

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3226-1:1997**

**GAS NATURAL PARA
VEHÍCULOS. CILINDROS DE
ALMACENAMIENTO.
PARTE 1: CILINDROS DE
ACERO SIN COSTURA.**



PROLOGO

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (**COVENIN**), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. Para llevar a cabo el trabajo de elaboración de normas, la **COVENIN** constituye Comités y Comisiones Técnicas de Normalización, donde participan organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con un área específica.

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana **COVENIN 3226-1:1996** (Provisional) fue elaborada bajo los lineamientos del Comité Técnico de Normalización **CT 20 Mecánica** por el Subcomité Técnico **SC 4 Recipientes a presión**, y aprobada por la **COVENIN** en su reunión No **146** de fecha **07-05-1997**.

En la elaboración de esta Norma participaron las siguientes entidades:

INTEVEP , **CORPOVEN**, Ministerio de Energía y Minas, Promovil, Tartarini de Venezuela, Gasmovil, Dalmine, Transvalgas, Cámara Nacional del Gas Natural Vehicular, Norris Cylinder, Trillium, Pressed Steel Tank, Chesterfield.

NORMA VENEZOLANA
GAS NATURAL PARA VEHÍCULOS
CILINDROS DE ALMACENAMIENTO
PARTE 1: CILINDROS DE ACERO SIN COSTURA

COVENIN
3226-1:1997

INTRODUCCIÓN

Esta norma ha sido realizada con la finalidad de establecer los requerimientos específicos que deben llenar los cilindros de acero sin costura en servicio de Gas Natural para Vehículos (GNV), a ser instalados en vehículos automotores en Venezuela.

Esta norma ha sido elaborada tomando como base la composición del Gas Natural para Vehículos disponible en Venezuela. Se considera que el contenido de agua del mismo es tal que el punto de condensación no será alcanzado en los cilindros aún a las temperaturas más bajas esperadas en servicio.

1 OBJETO

1.1 Esta Norma Venezolana especifica los requerimientos mínimos de seguridad para los materiales, diseño, construcción, ensayos y control de calidad de cilindros de acero sin costura utilizados para el almacenamiento de GNV.

1.2 Esta norma aplica a cilindros de acero sin costura con una presión de operación normal de 20,7 MPa (3000 psi) estabilizada a 21 °C, que estén especialmente diseñados para su uso en vehículos automotores, donde el cilindro va a ser fijado en ese vehículo con el propósito de almacenaje de Gas Natural para Vehículos (GNV).

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 aquéllos 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 3228:1996 Gas Natural para Vehículos. Instalación y prueba del sistema

2.2 Otras normas complementarias

ASTM E 8-1991 Test methods of Tension Testing of Metallic Materials

ASTM E 23-1992 Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.

ASTM E 399-1990 Test Method for Plain Strain Fracture Toughness of Metallic Materials

ASTM E 647-1991 Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates

ASTM E 813-1989 Test Method for J_{1C} , a Measure of Fracture Toughness

BSI PD 6493-1980 Guidance on Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Fusion Welded Structures

ISO 4705-1983 Refillable seamless steel gas cylinders

NACE TM 177-1990 Standard Test Method. Laboratory Testing of Metals Resistance to Sulfide Stress Cracking in H_2S Environments

3 DEFINICIONES

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

3.1 Lote

Serie de cilindros no mayor que 200 (no incluyendo cilindros para ensayos destructivos), del mismo diámetro nominal, espesor y diseño, obtenidos de la misma colada, y producidos sucesivamente usando las mismas variables de proceso, y condiciones de temperatura-tiempo-atmósfera del tratamiento térmico, sin ninguna interrupción importante en la producción.

En caso de que se cambie la colada se aceptará un número menor a los 200 cilindros.

3.2 Presión de estallido mínima

Presión de estallido calculada por el diseñador con base en la resistencia a la tracción mínima del material especificada a la temperatura de 21 °C.

3.3 Paredes paralelas

Porción cilíndrica del recipiente, excluyendo los extremos formados.

3.4 Ensayo cíclico

Ensayo de fatiga que consiste en ciclos de presión.

3.5 Presión de trabajo

Es la presión establecida de 20,7 MPa (3000 psi) para una temperatura uniforme de 21°C y contenido completo de gas.

3.6 Vida útil

Es la vida en años durante la cual los cilindros pueden ser usados con seguridad de acuerdo con las condiciones de servicio estándar.

3.7 Tamaño de defecto máximo

Es el defecto pasante límite que permitirá que el gas almacenado dentro del cilindro sea descargado sin producirse la ruptura del mismo. Este tamaño es usado como base de diseño con la finalidad de estimar el máximo defecto que eventualmente pudiera presentarse en servicio. No implica en forma alguna la aceptación de tales defectos en cilindros nuevos.

3.8 Presión de ensayo hidráulico

Es la presión a la cual el cilindro es ensayado hidrostáticamente, y equivale a 31 MPa (4500 psi).

3.9 Defectos

Discontinuidades en el material, tales como grietas, fisuras, picaduras, laminaciones, abolladuras, u otros que comprometan la utilización segura de los cilindros.

4 CONDICIONES DE SERVICIO

4.1 Composición del gas

Los cilindros deben ser diseñados de acuerdo con las características del gas natural para vehículos suministrado como combustible en Venezuela.

4.2 Presión máxima

La presión de los cilindros debe estar limitada a 20,7 MPa (3000 psi) a 21 °C.

