NORMA VENEZOLANA

COVENIN 3682-1:2001

MECÁNICA. GAS NATURAL PARA VEHÍCULOS. REVISIÓN PERIÓDICA DE CILINDROS. PARTE 1: CILINDROS DE ACERO SIN COSTURA

FONDONORMA

PRÓLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT20 Mecánica** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior **N° 2001-10** de fecha **31/10/2001**.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades: Cámara Nacional de Gas Natural Vehicular; Ministerio de Energía y Minas, MEM; INTEVEP; PDVSA; INELECTRA; CAVIA; PRODUTEC.

NORMA VENEZOLANA MECÁNICA. GAS NATURAL PARA VEHÍCULOS. REVISIÓN PERIÓDICA DE CILINDROS. PARTE 1: CILINDROS DE ACERO SIN COSTURA

COVENIN 3682-1:2001

1 OBJETO

1.1 Esta Norma venezolana establece las especificaciones técnicas mínimas en la revisión periódica de los cilindros utilizados para el almacenamiento de Gas Natural para Vehículos (GNV), de manera que puedan ser puestos nuevamente en servicio por un período determinado con base a la frecuencia de inspección.

1.2 Esta Norma Venezolana es aplicable únicamente para cilindros de acero sin costura, destinados al almacenamiento de GNV a una presión de operación normal de 20,7 MPa (3000 lbf/pulg^2) estabilizada a 21°C (69,8 °F).

1.3 La presente Norma también establece los requisitos mínimos que debe cumplir el Centro de Revisión de cilindros en lo relativo a su personal, operaciones y procedimientos, lugar de trabajo y sus aspectos de seguridad, equipos complementarios para la revisión de cilindros y elementos de Aseguramiento de la Calidad

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

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

2.1 Normas COVENIN a consultar

COVENIN 823-88 Guía instructiva sobre los sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.

COVENIN 3226-1:1997 Gas natural para vehículos. Cilindros de almacenamiento. Parte 1: Cilindros de acero sin costura.

COVENIN 1579:1997 Pinturas y productos afines. Ensayo de atomización salina.

COVENIN 3228:1999 Gas Natural para vehículos. Instalación y prueba del sistema.

COVENIN 1999:1999 Requisitos para la calificación y certificación de personal en ensayos no destructivos.

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Venezolana se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Abolladura

Depresión permanente en la superficie del cilindro producida por un golpe con un objeto sin filo. Este defecto no afecta el espesor del cilindro.

3.2 Centro de Revisión

Instalación debidamente aprobada por el Organismo Competente, dedicada a ejecutar la revisión periódica de los cilindros.

3.3 Cilindro aprobado

Cilindro que cumple satisfactoriamente con la revisión periódica y puede continuar en servicio.

3.4 Cilindro rechazado

Cilindro que no cumple alguna de las inspecciones y/o requerimientos contemplados en esta norma.

3.5 Corte

Deformación en la superficie del cilindro ocasionada por el contacto con un objeto filoso. Este defecto afecta el espesor del cilindro.

3.6 Corrosión

Deterioro del material y de sus propiedades, producto de la reacción química o electroquímica entre este material y su medio ambiente.

3.7 Corrosión general

Tipo de ataque corrosivo distribuido uniformemente sobre la superficie del material sin seguir frecuentemente un patrón definido.

3.8 Daño por fuego

Daño producido por el calentamiento excesivo del cilindro. El daño puede ser generalizado o localizado, y generalmente se manifiesta como:

a) Pintura quemada (ampollada)

b) Metal base quemado

c) Deformación del cilindro

d) Partes de la válvula fundidas.

1.1 Defectos

Discontinuidades en el material, tales como grietas, fisuras, picaduras, laminaciones, abolladuras u otras que comprometan la utilización segura del cilindro.

3.9 Espesor nominal

Valor del espesor de pared suministrado por el fabricante del cilindro.

3.10 Espesor mínimo de diseño

Valor del espesor mínimo requerido por la especificación bajo la cual se fabricó el cilindro.

3.11 Estría

Corte o raya en la superficie del cilindro, ocasionado por la deformación de éste como consecuencia de la presión interna. Este defecto afecta el espesor del cilindro.

3.12 Fisura

Grieta en el cilindro. Puede terminar dentro del espesor o pasar a través del mismo.

3.13 Frecuencia de revisión

Intervalo de tiempo comprendido entre revisiones periódicas.

3.14 Hendidura

Impresión aguda en la superficie del cilindro con desplazamiento de material.

3.15 Línea de corrosión

Tipo de ataque corrosivo constituido por numerosas picaduras localizadas, orientadas en línea, con un ancho no mayor de 6,5 mm.

3.16 Organismo competente

Persona natural o jurídica acreditada por las autoridades nacionales que por reunir calificación, formación, experiencia y disponibilidad de los recursos adecuados, es capaz de emitir juicios objetivos en este campo.

3.17 Peso del cilindro

Masa del cilindro expresada en kilogramos. La válvula no debe ser considerada.

3.18 Protuberancia

Deformación que se manifiesta como un abultamiento de la pared del cilindro.

3.19 Picadura

Tipo de ataque corrosivo localizado en una superficie metálica y confinado a un punto o área pequeña, que toma la forma de cavidades, cuyo diámetro medio no excede 6,5 mm y se encuentra a una distancia mayor de 85 mm de cualquier otra picadura.

3.20 Punto de soldadura o soplete

Región del cilindro afectada localmente por el calor. Esta situación puede resultar del contacto con un arco eléctrico o una llama.

3.21 Revisión periódica

Inspección a la que se somete un cilindro de almacenamiento de GNV, con la finalidad de determinar su condición para continuar en servicio, de acuerdo a la frecuencia de revisión establecida en esta norma.

4 REQUISITOS

4.1 Generalidades

4.1.1 La inspección debe ser realizada en el 100% de los cilindros por personal técnico perteneciente a los Centros de Revisión.

4.1.2 Los cilindros de GNV deben ser inspeccionados de acuerdo a los procedimientos establecidos en esta Norma (véase tabla 1) con una frecuencia de revisión de 5 años a partir de su fecha de fabricación o de su última revisión

4.1.3 Los cilindros que no hayan estado en servicio, deben ser sometidos a una inspección visual interna y externa como requisito previo a su instalación, si han transcurrido más de tres (3) años desde la fecha de su fabricación o de su última revisión, siempre y cuando se evidencie que ha sido comprometida la integridad del cilindro, ya sea por inapropiadas condiciones de almacenamiento, ausencia del elemento de sello y/o daños en la rosca.

4.2 Consideraciones para el desmontaje del cilindro

La operación de desmontaje del cilindro del vehículo se debe realizar en un centro autorizado por personal calificado, según lo establecido a continuación:

4.2.1 Contenido de GNV en el sistema

Se debe comprobar que la(s) válvula(s) de cierre del(los) cilindro(s) está(n) cerrada(s) y se debe consumir el gas natural existente en el resto del sistema, por operación del motor en el vehículo.

4.2.2 Marcaje de la posición del cilindro en el automóvil

Antes de ser retirado el cilindro de la instalación que lo mantiene fijo al automóvil, se debe identificar la superficie inferior del cilindro. Para esto, se debe marcar la generatriz inferior del cilindro desde la ojiva hasta la base del mismo con marcador indeleble.

Este marcaje tiene como finalidad relacionar los tipos de corrosión con la ubicación del cilindro en el automóvil.

4.2.3 Verificación del funcionamiento de la válvula

4.2.3.1 Se debe verificar que la válvula abre y cierra con facilidad.

4.2.3.2 Si la válvula está aparentemente obstruida (no hay evidencia de liberación del GNV al abrirla), debe ser manipulada por personal entrenado y advertido de esta situación. Este personal debe tomar las medidas de seguridad señaladas a continuación, para evitar imprevistos debido a descarga de GNV remanente.

Introducir gas inerte a una presión de 0,5 MPa (70 psi) y verificar su descarga. Esta prueba se debe realizar dos o mas veces. En el caso de obstrucción, el cilindro se debe poner aparte para una atención especial.

4.2.4 Descarga del cilindro

4.2.4.1 Cuando se establezca que no existe obstrucción de la válvula, se debe realizar un vaciado completo del cilindro, mediante un procedimiento seguro que responda a las mejores prácticas conocidas, autorizado por el organismo competente.

