar la base de la pila en cualquier sitio.
  - c. Hay que tener precauciones especiales en el muestreo ya que generalmente la capa superficial presenta calidad diferente al resto de las capas debido a la exposición al aire, segregación, menor contenido de humedad.
  - d. En todos los casos el incremento coleccionado representa solo la parte y profundidad del área donde se toma
  - e. Analizar por separado cada incremento y obtener un promedio ponderado teniendo en cuenta la masa de la pila que representa cada muestra
  - f. Cuando se muestrean carbones con tamaños de partículas hasta 25 mm, se utilizan tubos especiales acondicionados. Para carbones con tamaños mayores se excavan huecos con pala en forma tal que el ángulo de las paredes sea menor que el ángulo de reposo del carbón en la pila. Los huecos se deben hacer a diferentes profundidades y con la pala se deben tomar los incrementos desde la parte más profunda hasta la superficie para que las muestras representen varias capas de la pila, tratando de que tengan igual masa.
  - g. Si la pila es de grandes dimensiones se aconseja dividirla en lotes de 1.000 toneladas tomando una muestra bruta de cada lote.
  - h. El número inicial de incrementos para lotes hasta de 1.000 toneladas es igual al número indicado para el muestreo de barcos; para lotes mayores se aplica la fórmula general.
- **Muestreo de volquetas.** Este muestreo junto con el de vagones y camiones se utiliza para propósitos de control de calidad y las muestras no se deberían usar para investigación científica (Tomado de Ecocarbón, 1995). El muestreo se puede realizar *antes, durante* o *después* del descargue del carbón (Tomado de Ramírez, 1992) (Figura 18):



**Figura 18.** Localización de los puntos de muestreo para volqueta o vagón  
(Tomada de Ecocarbón, 1995)

**a. Muestreo sobre el platón antes del descargue.** Se deben considerar las siguientes características:

- i. Cuando la operación se realiza antes del descargue se deben tomar los incrementos con una pala u otro utensilio removiendo una capa de por lo menos 30 cm.
- ii. Elegir los lugares de muestreo por un sistema de líneas paralelas en zigzag a intervalos regulares de acuerdo al tamaño del platón de la volqueta
- iii. Con una pala tomar el incremento (muestra sencilla) en cada sitio. Si se encuentran terrones grandes en el punto de muestreo se deben tomar pequeñas porciones de cada terrón.
- iv. Para evitar errores no se deben tomar los incrementos superficialmente o de un solo lado de la volqueta.
- v. Cuando el material contiene estériles (peñas) hay que tomar una cantidad proporcional al grado de contaminación que se obtiene en el frente de explotación.
- vi. El número y el peso de incrementos a tomar depende del tamaño máximo de los granos

**b. Muestreo durante el descargue.** Cuando se muestrea durante el descargue los incrementos:

- i. Deben abarcar todo el ancho del material en movimiento o por lo menos de tres lugares diferentes del ancho total.
- ii. El orificio de entrada del carbón en el recipiente de muestreo debe ser por lo menos tres veces más grande que el grano más grande de la muestra.
- iii. El muestreo debe efectuarse durante todo el descargue.
- iv. El número y peso de los incrementos depende del tamaño máximo de los granos.

**c. Muestreo inmediatamente después del descargue.** Cuando se muestrea después del descargue, se deben:

- i. Tomar los incrementos a diferentes alturas del talud formado, siguiendo en espiral
- ii. El peso de los incrementos en todos los casos depende del tamaño tope del carbón.

#### **Materiales e implementos requeridos para la toma de muestras de carbón.**

- **Equipo.** Pala de punta cuadrada.
- **Materiales de marcación y rótulos:** Lápices, marcadores indelebles, cinta de enmascarar, de 2.5 cm. de ancho, tarjetas o fichas de identificación.

- **Materiales para empaque:** Bolsas plásticas calibre grueso (igual a 0.15 cm.) y de tamaño 1.0 x 0.8 m, sacos de polipropileno, lona, cuerina o material plástico resistente para hacer el cuarteo preliminar, cabuya o pita y recipientes.
- **Equipos de seguridad:** casco de seguridad, botas de seguridad, overol y guantes.

### 4.3 PROTOCOLO DE MUESTREO DE MADERAS

De acuerdo a lo presentado en el proceso de muestreo, las siguientes son las modificaciones propuestas al protocolo de muestreo presentado inicialmente, estas normas son las aplicables como se había mencionado al análisis y muestreo del carbón, utilizadas en el presente muestreo por la similitud que existe entre ambos combustibles sólidos y la inexistencia de normas aplicables a la madera en el aspecto de muestreo para combustible.

- **Muestreo. (Norma ASTM D 2234-00)**

El muestreo debe presentar coherencia con el número de industrias que utilizan madera como fuente de energía en el Área Metropolitana de Valle de Aburrá, identificadas en su mayoría en sectores tales como aserríos, ladrilleras, secadoras de madera entre otras. La clasificación de los tipos de muestra aplicables según la norma (ASTM D2234-76) es:

- a. **Muestra al azar:** Muestra sencilla seleccionada en forma tal que todas las muestras posibles del mismo tamaño tengan la oportunidad de ser escogidas. En este se trata de recolectar de la parte superior, en medio y en la inferior de la pila, madera tanto sólida a como la presentada en forma de viruta o aserrín.
- b. **Muestras de análisis:** muestra de una granulometría exigida para una investigación.
- c. **Muestra de laboratorio:** Muestra parcial de una muestra bruta que ha sufrido reducción y división en el laboratorio.

Es necesario tener en cuenta en la recolección de muestras que estas no tendrán uniformidad en cuanto especies y la aleatoriedad con que las especies se presenten solo será posible manejar en el análisis de laboratorio, esta aleatoriedad se presenta tanto en especies como en la forma de las maderas (particulada o sólida)

- **Muestreo de Campo y Análisis de Muestras**

Para información acerca de las industrias se buscó mediante los cuestionarios presentados en los anexos que exhibieran aspectos generales, forma de almacenamiento temporal de los residuos, disposición final de los residuos,

cantidad mínima de los residuos recolectados y observaciones adicionales acerca de la empresa.

- **Custodia de las Muestras**

Se recomienda el análisis de las actividades productivas de las empresas seleccionadas para muestreo, ya que esta pueden dar respuesta al la forma de obtención de la madera que se usa para la producción de energía.

Para la obtención de las muestras es necesario identificar los sectores en las industrias presentan concentraciones, el interior de estos sectores se buscará la aleatoriedad de la ubicación de las empresas.

La siguiente son los pasos para la metodología propuesta para la aplicación de muestreo según la norma (ASTM D 2234-00) en especies forestales presentadas en fuentes fijas para el monitoreo de las maderas utilizadas como combustible

1. Identificación de la empresa mediante base de datos facilitada por entidades concernientes al estudio
2. Observación de las características de producción del lugar donde se llevará el ensayo.
3. Identificación de la procedencia del material utilizado como fuente de energía.
4. Recolección de muestras según el numero de estados en que se encuentre la madera u otro material vegetal energético, la que se debe manipular de forma separada, en bolsas plásticas y estas a su vez en costales, en las que se deben garantizar la totalidad de las especies utilizadas en la caldera.
5. Identificación de las especies en campo
6. Codificación de las muestras: para facilidad en el manejo de la información, las muestras serán identificadas mediante un código especial en el que se consignará la mayor cantidad de información referente a la muestra. De tal forma el código consiste de letras y números de la siguiente forma:
  - a. La primera línea se refiere a la empresa de donde proviene la muestra, esta es identificada con su respectivo nombre.
  - b. En la segunda línea el primer carácter será la letra inicial del municipio o lugar identificado ejemplo Medellín (**M**), Itaguí (**I**), etc.
  - c. Los caracteres siguientes se acreditan a la especie
  - d. El último carácter es el que indica si la muestra se toma de la madera para la caldera o del botadero destinado para alimentación de la caldera, este carácter será entonces (**K**) o (**P**) respectivamente.
  - e. El último dígito es el consecutivo del recorrido en que se realiza el muestreo o visita.

#### a. Análisis de Muestras

En el laboratorio las muestras se destinarán de la siguiente forma: se prepara las muestras presentadas en las unidades de muestreo para análisis próximos las que contendrá las siguientes pruebas:

- a. Análisis propiedades física (densidades, volúmenes)
- b. Análisis próximos carbono fijo de ignición y poder calorífico superior.

#### • Propiedades Físicas de Maderas Recolectadas en el Muestreo

Para el primer informe estas propiedades no fueron tenidas en cuenta, sin embargo son consideradas en el actual por la importancia de conocer las propiedades que las maderas de forma individual presentan ante la combustión de si mismas, en especial la propiedad de densidad la cual es un indicativo leñoso en gramos presenta una madera, por unidad de volumen y es la relación entre la masa de la pieza de la madera que se encuentra contenida en la unidad de volumen de la misma, la densidad es la propiedad física que más se usa con el objeto de determinar la calidad o aptitud de una madera para un uso determinado y en especial cuando se utiliza como material de construcción. Tiene gran incidencia en el poder calorífico, permitiendo establecer sistemas de clasificación y dando una idea de la capacidad de absorción del agua, convirtiéndose en propiedad física más estudiada (Vásquez, 2000), básicamente es la relación entre el peso y el volumen de una madera y es expresada en g/cc

Además de a variación de la densidad también varía según el contenido de humedad (CH%) de la madera y con el contenido de las sustancias en las células así mismo, la densidad varía con la posición de la pieza en el tronco. El contenido de humedad tiene gran influencia sobre el peso de la madera expresándose en porcentaje y se encuentra en todos los estados de la madera (verde, Seca al aire y anhidra)

Con un contenido de humedad superior al 30% las maderas son considerada como verdes, en Este estado la madera presenta poca variación en sus propiedades mecánica , sin embargo a medida que la madera se seca por debajo del 30%, las paredes celulares se vuelven más duras y rígidas, con lo que aumentan propiedades mecánicas

En función del grado de humedad, las maderas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- a. **Madera verde:** madera recién cortada y completamente húmeda (contenido en agua: 30-33%). En estas condiciones no puede ser empleada ya que al secarse se encoge y agrieta.
- b. **Madera comercial:** es la que tiene un contenido en humedad inferior al 20%.

- c. **Madera seca:** Su grado de humedad está en equilibrio con la humedad relativa del aire. Se obtiene apilando las tablas y tablonés durante un periodo de tiempo, que puede llegar a varios meses, de forma que permita el paso de corrientes de aire a su través.
- d. **Madera anhidra:** presentan un grado de humedad en torno al 3%.

## b. Preparación de Muestras.

Para realizar análisis es necesario tener previamente identificadas las maderas y luego cortar probetas (pequeños cubos) de un mismo tamaño evitando que la sierra de corte sea pasada de forma rápida, para evitar que la humedad se disipe o evapore en la madera a analizar y de cómo resultado datos de baja confianza. Para el secado de las probetas es necesario llevarlo a cabo en laboratorio, en una estufa en que se somete la madera a una temperatura de 105°C hasta que ésta alcance un peso constante, el que se alcanza aproximadamente a las cuarenta y ocho horas de estar en el horno. En ese momento se dice que la madera está totalmente seca o anhidra,

Para hallar el peso se utiliza una balanza analítica (gr.), en donde se realiza un pesaje antes y después de llevar la probeta al horno

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Productos Forestales “Héctor Anaya” pertinente a la Universidad Nacional Sede Medellín.

### a. Determinación de Propiedades Físicas

Para la determinación de las propiedades es necesario tener en cuenta los siguientes ensayos a realizar a las maderas

#### Contenido de Humedad

Determinación del contenido de humedad en la maderas

$$CH(\%) = \frac{P_v - P_a}{P_a} * 100 \quad (1)$$

CH(%): Porcentaje de contenido de humedad de la madera

P<sub>ch</sub> : Peso madera verde

P<sub>a</sub> : Peso madera seca al horno (anhidra)

Densidad Madera Verde

Madera verde, se refiere a la madera con un contenido de humedad de mayor al 30%. La densidad verde, es la relación entre el peso y volumen de la madera en estado verde.

$$Dv(g/cm^3) = \frac{Mv}{Vv} \quad (2)$$

Dv: Densidad madera verde. (CH≥30%)  
Mv: Masa verde de la probeta. (CH≥30%)  
Vv: Volumen verde de la probeta. (CH≥30%)

### Densidad Anhidra

La madera seca al horno, se refiere a la madera que se ha secado hasta un contenido de humedad del 0%, es decir madera en estado anhidro, se obtiene masa y volumen anhidro secando piezas de madera (probetas) en una estufa con circulación de aire a una temperatura de  $103 \pm 2$  °C hasta obtener una masa constante

$$Da(g/cm^3) = \frac{Ma}{Va} \quad (3)$$

Dv: Densidad anhidra CH =0%  
Mv: Masa probeta hasta la obtención de masa constante con CH =0%  
Vv: Volumen probeta hasta la obtención de masa constante con CH =0%

### Densidad Básica

La densidad básica es la relación que existe entre el peso anhidro y el volumen verde. Esta densidad es menor a las anteriores y se usa con fines comparación

$$Db(g/cm^3) = \frac{Ma}{Vv} \quad (4)$$

Dv: Densidad básica  
Mv: Masa probeta de la probeta seca al horno CH =0%  
Vv: volumen de la probeta verde CH =30%

### **Preparación y Métodos de Ensayo (Laboratorio Carbones)**

El fin de la preparación de estas muestras es el de llevar una muestra en bruto o de tamaños significativos al estado de granulación, el caso propio se pretende llevar las muestras a tamaño de ripio de madera o aserrín. Esta preparación de realizará en el laboratorio de Productos Forestales de La Universidad Nacional Sede Medellín, este proceso consiste en particular las muestras, pesar y se enviar al laboratorio una cantidad, la estimada por el laboratorio de carbones es de 15

gramos. Las muestras deben siempre tener la codificación indicada al inicio de la caracterización.

Durante el proceso de preparación de la muestra como el de almacenamiento, no debe cambiar esta su constitución, es decir se debe evitar algún tipo de contaminación, mezcla de muestras o pérdida del material pesado para envío al laboratorio.

Las pruebas enunciadas se realizarán bajo las siguientes normas.

### **Métodos de ensayo**

A continuación se describen las pruebas propuestas bajo la presente metodología de caracterización de combustibles sólidos maderables, algunos basados en las normas internacionales ASTM.

#### **a. Análisis Próximos (Norma ASTM D3172- 89(02))**

Se conoce como análisis próximos cortos los que comprenden humedad, cenizas y poder calorífico y los análisis próximos largos que son los más inmediatos más análisis de azufre y poder calorífico, los análisis inmediatos corresponden a las determinaciones en porcentaje por peso, humedad, cenizas, material volátil y carbono fijo; este último análisis es el que se pretende realizar a las muestras de maderas.

#### **b. Humedad Residual (Norma ASTM D3173- 87)**

Es la humedad que se pierde de una masa conocida de muestra calentada en una corriente de nitrógeno en un horno mantenido a una temperatura entre 105 °C y 110 °C, en donde debe primero ser equilibrada la muestra a condiciones atmosféricas de laboratorio, el resultado es el porcentaje de humedad calculado por la pérdida de masa, esta humedad es conocida también como humedad higroscópica.

#### **c. Material Volátil (Norma ASTM D3175- 89(02))**

Los materiales volátiles son desprendimientos gaseosos de la materia orgánica e inorgánica durante el calentamiento una muestra de masa conocida es calentada a 900 °C fuera del contacto con aire durante 7 minutos, a medida que la masa se calienta, se desprenden productos gaseosos y líquidos. Existen desprendimientos a bajas temperaturas pero aumenta a partir de los 550 °C, los constituyentes gaseosos son principalmente agua, hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y otros (Ramírez 1992).

Generalmente un calentamiento rápido aumenta el porcentaje de material volátil, por este motivo es análisis de materias volátiles está normalizado. (Ramírez 1992)

**d. Cenizas** (Norma ASTM D3172- 89(02))

Una muestra de masa conocida es calentada en aire hasta 500°C en 30 minutos, y desde 500°C hasta 815°C en 60 a 90 minutos y entonces es conservada a 815°C hasta tener una masa constante.

La cantidad de cenizas de la masa es una medida para determinar la cantidad de minerales que contiene.

**e. Poder Calorífico** (Norma ASTM D2015- 89(00)).

La energía específica es la cantidad de calor generada por una combustión completa de una masa específica de carbón en presencia de oxígeno.