4.3 Intervalo de temperatura

4.3.1 Temperaturas del gas

La temperatura estabilizada del gas en el cilindro podrá variar entre -20 °C hasta 65 °C.

4.3.2 Temperaturas del cilindro

La temperatura del cilindro podrá variar entre -20 °C hasta 82 °C. Las temperaturas por encima de 65 °C deben ser suficientemente localizadas o de corta duración de manera que la temperatura del gas en el cilindro nunca exceda 65 °C.

4.3.3 Temperaturas transitorias

Las temperaturas del gas durante el llenado y vaciado podrán variar más allá de los límites de el punto 4.3.1.

4.4 Máximo número de ciclos de llenado

Se diseñará para que los cilindros sean llenados hasta 1.000 veces por año de servicio a 20,7 MPa (3000 psi) y 21 °C.

4.5 Vida útil

Los requerimientos mínimos de diseño de los cilindros hechos de acuerdo con esta norma son: 20.000 ciclos de llenado desde presión atmosférica hasta 20,7 MPa (3000 psi), para una vida útil mínima de 20 años, y sometidos a revisiones periódicas cada 5 (cinco) años.

4.6 Requerimientos de instalación

La instalación de los cilindros de almacenamiento en el vehículo, debe cumplir con lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 3228.

4.7 Protección

Los cilindros destinados a un servicio cuyo ambiente sea predominantemente marino, deben estar protegidos con una pintura epóxica (tipo amina ducto). El espesor mínimo de película de la pintura debe tener como mínimo 200 micrones y su aplicación se efectuará de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

5 MATERIALES

5.1 Disposiciones generales

5.1.1 El acero utilizado para la fabricación de los cilindros debe ser adecuado para las condiciones de servicio señaladas en el capítulo 4.

5.1.2 El acero utilizado debe ser calmado.

5.1.3 El fabricante de cilindros debe establecer los medios para identificar los cilindros con los números de las coladas de acero con que fueron fabricados.

5.2 Aceros admitidos

Se admiten los siguientes aceros:

5.2.1 Acero al cromo-molibdeno, templado y revenido.

5.2.2 Acero al carbono-manganeso normalizado o templado y revenido.

5.2.3 Acero al carbono-boro templado y revenido.

5.2.4 Cuando se use acero carbono-boro se debe hacer un ensayo de templabilidad al primer y último lingote de cada colada o plancha. La dureza a 7,9 mm del extremo templado debe estar en el intervalo comprendido entre 33 y 53 HRC, y debe ser certificada por el fabricante.

5.2.5 El uso de acero inoxidable no está permitido.

5.3 Composición

La composición química de los aceros debe ser reportada como mínimo para:

5.3.1 Carbono, manganeso, azufre, fósforo, aluminio y silicio en todos los casos.

5.3.2 Níquel, cromo, molibdeno, boro y vanadio o cualquier otro elemento de aleación añadido intencionalmente.

5.3.3 La composición de los aceros debe estar comprendida dentro de lo establecido en la Tabla 1.

5.4 Ensayos de materiales

El material de los cilindros terminados debe cumplir con lo estipulado en el capítulo 9.

5.5 Propiedades de materiales

Los ensayos mecánicos realizados a lotes, de acuerdo con el capítulo 12, y los correspondientes a ensayos de prototipo, según el capítulo 9, deben cumplir con los siguientes valores de las diversas propiedades mecánicas del material:

5.5.1 Cuando el ensayo se realice según lo establecido en la Norma ISO 4705

a) Elongación mayor o igual que 14 %

b) Tenacidad promedio mayor que 80 J/cm^2 , a -20°C

5.5.2 Cuando el ensayo se realice según lo establecido en la Norma ASTM E 8

a) Elongación mayor o igual que 18%

b) Tenacidad promedio mayor que 80 J/cm^2 , a -20°C

6 DISEÑO

6.1 Disposiciones generales

El diseño de los cilindros debe cubrir todos los aspectos que aseguren su adecuación al servicio para la vida útil especificada.

6.2 Espesor de pared del cilindro

El espesor mínimo de pared debe ser tal que la distribución de esfuerzos garantice el requerimiento del punto 15.5 (Ensayo de estallido)

6.3 Comportamiento "Fuga antes que Estallido"

6.3.1 Todo diseño debe basarse en el aseguramiento de la fuga antes que la rotura por estallido (Leak Before Burst, LBB), en caso de degradación de las partes bajo presión en servicio normal. La fuga debe ocurrir por el crecimiento de una grieta de fatiga.

6.3.2 El diseño debe identificar el tamaño máximo de defecto tolerable que no crecerá hasta un tamaño crítico durante su vida útil. Todos los cálculos para el desempeño de fuga antes de estallido deben ser hechos de acuerdo con los procedimientos definidos en el punto 15.3.

6.4 Análisis de esfuerzos

Los esfuerzos en el cilindro deben ser calculados para la presión de trabajo, 10% de la presión de trabajo, presión de prueba, y presión de estallido de diseño. Los cálculos deben usar técnicas de análisis adecuadas para establecer distribuciones de esfuerzos.