4.2.4.2 A continuación se procede a remover la válvula.

4.2.4.3 Se le debe colocar a la válvula un rótulo con la siguiente información:

a) Identificación del cilindro (número y serial)

b) Propietario

c) Taller de montaje

d) Fecha

e) Observaciones (estado o condición general de la válvula)

4.2.5 Inspección y mantenimiento de la válvula

Toda válvula a ser reincorporada a servicio, debe ser sometida a inspección y mantenimiento, considerando métodos apropiados, de manera tal que la misma se desempeñe satisfactoriamente y selle sin fugas; para ello, se debe verificar el estado de la rosca (forma, longitud y conicidad del cuerpo roscado) y sus dispositivos de seguridad. Si las válvulas muestran en la rosca signos de distorsión, deformación, desgaste o corrosión de las crestas, roturas, melladuras, cortes o arrastre de material, las mismas deben ser rechazadas. El mantenimiento de la válvula debe incluir una limpieza general y de evidenciarse la presencia de componentes dañados, tales como sellos y dispositivos de seguridad, las válvulas deben ser rechazadas y destruidas.

4.2.6 Vaciado del contenido del cilindro

4.2.6.1 La presencia de pequeñas cantidades de sustancias extrañas pueden ser detectadas al inclinar el cilindro en posición invertida, dejando caer cualquier posible contenido en un recipiente para su posterior análisis.

4.2.6.2 Para aumentar la efectividad de la eliminación de las sustancias en el punto anterior, se debe introducir gas inerte a baja presión por el cuello del cilindro, utilizando una manga y dejando salir libremente el contenido junto con el escape de gas.

4.2.6.3 Se debe colocar un tapón adecuado a la rosca del cilindro, de tal forma que asegure un cierre hermético. La presencia del tapón impide la entrada de elementos extraños durante las subsiguientes etapas de la revisión periódica.

4.2.7 Transporte del cilindro al Centro de Revisión

4.2.7.1 El cilindro junto con su válvula debe ser remitido al Centro de Revisión de cilindros. La válvula debe ser enviada en las mismas condiciones de instalación en las cuales se encontraba, cualquiera sea su estado o haya sido su uso.

4.2.7.2 No se debe permitir que el cilindro caiga violentamente al piso o a cualquier otra superficie dura.

4.2.7.3 Si se usara un dispositivo (grúa, polipasto o similar) para elevar el cilindro, se debe utilizar un diseño que garantice su integridad.

4.2.7.4 Se deben tomar las precauciones necesarias para que los cilindros no se suelten de la plataforma del vehículo.

4.2.7.5 Nunca debe ser usado un cilindro como rodillo para su traslado.

4.2.7.6 Durante el transporte se debe velar por la integridad del cilindro y la válvula de manera tal que no sufran daños.

4.3 Revisión Periódica

La revisión periódica de los cilindros está constituida por una serie de pasos o etapas (véase Tabla 1). Cada uno de esos pasos se describe a continuación:

4.3.1 Control de identificación

4.3.1.1 Se debe verificar la existencia, legibilidad y correcta marcación de los siguientes datos en el cilindro:

a) "GNV" o denominación apropiada del producto

b) Mes y año de fabricación del cilindro

c) Identificación del fabricante

d) Identificación del cilindro (serial)

e) Presión de prueba y de trabajo

f) Peso real original (kg)

g) Capacidad o volumen real del cilindro (litros de agua)

h) Sello de aprobación del Organismo Competente o algún ente extranjero si el cilindro es importado.

i) Ultimo valor del peso, si el cilindro ha estado en servicio.

j) Ultima fecha de revisión periódica e identificación del Centro de Revisión.

4.3.1.2 La ausencia, inexactitud o adulteración de cualquiera de los datos b), c), d), e) y f) es razón suficiente para rechazar el cilindro.

4.3.1.3 En ningún caso deben borrarse o modificarse los datos originales de la marcación del cilindro.

4.3.1.4 El cilindro sujeto a revisión debe venir acompañado con un documento entregado por el taller, en el cual se indique que ese cilindro forma parte de un sistema de conversión, en caso contrario no se debe iniciar su revisión.

4.3.2 Limpieza exterior

4.3.2.1 En caso de ser necesario, se debe limpiar adecuadamente la superficie del cilindro con los métodos convencionales (agua, vapor, etc.), para eliminar la presencia de suciedad (tierra, aceite, rótulos, etc.).

4.3.2.2 En caso de que se detecten signos de enmascaramiento de corrosión, abolladura o cualquier otra discontinuidad que pueda comprometer la seguridad del cilindro, se debe proceder a la remoción de pintura hasta metal base por métodos adecuados (granallado, arenado, cepillado).

4.3.2.3 No se debe utilizar lavado químico corrosivo para remover la pintura.

4.3.3 Inspección visual externa

4.3.3.1 Se debe identificar visualmente la presencia de cualquiera de los siguientes defectos, u otro que pueda afectar la vida útil del cilindro. Los límites para el rechazo son los indicados en la Tabla 2.

4.3.3.1.1 Abolladura (véase figura 1)

4.3.3.1.2 Corrosión general [A]

4.3.3.1.3 Picaduras [A]

4.3.3.1.4 Línea de corrosión [A]

4.3.3.1.5 Corte (véase figura 2)

4.3.3.1.6 Daño por fuego [B]

4.3.3.1.7 Estría

4.3.3.1.8 Fisura

4.3.3.1.9 Hendidura (véase figura 3)

4.3.3.1.10 Protuberancia (véase figura 4)

4.3.3.1.11 Punto de soldadura o soplete [C]

[A] La corrosión puede dar lugar a productos de corrosión que impidan ver su profundidad. En estos casos los productos de corrosión deben removerse por medios mecánicos hasta el metal base.

[B] Cuando el recubrimiento del cilindro este ahumado, decolorado o ampollado, debe removerse este recubrimiento y si no se evidencian daños en el metal base, no se considera el cilindro dañado de acuerdo a lo establecido en esta norma.

[C] En el caso de cilindros con regiones afectadas por el calor, pero sin evidencia de daño en la superficie, debe tratarse como un caso de daño por fuego de acuerdo a lo establecido en la Tabla 2.

4.3.3.2 Los defectos detectados deben ser marcados y claramente identificados para su posterior evaluación por ultrasonido con excepción de aquellos que por su sola presencia sean causa de rechazo, según la Tabla 2.

4.3.4 Defectos en el cuello

4.3.4.1 Se debe inspeccionar el cuello del cilindro para descartar la presencia de fisuras, grietas, o cualquier otro defecto.

4.3.4.2 En general, los defectos pueden ser detectados mediante ensayos no destructivos y ensayo hidráulico de expansión volumétrica.

4.3.4.3 Se debe observar el estado de la rosca.

4.3.4.3.1 Los defectos más comunes en las roscas son: desgaste o corrosión de las crestas, roturas, melladuras, cortes o arrastres.

4.3.4.3.2 Los cilindros se deben rechazar cuando el número de hilos efectivos de la rosca sea menor que el 80% del total de hilos de la misma.

4.3.5 Limpieza interior

4.3.5.1 Se debe proceder a extraer el tapón que cierra la abertura del cilindro.

4.3.5.2 Cuando el cilindro contenga material suelto como polvo, escamas o partículas de óxido, se debe realizar una limpieza con aire seco.

4.3.5.2.1 El cilindro se debe colocar en una posición que facilite la salida del material hacia el exterior.

4.3.5.2.2 La limpieza se debe realizar haciendo fluir una corriente de aire seco a través de una manga introducida por la abertura del cilindro.

4.3.5.2.3 Este procedimiento permite eliminar todo el material indeseable proyectándolo hacia afuera. Esta extracción también puede lograrse por medio de una aspiradora.

4.3.5.3 Cuando el cilindro presente humedad e impurezas que no puedan ser eliminadas de acuerdo con el procedimiento anterior, se debe realizar una limpieza con vapor.

4.3.5.3.1 El uso de vapor generalmente asegura una limpieza a fondo. Para realizarlo se debe colocar al cilindro en posición vertical con la abertura hacia abajo. Para realizar la limpieza con vapor se introduce el tubo y se hace un barrido por las paredes y fondo del cilindro. El procedimiento anterior logra la limpieza del fondo y paredes del cilindro arrastrando las sustancias que se deseen eliminar hacia la abertura.