El poder calorífico representa la energía de combustión del carbono e hidrógeno de la materia orgánica y del azufre pirítico y en parte del orgánico.

El poder calorífico se determina en una bomba calorimétrica y por ello es una medición directa del calor generado por la combustión completa de masa. Este análisis da una medida del poder calorífico superior (PCS) porque todo el calor generado lo recibe el calorímetro, ya que el vapor de agua que resulta se condensa entregando su energía de evado

En el poder calorífico neto (PCN), se asume que el vapor de agua generado por las reacciones no se condensa en el sistema de combustión y por ende este calor latente no se recupera.

#### **4.4 PROTOCOLO DE MUESTREO DE GASES**

##### **Consideraciones Generales**

En muestras recogidas de gas natural, las consideraciones deben ser dadas para propósitos en los cuales las muestras son usadas y las condiciones bajo las cuales se encuentran deben ser seguras. Las consideraciones deben ser dadas sobre el volumen de la muestra requerida para el propósito indicado. Los recipientes, la línea de muestreo y los equipos auxiliares, son construidos tomando en cuenta el diseño, tamaño, y material para el buen transporte del gas desde la fuente hasta el contenedor y subsecuentemente del contenedor al punto de uso. Se debe tener en cuenta todos los posibles componentes del gas, ya que se tienen diferentes casos donde el gas contiene solamente hidrocarburos y gases inertes tales como nitrógeno y dióxido de carbono o puede tener sulfuro de hidrogeno, mercaptanos u otros sulfuros contaminantes. El objetivo es obtener una muestra representativa de gas ya que cualquier análisis subsiguiente, ya sea de análisis, es útil o inútil obtener una muestra representativa.

##### **Fuentes Usuales de Muestreo**

En el muestreo de gases naturales para propósitos de prueba, puede requerirse de una o más de las siguientes fuentes: pozos de gas, campos que reúnen líneas antes y después de las plantas de procesamiento, principalmente líneas de tubería, sistemas de distribución urbanos y sostenedores de almacenaje. El gas puede existir a presiones tan altas como 9000 a 10000 psi (62000 a 69000 kpa) en algunos pozos de gas, o bajo presión sub - atmosférica en otros; en líneas de transmisión de 50 a 1200 psi (345 a 8300 kpa), a 100 psi (0.7 a 700 kpa) en sistemas de distribución de gas urbanos. Cuando se toman muestras bajo las cuales varían ampliamente las condiciones, se debe tener en cuenta precauciones especiales empleando la técnica apropiada para esta clase de situaciones.

### **Volumen de Muestreo Requerido**

El volumen de muestreo requerido depende del análisis a realizarse y del instrumento que se este utilizando. En general, se recomiendan los siguientes volúmenes de muestreo mínimos incluyendo (tabla 11), el volumen necesario para purgar los instrumentos. Estas cantidades normalmente son suficientes para dos pruebas, una original y otra de chequeo.

### **Descripción de Términos**

**Sonda de Muestreo:** la sonda de muestreo es la porción de línea de muestreo atada y extendida dentro de la tubería o del contenedor del gas a ser muestreado.

**Línea de Muestreo:** la línea de muestreo es la porción de un tubo flexible o semirígido usado para conducir la muestra de la sonda de muestreo al mismo contenedor.

**Contenedor de Muestreo:** el contenedor de muestra es un vaso en el cual la muestra de gas es recolectada, almacenada y transportada al equipo analítico.

- a) Es preferible que las muestras sean tomadas directamente de la línea o el pozo con aparatos analíticos.
- b) Si hay contenido de sulfuro de hidrogeno, la prueba se debe correr en el campo. Si solo esta involucrado el azufre orgánico la muestra debe transportarse al laboratorio.

**Tabla 21.** Volúmenes de muestreo

PRUEBA	CANTIDAD
Análisis Químico de gas	1000 cm <sup>3</sup>
Densidad Relativa (Gravedad Especifica) con instrumentos tipo balance	1,0 ft <sup>3</sup> (0.028 m <sup>3</sup> )
Análisis de Sulfuros de Hidrogeno	250 a 700 cm <sup>3</sup>
Determinación del Poder Calorífico	3 a 5 ft <sup>3</sup> (0.085 a 0.141 m <sup>3</sup> )
Contenido de sulfuros	10 ft <sup>3</sup> (0.283 m <sup>3</sup> )
Contenido de Gasolinas	5 a 10 ft <sup>3</sup> (0.141 a 0.283 m <sup>3</sup> )/por prueba (algunas pruebas necesitan un día)
Análisis Fraccional	5 a 10 ft <sup>3</sup> (0.141 a 0.283 m <sup>3</sup> )
Pruebas de Máxima Expansión	10 ft <sup>3</sup> (0.283 m <sup>3</sup> )

### Resumen del Método

Este método es la conducción apropiada de flujo de gas de la fuente de muestreo hasta unos recipientes purgadores, de donde se obtiene una muestra representativa de gas natural. Para realizar la prueba se puede requerir tomar una pequeña porción de muestra. Una serie de muestras tomadas consecutivamente, pueden ser consideradas como un rango de muestreo. El rango de las muestras también puede ser obtenido de un método de recolección continua. Este se puede realizar mediante un muestreo continuo y directo por instrumentos analíticos de indicación o grabación, o también recolectando muestras continuas en un contenedor portátil alrededor de un periodo de 24 h (o cualquier otro tiempo deseado).

El purgamiento de la sonda, línea de muestreo y el contenedor de la muestra puede ser hecho por el gas a ser muestreado (desplazamiento de aire) por desplazamiento de agua, o mediante la aplicación de vacío. Generalmente, el gas natural esta bajo la suficiente presión para purgar y llenar los contenedores sin el uso de medios adicionales, sin embargo en instancias donde no es el caso, algunos medios mecánicos deben ser usados

El tipo de muestra, el método de purgamiento, el tipo de contenedor, y cualquier equipo de presión auxiliar, si es necesario, siempre influirá sobre la muestras.

### Instrumentos

- **Conexiones de Muestreo:** conexiones de tubería enhebradas o soldadas de 1/8 o 1/4 pulgadas de diámetro hacia el lado del vaso contenedor del gas. Si se presenta una capa de condensado la sonda de muestreo debe extenderse cierta distancia dentro del vaso. Una distancia de 1/6 del diámetro del vaso se

ha encontrado que es satisfactoria. Para condiciones inusuales pueden ser requeridas sondas enfriadas con agua de construcción especial.

- **Líneas de Muestreo:** pueden ser de 1.8 o 1.4 pulgadas, 3/32 a 3/8 de pulgadas diámetro exterior de tubería de hierro y de laminas de cobre respectivamente, acero tipo 304 o tubería de aluminio; o de 1/4 pulgadas para mangueras de alta presión (Nota 1). Grandes tamaños pueden ser usados cuando las condiciones lo requieran. Sin tener en cuenta el tamaño o longitud de la línea de muestreo, el flujo y el tiempo de purgamiento deben ser lo suficientemente rápidos para asegurar que una muestra exacta y fresca sea obtenida de la fuente de alimentación. En general, las líneas de muestreo deben ser tan cortas y tan pequeñas en diámetro como tan prácticas a la hora de reducir el tiempo de purgamiento y el contenido de volumen esto es recomendable en el caso de muestreo continuo, donde la línea directa de la fuente de alimentación al dispositivo analítico, permite un cambio rápido de muestra, tanto que los instrumentos utilizados pueden seguir siendo los mismos cuando se acerca a cualquier cambio en la composición de la fuente de suministro. Se puede utilizar Tubería de vidrio, cuarzo o porcelana para líneas de muestreo cuando la presión del gas es baja.

NOTA 1. Se recomienda utilizar caucho de baja permeabilidad como material de la línea para extensiones mínimas y no deben reaccionar con la muestra. Diferentes tipos de tubería de plástico flexible pueden ser mejores que el caucho para esta clase de servicio. El caucho no se debe considerar para condiciones de baja presión.

- **Contenedores de Muestras:** deben ser de fácil manejo para el muestreo y transporte de la muestra hasta los dispositivos de la prueba. Debe ser de tamaño adecuado y de un material que no reaccione con la muestra (Nota 2). El tamaño del contenedor puede variar de 250 cm<sup>3</sup> hasta algunos pies cúbicos. Los más comunes son de hierro, acero y vidrio aunque puede ser de cualquier metal o cualquier aleación lo suficientemente fuerte. El diseño y tipo de los contenedores puede ser de cualquier forma, como botellas, canecas, tubos, cilindros o tanques los cuales pueden ser sellados con llaves de paso, válvulas, corchos o clips de caucho. Si la muestra será transportada bajo presión, el vaso debe cumplir con los requerimientos y ser aprobado por "La Comisión Interestatal de Comercio". Excepto por las muestras pequeñas. Para el análisis del gas, es preferible muestrear el gas sin el uso de líquidos de confinamiento, tales como soluciones acuosas con varios químicos. El agua o el mercurio pueden ser usados para forzar la muestra a salir del contenedor dentro de los aparatos de prueba (Precaución Nota 3) los tipos de contenedores de muestreo son ilustrados en la figura 19.

**Nota 2** – los fluidos de confinamiento no deben reaccionar con el contenedor o la muestra.

**Nota 3** – **PRECAUCIONES CON EL MERCURIO-** el mercurio es un metal extremadamente toxico. La concentración de vapor del mercurio en equilibrio

con el metal a temperatura del cuarto, excede el valor límite de exposición ocupacional a un toxico. **Úselo en un área bien ventilada.** Cuando ocurra un derrame limpie muy cuidadosamente. Neutralice las gotas finas o las gotas inasequibles cubriendo con flores de sulfuro, zinc, polvo, o calcio polisulfurado. Se recomienda que el personal, constantemente expuesto al mercurio, sea examinado periódicamente por médicos.

- **Equipo de Presión Auxiliar:** En las instancias donde la presión de el gas natural no es suficiente para purgar y llenar el contenedor, se emplea el siguiente equipo:
  - a. Bombilla de Caucho con válvulas en cada extremo, una para succionar y la otra para presionar.
  - b. Bomba Manual equipada con válvulas de doble acción.
  - c. Desplazador del líquido confinante en dos contenedores tales como agua o mercurio.Estos ítems son mostrados en la Fig. 20
  
- **Etiquetas de Viaje o Stickers:** sirven para identificar propiamente y describir todas las muestras para así, el analista hacer un buen manejo de la muestra. Un sticker o una etiqueta de viaje adherida al contenedor incluye la siguiente información:
  - i. Lugar de donde proviene la muestra
  - ii. Línea de donde proviene la muestra
  - iii. Método de muestreo
  - iv. Fecha de muestreo
  - v. Tiempo de muestreo
  - vi. Clase de gas
  - VII. Comentarios

#### 4.4.1 Procedimiento para el Muestreo del Gas Natural con Contenido de Hidrocarburos Primarios y Nitrógeno.

Para muestras pequeñas en contenedores de baja presión para realizar análisis de constituyentes químicos, se recomienda el siguiente procedimiento:

- a. Cuando se utiliza botellas de vidrio como contenedores, cierre la línea de gas totalmente hasta que no queden restos de gas remanente. La tubería tiene un estiramiento de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$  pulgadas, se debe dejar una pequeña corriente de gas fluyendo a través de la tubería para que no entre aire exterior a la muestra.
- b. Desplazar el aire en pequeños baches de una botella de vidrio de un cuarto, sumergiéndola en una cubeta con agua. Esto puede mejorarse manteniendo la botella en el fondo de la cubeta en posición vertical y permitiendo al agua fluir dentro del orificio de la botella hasta que esté completamente lleno (Fig. 21). luego, sin sacar la botella del agua, invertirla tanto, que el orificio esté hacia el fondo de la cubeta (Fig. 21). No remueva

la botella del agua hasta que la muestra de gas halla sido recolectada y este firmemente sujeta.

- c. Si no se observa burbujas de aire en la botella después de voltearla, permita que el gas burbujee suavemente desde la manguera de caucho dentro de la botella en esta posición (Fig. 21). La tasa de flujo debe ser tal, que en 1 min. aproximadamente se pueda desplazar toda el agua en la botella. Permita que el gas burbujee dentro de la botella por 2 minutos.
- d. Después de que el gas haya desplazado toda el agua, se debe tener listo un corcho de alta calidad, no poroso. Al retirar el tubo, de inmediato se debe cerrar la botella fuertemente. Amarre con un alambre o sujete el corcho en la botella. Si no va a ser usado inmediatamente selle con parafina o con cera. Seque la botella y átela, una vez haya sido identificada con la etiqueta.
- e. Cuando se usa el método empleando contenedores de muestreo con válvulas o llaves de paso en cada extremo, cierre la línea totalmente hasta que no quede gas. Estire la manguera de  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{8}$  de pulgada de la conexión de la tubería hecha en ese lugar, y deje que una pequeña corriente de gas fluya a través del tubo, para que no entre aire a la muestra de fuentes exteriores. Cuando el contenedor de la muestra esté completamente lleno con agua, sosténgalo verticalmente y permita que el agua fluya a través del fondo de la válvula hasta inundar desde la parte de encima de la válvula, asegurando que el aire ha sido desplazado y luego se deben cerrar las válvulas (Fig. 22).
- f. Ate la manguera de caucho a través de la cual el gas esta fluyendo suavemente a la válvula superior, y luego abra la válvula del fondo, vaciando el agua dentro de una cubeta (Fig. 22).
- g. Regule el flujo tanto que este tome alrededor de 1 min. para desplazar toda el agua cerca de la válvula de fondo y luego cierre la válvula de encima.
- h. Para el desplazamiento de aire, siga el procedimiento descrito anteriormente para un cilindro lleno. Mientras se sujeta el contenedor verticalmente, ate el tubo de caucho a través del cual el gas esta fluyendo hacia la válvula de encima (Fig. 5), abra esta válvula y luego abra la del fondo. Permita que el gas fluya hacia abajo a través del contenedor de la muestra a una a tasa rápida del desplazamiento del aire. Deje el flujo de gas por lo menos dos minutos, o hasta que todo el aire haya sido desplazado. Normalmente basta con un flujo de gas equivalente a 10 veces el volumen del contenedor de muestreo.

Para recoger grandes muestras en contenedores de alta presión, con el fin de determinar el poder calorífico, densidad relativa y realizar un análisis; se recomienda utilizar el siguiente procediendo:

- a. Ante la manguera de alta presión de  $\frac{1}{4}$  pulgadas, tubo de hierro, tubo de cobre, de acero tipo 304 o de aluminio; al punto de muestreo.
- b. Sople el gas a través de la línea de muestreo hasta que no quede gas. Ate el extremo de salida de la línea de muestreo al contenedor como se observa en la Fig. 6 si la presión del gas es la suficiente para llenar el tanque a la presión deseada o al lado de succión de la bomba manual y

con otra línea desde la bomba de presión lateral hasta el contenedor si la presión es muy baja. Esto se puede observar en la Fig. 24. abra las válvulas de entrada y salida del contenedor. Abra la válvula de la línea de muestreo controlando la tasa de flujo como sea posible. Llene el contenedor a la presión deseada, cerrando la válvula de salida y regulando la válvula en la línea de muestreo.

- c. Vacíe el tanque a condiciones atmosféricas.
- d. Repita el vaciado y llenado del contenedor de 8 a 10 veces.
- e. Luego llene el tanque a la presión deseable.
- f. Acerque ambas válvulas y la válvula regulatoria, desconecte el encajador y marque el contenedor.

Si es necesario recoger grandes muestras para determinar las desviaciones de la ley de los gases o para análisis mediante fraccionamiento, algunos contenedores deben estar llenos. Esto se puede lograr mediante un sistema de manifold que permitirá tomar algunas muestras simultáneamente (Fig. 25). Esto asegura la misma composición del gas a la misma presión y temperatura en todos los tanques, de los cuales, algunos dan un suministro adecuado de gas a una presión alta para cada prueba. Satisfactoriamente las muestras se aseguran mejor, llenando el contenedor lentamente.

Las muestras de la línea de gas serán tomadas de una conexión vertical sobre el centro de la línea si es posible, tanto que los condensados atrapados no sean conducido dentro de la línea de muestreo, asegurando la remoción de cualquier condensado, la conexión deberá ser soplada por 20 seg. para llenar el flujo. La temperatura del gas en la línea, debe ser identificada. Las temperaturas al nivel de la línea sirven si la presión del gas no ha sido comprimida o reducida.