6.5 Cálculos de extremos convexos (véase Figura 1)

6.5.1 El espesor (b) en el centro de un extremo convexo no será menor que el requerido por:

$$r \geq 0,075D$$

Donde:

r es el diámetro interno del cilindro

D es el diámetro externo del cilindro

6.5.2 Para extremos forjados de lingotes o tubos:

$$b \geq 1,5a \text{ para } H/D \geq 0,20$$

Donde:

a es el espesor mínimo calculado de la parte cilíndrica

H es altura exterior de la parte del domo

6.5.3 Para extremos formados de placas:

$$b \geq a \text{ para } H / D \geq 0,40$$

6.5.4 Para obtener una distribución de tensiones satisfactoria en la región en que el extremo se junta con la parte cilíndrica, todo engrosamiento del extremo será gradual a partir del punto de unión hasta el centro del fondo. Para la aplicación de esta regla, el punto de unión entre la parte cilíndrica y el extremo se define por la horizontal que indica la medida H.

6.5.5 Cuando no se satisfagan las condiciones indicadas en 6.5.2 y 6.5.3, el fabricante del cilindro debe probar mediante el ensayo especial de prototipo de presión cíclica (véase punto 15.6), que el diseño es satisfactorio.

6.6 Cálculo de los fondos cóncavos (véase Figura 2)

6.6.1 Cuando se utilicen fondos cóncavos, el diseño será tal que el fabricante de cilindros pueda garantizar los valores mínimos siguientes:

$$\begin{aligned} a_1 &= 2a \\ a_2 &= 2a \\ h &= 0,12D \\ r &= 0,075D \end{aligned}$$

Donde:

a₁ es el espesor mínimo garantizado en la zona de apoyo en los cilindros de base cóncava, en mm

a₂ es el espesor mínimo garantizado en el centro de una base cóncava, en mm

h es la altura exterior del fondo cóncavo, en mm

r es el radio interno, en mm

6.6.2 Para obtener una distribución de tensiones satisfactoria, el espesor del cilindro se incrementará progresivamente en la zona de transición entre la parte cilíndrica y el fondo, y la pared estará libre de defectos.

6.6.3 Cuando no puedan proporcionarse las garantías del punto 6.6.1, el fabricante de cilindros debe probar, mediante el ensayo especial de prototipo, que el diseño es satisfactorio

6.7 Diseño del cuello

6.7.1 El diámetro exterior y el espesor del cuello formado en el extremo del cilindro serán adecuados para el torque aplicado al ajustar la válvula del cilindro. El torque podrá variar de acuerdo con el diámetro de la rosca, la forma del roscado y el sellador utilizado para el ajuste de la válvula.

6.7.2 Al fijar el espesor mínimo, se tendrá en cuenta la obtención de un espesor de pared, en el cuello del cilindro, que impida una expansión permanente del cuello durante el ajuste inicial y los ajustes subsiguientes de la válvula en el cilindro sin el soporte de un accesorio, tal como un anillo de cuello.

6.8 Orificios

6.8.1 Disposiciones generales

6.8.1.1 Los orificios son permitidos solamente en los cabezales. La línea central de los orificios debe coincidir con el eje longitudinal del cilindro.

6.8.1.2 La rosca debe tener cortes limpios, lisos, sin discontinuidades superficiales y debe ser calibrada.

6.8.2 Roscas

6.8.2.1 La rosca del cilindro debe ser la adecuada para una válvula con una rosca Whitworth 28.8 x 1/14" taper DIN 477, u otra equivalente adecuada a las condiciones de servicio.

6.8.2.2 La mínima longitud de acoplamiento debe ser según lo especificado por el fabricante de la válvula y características del cilindro.

7 FABRICACIÓN

7.1 El cilindro se fabricará por forjado, perforación o estiramiento de una palanquilla, a partir de un tubo sin costura, o por embutición profunda de una chapa (estirado).

7.2 El producto debe ser sin costura.

7.3 No está permitida la soldadura o adición de metal.

7.4 Las dimensiones en cualquier punto del producto final deben estar dentro de las tolerancias indicadas en el plano de diseño.

7.5 Todo cilindro que se produzca por centrifugación del fondo en un tubo sin costura debe ser sometido a una prueba de fuga neumática para asegurarse de que no hayan fugas en el fondo.

La presión mínima de la prueba de fuga debe ser la presión máxima de operación.

8 TRATAMIENTO TÉRMICO

8.1 El tratamiento térmico debe ser aplicado al producto después que se haya efectuado el proceso de conformado.

8.2 El fabricante debe informar sobre el proceso de tratamiento térmico aplicado a los cilindros, especificando los parámetros del tratamiento.

8.3 Se permite el temple en medios que no sean aceite, siempre que el método utilizado asegure cilindros libres de fisuras, para lo cual la velocidad de enfriamiento no debe ser mayor que el 80% de la velocidad de enfriamiento en agua sin aditivos a 20 °C.

8.4 No se permite el temple en agua sin aditivos.

9 ENSAYOS DE PROTOTIPO

Estos ensayos se realizarán en cilindros seleccionados de un lote, y deben ser efectuados en un laboratorio o empresa autorizada por la autoridad competente respectiva.

Para la aprobación de cada tipo de cilindro, el material, diseño, manufactura e inspección deben probar su adecuación al servicio mediante el cumplimiento de los siguientes requerimientos:

9.1 Ensayos de calificación de material

9.1.1 Ensayo de tracción

El ensayo se debe realizar según lo establecido en el punto 15.1

9.1.2 Ensayo de impacto.

Se debe realizar en un cilindro, el cual puede ser el mismo utilizado en el ensayo de tracción.