4.3.5.3.2 Durante el proceso de limpieza interior nunca se debe sobrepasar la temperatura de 300 °C.

4.3.5.3.3 También pueden emplearse los procedimientos de limpieza con chorro de agua, granallado o cualquier otro procedimiento que asegure la eliminación del referido material sin afectar el acero o su tratamiento térmico.

4.3.5.3.4 El procedimiento seleccionado debe ser de fácil manejo y eliminación. El lavado químico corrosivo o el arenado no están permitidos.

4.3.5.3.5 Una vez realizada la limpieza interior, se debe garantizar el secado eficiente del cilindro.

4.3.6 Inspección visual interna

4.3.6.1 Después de terminado el procedimiento de limpieza y secado, se debe proceder a realizar la inspección visual interna.

4.3.6.2 La inspección debe ser realizada utilizando una luz adecuada.

4.3.6.3 Se debe identificar la presencia de defectos tales como; grietas, fisuras, corrosión u otros.

4.3.6.4 Los cilindros con signos de corrosión interna o suciedad pueden ser limpiados de acuerdo a los métodos señalados en 4.3.5. Después de la limpieza se debe repetir la inspección visual.

4.3.6.5 Los límites para el rechazo son los mismos utilizados para la inspección externa, establecidos en la tabla 2.

4.3.7 Control del peso del cilindro

4.3.7.1 Se debe comprobar que el cilindro esté vacío y seco.

4.3.7.2 El rango de la balanza a utilizar debe ser de 1,5 a 2 veces el peso del cilindro (valor indicado en el estampado del cilindro).

4.3.7.3 La apreciación de la balanza debe ser de 100 g como mínimo.

1.1.1.1 Se debe comparar el peso real original indicado en el estampado con el peso real promedio obtenido. Una pérdida de masa mayor que 4% implica que el cilindro debe ser rechazado.

NOTA 1 El peso real reportado debe ser el promedio de tres mediciones consecutivas en la misma balanza.

4.3.8 Ensayo hidráulico de expansión volumétrica

4.3.8.1 Para realizar el ensayo se debe usar el sistema sin chaqueta de agua (véase Figura A3) o el sistema con chaqueta de agua (véase Figura A1 y Figura A2) de acuerdo a lo establecido en el anexo A. Sin embargo, cualquier otro arreglo, como el método de disminución de presión o el método de presión de prueba, capaz de garantizar la ejecución de este ensayo con la misma precisión y una seguridad equivalente, puede ser usado.

4.3.8.2 La presión de prueba es la indicada en el estampado del cilindro. Bajo ninguna circunstancia debe ser excedida.

4.3.8.3 El cilindro no debe mostrar deformación visible o defecto alguno una vez concluido el ensayo.

4.3.8.4 Debe ser medida la expansión volumétrica permanente del cilindro según los procedimientos establecidos por el fabricante del equipo. Esto debe hacerse por medio de la variación en el nivel de agua de la bureta después de la presurización del sistema.

4.3.8.5 El cilindro fallará en la prueba si hay alguna de las siguientes evidencias:

a) Fuga

b) Protuberancia visible

c) La expansión volumétrica permanente no debe exceder del 5 % de la expansión volumétrica total a la presión de prueba, o el porcentaje establecido por la especificación de fabricación del cilindro.

4.3.8.6 El manómetro indicador de presión debe ser Clase 1 (precisión 1 %).

4.3.8.7 La bureta o cualquier otro dispositivo de medición de expansión del cilindro, debe permitir lecturas de por lo menos 0,1 cm^3.

4.3.8.8 El equipo de prueba debe ser calibrado diariamente para asegurar que la precisión permanezca en ± 1 % en comparación con los valores de expansión, a la presión correspondiente indicada en un cilindro calibrado para tal fin, o cualquier otro dispositivo que garantice la precisión.

4.3.8.9 Cualquier presión aplicada al cilindro previa al ensayo de expansión no debe exceder el 90 % de la presión de ensayo. Si debido a fallas en la instalación el ensayo no pudiera completarse, este debe ser repetido a una presión incrementada en 0,7 MPa (7 bar), en este caso la presión se debe mantener entonces por 1 minuto para asegurar la expansión.

4.3.9 Detección de defectos por ultrasonido y medición de espesores

4.3.9.1 Detección de defectos

4.3.9.1.1 Este método cubre el ensayo de cilindros mediante la técnica de ultrasonido empleando el método de pulso-eco con incidencia angular. El ensayo puede realizarse tanto por inmersión como por contacto directo.

Los cilindros deben ser inspeccionados en:

- Los extremos, haciendo énfasis en el fondo y en aquellas zonas donde existan cambios en la geometría del cilindro, considerando áreas equidistantes que garanticen su representatividad.
- En la sección cilíndrica, en zonas adyacentes al cambio de la geometría, considerando áreas equidistantes a lo largo de la circunferencia que garanticen su representatividad.
- Zonas donde la inspección visual arroje indicios de posibles defectos que comprometan la integridad del cilindro.

4.3.9.1.2 La superficie de inspección, es decir, la superficie sobre la cual se van desplazar los palpadores, debe estar libre de pintura, óxido, irregularidades, grasa y/o cualquier otro elemento que impida un buen acople del palpador.

NOTA 2 La remoción de la pintura está condicionada a la tecnología del palpador que se esté utilizando.

4.3.9.1.3 Equipos

4.3.9.1.4 El(los) equipo(s) a emplear debe(n) ser del tipo pulso-eco con representación A-scan con la posibilidad de generar ondas ultrasónicas en un rango de frecuencias de 1 a 10 MHz. Estos equipos deben tener certificado de calibración vigente.

4.3.9.1.5 Acoplante

Debe emplearse un medio de acuerdo al equipo utilizado, que permita un adecuado acople entre el palpador y la superficie de inspección y además asegure una buena transmisión de las ondas ultrasónicas hacia el interior del metal.

4.3.9.1.6 Patrones de calibración

Debe construirse un patrón de calibración de longitud adecuada, del mismo diámetro externo e igual espesor de los cilindros a inspeccionar. Asimismo, este patrón debe ser del mismo material, acabado superficial y condición metalúrgica que los cilindros a inspeccionar.

El patrón de calibración debe estar libre de discontinuidades que puedan interferir con la detección de las entallas de referencia (reflector de calibración o de referencia).

Para la calibración de sensibilidad, deben mecanizarse las siguientes entallas en el patrón de calibración:

- Entalla paralela al eje del cilindro en la superficie externa.
- Entalla perpendicular al eje del cilindro en la superficie externa.
- Entalla paralela al eje del cilindro en la superficie interna.

- Entalla perpendicular al eje del cilindro en la superficie interna.

4.3.9.1.7 Las entallas paralelas y perpendiculares al eje del cilindro deben estar separadas al menos 25 mm una de la otra. Las entallas ubicadas en la superficie externa deben estar alejadas al menos 50 mm, a lo largo del eje del patrón, de las ubicadas en la superficie interna.

Las entallas de referencia deben tener una longitud de 25 ± 0,25 mm y su ancho no debe ser mayor a dos veces su profundidad nominal. La profundidad nominal de las entallas debe ser el 5 % del espesor mínimo de pared. La tolerancia en profundidad debe ser ± 10 % de la profundidad nominal de la entalla, siendo su valor mínimo de 0,025 mm.

La sección transversal de la entalla debe ser rectangular. Si se emplean métodos de electroerosión o similares en su fabricación, la parte inferior de la entalla debe ser redondeada.

4.3.9.1.8 Calibración

Empleando las entallas especificadas en 4.3.8.1.6, debe ajustarse el equipo hasta obtener una señal producida por la reflexión del haz ultrasónico con la entalla de la superficie interna. Este eco de reflexión debe llevarse al 80 % de altura de pantalla. Con la misma ganancia debe obtenerse una señal proveniente de la reflexión del haz con la entalla de la superficie externa. Esta indicación de menor altura es usada como nivel de rechazo.

El equipo debe ser calibrado empleando el mismo movimiento relativo patrón-palpador, en la misma dirección, velocidad y forma al que es usado durante la inspección del cilindro.

La calibración del equipo debe repetirse cada hora o después de cada treinta (30) cilindros inspeccionados. Asimismo debe verificarse la calibración si se introduce algún cambio en las variables del procedimiento de inspección. Si durante la calibración se observa alguna diferencia en la respuesta del equipo, todos los cilindros inspeccionados después de la última calibración aceptable deben ser reispeccionados.