Después de cerrar las muestras y taponar la válvula, se deben chequear los contenedores por goteras y llevarlos al laboratorio propiamente. Para minimizar la condensación dentro del contenedor, el tanque debe mantenerse tan caliente como la temperatura a cual este fue llenado. Estas precauciones pueden despreciarse si la temperatura ambiental y la temperatura del laboratorio están por encima de la temperatura de la fuente de gas de la cual se tomaron las muestras.

#### **4.4.2 Muestreo del Gas Natural que contiene Sulfuro de hidrógeno, o compuestos de sulfuros orgánicos u otros contaminantes del sulfuro**

Se recomienda para el gas natural que contiene el sulfuro de hidrógeno, o sulfuros orgánicos, o ambos, muestrearlo directamente de la fuente, por ejemplo de la cabeza de pozo o de la línea de gas, dentro del instrumento de prueba con una longitud mínima de la tubería (aluminio, acero inoxidable, o tubería de vidrio), unida con las mangas de goma a los extremos de la tubería acoplada para no exponer ningún caucho al gas fluyente. Cuando se está usando guarniciones con tubería de metal, estas deben ser del mismo material de la tubería. Si esto no se puede hacer, los contenedores de vidrio secos y el método de desplazamiento de aire, pueden ser usados para recolectar muestras. No se deben utilizar líneas del

muestreo y contenedores de muestras fabricados en hierro, acero o de cobre, ya que el sulfuro se combinará con estos materiales, causando una disminución en el contenido de sulfuro de la muestra. El agua no se debe utilizar como líquido de confinamiento en el contenedor pues disolverá una porción de los sulfuros gaseosos y posiblemente de otros compuestos de sulfuro. Se debe utilizar una y un tubo de muestreos limpios, para recolectar una muestra de gas natural con contenido de sulfuros. La temperatura del aire en un contenedor debe estar casi como la temperatura de la muestra que se introducirá. Conecte un tubo flexible al recipiente del cual la muestra debe ser tomada y permita que el gas fluya a través este tubo para reemplazar el aire allí contenido. Inserte el extremo libre del tubo en el orificio de la botella de vidrio (o conéctela con un extremo del envase de muestreo) y extiéndalo al fondo de la botella. El gas ha ser muestreado pasara enérgicamente a través del tubo y la botella por un periodo no menor a 10 minutos. Si el gas que se muestreará es más ligero que el aire, la botella se debe apoyar en una posición invertida durante esta operación; si el gas es más pesado que el aire, la botella debe estar en su posición vertical normal. La muestra se debe desplazar de la botella al aparato analítico con un mínimo de contacto con el agua acidificada.

#### **4.4.3 Muestreo de Gas Natural con Contenido de Dióxido de Carbono**

El gas natural que contiene más que 0.5 % de dióxido de carbono se recolectara en contenedores secos ya que el CO<sub>2</sub> es muy soluble en agua. El muestreo de tales gases debe proceder de acuerdo con los métodos secos listados en 8.1.5. El desplazamiento del contenedor a los instrumentos de prueba será hecho con mercurio o libre de presión. Los gases con contenidos de CO<sub>2</sub> menores que 0.5 %, también deberán ser muestreados en contenedores secos, pero como el porcentaje es muy bajo y menor la oportunidad de absorción con un mínimo de contacto con el agua, este puede ser muestreado mediante el método de desplazamiento de agua previamente descrito. Los métodos secos y húmedos descritos anteriormente pueden ser usados para este propósito. Los desplazamientos de la muestra del contendor para los instrumentos de prueba pueden ser hechos con mercurio agua o mediante liberación de presión.

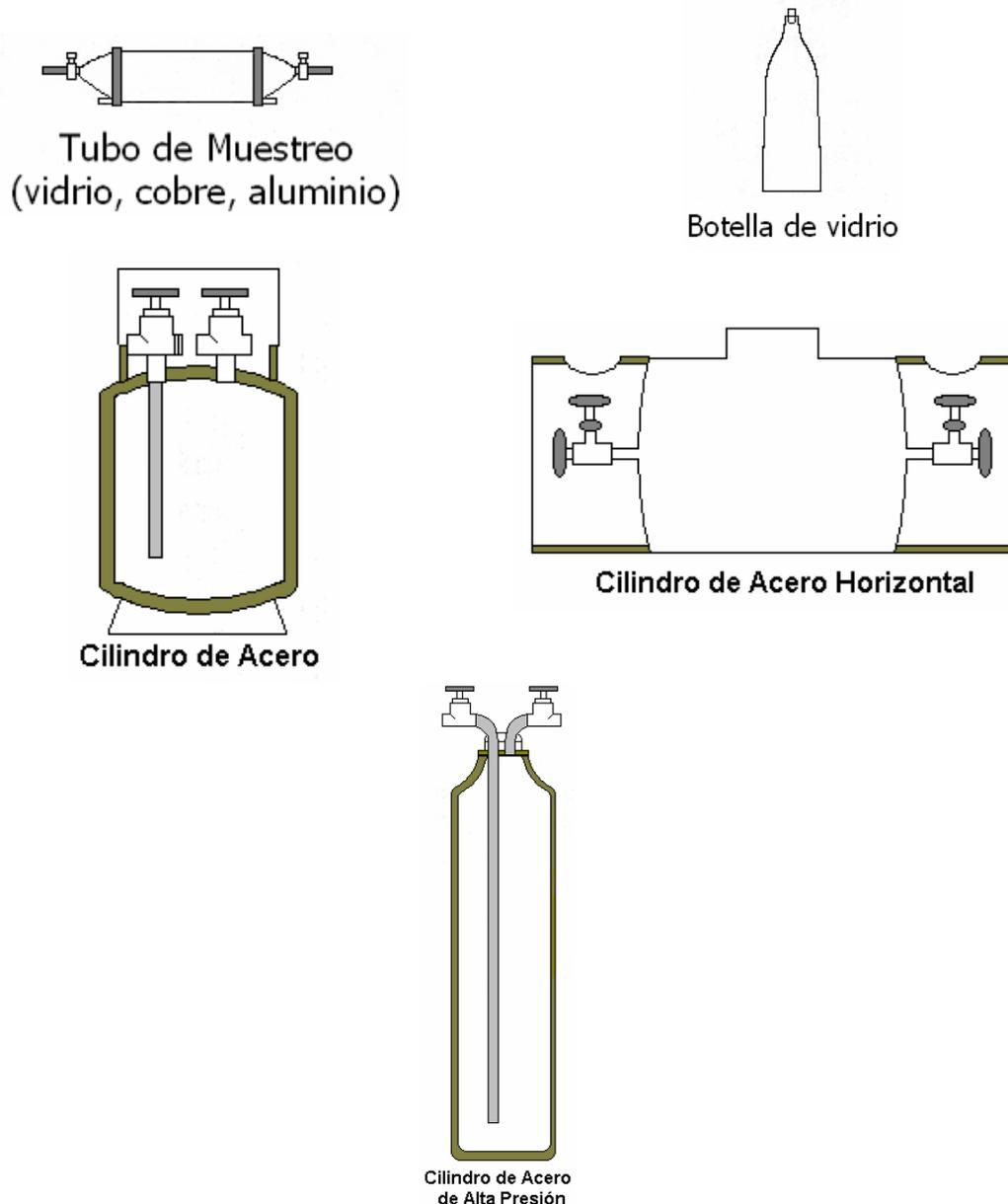
#### **4.4.4 Muestreo de Gas Natural con Contenido de Gasolinas y Condensados**

Para determinar el contenido de la gasolina de un gas natural el muestreo se debe hacer en el campo. Es normal que sea hecho mediante la absorción de la gasolina en el lecho carbón de un volumen medido de gas. El lecho de carbón que contiene la gasolina debe luego ser tomados en el laboratorio para destilación. El contenido de la gasolina en los gases varía y por lo tanto es necesario varias pruebas.

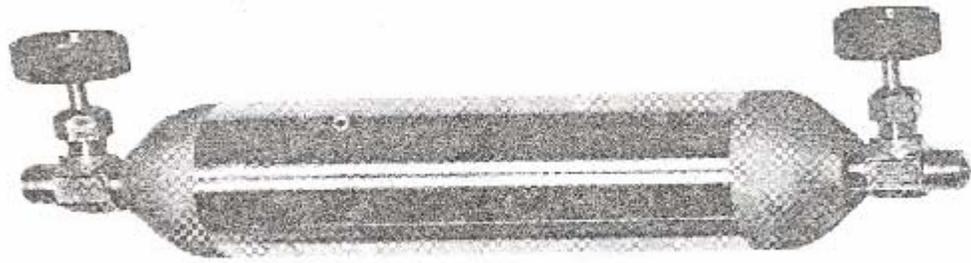
Para establecer la riqueza del gas antes de que las pruebas del cheque puedan ser hechas. El contenido de la gasolina varía con frecuencia sobre un período 24-h, haciendo necesario pruebas durante el día.

**NOTA 4-** se debe tener cuidado para no permitir que el condensado se acumule en el tubo de muestreo.

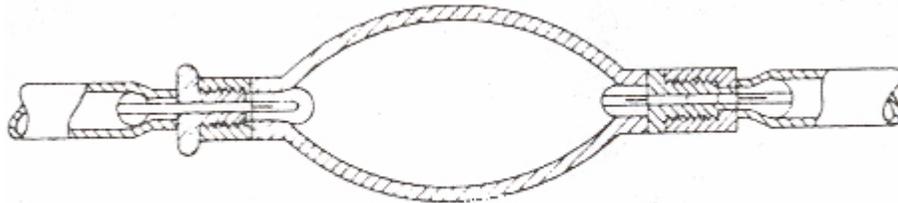
Para determinar otras características del gas natural que contiene la gasolina y condensados, el gas se debe muestrear en los envases secos a la misma temperatura que el gas. Cualquiera de los procedimientos secos descritos previamente pueden ser utilizados. Cuando la muestra es removida del contenedor, se debe utilizar un procedimiento seco y el envase debe estar en una temperatura igual a o más alta a las cuales la muestra fue tomada.



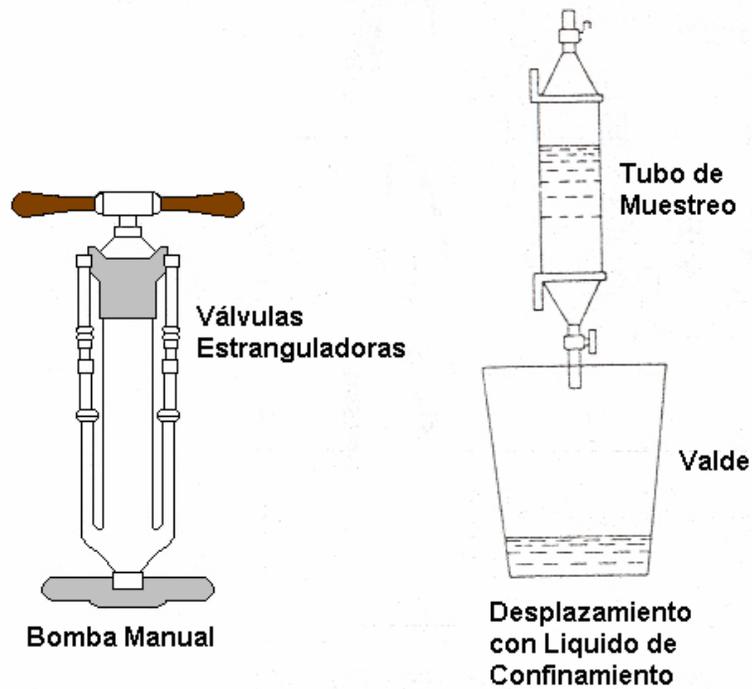
**Figura 19.** Dispositivos De Muestreo



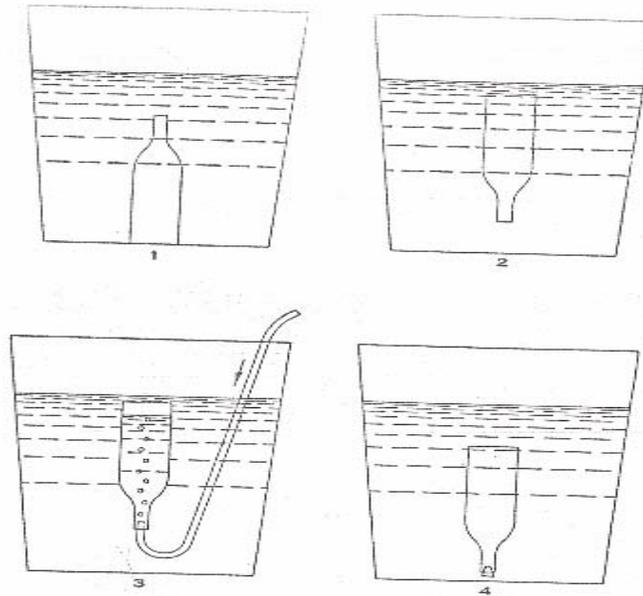
**Cilindro de Acero Inoxidable**



**Bomba Manual de Goma**

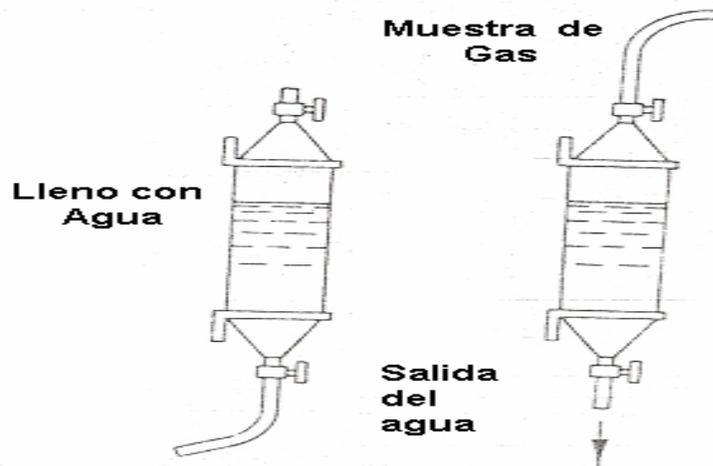


**Figura 20. Instrumentos para forzar el flujo de Gas**



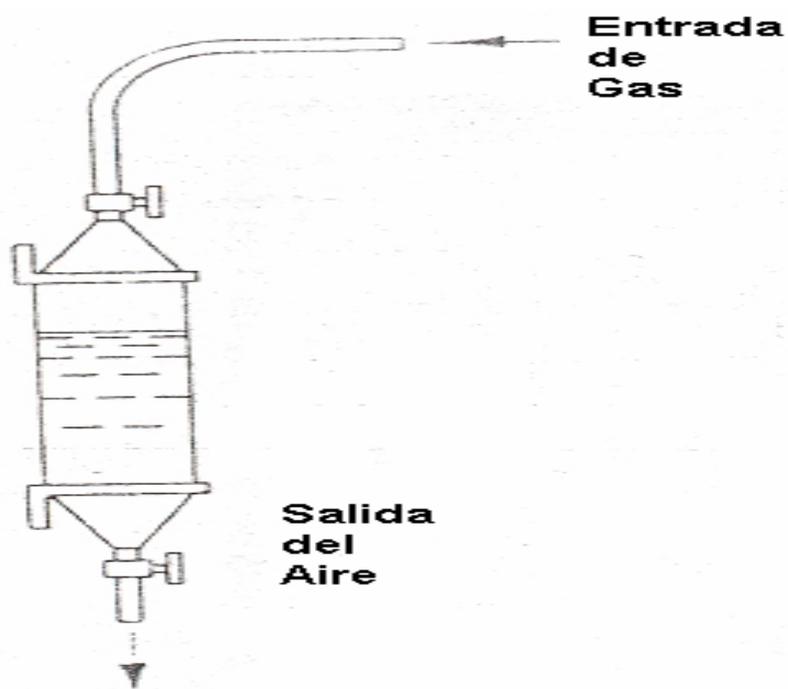
**fig 3. Pasos para tomar una muestra, mediante el desplazamiento de gas de una botella**