Para la ubicación de las probetas en el cilindro y los detalles del ensayo, véase la Figura 3 y el punto 15.2 respectivamente.

9.1.3 Análisis de mecánica de la fractura

El ensayo se debe realizar según lo establecido en el punto 15.3.

9.1.4 Ensayo de corrosión bajo tensión

Este ensayo debe realizarse en el caso de aceros con un valor de dureza superior a 30 HRC. El ensayo debe

realizarse en muestras de acero de un cilindro acabado, de acuerdo a lo estipulado en el punto 15.9. Debiendo demostrarse que el esfuerzo umbral (esfuerzo máximo en, o por debajo del cual, ninguna probeta falla durante un período de 720 horas) excede el 20% de la resistencia a la cedencia mínima del acero especificada.

9.2 Ensayos de calificación de diseño

9.2.1 Ensayo de presión cíclica

Para la ejecución de este ensayo, se toman tres (3) cilindros representativos, los cuales deben ser ensayados de acuerdo con lo establecido en el punto 15.6.

9.2.2 Ensayo de estallido:

Para la ejecución de este ensayo, se toman tres (3) cilindros representativos, los cuales deben ser ensayados de acuerdo con lo establecido en el punto 15.5. En este ensayo se podrán utilizar los mismos cilindros que en el punto anterior.

9.2.4 Cálculos de análisis de esfuerzos, desempeño LBB y defecto máximo para ensayo no destructivo (Non Destructive Evaluation, NDE)

La ejecución de este ensayo debe ser hecha de acuerdo con lo establecido en el punto 15.3

9.2.5 Ensayo de fuga neumático

Este ensayo se ejecutará solamente con la finalidad de determinar fugas en cilindros de fondo concavo fabricados a partir de tubería. Para este ensayo se selecciona una muestra representativa de un cilindro, el cual debe ser ensayado de acuerdo con lo establecido en el punto 15.10

10 APROBACIÓN DEL DISEÑO

10.1 General

Los diseños de cilindro deben ser aprobados por la autoridad competente respectiva. Previo al embarque inicial de cualquier diseño de recipiente, los resultados de ensayos de prototipo (véase capítulo 9) y los datos de diseño requeridos, deben ser aprobados. La información siguiente debe ser sometida por el diseñador del cilindro con una solicitud de aprobación a la autoridad competente respectiva:

a) Declaración de servicio (véase punto 10.2)

b) Datos de diseño (véase punto 10.3)

c) Datos de fabricación (véase punto 10.4)

d) Programa de aseguramiento de calidad (véase punto 10.5)

e) Demostración de comportamiento LBB y determinación de tamaño de defecto por NDE (inspección no destructiva) (véase punto 10.6).

f) Vida útil, requisitos de recalificación en servicio, y criterios de rechazo (véanse punto 10.7 y capítulo 13)

g) Hoja de especificación del diseño

h) Datos adicionales

10.2 Declaración de servicio

La declaración de servicio debe incluir lo siguiente:

a) Declaración de que el diseño del cilindro es adecuado para las condiciones de servicio definidas en el capítulo 4

b) Especificación de la vida útil

c) Métodos de soporte, recubrimientos protectores, requeridos aunque no necesariamente suplidos

d) Descripción del diseño del cilindro

10.3 Datos de diseño

10.3.1 Dibujos

Los dibujos deben mostrar los siguientes requerimientos mínimos:

a) Título, número de referencia, fecha de edición y número de revisión si es aplicable

b) Tipo de cilindro

c) Todas las dimensiones con sus tolerancias incluyendo detalles de formas de los extremos, con detalles de los espesores mínimos y detalles de las aberturas

d) Masa con tolerancias

e) Especificaciones de material, con intervalos de tolerancia de propiedades químicas, mecánicas y de dureza.

f) Otros datos tales como presión mínima de ensayo, detalles de los sistemas de protección contra el fuego y recubrimientos protectores exteriores.

10.3.2 Reporte de análisis de esfuerzos

Se debe suplir un análisis de esfuerzos por elementos finitos u otro tipo de análisis de esfuerzos, que justifique

el espesor de diseño mínimo. También se debe suministrar una tabla resumiendo los esfuerzos calculados en el reporte.

10.3.3 Datos de ensayos de materiales

Se debe proporcionar una descripción detallada de los materiales usados en el diseño, así como de las tolerancias de sus propiedades mecánicas. Los datos de ensayo deben también ser presentados caracterizando las propiedades mecánicas y la adecuación de los materiales al servicio bajo las condiciones especificadas en el capítulo 4.

10.3.4 Datos de ensayo de calificación de diseño

Se debe probar que el material del cilindro, el diseño, la fabricación, y la inspección son adecuados al servicio mediante el cumplimiento de los requerimientos de los ensayos estipulados para un diseño de cilindro en particular, cuando sean ensayados de acuerdo con los métodos especificados y detallados en el capítulo 9.

Los datos de ensayos también deben incluir las dimensiones, espesores de pared, y pesos de cada uno de los cilindros ensayados.

10.3.5 Datos adicionales

Los datos adicionales que pudieran servir de base a la aplicación, tales como el historial de servicio del material propuesto para el uso, o el uso de un diseño de cilindro particular en otras condiciones de servicio, deben ser proporcionados en el caso de que sean solicitados por la autoridad competente.