4.3.9.1.9 Frecuencia

Pueden emplearse frecuencias comprendidas entre 2 MHz y 6 MHz.

4.3.9.1.10 Ángulo de incidencia

Debe usarse un ángulo de 45 grados (refracción en el material), sin embargo pueden emplearse otros ángulos (60, 70, 80 grados) para una mejor caracterización de las discontinuidades.

4.3.9.1.11 Procedimiento

Sección cilíndrica. Para la detección de defectos longitudinales, el cilindro debe ser inspeccionado incidiendo la energía ultrasónica en dirección circunferencial, tanto en sentido horario como antihorario. Para la detección de defectos transversales deben ser inspeccionados incidiendo el haz ultrasónico en dirección longitudinal, desplazando el palpador desde ambos extremos del área de inspección.

Extremos de los cilindros. Toda la superficie de los extremos debe ser inspeccionada empleando un palpador de 45 grados (refracción en el material). A fin de asegurar la cobertura completa, es recomendable dividir los extremos en cuatro sectores e inspeccionar uno a la vez.

Deben practicarse barridos en dos direcciones como mínimo, las cuales deben ser perpendiculares entre sí.

Cada barrido debe ser llevado a cabo primero con el palpador apuntando en un sentido y luego apuntando en el otro.

4.3.9.1.12 Interpretación de resultados

Todo cilindro que no presente indicaciones de defectos debe ser considerado que ha pasado la inspección ultrasónica.

NOTA 3 Una indicación de defecto es aquella igual o mayor a la menor indicación de las entallas de referencia, considerando que el tamaño de defecto máximo no excede el tamaño especificado en el diseño, calculado de acuerdo con lo establecido en la Norma COVENIN 3226.

Si se han removido defectos superficiales según lo establecido en el punto 4.3.2, debe realizarse nuevamente la inspección por ultrasonido y medición de espesores. Si el cilindro continúa mostrando indicaciones de defectos, debe considerarse no apto para el servicio y debe ser rechazado.

4.3.9.2 Medición de espesores

4.3.9.2.1 Este procedimiento cubre la medición de espesores por ultrasonido empleando el método de pulso-eco tanto por contacto directo como por inmersión. Los cilindros deben ser examinados para asegurarse que el espesor de las siguientes áreas se encuentra dentro del mínimo establecido por diseño.

a) En la sección cilíndrica

b) En los extremos

4.3.9.2.2 Condición superficial

La superficie de inspección, es decir, la superficie sobre la cual se van a desplazar los palpadores, debe estar libre de pintura, óxido, irregularidades, grasa y/o cualquier otro elemento que impida un buen acople del palpador.

NOTA 4 La remoción de la pintura está condicionada a la tecnología del palpador que se esté utilizando.

4.3.9.2.3 Equipo

El equipo a emplear debe ser del tipo pulso-eco y debe estar en capacidad de medir el espesor del material con una tolerancia de ± 2,5% del valor calibrado. Pueden emplearse equipos de lectura digital o con representación A-scan.

4.3.9.2.4 Acoplante

Debe emplearse un medio de acuerdo al equipo utilizado, que permita un adecuado acople entre el palpador y la superficie de inspección y que además asegure una buena transmisión de las ondas ultrasónicas hacia el interior del metal.

4.3.9.2.5 Patrón de calibración

El patrón de calibración debe ser de similar diámetro, material, condición superficial y condición metalúrgica del cilindro a ensayar. Así mismo debe estar maquinado de tal manera que su espesor sea el mínimo espesor permitido en el cilindro. Cuando no sea posible lo anterior puede usarse un patrón certificado de similar material y condición metalúrgica del cilindro a ensayar.

4.3.9.2.6 Calibración

Usando el patrón de calibración descrito en 4.3.8.2.5 el equipo debe ser ajustado para producir una señal indicativa del espesor con una tolerancia de ± 2,5%. El equipo debe ser calibrado con el mismo movimiento relativo patrón-palpador, igual velocidad, dirección y forma a los que serán usados en la inspección del cilindro.

La calibración del equipo debe repetirse cada hora o después de cada 30 cilindros inspeccionados. Así mismo debe verificarse la calibración si se introduce algún cambio en las variables del procedimiento de inspección. Si durante la verificación de la calibración se observa alguna diferencia en la respuesta del equipo, todos los cilindros inspeccionados después de la última calibración aceptable deben ser reinspeccionados.

4.3.9.2.7 Frecuencia

La frecuencia del instrumento de ensayo debe ser igual o mayor a 2 MHz.

4.3.9.2.8 Procedimiento

El cilindro debe ser inspeccionado empleando un sistema automatizado o de forma manual. En cualquier caso debe asegurarse que la sección cilíndrica sea inspeccionada con el mismo criterio que el establecido en el punto 4.3.8.1.1.

4.3.9.2.9 Interpretación de resultados

Todo cilindro que presente espesores por debajo del mínimo especificado en el diseño, debe considerarse como no apto para continuar en servicio y debe ser rechazado.

4.3.10 Secado del cilindro

Las superficies internas y externas del cilindro deben ser secadas totalmente, según lo establecido en el punto 4.3.5.3.5, hasta asegurar que toda el agua o humedad presente ha sido eliminada.

4.3.11 Remarcado del cilindro

Después de completada la revisión del cilindro, se debe estampar en su domo, a continuación de los datos existentes, la siguiente información:

a) Nueva masa en kg, con exactitud de un dígito decimal, si es diferente a la anterior

b) Fecha de la revisión

c) Logotipo del Centro de Revisión

El tamaño de los caracteres no debe ser menor de 8 mm y su profundidad no menor de 2 mm, garantizando su legibilidad después de ser pintado el cilindro.

4.3.11.1 No debe borrarse el peso original del estampado.

4.3.12 Pintura del cilindro

4.3.12.1 La superficie a pintar debe estar libre de grasa, polvo, herrumbre, humedad, pintura vieja y otros contaminantes.

4.3.12.2 La pintura anticorrosiva seleccionada debe ser resistente al ensayo de atomización salina según lo establecido en la Norma COVENIN 1579, durante un período de 72 horas, sin presentar algún punto de corrosión en su superficie.

4.3.12.3 Posteriormente, se debe aplicar la pintura de acabado.

4.3.13 Documentación del Cilindro Aprobado

4.3.13.1 Se debe llevar un registro de las revisiones realizadas, incluyendo los resultados de los ensayos.

4.3.13.2 Los registros deben estar debidamente firmados por el responsable técnico del Centro de Revisión y a disposición del Organismo Competente.

4.3.13.3 El Centro de Revisión debe emitir un certificado por cada cilindro aprobado, según lo establecido en el anexo B. La distribución del certificado de revisión debe ser en original para los archivos del Centro de Revisión y a disposición del Organismo Competente.

4.3.14 Destrucción del Cilindro Rechazado

4.3.14.1 Los cilindros que no satisfagan los requerimientos de esta Norma, previo a su destrucción, debe verificarse que estén libres de gas o de cualquier sustancia combustible. Los cilindros deben ser destruidos mediante un método aprobado por el Organismo Competente o cualquiera de los que a continuación se señalan:

a) Aplastamiento del cilindro por medios mecánicos. Si la distancia entre los extremos es mayor de 1 m se deben realizar aplastamientos sucesivos a distancias de 1 m entre ellos.

b) Corte longitudinal del cilindro en dos o más partes, desde el cuello hasta el fondo.

c) Remoción de la rosca del cilindro.

4.3.14.2 El Centro de Revisión debe emitir un reporte o acta de destrucción por cada cilindro rechazado. La distribución debe ser en original para el Centro de Revisión y a disposición del Organismo Competente.

4.4 Consideraciones para la instalación del cilindro

La instalación del cilindro en el vehículo debe ser realizada según lo establecido en la Norma COVENIN 3228.

4.5 Centros de Revisión

4.5.1 Personal

4.5.1.1 El personal técnico del Centro de Revisión debe estar técnicamente calificado y entrenado para ejecutar la inspección de los cilindros.

4.5.1.2 El personal designado para ejecutar la inspección de detección de defectos debe estar calificado, al menos, como nivel II en ultrasonido según la Norma COVENIN 1999.

4.5.1.3 El personal encargado de ejecutar la inspección de medición de espesores debe estar calificado, al menos como nivel I en ultrasonido de acuerdo con la Norma COVENIN 1999.