**Figura 21. Toma de muestras mediante el desplazamiento de gas en una botella**

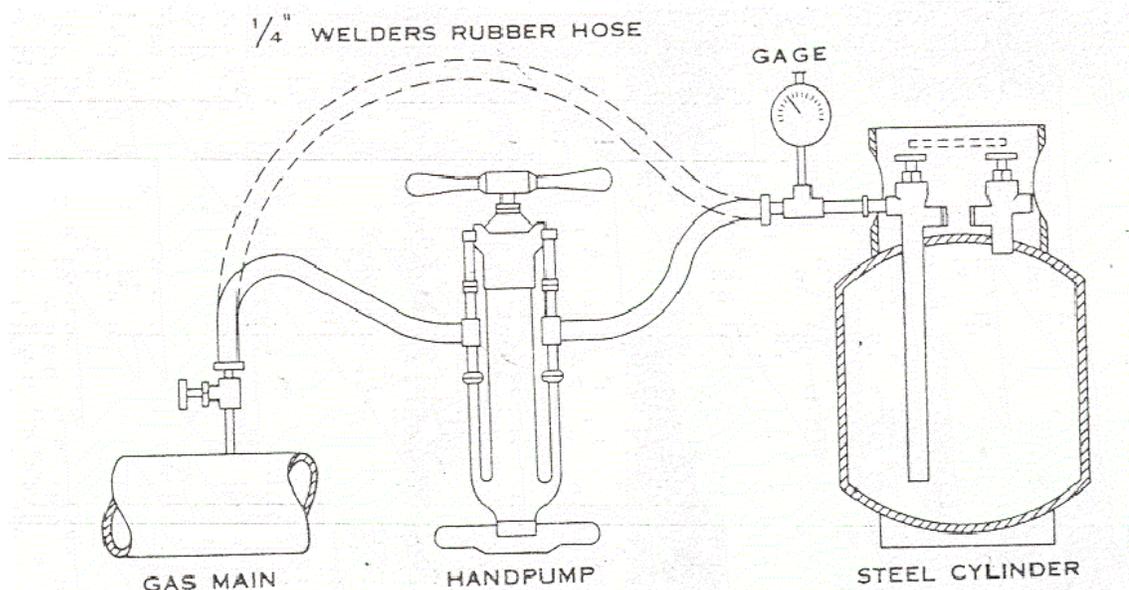


**Fig.4 Pasos para Muestrear mediante desplazamiento en un contenedor de muestras**

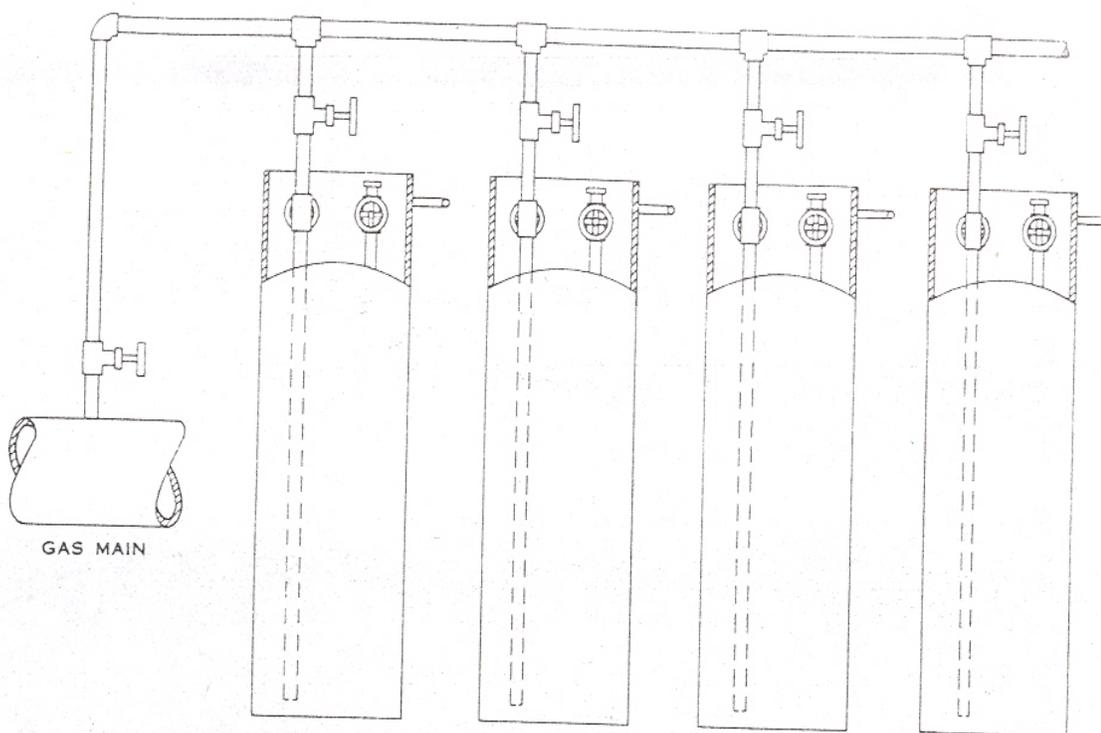
**Figura 22. Pasos para muestrear mediante desplazamiento en un contenedor de muestras**



**Figura 23.** Recolección De Una Muestra Mediante Desplazamiento De Aire En El Contenedor De La Muestra



**Figura 24** Instrumentos Para Recolectar La Muestra En Un Contenedor De Acero Bajo Presión, Directamente De La Fuente O Usando Una Bomba Manual.



**Figura 25.** Instrumentos Para Recolectar Una Muestra De Gas Bajo Presión En Algunos Contenedores De Acero.

#### 4.4.5 Practica Estándar Para El Muestreo Automático De Combustibles Gaseosos

Esta norma se publica bajo designación fija **D 5287**; el número inmediatamente después de la designación indica el año de la adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la revisión pasada. Un número en paréntesis indica el año de reprobación pasado. Una épsilon del exponente (e) indica un cambio redaccional desde la revisión pasada o reprobación.

##### Terminología

- **Muestreo automático** (ver Fig. 26 (a) y (b)) del sistema mecánico integrado por una punta de prueba de la muestra, lazo de la muestra, el extractor de la muestra, el recipiente de la muestra, y los circuitos de lógica necesarios para controlar el sistema a través de un período de tiempo, el propósito de el cual es compilar muestras representativas de una manera tal que la colección final sea representante de la composición de la corriente del gas.
- **Muestra representativa**- volumen de la muestra de representativa del gas que se ha obtenido de una manera tal que la composición de este volumen sea igual que la composición de la corriente del gas de la cual fue tomada.

- **Condensación retrograda**-la formación de la fase líquida por caída de presión a la temperatura constante en un punto de condensación de la corriente del gas.
- **Extracción de la muestra**-un dispositivo para quitar la muestra del lazo de la muestra y para ponerla en el recipiente de la muestra.
- **Lazo de la muestra**-la válvula, la tubería, o el manifold(s), o la combinación de eso, usados para conducir la corriente del gas de la punta de prueba al dispositivo del muestreo y de nuevo a la pipa de la fuente (o a la atmósfera).

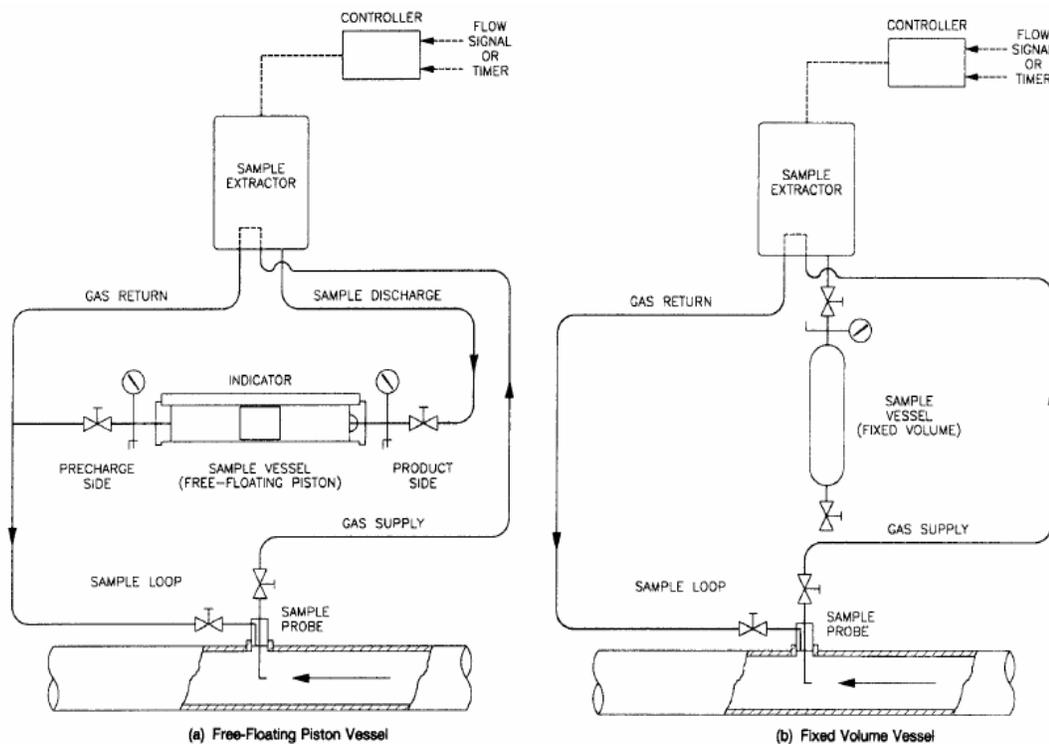


FIG. 1 Continuous Composite Samplers

Figura 26 (A y B). Sistema Mecánico de Muestreo

*Punta de prueba de la muestra*-que la porción del lazo de la muestra unió a y extendiendo en la pipa que contenía el gas que se muestreará.

- **Recipiente de la muestra**-el envase en el cual se recoge la muestra, es almacenada, y transportada al equipo analítico.
- **Dinámica de la fuente**-cambia en fuentes de gas, las presiones de funcionamiento, las temperaturas, caudal, y otros factores que puedan afectar la composición o estado, o ambos.

### Significado Y Usos

Esta práctica se debe utilizar cuando y donde se requiere una muestra representativa. Una muestra representativa es necesaria para la facturación exacta en transacciones de la transferencia de la custodia. Los principios pertinentes a esta práctica se pueden aplicar en la mayoría de los acuerdos contractuales.

### Selección De Materiales

El sistema del muestreo se debe construir de los materiales que no corroerán como resultado de condiciones ambiente. El material seleccionado debe ser inerte a todos los componentes previstos de la corriente del gas. Si se sospecha el gas agrio (gas que contiene el sulfuro del hidrógeno y el bióxido de carbono), el NACE MR-01-75 estándar se debe adherir.

### Punta De Prueba De La Muestra (Véase Fig. 27)

La punta de prueba de la muestra se debe montar verticalmente y en un funcionamiento horizontal, debe ser introducida en un tercio de centro de la tubería, no debe situarse dentro de la región definida del metro-tubo, se debe construir de acero inoxidable y debe ser un mínimo de cinco diámetros de la pipa de cualquier dispositivo que podría causar los aerosoles o gota de presión significativa.

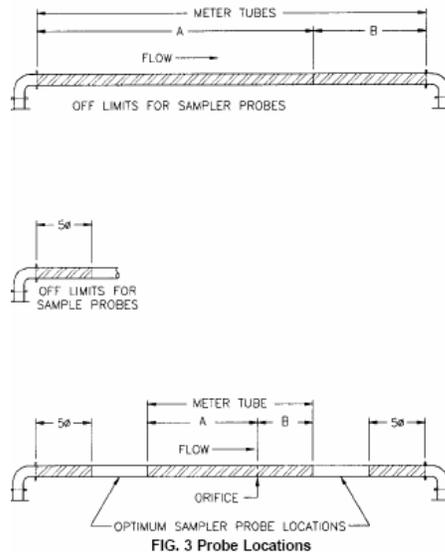


Figura 27. Localización de la prueba

### LAZO DE LA MUESTRA (FIG. 28)

Todas las válvulas deben ser alee aje recto, abertura completa, válvulas del acero *inoxidable*. El lazo de la muestra debe ser de 1/4-in. (6.25-milímetros) o menor del diámetro exterior de la tubería de acero inoxidable.

La línea de fuente se inclinará de la punta de prueba hasta el dechado. Todas las trampas causadas por los puntos bajos serán evitadas. La línea de retorno debe inclinarse por debajo del dechado a una conexión que este a una presión más baja

que en la tubería. La línea de fuente debe ser tan corta como sea posible, con un número mínimo de curvas.

El lazo de la muestra debe ser aislado, si las condiciones de temperatura ambiente pudiesen causar la condensación del gas que atravesaba el lazo. Los filtros o los tamices que podrían hacer la muestra no se permiten en el lazo de la muestra.

### Muestreo Automático (Fig. 26(A) Y (B))

- **Instalación**-El dechado será montado más arriba que la punta de prueba de la muestra. Debe estar como cerca de la punta de prueba de la muestra mientras que las condiciones permiten. Las instrucciones específicas del fabricante deben ser referidas.
- **Mantenimiento**-El dechado se debe diseñar para el mantenimiento fácil de campo. Un horario de mantenimiento debe ser el recomendado por el fabricante.
- **Verificación**-El personal del muestreo debe poder verificar que el recipiente de la muestra fue llenado tal y como previsto. Esto se puede lograr por varios métodos.
- **Registrador de carta**-(ver Fig.29) Esto se debe conectar con el recipiente de la muestra para indicar y para registrar el aumento en la presión mientras que el extractor de la muestra agrega incrementos al recipiente de la muestra. Esto se aplica solamente a los recipientes de volumen fijo.

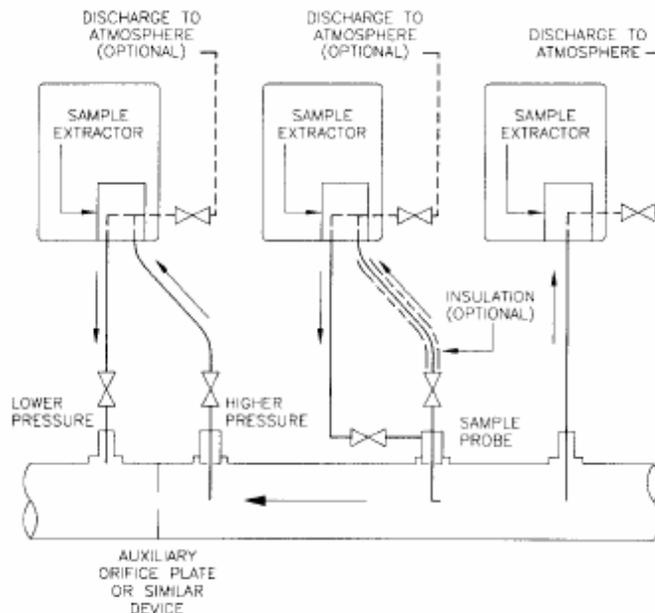


FIG. 4 Schematics of Acceptable Sample Loops

Figura 28. Lazo de la muestra

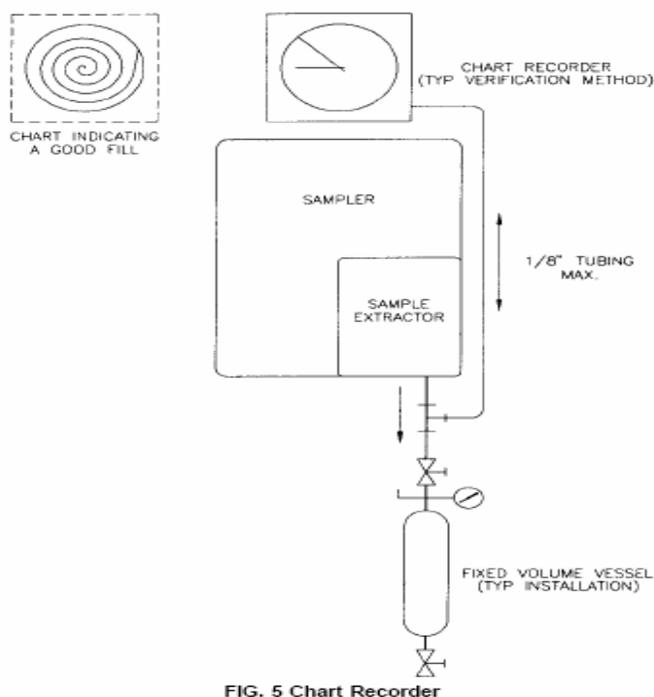


Figura 29. Tabla de Registro

- **Verificación del exterior del extractor del muestreador**- los numerosos dispositivos están disponibles para comprobar la salida de la bomba de la muestra. La salida del dispositivo puede ser de contacto encerrado, con una señal de 4 a 20 mA, de pulso de la energía, o cualquier otro tipo que pueda ser registrado. Esto se aplica a todos los tipos del recipiente.
- **Traductor de presión**-Como el registrador de carta, el transductor de presión mide el aumento de presión del recipiente de volumen fijo.
- **Método de calculo**-Cuando un recipiente libre-flotante del tipo pistón está instalado correctamente con la presión completa de la tubería en el lado de la precarga, la única manera que el producto puede mover el pistón está por el extractor de la muestra. El flujo calculado del extractor de la muestra debe igualar la dislocación demostrada en el recipiente libre-flotante del pistón.