10.4 Datos de fabricación

10.4.1 Las tolerancias para todos los procesos de producción, tales como tratamiento térmico y conformado de los extremos, deben ser especificados.

10.4.2 El acabado superficial, los detalles del filete, el criterio para aceptación por barrido ultrasónico (o equivalente), y tamaños máximos para los lotes deben ser especificados.

10.5 Programa de aseguramiento de calidad

El fabricante debe especificar los métodos y procedimientos que asegurarán que todos los cilindros de la producción cumplan con el diseño, según el capítulo 16. Esta información debe ser sometida en un manual de calidad separado.

10.6 Demostración de comportamiento LBB y determinación de tamaño de defecto para NDE

10.6.1 Comportamiento LBB

10.6.1.1 El fabricante debe demostrar el comportamiento LBB del diseño usando una evaluación de mecánica de la fractura, según se especifica en el punto 15.3

10.6.1.2 El objetivo único de este punto es asegurar que el diseño sea adecuado para evitar el estallido del cilindro, en caso de la eventual aparición de defectos en servicio.

10.6.2 Tamaño de defecto NDE

10.6.2.1 Usando la aproximación descrita en el punto 15.3 el fabricante debe establecer el tamaño de defecto máximo para inspección no destructiva. Este tamaño será aquel que evite la falla del cilindro durante su vida útil debido a fatiga o ruptura.

10.6.2.2 El presente punto no implica la aceptación de cilindros nuevos con defectos. El tamaño se establece únicamente por la necesidad de definir un parámetro que sirva para el control en servicio, de manera que los defectos que eventualmente pudieran presentarse garanticen el comportamiento LBB.

10.7 Cambio en el diseño

Un cambio de diseño es cualquier cambio en la selección de materiales o en las dimensiones, no atribuible a tolerancias de fabricación normales. Los cambios de diseño menores pueden ser calificados con un programa de ensayos reducido. Los cambios de diseño especificados en la Tabla 2 requieren los ensayos de calificación de diseño indicados.

11 ENSAYOS DE PRODUCCIÓN

Cada cilindro debe ser examinado durante su fabricación y después de terminado, a través de los siguientes medios:

11.1 Inspección ultrasónica

Se debe realizar inspección ultrasónica (o ensayo comprobado equivalente), de acuerdo con el punto 15.7, para descartar la presencia de defectos en el cilindro.

11.2 Dimensiones

Verificar que las dimensiones críticas y masa del cilindro terminado está dentro de las tolerancias establecidas.

11.3 Acabado superficial

Verificar que el acabado superficial del cilindro cumple con el acabado especificado, con especial atención a los pliegues en el cuello, hombros de los extremos cerrados, o aberturas.

11.4 Ensayo de dureza y/o expansión volumétrica

11.4.1 Ensayo de dureza

Se deben realizar ensayos de dureza de acuerdo con el punto 15.8 en el centro y en el extremo esférico del cilindro después del tratamiento térmico. Los valores no deben ser mayores que 35 HRC para los aceros Cr-Mo y C-B, ni mayor que 96 HRB para los aceros C-Mn.

11.4.2 Ensayo de expansión volumétrica

Este ensayo requiere de una prueba hidráulica según se establece en la Norma ISO 4705, nunca se admitirá una deformación superior al 10% de la expansión volumétrica total medida a la presión de ensayo.

Nota: Cuando se lleve a cabo un ensayo hidráulico de expansión volumétrica no es necesario llevar a cabo el ensayo de dureza.

11.5 Prueba hidrostática

Cada cilindro terminado debe ser probado hidrostáticamente de acuerdo con el punto 15.4. El fabricante debe definir el límite apropiado de expansión volumétrica permanente para la presión de prueba usada, considerando que en ningún caso la expansión permanente debe exceder 5% de la expansión volumétrica total a la presión de prueba.

11.6 Prueba de fuga neumática

Esta prueba es aplicable a los cilindros de fondo cóncavo fabricados a partir de tubería. Se debe realizar de acuerdo con el punto 15.10, a los fondos de cilindros fabricados a partir de tubería, para comprobar que no existen fugas en los mismos.

12 ENSAYOS DE LOTES

Deben realizarse en cilindros acabados que sean representativos de la producción normal y que posean sus marcas de identificación. Dos cilindros deben ser seleccionados al azar de cada lote. Si se ensayan más cilindros que los requeridos en esta norma, todos los resultados deben ser documentados.

Los siguientes ensayos deben ejecutarse como requisito mínimo:

12.1 Ensayos de materiales

Un cilindro acabado tomado de cada lote debe ser sometido a los siguientes ensayos:

12.1.1 Verificación de las dimensiones críticas con respecto al diseño

12.1.2 Un ensayo de tracción de acuerdo con el punto 15.1 para verificar el cumplimiento de los requerimientos de diseño.

12.1.3 Cinco ensayos de impacto de acuerdo con el punto 15.2 para verificar el cumplimiento de los requerimientos de diseño.

12.2 Ensayo de presión cíclica/estallido

Un cilindro tomado de cada lote debe ser sometido a:

12.2.1 Ciclos de presión de acuerdo con el punto 15.6 por un total de 1000 ciclos multiplicado por los años de vida útil del cilindro.

12.2.2 Posteriormente el cilindro debe ser presurizado hidrostáticamente hasta el estallido de acuerdo con el punto 15.5. La ruptura debe ocurrir en la dirección longitudinal, y el origen de la misma debe estar en las paredes paralelas del cilindro. Después de la ruptura, el cilindro debe continuar siendo una sola pieza.