4.5.1.4 La persona responsable del taller debe estar técnicamente calificada para coordinar las tareas de inspección de los cilindros. Debe ser:

a) Responsable de la operación global del Centro de Revisión

b) Responsable de que todos los requisitos especificados en esta Norma sean cumplidos

c) Conocedora de los riesgos y procedimientos de seguridad asociados con la inspección de cilindros para el almacenamiento de gas natural para vehículos

d) Responsable de firmar los certificados de revisión y los reportes o actas de destrucción de cilindros.

4.5.1.5 Otras personas que participen en las actividades que no sean de inspección, tales como procedimientos de preparación y manejo de los cilindros, deben ser instruidas sobre los riesgos asociados con las tareas que ellos realicen.

4.5.2 Operaciones y procedimientos

4.5.2.1 La gerencia responsable del Centro de Revisión debe asegurar el total cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Los equipos y procedimientos deben mantenerse en la condición en que fueron aprobados por el Organismo Competente.

b) Deben estar disponibles las normas COVENIN vigentes aplicables para los cilindros.

c) Debe establecerse y mantenerse un sistema de registro de los reportes escritos de todos los cilindros sometidos a revisión, todos los certificados de revisión de cilindros emitidos y todos los reportes de calibración de los equipos. Los reportes de calibración deben mantenerse actualizados.

d) Los procedimientos deben ser establecidos e implementados y estar disponibles al personal. Los procedimientos deben ser documentados, deben abarcar los métodos generales, las secuencias de las operaciones, y deben ser seguidos en la operación del Centro. Deben incluir lo siguiente:

- Identificación y segregación de los cilindros en las diferentes etapas de prueba.
- Registro de los resultados de las inspecciones y ensayos en un formato de control al momento de realizar los ensayos para ser transferidos a los reportes de pruebas finales.

4.5.3 Características del Centro de Revisión

4.5.3.1 Lugar de trabajo

El lugar de trabajo debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) La función principal debe ser la inspección y ensayo de los cilindros.

b) Debe existir iluminación adecuada.

c) Debe existir una ventilación horizontal adecuada, garantizando el recambio de aire del ambiente y evitando la acumulación de gases.

d) Debe existir espacio adecuado para el número de operarios, equipos y cilindros manejados.

e) El área debe mantenerse limpia, y donde se realice el ensayo hidráulico debe estar bien drenada.

f) Deben colocarse avisos indicando la prohibición de fumar, y de portar equipos eléctricos o con llamas tales como sopletes y mecheros, en las zonas donde se manejan gases inflamables.

g) Deben colocarse extintores de Polvo Químico Seco (PQS) o Anhídrido Carbónico (CO_2) con una capacidad mínima de 10 lb según lo establecido en la Norma venezolana COVENIN 823.

4.5.3.2 Equipos complementarios

4.5.3.2.1 El Centro de Revisión de cilindros debe incluir como mínimo los equipos complementarios indicados a continuación:

a) Lámpara a prueba de explosión de extra-bajo voltaje o del tipo de fibra óptica con una fuente de luz externa, para posibilitar la inspección de todas las superficies internas.

b) Bulbo fluorescente, usado como lámpara de inspección, protegido contra roturas y sellado en un recinto protector.

NOTA 5 Equipos auxiliares para visión de las superficies interna y externa pueden ser necesarios, tales como lámpara manual y espejos.

c) Equipo adecuado para la sujeción y manejo del cilindro. Debe permitir que el cilindro sea sujetado sin causar daño alguno a la válvula, mientras se la retira y se la repone.

d) Equipo para probar válvulas aparentemente obstruidas, Debe incluir un medio para introducir un gas inerte a baja presión a la válvula.

e) Calibrador de profundidad, capaz de detectar y dimensionar protuberancias, abolladuras, hendiduras y cortes.

f) Equipo para la limpieza y verificación de las roscas.

g) Herramientas para el marcaje del logotipo del Centro de Revisión, la fecha de revisión y la nueva masa.

h) Equipo de limpieza, el cual puede incluir entre otros, cepillos de alambre, suministro de vapor, equipo de manejo de solventes, aire comprimido y agua.

i) Balanza.

j) Manómetros necesarios para la conducción de las pruebas, con un rango y apreciación apropiado.

k) Detector de gases.

l) Torquímetro y llave especial para la instalación de la válvula de cierre de los cilindros de almacenamiento.

m) Equipos adicionales para el control de masa y medición de espesores son especificados en los puntos correspondientes.

4.5.3.2.2 El responsable del Centro de Revisión debe velar porque se disponga de todos los equipos adecuados y requeridos para las operaciones regulares del Centro de Revisión, operando satisfactoriamente.

4.5.3.3 Información básica para la revisión de cilindros

Los Centros de Revisión deben disponer de la información técnica con las características de los cilindros a inspeccionar, como mínimo lo siguiente: modelo, marca, norma de fabricación, peso, dimensiones, espesor nominal, resistencia a la cedencia, resistencia a la tracción, dureza máxima, cálculo del espesor y material utilizado.

4.5.4 Aseguramiento y Control de la Calidad

El Organismo Competente puede solicitar la implantación de un sistema de calidad orientado a las actividades que realiza el Centro de Revisión. Como mínimo deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) Preparar e implantar en forma efectiva procedimientos documentados consistentes con los requisitos de esta Norma. Los procedimientos documentados pueden hacer referencia a instrucciones de trabajo que establecen la forma como se realizan las actividades propias de la revisión de los cilindros.

b) Establecer y mantener actualizados procedimientos documentados para controlar, calibrar y realizar mantenimiento de los equipos e instrumentos utilizados para comprobar la conformidad de las prácticas de revisión de los cilindros con los requisitos especificados.

c) Establecer y mantener actualizados procedimientos documentados para identificar, recoger, codificar, acceder, clasificar, archivar, mantener y disponer de los registros relativos a las revisiones de los cilindros.

d) Disponer de las especificaciones técnicas necesarias para cumplir con las tareas de revisión de los cilindros.

e) Identificar las necesidades de adiestramiento y proveerlo a todo el personal que tenga impacto directo en el proceso de la revisión de los cilindros.

f) Establecer indicadores que reflejen los niveles de rechazo en las revisiones de los cilindros, especificando las causas de tales rechazos a través de una estadística de fallas.

4.5.5 Auditorías e inspecciones de los Centros

Aquellos Centros de Revisión autorizados como aptos para la inspección de cilindros de GNV, pueden ser objeto de auditorías de Calidad e inspecciones rutinarias, según lo establecido en esta norma, para garantizar la continuidad de su condición de Centros de Revisión calificados.

BIBLIOGRAFÍA

NORMA GE N° 1-144 Especificación técnica para la revisión periódica de cilindros de acero sin costura para G.N.C., basada en la norma IRAM 2529.

ISO 6406: 1992 Periodic inspection and testing of seamless steel gas cylinders.

CGA C-6-1993 Standards for visual inspection of steel compressed gas cylinders.

AS 2337.1-1989 Gas cylinders test stations Part 1: General requirements, Inspections and tests –Gas cylinders.

AS 2030.1-1989 The approval, filling, inspection, testing and maintenance of cylinders for the storage and transport of compressed gases(known as the SAA Gas Cylinders Code). Part 1: Cylinders for compressed gases other than acetylene.

BSI BS 5045: 1982 Part 1 Transportable gas containers. Part 1: Specification for seamless steel gas containers above 0,5 litre water capacity.

GRI Inspection of Compressed Natural Gas Cylinder 1996.

ISO/TC 58/SC 3/WC 17 High Pressure Cylinders for On Board Storage of Natural Gas as a Automotive Vehicles.

ANSI/AGA NGV2-1992 Basic Requirements Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers.

CSA B51 Part 2 High Pressure Cylinders for the On-Board Storage of Natural Gas as a Fuel for Automotive. Vehicles.

En la elaboración de esta Norma participaron: Balda, Félix; Hernández, Roberto; Lugo, Pedro; Ochoa, Pedro; Sequera, Carlos; Vázquez, Yrlanda.