**Método de control**-existen dos métodos:

- a. **Proporcionalidad de control de flujo**-Este método debe ser utilizado cuando la variación de los caudales es significativa o cuando el flujo cesa periódicamente.
- b. **Control del tiempo base**- Este método establece el paso de la muestra con respecto a tiempo solamente. Tome el cuidado para evitar el muestreo de una fuente estancada. El uso de los interruptores de presión

diferenciada y de otros dispositivos similares se puede utilizar para parar el proceso del muestreo.

### Recipiente De La Muestra

Hay actualmente dos tipos reconocidos, que están en la forma de un cilindro:

- a. **Volumen constante- presión constante** (vea Fig. 26(a))- Estos cilindros se fabrican comúnmente como configuraciones libre-flotantes del pistón. La presión de la tubería se comunica con un lado de este pistón. El dechado se comunica con el otro lado. El dechado bombea el gas en el lado del producto del recipiente y mueve el pistón, así desplazando el gas de la precarga nuevamente dentro de la tubería. El gas de la muestra permanece en o cerca de la presión de la tubería durante el período entero de la muestra.
- b. **Volumen constante-presión variable** (vea Fig. 26(b))- Una conexión en cada extremo se debe proporcionar para permitir procedimientos apropiados de la purgación. Las estructuras de la presión como el dechado ponen gradualmente el gas en el recipiente de la muestra.

**Selección del recipiente**-Varios factores serán considerados en seleccionar un recipiente, incluyendo cambios de la fase, la presión, y volúmenes requeridos por varios métodos de la prueba.

**Recipientes de volumen constante**- los volúmenes requeridos para obtener una muestra compuesta representativa deben ser utilizados cuando la fase indica la posibilidad de condensación retrógrada.

**Recipientes de volumen variable**-puede ser usado cuando la condensación no es considerada.

#### 4.4.6 Especificación Estándar Para Gases Licuados Del Petróleo (GLP) A.S.T.M D 1835

La norma ASTM que contiene este tema se encuentra en la recopilación de normas ASTM dispuesta en el CD.

Tres tipos básicos de G.L.P se proporcionan para cubrir las aplicaciones comunes como:

- a. **Propano Comercial** Es un producto hidrocarburo para ser usado donde se requiere de una alta volatilidad. El propano comercial es apropiado para aplicaciones de seguridad donde los motores de combustión interna son poco severos.
- b. **Butano Comercial** Es un producto hidrocarburo para ser usado donde se requiere de una baja volatilidad.

- c. **Propano Especial** Es un producto de alta calidad compuesto principalmente de Propano, el cual exhibe características antidetonantes superiores cuando es usado como combustible de motores de combustión interna.

### Requerimientos Detallados

Los tres tipos de Gases Licuados del Petróleo deben cumplir con los requerimientos prescritos en la tabla 12.

- **Muestreo:** El muestreo de los Gases Licuados es extremadamente importante si las pruebas quieren ser significativas. Las muestras para análisis composicional se obtienen de acuerdo con la practica **D 3700**. Las muestras requeridas para otras pruebas se obtienen acorde con la práctica **D 1265**.

**Tabla 22.** Requerimiento detallado para los Gases Licuados del Petróleo

Designación del producto	Propano Comercial	Butano Comercial	Mezcla P-B Comercial	Propano Especial	Método de Prueba ASTM
Presión de vapor a 100°F(37.8 °C), Psig	208	70	B	208	D 1267
Kpa	1430	485	-	1430	O D 25 98
Residuo Volátil: Temperatura Evaporado 95% máx., °F	-37	36	36	-37	D1837
°C	-38.3	2.2	2.2	-38.3	
Butano y pesados, Máx, vol%	2.5	-	-	2.5	D2163
Pentano y Pesados, Vol%	-	2.0	2.0	-	D2163
<b>Material Residual:</b> Residuo en Evaporación 100 ml, Máx, Vol%	0.05	0.05	0.05	0.05	D 2158
Observación Mancha de Aceite	Pasa <sup>D</sup>	Pasa <sup>D</sup>	Pasa <sup>D</sup>	Pasa <sup>D</sup>	D 2185
Densidad Relativa a 60/60 °F(15.6/15.6°C)	E	E	E	-	D 1257 O D 2598
Corrosión al Cobre, Máx	No. 1	No. 1	No. 1	No. 1	D 1838 <sup>G</sup>
Sulfuro, PPPW	185	140	140	123	D 2784
Sulfuro de Hidrogeno	pasa	pasa	pasa	pasa	D 2420
Contenido de Humedad	pasa	-	-	pasa	D 2713
Contenido de Agua Libre	-	No. <sup>F</sup>	No. <sup>F</sup>	-	

<sup>A</sup> Equivalente a Propano HD-5 de GPA Standard 2140

<sup>B</sup> La Presión de vapor permisible para los productos clasificados como Mezclas P-B no deben exceder los 208 psig (1430 kPa) y adicionalmente no deben exceder el valor calculado la siguiente relación entre la presión de vapor y la densidad relativa:

$$\text{Presión Vapor, Máx} = 1167 - 1880 * (\text{Densidad Relativa } 60 / 60^{\circ}\text{F}) - 0 - 1167 - 1880 * (\text{Densidad } a \text{ } 15^{\circ}\text{C})$$

Una mezcla específica debe ser designada por la presión de vapor a 100°F en pulgadas cuadradas. Para cumplir con la designación, la presión de vapor de la mezcla debe estar dentro de +0 a -10 Psi de la presión de vapor especificada.

<sup>C</sup> En caso de discusión acerca de la presión de vapor de un producto, el valor actualmente determinado por el método de prueba *D 1267* debe prevalecer sobre los valores calculados por la práctica *D2598*

<sup>D</sup> Un producto aceptable debería no producir un anillo de aceite persistente cuando 0.3 ml de mezcla de residuo de solvente

Se adiciona a un 'papel de filtro, él incrementos de 0.1 ml y examinado a la luz después de 2 minutos como se describe en el método de prueba *D 2158*.

<sup>E</sup> Aunque no hay un requerimiento específico, la densidad relativa debe ser determinada para otros propósitos y podría ser reportada. Además, la densidad relativa de las mezclas P-B es necesaria para establecer la máxima presión de vapor Permisible. (Ver pie de página <sup>B</sup>).

<sup>F</sup> La presencia o ausencia de agua debe ser determinada por inspección visual de las muestras en las cuales se determina la densidad relativa.

<sup>G</sup> Este método no puede determinar exactamente la presencia de materiales reactivos (por ejemplo H<sub>2</sub>S, So) en G.L.P sí contienen productos inhibidores o otros químicos los cuales disminuyen la reacción con las laminas de cobre.

## **PRECAUCIONES**

El G.L.P se encuentra en estado gaseoso actúa como asfixiante y depresor del sistema nervioso central. En estado líquido puede causar quemaduras por congelamiento e irritación de la piel. Los datos toxicológicos son escasos y no se conocen efectos sistémicos crónicos debido a exposición industrial, a pesar de la presencia de mercaptanos como odorizantes.

Para los tipos **PROPANO ESPECIAL Y BUTANO ESPECIAL** la alta exposición a sus vapores puede producir náuseas, excitación, salivación excesiva, dolores de cabeza y vómitos. No contiene Compuestos de azufre.

Este es un gas inflamable a temperatura ambiente y presión atmosférica, por lo cual se debe tener especial cuidado en el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y llenaderos. Es conveniente recordar que este producto genera vapores desde una temperatura de -148 °C, que al mezclarse con aire en proporciones de 1.9 a 9.5 %, en volumen, causa mezclas inflamables y explosivas; y que por tener una densidad mayor que la del aire (1.8 veces aprox.) sus vapores se concentran en las zonas bajas, que son sensibles a fuentes de ignición tales como: interruptores, pilotos de estufas, tomas de corriente, lámparas, puntos calientes, de pudiendo causar incendios y/o explosiones.

### **4.4.7 Practica Estándar Para Realizar El Muestreo De Los Gases Licuados Del Petróleo (G.L.P) (Método Manual)**

Un esfuerzo considerable es requerido para obtener una muestra representativa, especialmente si el material que es muestreado es una mezcla de gases licuados del petróleo para lo cual deben ser considerados los siguientes factores:

- Obtener muestras de solo la fase líquida.
- Cuando se está completamente seguro que el material que es muestreado es solo un gas licuado del petróleo la muestra líquida debe ser tomada de alguna parte del recipiente.

- Cuando el material que es muestreado ha sido bien agitado hasta asegurar una completa uniformidad la muestra líquida puede ser tomada de alguna parte del recipiente.
- Debido a la amplia variación en los detalles de construcción de los recipientes de muestreo para gases licuados del petróleo, es difícil especificar un método uniforme para obtener muestras representativas de mezclas heterogéneas. Si no existe la posibilidad de homogeneizar la muestra para obtener muestras líquidas, deben estar de acuerdo con el procedimiento de muestreo las partes que realizan el contrato.
- Las directrices para el muestreo no pueden ser suficientemente explícitas para cubrir todos los casos. Estas deben ser complementadas por la opinión, destreza y la experiencia en el muestreo. Son necesarios cuidados extremos y una buena opinión para asegurar muestras que representen un carácter general y una condición media del material. Debido a los riesgos involucrados, los gases licuados del petróleo deben ser muestreados por o bajo la supervisión de personas familiarizadas con las precauciones necesarias de seguridad.

**NOTA:** Las muestras deben ser tomadas en recipientes de acero inoxidable con válvulas del mismo material debido a la presencia de compuestos corrosivos o compuestos azufrados. Si no se utilizan, las determinaciones de mercaptanos y ácido sulfhídrico, por ejemplo, pueden ser engañosas.

- Los vapores de hidrocarburos que escapan hacia el ambiente durante el muestreo deben ser controlados para asegurar un cumplimiento con las regulaciones tanto de seguridad como ambientales.

#### **APARATOS**

- **Recipiente de muestreo:** Use recipientes de metal del tipo que garantice la máxima seguridad y resistencia a la corrosión del producto que es muestreado. Un material conveniente es el acero inoxidable. El tamaño del recipiente depende de la cantidad de muestra requerida para las pruebas de laboratorio. El muestreador debe disponer de un tubo interno para permitir ventilar el 20% de la capacidad del recipiente. El final del recipiente que posee el tubo de ventilación será claramente marcado. Los recipientes de muestreo típicos se muestran en la figura 30. Si el recipiente es transportado, este debe cumplir con las especificaciones publicadas en Tariff No 10, "I.C.C. Regulación para el transporte de explosivos y otros artículos peligrosos".
- **Línea de transferencia de la muestra:** La línea de tubería deben ser de acero inoxidable, la línea más satisfactoria es la constituida por dos válvulas en el final del recipiente, una válvula de control y una válvula de venteo.

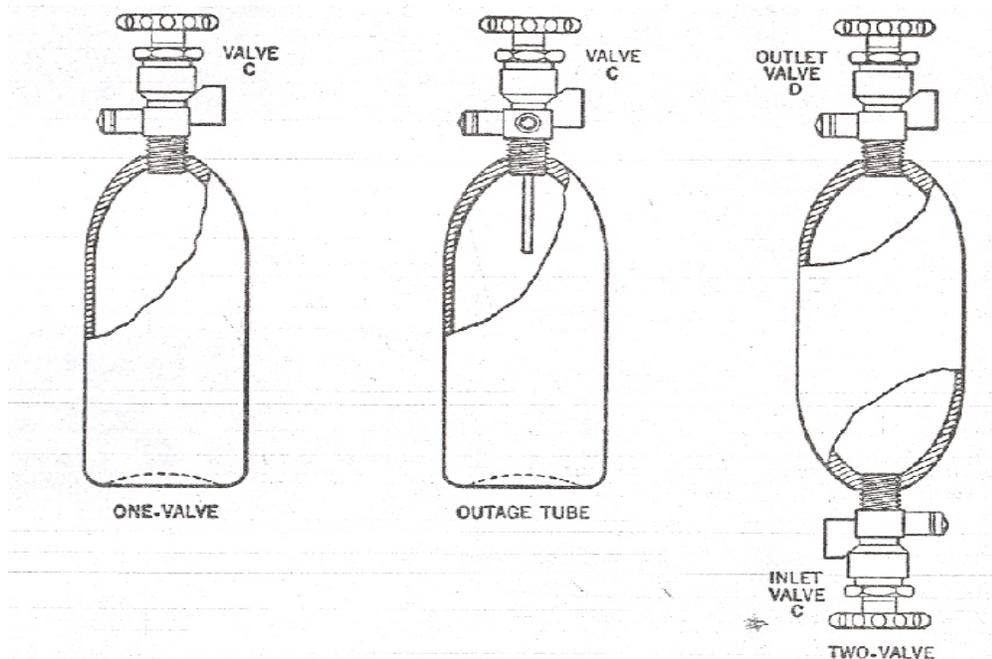


Figura 30 Contenedores de Muestras

#### Procedimiento

- a. **Purga de la Línea de Transferencia:** Conecte una línea de forma segura a la fuente de la muestra y a la válvula de entrada del recipiente. Cierre la válvula de control A, la válvula de venteo B y la válvula de entrada C. Abra la válvula en la fuente de la muestra y purgue la línea de transferencia abriendo la válvula de control A y la de venteo B.
- b. **Purga Del Muestreador:** Si los antecedentes del contenido del muestreador no se conocen o si las trazas de productos anteriores pueden afectar el análisis, use el siguiente procedimiento de purga:
  - i. Conecte la válvula de salida D del muestreador a la línea de transferencia, dejando la válvula de entrada C en la parte superior.
  - ii. Cierre la válvula de venteo B, válvula de entrada C y válvula de salida D. Abra la válvula de control A y luego las válvulas de entrada C y de salida D. Llene el muestreador hasta la salida de líquido de la válvula de entrada C. Cierre las válvulas de entrada C y de salida D, y luego la válvula A en la línea de muestreo.
  - iii. Suelte la conexión que une el muestreador a la línea de muestreo y gírelo 180° de tal forma que la válvula de salida D quede en la parte superior. Abra las válvulas de entrada C y de salida D para drenar el líquido.
  - iv. Regrese el muestreador a su posición original con la válvula de entrada C en la parte superior. Conecte de nuevo la línea de transferencia y repita la operación de purga por lo menos tres veces.
  - v. Si los antecedentes del contenido del muestreador son conocidos, use el siguiente procedimiento:

- vi. Con el muestreador en una posición vertical, Fig. 7 y la válvula de salida D en la parte de arriba, cierre la válvula de venteo B y la válvula de entrada C, abra la válvula de control A. Abra la válvula de entrada C y parcialmente llene el muestreador con muestra abriendo suavemente la válvula de salida D. Cierre la válvula de control A y permita que parte de la muestra en su fase vapor escape a través de la válvula de salida D.
- vii. Cierre la válvula de salida D y descargue el remanente de la muestra en la fase líquida abriendo la válvula de venteo B. Repita la operación de purga por lo menos tres veces.

### **c. Transferencia De La Muestra**

La posición más segura del muestreador es en posición vertical, con la válvula de salida D en la parte superior y ambas válvulas C y D cerradas. Cierre la válvula de venteo B, abra las válvulas de control A y de entrada C y llene el muestreador con la muestra. Cierre la válvula de entrada C y la válvula de la fuente del producto. Abra la válvula de venteo B, después de que la presión esté completamente reducida, desconecte el muestreador de la línea de transferencia. Descargue la muestra si se observan fugas o si la válvula está abierta durante la subsecuente manipulación del muestreador antes de ejecutar la operación de desfogue en la sección anterior.

### **D. Desfogue De La Muestra**

Inmediatamente después de obtener la muestra, sitúe el muestreador en posición vertical con el tubo de desfogue en la parte de arriba.

Abra la válvula de salida D suavemente. Permita que el exceso de líquido escape y cierre la válvula en la primera señal de vapor. Si el líquido no escapa, descargue la muestra y rellene el muestreador.