12.2.3 El lote debe ser rechazado si el cilindro falla antes de completar el número de ciclos especificados en el punto 12.2.1.

12.2.4 Si la presión de estallido es menor que el 85% de la presión de estallido mínima calculada, todo el lote debe ser rechazado. Si la presión de estallido está entre 85% y 100% de la presión de estallido mínima calculada, un ensayo adicional debe ser realizado en otro cilindro seleccionado al azar del lote. La presión de estallido en el cilindro adicional debe exceder la presión de estallido mínima calculada, si no el lote completo debe ser rechazado.

13 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

En el caso en el cual los cilindros fallen en el cumplimiento de algún ensayo durante las pruebas de prototipo, lotes o producción, la repetición del ensayo o del tratamiento térmico debe realizarse de acuerdo con los siguientes criterios:

13.1 Falla debido al ensayo

Si hay evidencia de que la falla fue debida a un error de ensayo o medición, se debe realizar un ensayo

adicional. Si el resultado de este ensayo es satisfactorio, el ensayo anterior debe ser ignorado.

13.2 Falla debida a tratamiento térmico inadecuado

Si se considera que la falla fue debida al inadecuado tratamiento térmico del cilindro, el fabricante podrá someter a todos los cilindros del lote a un tratamiento térmico adicional.

Sólo se permitirá una repetición del tratamiento térmico.

13.3 Falla debida a una causa distinta de las anteriores

Para el caso de los ensayos de producción, si la causa de la falla es diferente a las indicadas en los puntos anteriores, todos los cilindros identificados como defectuosos deben ser rechazados o reparados por un método aceptable, según aplique. Los cilindros no rechazados serán considerados un nuevo lote.

Para el caso de los ensayos por lotes o los de prototipo, se permitirá la repetición de los ensayos no satisfactorios una vez más. Si en estos nuevos ensayos no se cumplen los requisitos, el lote o prototipo debe ser rechazado.

14 MARCACIÓN Y PREPARACIÓN PARA EL DESPACHO

14.1 Marcación

14.1.1 El fabricante debe proporcionar una marcación permanente, clara, con caracteres de altura no menor de 6 mm sobre cada cilindro.

14.1.2 La marcación debe ser realizada por estampado de bajo esfuerzo.

14.1.3 Cada cilindro que cumpla los requisitos de esta norma debe ser marcado de la forma siguiente.

- a) "GNV", en letras no menores de 10 mm de alto
- b) "XX/XX", en letras no menores de 10 mm de alto y proporcionando mes/año de realización de la prueba hidrostática.
- c) Identificación del fabricante
- d) Identificación del cilindro (número y serial)
- e) Presión de trabajo
- f) Peso real del cilindro, en kg
- g) Capacidad real del cilindro, en litros de agua

14.2 Preparación para el despacho

14.2.1 Previo al despacho desde la planta del fabricante, todo cilindro debe ser limpiado internamente, secado, e inspeccionado de acuerdo con lo requerido por el fabricante. Los cilindros que no sean cerrados inmediatamente por el acople de una válvula, y dispositivos de seguridad, deben tener tapones roscados con sus respectivas empaaduras, los cuales evitarán la entrada de fluidos y protegerán las roscas. Un inhibidor de corrosión debe ser rociado dentro de todos los cilindros antes del despacho.

14.2.2 La declaración de servicio requerida en el punto 10.2, y toda la información necesaria para asegurar la instalación apropiada y segura del cilindro debe ser suministrada al comprador. Debe incluir a los dispositivos de alivio y/o válvulas que estén calificados para usar con el cilindro recomendados por el fabricante, o los medios para obtener la información sobre la protección calificada.

15 MÉTODOS DE ENSAYO

15.1 Ensayos de tracción

15.1.1 Estos ensayos deben ser ejecutados en dos probetas extraídas de un cilindro.

15.1.2 La probeta debe ser de longitud calibrada de 50 mm (2 pulg) con un ancho no superior a 38 mm (1,5 pulg). No se permite el aplanamiento de la probeta, a excepción de los extremos para las mordazas. Este aplanamiento está permitido desde el extremo de la probeta hasta 25 mm (1 pulg) del inicio de la sección reducida. El calentamiento de las probetas no es permitido en ningún caso.

15.1.3 La resistencia a la cedencia debe ser el esfuerzo correspondiente a una deformación permanente de 0,2 % basada en la longitud calibrada, y debe ser determinada por los métodos convencionales ("offset") o de extensión bajo carga previstos en la norma ASTM E 8. En caso de controversia se debe graficar el diagrama completo esfuerzo-deformación y la resistencia a la cedencia se determinará por el primero de los métodos.

La velocidad de los cabezales de la máquina de ensayos no debe exceder 3,2 mm (1/8 pulg) por minuto, durante la determinación de la resistencia a la cedencia.

15.1.4 En el caso de la ejecución del ensayo según lo establecido en la Norma ISO 4705, la longitud calibrada de la probeta queda determinada por la expresión $l_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$.

15.2 Ensayo de impacto

Las propiedades de impacto del acero en el cilindro acabado deben ser determinadas de acuerdo con la norma ASTM E 23. Cada ensayo debe constar de un juego de tres (3) probetas tipo Charpy con entalla tipo V. Las probetas deben ser tomadas en la dirección longitudinal. Si el espesor no permite que las probetas sean del ancho normalizado de 10 mm, el ancho debe ser lo más cercano posible a 10 mm. Todos los ensayos de impacto se realizarán a -20 °C.