Tabla 1 Pasos a seguir en la revisión programada de cilindros

Paso (numeral)	**Descripción**
1 (4.3.1)	Control de identificación
2 (4.3.2)	Limpieza exterior
3 (4.3.3)	Inspección visual externa
4 (4.3.4)	Defectos en el cuello
5 (4.3.5)	Limpieza interior
6 (4.3.6)	Inspección visual interna
7 (4.3.7)	Control del peso del cilindro
8 (4.3.8)	Ensayo hidráulico de expansión volumétrica
9 (4.3.9)	Detección de defectos por ultrasonido y medición de espesores
10 (4.3.10)	Secado del cilindro
11 (4.3.11)	Remarcado del cilindro
12 (4.3.12)	Pintura del cilindro
13 (4.3.13)	Documentación del cilindro aprobado
14 (4.3.14)	Destrucción del cilindro rechazado

Tabla 2 Límites para el rechazo de cilindros

Defecto	Límite
Abolladura	Si la profundidad de la abolladura es mayor que 2 mm, o el diámetro mayor es menor que 30 veces su profundidad.
Corrosión general	Si el espesor remanente en la zona de corrosión es menor que el espesor de pared mínimo permisible para el cilindro en servicio.
Picadura	Si el espesor remanente es menor que el 75% del espesor de pared mínimo permisible para el cilindro en servicio.
Línea de corrosión	Si su longitud es mayor que 75 mm. Si el espesor remanente de pared es menor que el espesor de pared mínimo permisible para el cilindro en servicio.
Corte	Si el espesor remanente de pared es menor que el espesor de pared mínimo permisible para el cilindro en servicio. Si la longitud del corte excede 75 mm.
Daño por fuego	Si el metal base está quemado o distorsionado.
Estría	Si la longitud de la estría es mayor que el 2% del largo del cilindro, o su profundidad es mayor que el 5% del espesor de la pared del cilindro.
Fisura	Si hay una como mínimo.
Hendidura	Si el espesor remanente de pared es menor que el espesor de pared mínimo permisible para el cilindro en servicio, o si su longitud supera los 75 mm.
Protuberancia	Si existen protuberancias visibles tales como las ocasionadas por daño por fuego.
Punto de soldadura o soplete	Detección de punto de soldadura o soplete