### **E. Chequeo De Fugas**

Después de eliminar el exceso de líquido permaneciendo tan solo el 80% de la muestra, sumérjalo en agua y revise fugas. Si se detectan fugas en el muestreo, descargue la muestra. Repare o reemplace el muestreador con fugas antes de obtener una nueva muestra.

### **F. Cuidado De La Muestra**

Sitúe la muestra en una parte fría tan pronto como sea posible. Guárdela allí hasta que todas las pruebas hayan sido realizadas. Descargue la muestra del muestreador que posea fugas. Proteja las válvulas en el muestreador, empacándolo en una canasta de una manera apropiada o usando una cápsula de protección, con esto se evitarán el daño accidental del asiento de la válvula y la incorrecta manipulación de la misma.

### **g. Procedimiento de purga de la línea de transferencia:**

- i. Conecte la línea de la fuente de la muestra y la válvula de entrada del muestreador.

- ii. Cierre las válvulas de control A, de venteo B y de entrada C.
- iii. Abra la válvula de la fuente de muestra y purgue la línea abriendo la válvula de control A y la de venteo B.

#### **h. Procedimiento de purga del muestreador**

Se debe conocer los antecedentes del muestreador o la presencia de trazas de productos anteriormente muestreados.

Si se tienen antecedentes se procede con el siguiente procedimiento:

- i. Con el muestreador en una posición vertical. Cierra la válvula de venteo B y la válvula de entrada C.
- ii. Abra la válvula de control A y la válvula de entrada C, llene parcialmente el muestreador.
- iii. Abra suavemente la válvula de salida D
- iv. Cierre la válvula de control A y permita que la muestra en fase vapor escape a través de la válvula de la salida D.
- v. Cierre la válvula de la salida D y abra la válvula de venteo B. Repita la operación de purga por lo menos tres veces.

Si no se conocen los antecedentes del muestreador:

- i. Conecte la válvula de salida D del muestreador a la línea de transferencia, dejando la válvula de entrada C en la parte superior.
- ii. Cierre la válvula de venteo B, válvula de entrada C y la válvula de salida D. Abra la válvula de control A y luego las válvulas de entrada C y de la salida D. Llene el muestreador hasta la salida del líquido.
- iii. Regrese el muestreador a su posición original con la válvula de entrada C en la parte superior. Conecte de nuevo la línea de transferencia y repita la operación de purga por lo menos tres veces.
- iv. Suelte la conexión que une el muestreador a la línea de muestreo y gírelo 180° de tal forma que la válvula de salida D quede en la parte superior. Abra las válvulas de entrada C y de salida D para drenar el líquido.

#### **i Procedimiento de transferencia de la muestra**

- i. La posición más segura del muestreador es en posición vertical, con la válvula de la salida D en la parte superior y las válvulas C y D cerradas
- ii. Cierre la válvula de venteo B, abra las válvulas de control A y de entrada C y llene el muestreador. Cierre la válvula de entrada C y la válvula de la fuente del producto.
- iii. Abra la válvula de venteo B, para reducir la presión.
- iv. Desconecte el muestreador de la línea de transferencia. Descargue la muestra si se observan fugas.
- v. Sitúe el muestreador en posición vertical con el tubo de desfogue en la parte superior.
- vi. Abra la válvula de salida D suavemente. Cierre la válvula con la primera señal de vapor. Si el líquido no escapa, descargue la muestra y repita el procedimiento.

- vii. Sumerja el muestreador en agua y revise fugas. Si se detectan fugas en el muestreo, descargue la muestra, repare o reemplace el muestreador con fugas y repita el procedimiento.
- viii. Sitúe la muestra en una parte fría tan pronto como sea posible. Guárdela allí hasta que todas las pruebas hayan sido realizadas.
- ix. Proteja las válvulas en el muestreador, usando cápsulas de protección.

### **PRECAUCIONES**

El GLP se encuentra en estado gaseoso actúa como asfixiante y depresor del sistema nervioso central. En estado líquido puede causar quemaduras por congelamiento e irritación de la piel. Los datos toxicológicos son escasos y no se conocen efectos sistémicos crónicos debido a exposición industrial, a pesar de la presencia de mercaptanos como odorizantes.

Para los tipos PROPANO ESPECIAL Y BUTANO ESPECIAL la alta exposición a sus vapores puede producir náuseas, excitación, salivación excesiva, dolores de cabeza y vómitos. No contiene compuestos de azufre.

Este es un gas inflamable a temperatura ambiente y presión atmosférica, por lo cual se debe tener especial cuidado en el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y llenaderos. Es conveniente recordar que este producto genera vapores desde una temperatura de 148°C, que al mezclarse con aire en proporciones de 1.9 a 9.5 %, en volumen, causa mezclas inflamables y explosivas; y que por tener una densidad mayor que la del aire (1.8 veces aprox.) sus vapores se concentran en las zonas bajas, que son sensibles a fuentes de ignición tales como: interruptores, pilotos de estufas, tomas de corriente, lámparas, puntos calientes, entre otros, pudiendo causar incendios y/o explosiones.

## 5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES

### 5.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Los formatos de muestreo y evaluación empleados para los combustibles líquidos se muestran en las siguientes Tablas.

NOMBRE DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO			
PRODUCTO			
MUESTRA TOMADA EN	No. TENDER	No. TANQUE	No. SURTIDOR

INFORMACIÓN DEL MUESTREO				
FECHA:				
HORA:				
PUNTO	INICIAL <input type="checkbox"/>	INTERMEDIO <input type="checkbox"/>	FINAL <input type="checkbox"/>	CORRIDA <input type="checkbox"/>
RESPONSABLE				

OBSERVACIONES

**Tabla 23.** Formatos de muestreo y análisis de combustibles líquidos



FO 2 - LCYD - E 01  
 REPORTE DE RESULTADOS LCYD - RE - 1720

**INFORMACION MUESTRA**

EMPRESA **Proyecto caracterización combustibles en sitios de distribución, establecimientos comerciales, industriales y de servicio para verificar su calidad**

PRODUCTO **PCML - 00....**

SOLICITUD DE SERVICIO **1720**

LCYD - SS -

FECHA DE SOLICITUD **23-Ago-05**

CARTA DE SOLICITUD DE SERVICIO **SI**  **NO**

ANALISIS	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	ESPECIFICACION	
				MIN	MAX
<b>AGUA POR DESTILACIÓN</b>	% Vol.	ASTM D 95		-	-
<b>CONTENIDO DE GOMAS</b>	mg/100mL	ASTM D 381			5.0
<b>CORROSIÓN LAMINA DE COBRE, 3h a 50 °C</b>	N/A	ASTM D 130			1.0
<b>DESTILACIÓN</b>		ASTM D 86			
Punto inicial de ebullición	°C			-	-
10% recobrado	°C			-	70,0
50% recobrado	°C			77,0	121,0
70% recobrado	°C			REPORTAR	
90% recobrado	°C			-	190,0
Punto Final de ebullición	°C				225,0
Recobrado	% Vol.				
Residuo	% Vol.				
<b>GRAVEDAD API a 60°F</b>	N/A	ASTM D 287		-	-
<b>PRESION DE VAPOR</b>	kPa	ASTM D 323		-	58,0

## 5.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS

Los formatos de muestreo y presentación de resultados se realizaron de la misma manera para carbón y maderas como se muestra en las siguientes Tablas

**Tabla 24.** Formato de Muestreo para Carbón y Maderas

<b>Muestreo N° 1</b>
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN:</b> COLTEJER.
<b>INFORMACIÓN DEL PRODUCTO:</b>
<b>PRODUCTO:</b> CARBÓN
<b>MUESTRA TOMADA EN:</b> PILAS
<b>INFORMACIÓN DEL MUESTREO:</b>
<b>FECHA:</b> MARZO 30 DE 2006
<b>HORA:</b>
<b>PUNTO:</b>
<b>RESPONSABLE:</b> OSCAR JARAMILLO
<b>OBSERVACIONES:</b> Ninguna.

**Tabla 25.** Formato de Presentación de Resultados para Carbones y Maderas

Análisis No.	Referencia Empresa	Humedad Residual %	Ceniza %	Materia Volátil %	Carbono Fijo %	Azufre Total %	Poder Calorífico Base Bruta cal/g
060257							
060258							
060259							
060260							
060261							
060262							
060263							
060264							
060265							
060266							

Análisis realizado por: –

Vo.Bo. Ing. INÉS CARMONA LÓPEZ  
 Jefa de Laboratorio

**NOTA:** Análisis realizado en base seca al aire. Los resultados corresponden única y exclusivamente al material recibido como muestra.

Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas – Laboratorio de Carbones  
 Calle 65 #78-28 Bloque M1-204 Teléfono 4255238 – 4255244 Correo Electrónico:  
 labcarbon@unalmed.edu.co

## 6. ESTANDARES PARA LA CALIDAD DE COMBUSTIBLES

En este capítulo se muestran los estándares de calidad que deben de cumplir los resultados de los análisis de laboratorio, además de las respectivas normas que rigen el procedimiento

### 6.1 COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Aunque las pruebas realizadas a los combustibles líquidos son parecidas, están regidas por diferentes estándares de calidad y procedimientos, por tal motivo se diferencian las gasolinas, Diesel y combustibles de uso industrial

#### 6.1.1 Gasolina

**Tabla 26.** Estándares para la Gasolina

ANÁLISIS	UNIDADES	NORMA	ESPECIFICACION	
			MIN	MAX
<b>AGUA POR DESTILACION</b>	% Vol.	ASTM D 95		0,0
<b>CONTENIDO DE GOMAS</b>	mg/100mL	ASTM D 381		5,0
<b>CORROSION LAMINA DE COBRE, 3h a 100 °C</b>	N/A	ASTM D 130		1,0
<b>DESTILACION</b>		ASTM D 86		
Punto inicial de ebullición	°C		-	-
10% recobrado	°C		-	70,0
50% recobrado	°C		77,0	121,0
70% recobrado	°C		REPORTAR	
90% recobrado	°C		-	190,0
Punto Final de ebullición	°C			225,0
Recobrado	% Vol.			
Residuo	% Vol.			
Pérdida	% Vol.			
<b>GRAVEDAD API a 60°F</b>	N/A	ASTM D 287	REPORTAR	
<b>PRESION DE VAPOR</b>	kPa	ASTM D 323	-	58,0

### 6.1.2 Diesel.

**Tabla 27.** Estándares para el Diesel

ANALISIS	UNIDADES	NORMA	ESPECIFICACION	
			MIN	MAX
AGUA POR DESTILACION	% Vol.	ASTM D 95	N/A	
AGUA Y SEDIMENTOS	% Vol.	ASTM D 96		0,05
COLOR SAYBOLT	N/A	ASTM D 1500		3,00
CORROSION LAMINA DE COBRE, 3h a 50 °C	N/A	ASTM D 130		2,0
DESTILACION		ASTM D 86		
Punto inicial de ebullición	°C		REPORTAR	
Temp. 50% recobrado	°C			300,0
Temp. 90% recobrado	°C			360,0
Punto Final de ebullición	°C			390,0
GRAVEDAD API a 60°F	N/A	ASTM D 287	REPORTAR	
INDICE DE CETANO	N/A	ASTM D 976	45	
PUNTO DE INFLAMACION (PENSKY - MARTENS)	°C	ASTM D 93	52	
PUNTO DE NUBE	°C	ASTM D 2500	REPORTAR	
PUNTO DE FLUIDEZ	°C	ASTM D 97		4,0
VISCOSIDAD CINEMATICA @ 40 °C	cSt	ASTM D 445	1,9	5,0

### 6.1.3 Aceites Industriales

**Tabla 28.** Estándares para combustibles de uso industrial

ANALISIS	UNIDADES	NORMA	RESULTADO	ESPECIFICACION	
				MIN	MAX
AGUA POR DESTILACION	% Vol	ASTM D 95			0,5
AGUA Y SEDIMENTOS	% Vol	ASTM D 96			2,0
CENIZAS	% P/P	ASTM D 482		Reportar	
CONTENIDO DE AZUFRE	% P/P	ASTM D 129			1,7
GRAVEDAD API @ 60 °F	N/A	ASTM D 287		Reportar	
PODER CALORIFICO	BTU / Lb	ASTM D 240		17853,73	
PUNTO DE INFLAMACION PENSKY MARTENS	°C	ASTM D 93		60,0	
RESIDUO CARBONOSO CONRADSON	% P/P	ASTM D 189		Reportar	
CORROSIÓN	N/A	ASTM D 130		Reportar	
VISCOSIDAD SAYBOLT @ 50 °C	SFS	ASTM D 88		180,0	300,0
PUNTO DE FLUIDEZ	°C	ASTM D 97			15,0

## **6.2 ESTÁNDARES PARA CARBÓN Y MADERAS**

Aunque no se tiene una norma con estándares para la calidad de carbón y maderas (A excepción de la resolución 123 de 1998 que normaliza el contenido de azufre por regiones), se presentan las normas bajo las que se realizan los procedimientos de laboratorio.

**Tabla 29. Normas para las Pruebas Laboratorio**

<b>NORMA</b>	<b>ANÁLISIS REALIZADO</b>	<b>EQUIPO USADO</b>
ASTM D-3173	Humedad	Estufa
ISO 1171	Cenizas	Mufla
ISO 562	Materia volátil	Mufla
ASTM D-3177	Azufre total	Analizador de azufre
ASTM D-2015	Poder calorífico	Bomba calorimétrica

## **7. CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS EN EL AIRE**

### **FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

Muchas fuentes de contaminación del aire pueden ser encontradas en la producción de energía y su consumo, así como en las industrias manufactureras entre otros.

Las fuentes de contaminación incluyen:

- Combustibles fósiles:
  - a. Gas.
  - b. Petróleo y sus derivados.
  - c. Carbón.
- Madera.
- Otros combustibles no convencionales

Algunas sustancias son contaminantes naturales producidos por el medio ambiente como fuegos forestales, erosión, volcanes, alquitrán, entre otros. La vida como la conocemos no podría haber sido posible sin la presencia de estas sustancias sobre la Tierra. Sin embargo, la adición de agentes contaminantes de fuentes humanas al aire puede cambiar considerablemente los procesos de vida naturales de la tierra.

### **TOMA DE MEDIDAS**

Se puede reducir la contaminación que viene de nuestros propios comportamientos y actividades. Los Gobiernos, con la ayuda de la industria, organizaciones no gubernamentales e individuos, toman medidas para reducir las emisiones de agentes contaminadores de fuentes humanas, dañinos para el aire. El desafío debe equilibrar las necesidades para el transporte, producción y consumo de la energía y bienes con objetivos de protección del medio ambiente. Muchas empresas dentro de las industrias, basaron la generación de energía en el consumo de combustibles fósiles como el petróleo, ahora han cambiado su cartera para incluir una más amplia gama de fuentes (por ejemplo, solar, el viento, el agua, la tierra, la biomasa, y la basura) como un modo de participar en el crecimiento rápido de la energía renovable e industrias de electricidad de bajo impacto.

## **7.1 CONTAMINANTES DE COMBUSTIBLES FÓSILES**

Los combustibles fósiles incluyen el gas natural y el carbón, así como los combustibles más familiares refinados del petróleo crudo que incluye la gasolina, Gasoil, y gases. La quema, o la combustión, de combustibles fósiles son la principal fuente de agentes contaminantes que contribuyen a la niebla tóxica, lluvia ácida, cambio de clima, y deterioro de la salud, además de la preocupación ambiental y económica que se genera.

Los agentes contaminantes que vienen de la combustión de combustibles fósiles incluyen el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Material Particulado (PM), Monóxido de carbón (CO), dióxido de carbón (CO<sub>2</sub>), Compuestos volátiles orgánicos (VOC) inclusión de benceno, algunos metales pesados y otros agentes contaminantes. Estos agentes contaminantes son el resultado del empleo de aire, que es compuesto por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%), en el proceso de combustión, así como de la presencia de hidrocarburos complejos, aditivos, e impurezas como el azufre dentro del combustible. Muchos más agentes contaminantes son liberados cuando los motores no son calibrados para trabajar correctamente.

### **7.1.1 Esfuerzos para Reducir la Contaminación del Aire por Combustibles Fósiles.**

Gobiernos y la industria trabajan juntos y con otras naciones para asegurar que vehículos y combustibles limpios están disponibles. Las siguientes regulaciones juegan un papel muy importante para garantizar combustibles limpios.