15.3 Análisis de mecánica de la fractura

15.3.1 Primera fase: Análisis de esfuerzos

El análisis de esfuerzos como es descrito en el punto 10.3.2., y requerido para cada tipo de diseño, debe ser usado para establecer las ubicaciones de altos esfuerzos donde las grietas por fatiga pudieran iniciarse.

15.3.2 Segunda fase: Estimación de fuga antes que fractura (LBB)

Con esta metodología se busca predecir un mecanismo de falla, permitiendo el conocimiento del comportamiento del cilindro bajo condiciones extremas. Este análisis debe ser elaborado para establecer que el cilindro deba fugar, en vez de fallar catastróficamente, en el caso de que un defecto crezca hasta convertirse en una grieta pasante por fatiga. Los siguientes procedimientos deben ser seguidos para la estimación de LBB:

a) Una razón de aspecto de la grieta (cociente longitud a profundidad) debe ser definida como la razón de 2 veces la longitud de la grieta (determinada del ensayo cíclico de presión requerido para la calificación de cada tipo de diseño) sobre el espesor de pared del cilindro. Una grieta pasante semi-elíptica con la razón antes definida debe ser modelada en los lugares de alto esfuerzo en el cilindro. La grieta debe ser orientada en las zonas de alto esfuerzo de manera tal que el esfuerzo principal mayor impulse la grieta.

b) La máxima fuerza motriz aplicada, para una grieta semi-elíptica pasante a la presión de servicio, debe ser calculada usando la ecuación de Raju y Newman¹ 2.. Los esfuerzos obtenidos en la primera fase deben ser usados en el análisis.

c) Si la pared del cilindro es menor que el requerimiento de espesor en estado de deformación plana, tal como es definido en la norma ASTM E 399,

¹1. Raju, I.S. y Newman, J.C.: "Stress Intensity Factors for Internal and External Surface Cracks in Cylindrical Vessels", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol.104, 1982.

entonces la fuerza motriz máxima aplicada a la grieta debe ser convertida a un parámetro de deformación plana equivalente usando la relación propuesta por Irwin et al.².

d) La fuerza motriz de la grieta en estado de deformación plana equivalente debe ser menor que la tenacidad a la fractura, en deformación plana, medida en el cilindro y determinada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, usando ensayos de la integral J llevados a cabo de acuerdo con la norma ASTM E 813. Se debe obtener un duplicado de los ensayos.

15.3.3 Tercera fase: Cálculo del tamaño de defecto tolerable

Se deben modelar grietas de fatiga, con la razón de apariencia definida en la segunda fase, en los sitios de mayores esfuerzos como defectos planares. Los cálculos deben realizarse de acuerdo con la norma británica PD 6493, Sección 3, usando el siguiente procedimiento:

- a) El rango de esfuerzo, aplicado en los sitios de esfuerzos elevados, debido a una presión entre 10% de la presión de trabajo y la presión de trabajo, debe ser establecido a partir de la primera fase (véase punto 15.3.1).
- b) El rango del componente de esfuerzo de membrana y el de flexión deben estar separados.
- c) El número total de ciclos de presión debe ser 1000 veces la vida útil especificada en años.
- d) La tasa de propagación de la grieta de fatiga debe ser determinada en aire de acuerdo con la norma ASTM E 647. La orientación del plano de la grieta debe ser en la dirección C-L (el plano de la grieta perpendicular a la circunferencia y a lo largo del eje del cilindro), como se ilustra en la norma ASTM E 399. La tasa debe ser determinada con el promedio de 3 probetas.
- e) La cantidad de crecimiento de grieta en la dirección del espesor, por ciclo de presión, debe ser determinada por integración de la relación entre la tasa de propagación de la grieta de fatiga, como se estableció en el aparte (d), y el rango de fuerza motriz de la grieta correspondiente al ciclo de presión aplicado.
- f) La fuerza motriz de la grieta debe ser calculada considerando tanto el rango del componente de esfuerzo de membrana como el de flexión, como se estableció en el aparte (a), y usando la ecuación de Raju y Newman.

² 1. Irwin, G.R. et al: "*Basic Aspects of Crack Growth and Fracture*", Naval Research Lab Report 6598, US Department of Commerce, 1967.

15.4 Prueba hidrostática de comprobación

Cada cilindro debe ensayarse hidrostáticamente a la presión de ensayo hidráulico.

La presión debe ser mantenida por 30 s y asegurar una expansión completa. Si la presión de ensayo no puede ser mantenida debido a una falla del aparato de ensayo, es permitido repetir la prueba a una presión incrementada en 0,69 MPa (100 psi). No se permiten más de dos (2) repeticiones.

15.5 Ensayo de estallido

La velocidad de presurización no debe exceder 14 bar/s (200 psi/s) a presiones de 80% en exceso de la presión de estallido de diseño.

La presión de estallido mínima requerida (calculada), debe ser al menos 2,25 veces la presión de servicio. La presión de estallido real debe ser registrada. La fractura podrá ocurrir tanto en la región cilíndrica como en la región del domo del cilindro.

15.6 Ensayo de presión cíclica

La prueba de presión cíclica debe ser realizada de acuerdo con el siguiente procedimiento:

15.6.1 Se llena el cilindro con un fluido no corrosivo tal como aceite, agua conteniendo un inhibidor de corrosión o glicol.