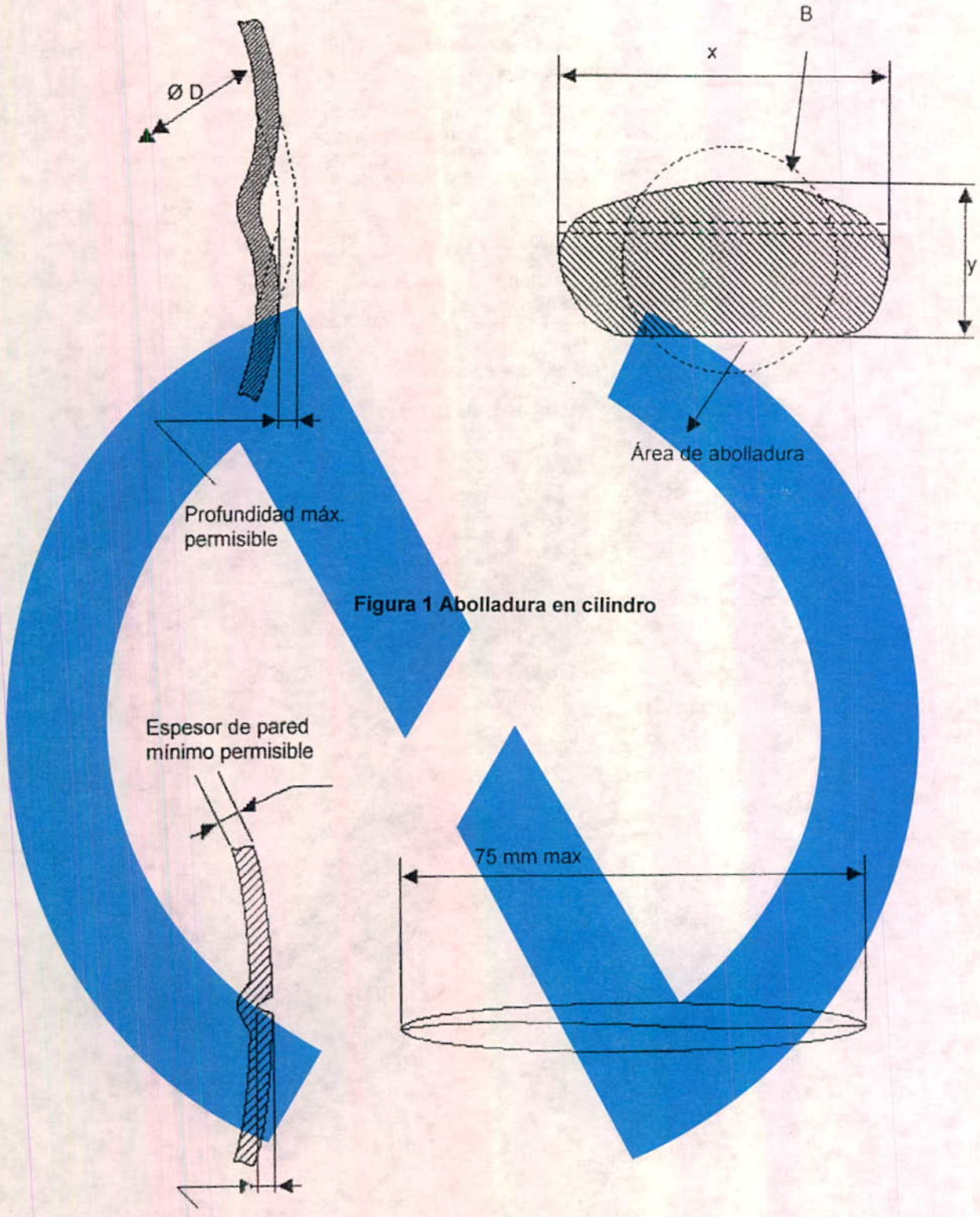


Figura 1 Abolladura en cilindro

Figura 2 Corte en cilindro

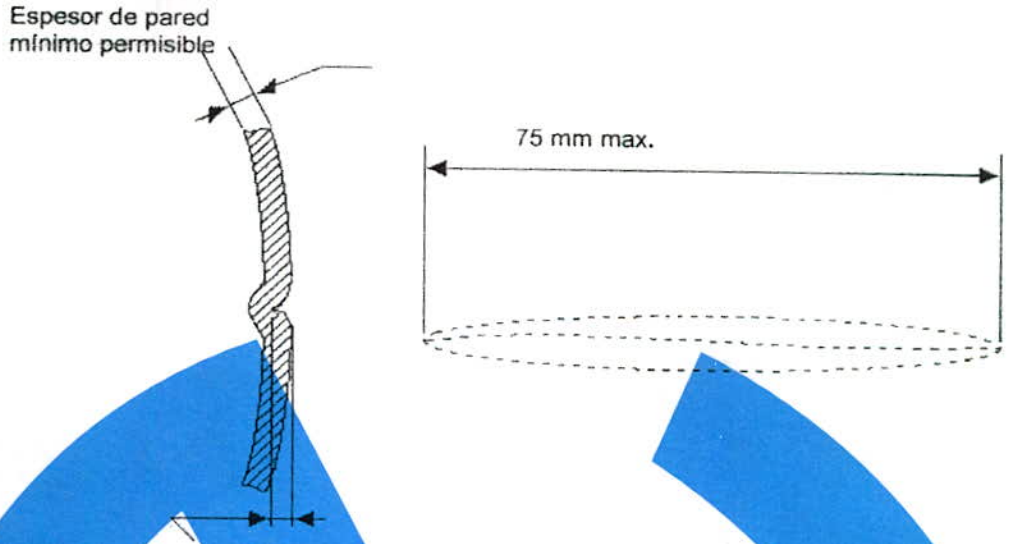


Figura 3 Hendidura en el cilindro

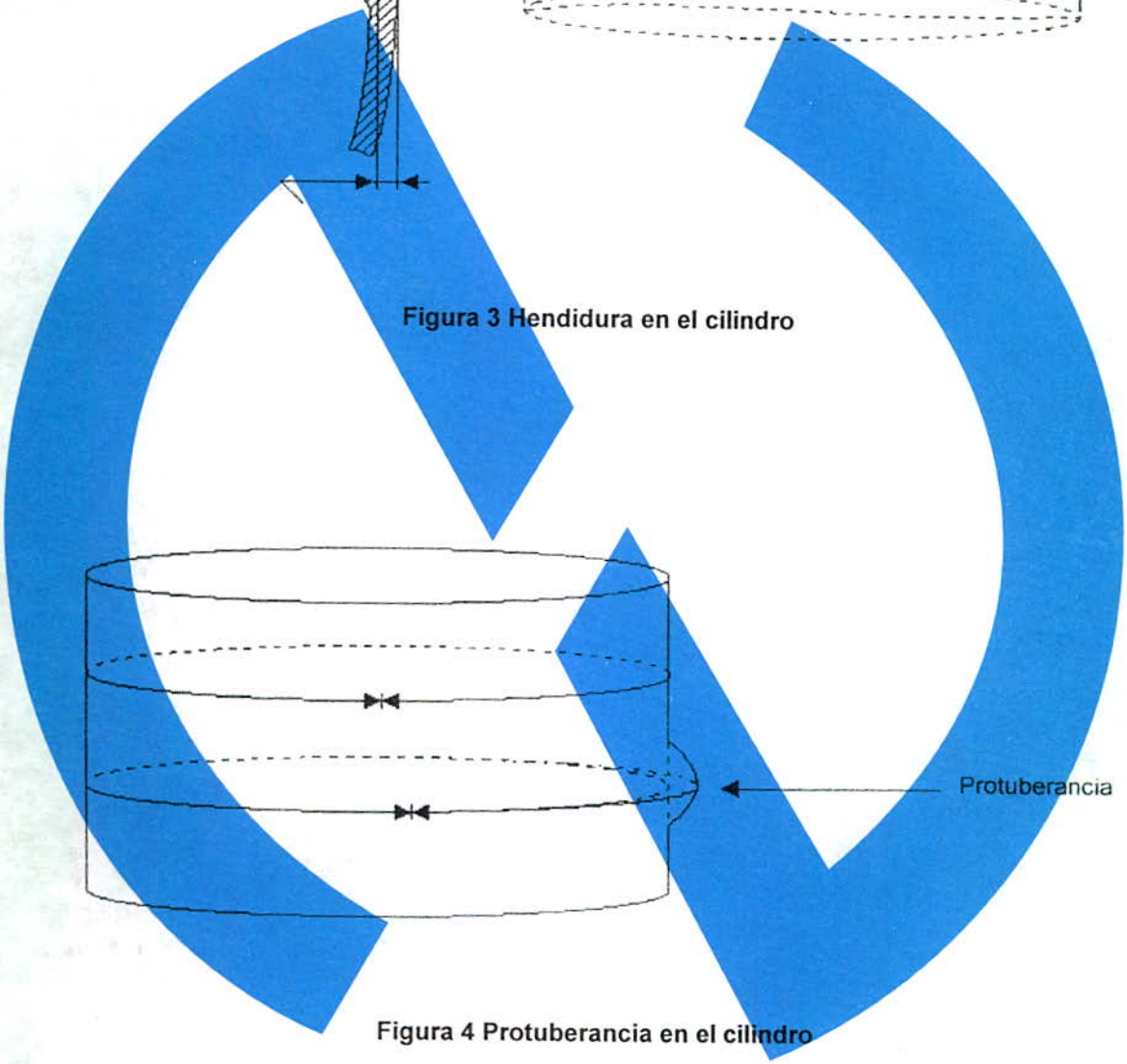


Figura 4 Protuberancia en el cilindro

Anexo B

(Normativo)

CERTIFICADO DE REVISIÓN DE CILINDROS

Reporte N°.....Empresa.....

Fecha:.....

Propietario del Cilindro.....

Cilindro N°.....Especificación del Cilindro.....Fecha de Fabricación.....

Inspección Visual Externa

Pasa.....

Falla.....

Razón.....

Inspección Visual Interna

Pasa.....

Falla.....

Razón.....

Inspección por Ultrasonido

Pasa.....

Falla.....

Razón.....

Ensayo Hidráulico

Pasa.....

Falla..... Fecha.....

Razón.....

Control del Peso

Pasa..... Pérdida del Masa o peso.....

Falla.....

Observaciones

.....

.....

Este cilindro ha sido revisado de acuerdo con COVENIN 3682-1 "Mecánica. Gas Natural para Vehículos. Revisión Periódica de Cilindros. Parte 1: Cilindros de Acero sin Costura" y ha sido:

Aprobado..... Condenado:.....

Se recomienda que este reporte sea mantenido por el propietario del cilindro, y podría ser requerido por el Organismo Competente.

Firma de Aprobación.....

Anexo A

(Informativo)

Ensayo de expansión volumétrica en cilindros de GNV

1 General

Este anexo da detalles de los métodos para determinar la expansión volumétrica de cilindros sin costura para GNV. Estos métodos son los siguientes:

a) Método de chaqueta de agua y,

b) Método sin chaqueta de agua.

El ensayo de expansión volumétrica mediante el método de chaqueta de agua puede ser realizado en una bureta nivelada o fija.

2 Equipos de ensayo

Los siguientes requerimientos son generales para ambos métodos de ensayo.

a) Las tuberías de alta presión en el ensayo hidráulico deben ser capaces de soportar el doble de la máxima presión aplicada a cualquier cilindro que sea ensayado.

b) Las buretas de vidrio deben ser de suficiente volumen para contener la completa expansión volumétrica del cilindro y deben tener orificios de diámetro uniforme para que la expansión pueda ser leída con una precisión de 1 % ó 0,1 ml, cualquiera sea mayor

c) Los manómetros deben ser de tipo industrial Clase 1 con una escala apropiada a la prueba de presión. Deben ser probados en intervalos regulares pero no menos de una vez al mes.

d) Un dispositivo apropiado debe ser empleado para asegurar que ningún cilindro exceda la presión de ensayo.

e) Las tuberías deben utilizar largas curvaturas en lugar de codos y las tuberías de alta presión deben ser lo más cortas posible. Las tuberías flexibles deben ser capaces de soportar el doble del máximo de la presión aplicada al equipo y las paredes deben ser de suficiente espesor para prevenir torceduras.

f) Toda unión debe garantizar la hermeticidad del sistema.

g) El sistema debe quedar completamente libre de aire.

3 Ensayo de expansión volumétrica en chaqueta de agua

El método de ensayo exige encerrar el cilindro lleno de agua en una chaqueta también llena de agua.

La expansión volumétrica permanente del cilindro es medida a través de la cantidad de agua desplazada por la expansión del cilindro bajo presión y la cantidad de agua desplazada después que la presión ha sido liberada. La expansión permanente es calculada como un porcentaje del total expandido.

A la chaqueta de agua se le debe colocar un dispositivo de seguridad capaz de liberar energía de cualquiera de los cilindros que pueda estallar a presión de prueba.

Una válvula de purga de aire debe ser colocada en el punto más alto de la chaqueta.

Dos métodos para realizar esta prueba se describen en 3.1 y 3.2. Otros métodos serán aceptables considerando que a través de ellos se puede medir la expansión volumétrica total del cilindro y la permanente, si la presenta.

3.1 Método de bureta nivelada (véase figura A1)

El procedimiento de ensayo utilizado es el siguiente:

a) Se llena el cilindro con agua y se sujeta a la cubierta de la chaqueta de agua.

b) Se sella el cilindro en la chaqueta y se llena con agua la misma, permitiendo que el aire se cuele a través de la válvula de purga de aire.

c) Se conecta el cilindro a la línea de presión. Se ajusta la bureta a nivel cero (0) manipulando la válvula de llenado y vacío de la chaqueta. Se aumenta la presión a 2/3 de la presión de ensayo, se detiene el bombeo y se cierra la válvula que suministra presión hidráulica. Se verifica que el lector de la bureta se mantenga estable.