Regulaciones:

- Regulaciones de Benceno en la Gasolina
- Regulaciones de Combustibles Contaminados
- Regulación No 1 Información de combustibles
- Regulaciones de Gasolina
- Regulaciones de rata de flujo para Gasolina y Mezclas de Gasolina
- Regulaciones de Azufre en Gasoil
- Regulaciones de Azufre en Gasolina

Otros avances tecnológicos incluyen el desarrollo de combustibles limpios, mejorando el diseño del motor, y siendo capaces de reunir fuentes de energía nuevas y renovables. El objetivo de todas estas nuevas tecnologías es una reducción en la cantidad de agentes contaminantes.

Hay muchas medidas que se pueden tomar para reducir la contaminación que viene de la combustión de combustibles. Por ejemplo asegurar y controlar que los vehículos sean calibrados correctamente, adquirir vehículos híbridos y combustibles alternativos, apoyo por parte de los gobiernos e industrias al desarrollo de regulaciones de aire limpio y el más pretencioso, podemos ayudar por usando menos combustible y la energía.

#### **7.1.1.1 Regulaciones De Benceno En La Gasolina (Canadá)**

Esta regulación, publicada el 26 de noviembre de 1997, prohíbe el suministro después del primero de julio de 1999 de gasolina que contiene benceno en una concentración que excede el 1.0% en volumen. Esta regulación, también prohíbe la venta o la oferta de gasolina que contiene benceno en una concentración que excede el 1.5% en volumen después del primero de julio de 2000 en el área de suministro del norte, y desde el primero de octubre de 1999 por toda Canadá. La regulación también prohíbe el suministro de gasolina después del primero de julio de 1999 que exceda un número de emisión de benceno de 71 durante el verano, y 92 durante el invierno.

#### **7.1.1.2 Regulación No 1, Información De Combustibles (Canadá)**

La regulación No 1, información de combustibles fue adoptada en 1977 para proporcionar información en cuanto a la composición líquida de combustibles, en particular acerca emisiones de SO<sub>2</sub> de combustión. Estas regulaciones requieren un informe anual sobre niveles de azufre en combustibles y el informe antiguo sobre el contenido plomo; aditivo de combustible. Un informe adicional de aditivos es requerido cuando hay cambios. Las regulaciones se aplican a todos los combustibles en forma líquida que provienen de petróleos crudos.

#### **7.1.1.3 Regulaciones De Gasolina (Canadá)**

Las Regulaciones de Gasolina limitan la concentración máxima de plomo en la gasolina producida, importada, vendida u ofrecida para la venta en Canadá a 5 mg/L. La gasolina para competencias (carreras de autos), maquinaria agrícola, y para empleo en aviones está exenta de las exigencias de las regulaciones. Las regulaciones también limitan la concentración de fósforo en la gasolina sin plomo a 1.3 mg/L.

#### **7.1.1.4 Regulaciones De Tasa De Flujo Para Gasolina Y Mezclas De Gasolina (Canadá)**

Las regulaciones de tasa de flujo para gasolina y mezclas de gasolina prohíben a minoristas y consumidores al por mayor el uso de gasolina y mezclas de gasolina con benceno, o el ofrecimiento para el empleo, la comercialización y uso de cualquier inyector para distribuir aquellos combustibles en vehículos si el índice de flujo del inyector excede los 38 litros por minuto.

#### **7.1.1.5 Regulaciones De Azufre En Gasoil (Canadá)**

Las regulaciones de azufre en gasoil pone límites máximos para el azufre en gasoil en el camino y fuera de el, en las vías férreas (locomotoras) y en el mar (navíos). La producción, la importación, los límites de las ventas y las fechas de vigencia de las regulaciones son resumidos a continuación:

**Tabla 30.** Regulaciones de Azufre en Gasoil (Canadá)

Limite de Azufre (mg/kg)		Gasoil en el camino	Gasoil Fuera de los caminos	Gasoil Ferroviario y Marítimo
500	Producción o Importación	Desde 1998	El 1º de junio de 2007	El 1º de junio de 2007
	Ventas	Desde 1998	El 1º de octubre de 2007 <sup>2</sup>	El 1º de octubre de 2007 <sup>2</sup>
15	Producción o Importación	El 1º de junio de 2006	El 1º de junio de 2010	El 1º de junio de 2012
	Ventas	El 1º de septiembre de 2006 <sup>1</sup>	El 1º de octubre de 2010 <sup>3</sup>	N/A

<sup>1</sup> - El 1º de Septiembre de 2007 en el Área de Suministro del Norte (Canadá)

<sup>2</sup> - el 1º de Diciembre de 2008 en el Área de Suministro del Norte (Canadá)

<sup>3</sup> - el 1º de Diciembre de 2011 en el Área de Suministro del Norte (Canadá)

El objetivo de las regulaciones debe asegurar que el nivel de azufre en el gasoil usado en el camino, fuera de el, en las vías férreas y en el mar no impida la operación eficaz de tecnologías de control de emisiones avanzadas instaladas sobre vehículos y motores.

### 7.1.2 ¿Por Qué Cambiar a Combustibles Limpios?

Los autos que funcionan con las gasolinas de hoy emiten mezclas complejas de compuestos que llevan a la formación de ozono al nivel del suelo; muchos de estos compuestos además son tóxicos. Se ha hecho mucho para reducir la contaminación proveniente de los autos, desde el desarrollo de tecnologías innovadoras para controlarlas emisiones hasta el establecimiento de programas de Inspección y Mantenimiento. Pero cada año hay más autos en las carreteras que viajan más millas, y las medidas de control de contaminación que se han tomado hasta entonces no han sido suficientes para resolver el problema del ozono en muchas ciudades grandes.

Los combustibles limpios tienen algunas propiedades intrínsecas que los hacen más limpios que la gasolina convencional. Por lo general, estos combustibles emiten menos hidrocarburos, y los hidrocarburos que emiten son menos reactivos (más lentos en formar ozono) y menos tóxicos. Las emisiones de vehículos impulsados por electricidad, gas natural o alcohol pueden tener hasta 90 por ciento menos tóxicos e hidrocarburos que forman ozono que las emisiones de vehículos que utilizan gasolina convencional. Se espera que nuevas formulaciones de gasolina (gasolina reformulada) reduzcan estas emisiones hasta un 25 por ciento comparados con las de la gasolina de hoy.

El uso de combustibles limpios también podría contribuir a retardar la acumulación atmosférica de dióxido de carbono, un “gas de efecto de invernadero” que contribuye al potencial del calentamiento global. La combustión de cualquier

combustible a base de carbón produce el dióxido de carbono. Pero el impacto general de un combustible particular en el calentamiento global depende de cómo se produce el combustible. Por lo general, los combustibles provenientes de biomasa de dióxido de carbono que los combustibles hechos de petróleo o carbón.

Los combustibles limpios tienen beneficios que van más allá de sus ventajas en cuanto a la calidad del aire. Nuevos combustibles en el mercado les proporcionarían a los consumidores nuevas opciones y podrían reducir nuestra dependencia en el petróleo importado.

- **ETANOL.**

Etanol (“alcohol de grano”) es el combustible principal para autos en Brasil, y las mezclas de etanol y gasolina (llamados “gasohol”) se han usado en Estados Unidos por muchos años. El combustible de etanol puro ofrece un rendimiento excelente, además de menos emisiones de hidrocarburos y sustancias tóxicas. La producción puede ser nacional con base en el maíz u otras cosechas, como también de materiales celulósicos como desechos de madera o papel, potencialmente reduciendo la acumulación de gases de efecto de invernadero (porque estos granos comestibles “renovables” absorben dióxido de carbono de la atmósfera mientras crecen). Con las actuales estructuras de costo y tecnología, el etanol es más caro que la gasolina. Nuevas tecnologías ofrecen la esperanza de costos reducidos de manera significativa.

- **METANOL**

Metanol (“alcohol de madera”), como el etanol, es un combustible líquido de alto rendimiento que emite bajos niveles de compuestos tóxicos y de compuestos que forman ozono. Se puede producir a precios comparables a la gasolina de gas natural y también se puede producir del carbón y de la madera. Todos los grandes fabricantes importantes de automóviles han producido autos que corren de “M85,” una mezcla de 85 por ciento metanol y 15 por ciento gasolina. Autos que queman metanol puro (M100) ofrecen ventajas de calidad de aire y eficacias mucho mayores. Varios fabricantes de automóviles han desarrollado prototipos avanzados de M100. Por mucho tiempo el metanol ha sido el combustible de preferencia para los autos de carrera por sus características de rendimiento superior y seguridad contra incendios.

- **GAS NATURAL (METANO).**

El gas natural abunda y se usa popularmente para la calefacción doméstica y procesos industriales. Se transporta fácilmente por tuberías y cuesta aproximadamente lo mismo o un poco menos que la gasolina. Los vehículos que funcionan con gas natural comprimido (GNC) (Compressed Natural Gas, GNC por sus siglas en inglés) emiten bajos niveles de sustancias tóxicas e hidrocarburos que forman ozono. Pero el combustible GNC tiene que almacenarse bajo presión en tanques pesados, y el costo de acomodar esos

tanques debe ser considerado. Hay concesiones significantes para los vehículos GNC entre emisiones, fuerza del vehículo, eficiencia y alcance; sin embargo, el gas natural ya se está utilizando en algunos vehículos de flota y parece que tendrá un buen futuro como combustible vehicular.

- **PROPANO.**

El propano, o gas de petróleo licuado, es un subproducto de la refinación del petróleo y la producción de gas natural. Quema más limpio que la gasolina, pero su abastecimiento es limitado. Vehículos impulsados con propano ya son comunes en muchas partes del mundo.

- **GASOLINA REFORMULADA Y OXIGENADA:**

La industria petrolera está comenzando a comercializar formulaciones de gasolina que emiten menos hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y sustancias tóxicas que la gasolina convencional. Estas gasolinas nuevas se pueden introducir sin grandes modificaciones a los vehículos existentes al sistema de distribución de combustible. La Ley de Aire Limpio requiere algunas modificaciones a la gasolina para reducir las emisiones de monóxido de carbono a partir del 1992, y el uso de gasolina reformulada en ciertas ciudades contaminadas a partir del 1995.

#### **7.1.2.1 ¿Son Factibles los Combustibles Limpios?**

Los vehículos de combustibles limpios existen hoy y su uso popular en el futuro cercano es factible. Para facilitar la transición, habrá que refinar las tecnologías para que los vehículos logren características de rendimiento y emisiones óptimas. Los consumidores deben aceptar los nuevos vehículos y combustibles, y el gobierno y la industria deben cooperar para asegurar su disponibilidad. Requerirá un esfuerzo concertado por parte de todos los sectores de la sociedad, pero el cambio a combustibles limpios podría ser la manera más viable para que muchas ciudades logren tener aire limpio y saludable.

## **7.2 CARBÓN**

### **7.2.1 Contaminación e Impacto ambiental**

El carbón es considerado el más sucio de los combustibles fósiles y contribuye con grandes cantidades de agentes contaminantes que afectan nuestra salud, ambiente y economía. El ejemplo más indiscutible de esto fue la Niebla Tóxica en Londres (1952) en la cual miles de personas murieron debido a la pobre calidad de aire causada por la quema de carbón y las condiciones climáticas. Incluso hoy, el carbón siguen siendo una fuente significativa de material particulado (PM), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Mercurio y gases de invernadero como emisiones de dióxido de carbón.

Se tiene una gran variedad de tecnologías para reducir la cantidad de contaminación producida por la combustión de carbón. Por ejemplo, la mayor

parte de la ceniza de mosca (material particulado, suspendido) que viene de la quema de carbón es recogido usando precipitadores electrostáticos.

El dióxido de azufre también es una preocupante fuente de contaminación proveniente de la combustión del carbón y es un componente integral de la lluvia ácida.

Otra preocupación importante de la explotación del carbón, más que para otros combustibles fósiles, es la perturbación física del ambiente. Las grandes extensiones de tierra deben ser limpiadas y excavadas para tener acceso a los depósitos de carbón en particular para minas superficiales. Esto puede tener un impacto ambiental significativo sobre la fauna y la vegetación. Muchos esfuerzos son hechos para reducir al mínimo esta perturbación.

### **7.3 MADERA**

La madera es usada en millones de hogares en todo el mundo para crear ambientes agradables o como fuente de calor primaria o secundaria. Sin embargo, agentes contaminantes del humo de la madera pueden reducir la calidad de nuestro aire, causar dificultades para respirar y otros problemas de salud en niveles relativamente bajos. De hecho, la quema de madera residencial es el principal contribuidor a la niebla tóxica de invierno (Smog de invierno).



**Figura 31. Smog en Grandes Ciudades**

Algunos agentes contaminantes importantes encontrados dentro del humo de la madera incluyen:

- Material Particulado (PM)
- Óxidos de Nitrógeno (NOx)
- Monóxido De carbón (CO)
- Compuestos Volátiles Orgánicos (VOCs)
- Dioxinas y Furanos
- Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAHs)

También son de importancia, algunos gases no quemados que se reúnen sobre las paredes de las chimeneas como un residuo aceitoso conocido como creosota. Una acumulación de creosota puede terminar aumentando en el riesgo de fuegos en la chimenea.

La investigación científica y los esfuerzos cooperativos entre gobiernos y la industria han hecho de la quema de madera una aplicación más sana, más eficiente y menos contaminante.

### **7.3.1 Material Particulado (PM)**

El Material Particulado consiste en partículas aerotransportadas en forma sólida o líquida. El PM puede ser clasificado como primario o secundario, según los compuestos y complicados procesos durante su formación. El PM Primario es emitido de la fuente de emisiones en forma de partículas, por ejemplo, la chimenea de una central eléctrica. la formación del PM Secundario es resultado de una serie de reacciones químicas y físicas que implican gases diferentes, como el azufre y óxidos de nitrógeno, y el amoníaco que reaccionan para formar el sulfato, el nitrato y el PM amoniacal.

El tamaño del PM en gran parte determina el impacto en el medio ambiente y el daño causado a la salud. Por esta razón, se identifican los diferentes tamaños del PM:

**Material Particulado Total (TPM)** - partículas aerotransportadas con un límite de tamaño superior de aproximadamente 100 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro aerodinámico equivalente

**Material Particulado < 10 micrómetros (PM10)** - partículas aerotransportadas con un diámetro medio de masa menor a 10  $\mu\text{m}$

**Material Particulado < 2.5 micrómetros (PM2.5)** – partículas aerotransportadas con un diámetro medio de masa menor a 2.5  $\mu\text{m}$

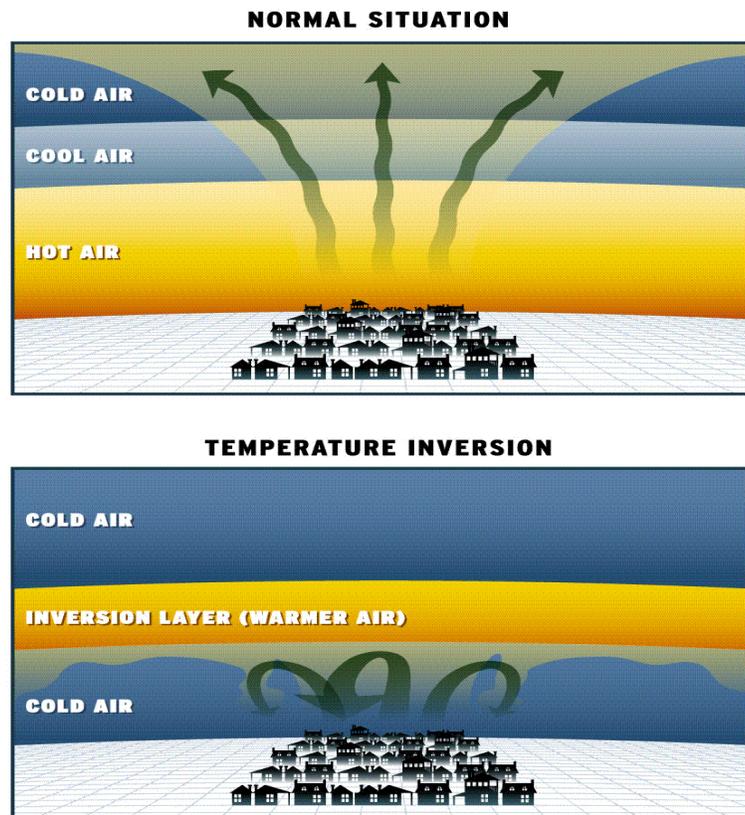
### **7.3.2 Niebla Tóxica De Invierno (Smog de invierno)**

Los contaminantes de la madera usada para calefacción residencial se diferencian según la estación y las condiciones meteorológicas. En consecuencia los niveles de contaminación por el humo de madera varían. En algunos lugares durante los meses de invierno hay un aumento de la producción de humo de madera. La

calidad de aire en estas zonas se ve afectada por factores como el tiempo y la topografía locales.