NOTA Un aumento de nivel en el agua es una indicación que existe fuga en la unión entre el cilindro y la chaqueta.

d) Se activa nuevamente la bomba y se abre la válvula de la línea de presión hidráulica hasta que la presión de ensayo sea alcanzada en el cilindro. Luego de esto se cierra la válvula y se apagar la bomba.

e) Se baja la bureta hasta que el nivel de agua llegue a la marca cero en el soporte de la bureta. Se toma la lectura del nivel de agua en la bureta. Esta lectura corresponde a la expansión total y debe ser registrada en el certificado de prueba.

f) Se abre la válvula de la línea de drenaje hidráulico para liberar la presión en el cilindro. Se sube la bureta hasta que el nivel de agua sea cero en el soporte de la bureta. Se verifica que la presión sea cero y que el nivel de agua sea constante.

g) Se lee el nivel del agua en la bureta. Esta lectura corresponde a la expansión permanente y debe ser registrada en el certificado de prueba.

h) Se verifica que la expansión volumétrica permanente PE no exceda el valor especificado en el punto 4.3.9.5.c del total de la expansión volumétrica TE, según se desprende en la siguiente ecuación:

$$\frac{PE}{TE} x100 < 5 \text{ ó } indicación\ del\ fabricante$$

3.2 Método de bureta fija (véase figura A2)

El equipo debe ser instalado como se muestra en la figura A2. El procedimiento de este método de prueba es similar al descrito en 3.1 excepto que la bureta es fija:

a) Se siguen los pasos descritos en a) y b) del punto 3.1

b) Se conecta el cilindro a la línea de presión

c) Se ajusta el nivel de agua a un valor prefijado (expansión cero). Se aplica presión hasta que se alcance la presión de prueba y en ese momento se registra el valor leído en la bureta. La lectura sobre el valor prefijado será el valor de la expansión total y debe ser registrado en el certificado de prueba.

d) Se libera la presión y se registra el valor leído en la bureta. La lectura sobre el valor prefijado es la expansión permanente y debe ser igualmente registrada en el certificado de la prueba.

e) Se verifica que la expansión volumétrica permanente PE no exceda lo especificado en el punto 4.3.9.5.c del total de la expansión volumétrica TE, determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{PE}{TE} x100 < 5 \text{ ó } indicación\ del\ fabricante$$

4 Ensayo de expansión volumétrica sin chaqueta de agua (véase figura A3)

Este método consiste en medir la cantidad de agua que ingresa al cilindro ya presurizado y al liberar esa presión se mide la cantidad de agua que regresa a la bureta. En este caso es necesario tomar en cuenta la compresibilidad del agua y el volumen del cilindro bajo prueba para obtener el valor real de la expansión volumétrica.

El agua utilizada debe estar limpia y libre de aire disuelto. Cualquier fuga en el sistema o la presencia de aire libre o disuelto resultara en lecturas erróneas.

El equipo debe ser instalado como se muestra en la figura A3. Esta figura presenta un diagrama de las diferentes partes del equipo. La tubería de suministro de agua debe estar conectada a un tanque adicional tal

como muestra la figura, o en todo caso a cualquier otra fuente que suministre agua.

4.1 Requerimientos para el ensayo

El equipo debe ser arreglado de tal manera que todo el aire pueda ser removido. Con esto se lograra tomar lecturas precisas del volumen de agua requerido para presurizar el cilindro lleno y el volumen de agua desplazada del cilindro despresurizado.

En el caso de cilindros grandes, podría ser necesario aumentar el tubo de vidrio con un tubo de metal instalado en el distribuidor.

Si en el equipo se utiliza una bomba hidráulica de acción simple, se debe garantizar que el pistón quede en la posición posterior cuando los niveles de agua se manifiesten.

4.2 Método de ensayo

El método de prueba a ser usado es el siguiente:

a) Se llena completamente el cilindro con agua y se determina el peso de agua requerido.

b) Se conecta el cilindro a la bomba hidráulica de prueba y se verifica que todas las válvulas están cerradas.

c) Se llena la bomba y el sistema con agua del tanque de suministro, abriendo todas las válvulas.

d) Para asegurar la expulsión del aire de todo el sistema, se cierran las válvulas de purga de aire y la de desvío y se eleva la presión en el sistema hasta aproximadamente un tercio de la presión de prueba. Se abre la válvula de purga hasta liberar el aire atrapado reduciendo la presión del sistema hasta cero, en ese momento se cierra la válvula. Se repite el proceso de ser necesario.

e) Se continua llenando el sistema hasta que el nivel de la bureta sea aproximadamente 300 mm desde el tope. Se cierra la válvula principal y se marca el nivel de agua, dejando las válvulas de purga de aire abiertas.

f) Se cierran las válvulas de purga. Se aumenta la presión en el sistema hasta que el manómetro de presión registre la presión de ensayo requerida. Se detiene la bomba y se cierra la válvula de la línea hidráulica. Después de aproximadamente 30 segundos, no deben haber cambios tanto en el nivel de agua como en la presión. Un cambio de nivel indicaría fuga. Una caída de presión, si no hay fuga, indica que el cilindro está todavía expandiéndose bajo presión.

g) Se registra la caída en el nivel de agua en el tubo de vidrio. Siempre que no haya fuga, toda el agua drenada del tubo de vidrio habrá sido bombeada dentro del cilindro para lograr la presión de ensayo. La diferencia en el nivel de agua es la expansión total.

h) Se abren las válvulas del sistema hidráulico principal y las válvulas de desvío lentamente para liberar la presión en el cilindro y permitir el regreso del agua al tubo de vidrio. El nivel de agua debería regresar al nivel original marcado por el indicador. Cualquier diferencia en el nivel denotará el valor de expansión volumétrica permanente del cilindro, despreciando el efecto de la compresibilidad del agua a la presión del ensayo. La expansión volumétrica permanente verdadera del cilindro es obtenida haciendo la corrección de la compresibilidad del agua, la cual es dada por la ecuación en el punto 4.4 de este anexo.

i) Antes de desconectar el cilindro del equipo, se cierra la válvula de aislamiento. Esto deja la bomba y el sistema lleno de agua para el próximo ensayo. Sin embargo, debe ser repetido el punto d) en cada ensayo subsiguiente.

j) Si la expansión volumétrica permanente ha ocurrido, se registra la temperatura del agua dentro del cilindro.

4.3 Resultados del ensayo

a) Los ensayos determinan el volumen de agua requerido para presurizar el cilindro lleno a la presión de ensayo.

b) La masa total y la temperatura del agua dentro del cilindro son conocidas, permitiendo el cambio de volumen del agua en el cilindro debido a la compresibilidad a ser calculada. El volumen de agua que

regresa del cilindro cuando es despresurizado es conocido. Así la expansión volumétrica total TE y la expansión volumétrica permanente PE pueden ser determinadas.

c) La expansión volumétrica permanente PE no debe exceder el valor especificado en el punto 4.3.9.5.c de la expansión volumétrica total.

4.4 Cálculo de la compresibilidad del agua

La compresibilidad del agua es calculada usando la siguiente ecuación:

$$\Delta V = m_t \, p \left(K - \frac{0{,}68 \; x \; p}{10^5} \right)$$

Donde

ΔV es la compresibilidad del agua en centímetros cúbicos

m_t es la masa de agua en kilogramos

p es la presión en bar (1 bar = 10^5 Pa)

K es factor que depende de la temperatura (véase tabla A1).

Tabla A1 Valores del factor *K*

Temperatura °C	*K*
6	0,04915
7	0,04886
8	0,04860
9	0,04834
10	0,04812
11	0,04792
12	0,04775
13	0,04759
14	0,04742
15	0,04725
16	0,04710
17	0,04695
18	0,04680
19	0,04668
20	0,04654
21	0,04643
22	0,04633
23	0,04623
24	0,04613
25	0,04604
26	0,04594

4.5 Ejemplo de cálculo de la compresibilidad del agua

El siguiente ejemplo, no aplica para tuberías largas

Ejemplo:

Presión de ensayo: 232 bar (medida).

Masa de agua dentro del cilindro a presión cero (0): 113,8 kg.

Temperatura del agua: 15 °C.

Cantidad de agua forzada dentro del cilindro para elevar la presión a 232 bar: 1745 cm^3 (1,745 kg)

Peso total de agua m_t dentro del cilindro a 232 bar: 113,8 + 1,745 = 115,5 kg

Volumen de agua expulsado del cilindro al despresurizarlo: 1742 cm^3

La expansión permanente es entonces:

PE = 1745 – 1742

PE = 3 cm^3

De la tabla A1, para la temperatura de 15 °C,

K = 0,04725

Entonces

$$\Delta V = m_t \; p\left(K - \frac{0{,}68 \; x \; p}{10^5} \right)$$

= 115,5 x 232 (0,04725 –(0,68 x 232)/10^5)

= 1224,31 cm^3

COVENIN
3682-1:2001

CATEGORÍA
E

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

publicación de: FONDONORMA

I.C.S: 623.040.01; 23.100.20

ISBN: 980-06-2828-02

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Gas natural para vejículos, GNV, cilindro para gas.