### 7.3.2.1 Tiempo

En invierno el aire puede cargarse de los productos de combustión incompleta como material particulado (PM), Compuestos volátiles orgánicos (VOCs), Monóxido de carbón (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx). La gravedad de la niebla tóxica de invierno depende del grado de dispersión atmosférica. A un nivel más abajo de dispersión atmosférica, se tiene un mayor nivel de niebla tóxica de invierno. La dispersión atmosférica principalmente es determinada por la velocidad del viento y por la altura.



**Figura 32.** Inversión Térmica

La velocidad del viento empuja y dispersa los agentes contaminantes horizontalmente. La falta de viento significa aire estancado y permite aumentar los niveles de agentes contaminantes en el aire (Smog).

La altura se refiere a la máxima distancia vertical que pueden alcanzar los agentes contaminantes para dispersarse. En situaciones normales, la altura es muy

considerable para dispersar estos agentes en la atmósfera. Los agentes contaminantes son llevados por encima de la capa de aire caliente hacia la capa de aire más frío que esta por encima como en la figura. (Ver la figura superior)

En el caso de inversión térmica, los agentes contaminantes son atrapados en el nivel más bajo donde causan mayor daño. Esta inversión ocurre por ejemplo cuando el aire frío es atrapado bajo la capa de aire caliente la cual actúa como una tapa. Los agentes contaminantes en la capa de aire frío no pueden ser dispersados de hay su permanencia concentrada en el nivel mas bajo. (Ver la figura superior)

### **7.3.2.2. Topografía**

La topografía también juega un papel importante en la concentración de los niveles de agentes contaminantes. "Las paredes" físicas de un valle por ejemplo restringen el movimiento del aire en el valle. Los altos niveles de agentes contaminantes en el aire no pueden ser disipados y las comunidades localizadas en el valle serán cubiertas con Smog. Una comunidad localizada sobre un llano abierto no tendrá este problema de dispersión.

### **7.3.3 Caso De Estudio:**

#### **"Prueba del Programa para Calefacción Residencial con Madera, Informe de Estudio: 1999 A 2002, Realizado en un Área Residencial de Montreal "**

Un estudio, conducido por el ministerio del medio ambiente de Canadá, el ministerio del medio ambiente de Québec y la ciudad de Montreal evaluó el impacto de la quema de madera desde 1999 hasta 2002. El estudio comparó los niveles de agentes contaminantes del aire en un área residencial de Montreal, donde la madera comúnmente es usada para calefacción de casas, y los niveles en el centro Montreal, un área influenciada principalmente por el tráfico de automóviles. El estudio muestra que las concentraciones de ciertos agentes contaminantes son considerablemente mayores en el área residencial que aquellos registrados en el sitio de control de centro y son mucho mayores en el invierno que en el verano. Los resultados se muestran a continuación:

- Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAHs) están dos veces más altos en el área residencial que en el centro y cinco veces más altos en invierno que en el verano. Las concentraciones están más altas durante noches de invierno y los fines de semana.
- 1.7 mas dioxinas y furanos en el área residencial que centro.
- Un incremento del 10 % y más de PM entre las 2:00 y las 5:00 pm. Y valores máximos observados alrededor a las 9:00 durante los fines de semana de invierno.
- Valores similares de VOC, pero de fuentes diferentes;
- Un incremento del 40 % en potasio, que es un trazador de la combustión de madera.

#### 7.4. NORMATIVIDAD DE CALIDAD DE AIRE O NIVEL DE INMISIÓN

**Tabla 31.** Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
O <sub>3</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota:  $\text{mg}/\text{m}^3$  ó  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : a las condiciones de 298,15 ° K y 101,325 KPa. (25 ° C y 760 mm Hg)

**Tabla 32.** Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos

Contaminante no Convencional	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
Benceno	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Plomo y sus compuestos	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3 meses
Cadmio	$5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Mercurio	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>1</sup>	1 año
Hidrocarburos Totales expresado como Metano	$1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	4 meses
Tolueno	$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 semana
	$1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	30 minutos
Vanadio	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas

**Tabla 33.** Concentración y Tiempo de Exposición de los Contaminantes para los Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia

Contaminante	Tiempo de Exposición	Unidades	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$375 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$625 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$875 \mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM10</b>	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$500 \mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>SO2</b>	24 horas	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.191 (500)	0.382 (1000)	0.612 (1600)
<b>NO2</b>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.212 ( 400 )	0.425 ( 800 )	1.064 (2000)
<b>O3</b>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.178 ( 350 )	0.356 (700)	0.509 (1000)
<b>CO</b>	8 horas	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

**Tabla 34** Principales Sustancias Generadoras De Olores Ofensivos - Umbrales

Contaminante	Umbral	
	ppm (volumen)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Acetaldehído ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ )	0.21	380
Ácido Butírico ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ )	0.001	3.6
Amoniaco ( $\text{NH}_3$ )	0.05	14.5
Clorofenol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{ClO}$ )	0.00003	0.1
Dicloruro de azufre ( $\text{S}_2\text{Cl}_2$ )	0.001	5.5

### CONTAMINANTES NO CONVENCIONALES

Actividades y procesos industriales de acuerdo a la clasificación CIU, que pueden generar contaminantes no convencionales.

**Tabla 35.** Contaminantes no Convencionales

Contaminantes no convencionales	Posible actividad generadora del contaminante	CIIU Rev. A.C. 3
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Explotación de pozos de petróleo y gas natural	111001
	Fabricación de cigarrillos	160001
	Preparación e hilatura de fibras artificiales y sintéticas	171004
	Adobo, curtido y acabo de pieles	182002
	Fabricación de asfaltos y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción	231001
	Fabricación de disolventes derivados del petróleo	232103
	Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales excepto el vidrio	241301
	Fabricación de pigmentos y materias colorantes para la fabricación de colores, barnices, lacas esmaltes	242201
	Fabricación de pinturas y barnices para uso general e industrial	242202
	Fabricación de lacas	242203
	Fabricación de tintas para impresión	242208
	Extracción de glicerina a base de aceites y grasa animales	242401
	Fabricación de detergentes y ambientador	242405
	Fabricación de hilos y cables recubiertos de material aislante	313001
	Reciclaje de desperdicios y desechos no metálicos	3720
Plomo y sus compuestos (Pb)	Fabricación de abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos puros, mixtos compuestos y complejos	241202
	Fabricación de superfosfatos	241204
	Fabricación de productos para tratar metales, auxiliares de soldadura, recubrimiento para electrodos	242904
	Fabricación de aditivos para gasolina y aceites minerales	242906
	Fabricación de explosivos, pólvora, municiones y detonantes	242908
	Fabricación de productos químicos para fotografía, de películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos	242911
	Fabricación de artículos de pirotecnia	242913
	Fabricación de vidrio plano	261001

<b>Contaminantes no convencionales</b>	<b>Posible actividad generadora del contaminante</b>	<b>CIIU Rev. A.C. 3</b>	
	Fabricación de vidrio polarizado y coloreado	261011	
	Fabricación de vidrio óptico y esbozos	261013	
	Fabricación de aisladores eléctricos de cerámica	269110	
	Fabricación de productos de cerámica refractaria para la industria metalúrgica y química como retortas, crisoles, muflas, etcétera	269203	
	Reducción de mineral de hierro	271002	
	Fabricación de acero	271003	
	Recuperación y fundición de plomo y cinc	272909	
	Fabricación de artículos laminados, estirados y extruidos de plomo y sus aleaciones	272910	
	Fabricación de artículos fundidos de plomo y sus aleaciones	272911	
	Fabricación de artículos de plomo y sus aleaciones	272912	
	Servicio de esmaltado , grabado, galvanizado y otros servicios conexos	289201	
	Bruñido, desbarbado, limpieza con chorro de arena, pulimento, soldadura, esmerilado y otros tratamientos especiales del metal	289202	
	Fabricación de motores y generadores eléctricos	311002	
	Fabricación de pilas y baterías	314001	
	Fabricación de acumuladores eléctricos, incluso partes de esos acumuladores	314002	
	Cadmio (Cd)	Fabricación de cigarrillos	160001
		Fabricación de reinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales excepto el vidrio	241301
Fabricación de materias sintéticas de poliésteres no saturados y siliconas		241302	
Fabricación de insecticidas, raticidas, funguicidas, herbicidas		242101	
Fabricación de cemento		269401	
Fabricación de artículos de cemento		269502	
Recuperación y fundición de cinc		272913	
Fabricación de artículos fundidos laminados, estirados y extruidos de cinc y sus aleaciones		272914	
Fabricación de artículos fundidos de cinc y sus aleaciones		272915	
Fabricación de artículos de cinc y sus aleaciones		272916	
Servicio de esmaltado , grabado, galvanizado y otros servicios conexos		289201	
Fabricación de hilos y cables recubiertos de material aislante		313001	
Fabricación de pilas y baterías		314001	
Fabricación de acumuladores eléctricos, incluso partes de esos acumuladores		314002	

Contaminantes no convencionales	Posible actividad generadora del contaminante	CIIU Rev. A.C. 3	
Mercurio (Hg)	Fabricación de cementos, amalgamas, usados en odontología y demás productos de obturación dental	242312	
	Fabricación de productos químicos para fotografía, de películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos	242911	
	Recuperación y fundición de cinc	272913	
	Fabricación de artículos laminados, estirados y extruidos de cinc y sus aleaciones	272914	
	Fabricación de artículos fundidos de cinc y sus aleaciones	272915	
	Fabricación de artículos de cinc y sus aleaciones	272916	
	Fabricación de pilas y baterías	314001	
	Fabricación de acumuladores eléctricos, incluso partes de esos acumuladores	314002	
	Fabricación de lámparas y tubos de rayos ultravioleta o infrarrojo	315002	
	Fabricación de lámparas y tubos de descarga, fluorescentes, de cátodo caliente o de otro tipo	315003	
	Fabricación de máquinas e instrumentos científicos y de laboratorio, termómetros, pirómetros e higrómetros, pluviómetros	331211	
	Hidrocarburos Totales (Hct) reportado como Metano (CH <sub>4</sub> )	Explotación de pozos de petróleo de gas natural	111001
		Fabricación de asfaltos y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción	231001
Fabricación de combustibles aglomerados de carbón o lignito		2310002	
Fabricación de productos químicos orgánicos, incluye compuestos cíclicos y acíclicos		241101	
Fabricación de gases industriales		241102	
Fabricación de ácido sulfúrico, fosfórico conexas a las fábricas de abonos		241108	
Producción de urea		241201	
Fabricación de abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos puros, mixtos, compuestos y complejos		241202	
Fabricación de mezclas de abonos orgánicos y naturales, estiércol, residuos vegetales y escorias		241203	
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Explotación de pozos de petróleo y gas natural	111001	
	Producción, transformación y conservación de carne y de derivados cárnicos	1511	
	Transformación y conservación de pescado y de derivados del pescado	1512	
	Elaboración de aceites y grasa de origen vegetal y animal	1522	
	Elaboración de productos lácteos	1530	
	Elaboración de productos de café	1560	
	Elaboración de otros productos alimenticios	1580	
Elaboración de otro productos alimenticios ncp	1589		

Contaminantes no convencionales	Posible actividad generadora del contaminante	CIIU Rev. A.C. 3
	Curtido y acabado del cuero	191001
	Fabricación de pastas celulósicas; papel y cartón	2101
	Fabricación de asfalto y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción	231001
	Fabricación de combustibles aglomerados de carbón o lignito	231002
	Fabricación de ácido sulfúrico, fosfórico conexas a las fabricas de abonos	241108
	Fabricación de abonos y compuestos orgánicos nitrogenados	2412
Tolueno	Curtido y acabado del cuero	191001
	Fabricación de asfalto y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción	231001
	Fabricación de combustibles aglomerados de carbón o lignito	231002
	Fabricación de productos de la refinación del petróleo	2320
	Elaboración de productos derivados del petróleo fuera de refinería	2322
	Fabricación de pigmentos y materias colorantes para la fabricación de colores, barnices, lacas esmaltes	242201
	Fabricación de pinturas y barnices para uso general e industrial	242202
	Fabricación de lacas	242203
	Fabricación de tintas para impresión	242208
	Fabricación de productos químicos para fotografía, de películas, placas sensibilizadas y papeles fotográficos	242911
	Fabricación de formas básicas de caucho	2513
	Fabricación de hilos y cables aislados	3130
Vanadio (V)	Fabricación de productos de la refinación del petróleo	2320
	Fabricación de plásticos en formas primarias	2413
	Fabricación de aeronaves y naves espaciales	3530

## **8. RECOMENDACIONES**

- Aunque los estándares y procedimiento de esta guía corresponden a las normas ICONTEC y ASTM actualizadas, se recomienda estar revisando constantemente el cambio que se puedan producir en estas.
- Es recomendable realizar los muestreos de combustibles líquidos en los tanques ya que nos pueden proporcionar una información más detallada de las características y composición de los combustibles.
- Es importante en próximos proyectos relacionados con el tema hacer análisis de pruebas contenidas en las normas Colombianas tales como: Octanaje, contenido de aromáticos, bencenos, azufre y otros.
- A la hora de planificar muestreos de combustibles líquidos, es importante saber que el muestreo y análisis de aceites industriales requiere de una disposición de tiempo mucho mayor, esto por sus características físicas y tipos de pruebas que se le deben de realizar.
- Se recomienda utilizar patrones para las muestras de maderas empleadas como combustibles.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

1. GÓMEZ MAYA, HÉCTOR BAYRON. Manejo del crudo de castilla en calderas pirotubulares. Medellín, 1991. Universidad Nacional, sede Medellín. Facultad de Minas.
2. RIVERO FORERO, JUAN JOSÉ. Combustibles líquidos y su combustión, sistemas calderas. Colombia, 1988.
3. FABIO RESTREPO MERINO, JAIRO RESTREPO MERINO. Hola química, tomo 2, ediciones Susaeta. 2001.
4. Normas ASTM D 4057 – 95 (Reapproved 2000). Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products
5. Combustibles. Enciclopedia Encarta Microsoft Corporation, 1993-2005.
6. Catálogo de productos. Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL. Año 2002.
7. Legislación colombiana, disponible en: <http://www.legis.com.co/nuevo/>
8. Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Calidad de combustibles sólidos y líquidos de vehículos automotores. Revista legislación económica Eco 21 Vol. 102 N. 1214, año 2003.
9. <http://www.ecopetrol.com.co/>
10. <http://www.terpel.com/productos/combustibles/>
11. BLANDON M. A. Notas de clase: Caracterización de carbones. Sin publicar
12. ECOCARBÓN, Normas generales sobre muestreo y análisis de carbones. Cuadernillo No. 1. Gerencia de planificación de carbón, división análisis de reservas. Santafé de Bogotá D.C, 1995
13. RAMÍREZ, P. Carbones: Muestreo, preparación macro y micropetrografía. Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín, Facultad de Minas. Medellín, 1984
14. RAMÍREZ, P. Muestreo y preparación de carbones para análisis general. Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín, Facultad de Minas. Medellín, 1993

15. REY, Q. I. Notas de clase: Exploración de carbones. Sin publicar
16. AGUDELO, O. 1989. Gasificación-combustión del carbono mineral de tiro ascendente, para el secado del café. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias 179 p.
17. BANSAL, R., DONNET, J & STOECKLI, F. 1988. Activated carbon. Boston. Editorial Marcel Dekker Inc. 479p.
18. LEON, J & ABISAMBRA, L. 1993. Caracterización físico-química del material estéril en el complejo carbonífero el Cerrejón-Zona Norte. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín Facultad de Nacional de Minas 55 p.
19. REINA, H. 2001. Aprovechamiento energético de maderas residuales (I). Caracterización de la madera y procesos de conversión termoquímicos. Parte de Ingeniería química .Vol. 33 No 380 Junio
20. REINA, H, Velo G & Puigjaner C. 2001. Aprovechamiento energético de maderas residuales (II). Caracterización hidrodinámica de partículas. Parte de Ingeniería química .Vol. 33 No 381 Julio/Agosto
21. RAMÍREZ, C. 1992. Introducción a la caracterización de carbones. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín Facultad de Nacional de Minas. 202 p.