15.6.2 Se somete el cilindro a ciclos de presión entre una presión menor o igual que 10% de la presión de trabajo, y otra mayor o igual al 125% de la presión de trabajo. Esto debe hacerse a una frecuencia que no exceda 10 ciclos por minuto.

Los cilindros no deben fallar antes de alcanzar la vida útil especificada en 1000 ciclos por el número de años. Los cilindros que excedan la vida útil especificada de 1000 ciclos por el número de años deben fallar por fuga y no por ruptura. Los cilindros que no fallen dentro de los 3000 ciclos multiplicado por el número de años de vida útil, deben ser destruidos ya sea por continuación del ensayo hasta que la falla ocurra, o por presurización hidrostática hasta el estallido.

El número de ciclos hasta la falla debe ser reportado, junto con una descripción de la iniciación de la falla y su ubicación.

15.7 Detección de defectos por ultrasonido

15.7.1 Detección de defectos

Este método considera la realización de un ensayo con pulso-eco de recipientes sin costura.

15.7.2 Condición de la superficie

Tanto la superficie ensayada como la de reflexión deben estar limpias y libres de materiales que puedan interferir en el ensayo, por ejemplo cascarilla suelta.

15.7.3 Equipo

El equipo de ensayo debe ser del tipo pulso-eco, y debe ser capaz de detectar las entallas de calibración al grado requerido en el procedimiento de calibración especificado en la Norma Británica BSI 5045 (Apéndice B).

15.7.4 Procedimiento

Tanto el recipiente a ser inspeccionado como el equipo, deben tener facilidades para movimientos de rotación y traslación relativa entre ellos, de tal forma que se pueda realizar un barrido helicoidal de la superficie. La velocidad de rotación y traslación debe ser constante dentro de un intervalo de 10%. El paso de la hélice debe ser menor que el diámetro del palpador y debe estar relacionado con el haz efectivo, de tal forma que asegure 100% de cobertura a las velocidades y alimentaciones usadas durante el proceso de calibración.

El recipiente debe ser ensayado para detectar defectos longitudinales con energía ultrasónica transmitida en ambas direcciones circunferenciales. Para defectos transversales, debe ser ensayado en ambas direcciones longitudinales.

La calibración del equipo debe ser periódicamente chequeada de acuerdo con la Norma Británica BSI 5045. Si durante este chequeo el equipo no puede detectar la entalla de referencia, entonces todos los recipientes ensayados posteriormente a la última calibración, deben ser ensayados de nuevo después de haber calibrado el equipo.

15.7.5 Evaluación de los resultados

Cualquier recipiente que no muestre indicación de defecto debe cumplir los requisitos de esta inspección. Se considerará una indicación de defecto aquella mayor o igual que la menor indicación de la entalla de referencia.

Si los defectos superficiales son removidos por esmerilado, el cilindro corregido debe ser ensayado de nuevo. Aquellos cilindros que continúen indicando defectos en puntos de mínimo espesor de diseño deben ser rechazados.

15.8 Ensayo de dureza

Los ensayos de dureza se realizarán en el centro del cilindro, en el fondo y en el cuello. El ensayo debe ser

efectuado después del tratamiento térmico final y los valores de dureza encontrados deben cumplir con los requerimientos especificados para el diseño.

15.9 Ensayo de corrosión bajo tensión

Este ensayo debe realizarse según el Método A de la Norma NACE TM 0177. Las probetas de tamaño reducido con un diámetro calibrado de 2,54 mm (0,10 pulg), deben ser mecanizadas de la pared de un recipiente acabado, colocadas bajo una carga tensil constante y sumergidas en la solución de ensayo NACE. Un mínimo de tres (3) probetas deben ser sometidas a ensayo. La falla de una probeta fuera de su longitud calibrada debe ser considerada un ensayo inválido.

15.10 Prueba de fuga neumática

Cada cilindro debe ensayarse a la presión mínima de prueba hidrostática. Si la prueba de fuga se realiza luego de la prueba hidráulica, será necesario tomar medidas extraordinarias para secar el cilindro antes de ejecutar la prueba de fuga. Esta prueba debe realizarse después de concluir el tratamiento térmico. Si se presentan fugas en el cilindro este debe ser rechazado.

16 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Los programas del sistema de calidad deben ser establecidos y operados para asegurar que los cilindros serán producidos de acuerdo con:

- a) El diseño aprobado
- b) Los procedimientos de fabricación, ensayos e inspección escritos, y aprobados, que fueron usados para producir los cilindros que pasaron los ensayos de prototipo.

BIBLIOGRAFÍA

COVENIN-ISO 9000:1987 Gestión y aseguramiento de la calidad. Lineamientos para su selección y utilización

COVENIN-ISO 9003:1995 Sistemas de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la inspección y en los ensayos finales

COVENIN-ISO 9004-2:1994 Gestión de la calidad y elementos del sistema de calidad. Parte 2.: Lineamientos para servicios

ISO/TC58/SC3/WG 17 High Pressure Cylinders for the On-board Storage of Natural Gas as a Fuel for Automotive Vehicles. July 1995

NZS 5454:1989 Requirements for Lightweight Steel Automotive Compressed Natural Gas Cylinders for Use in New Zealand

Ministero dei Trasporti ISPESEL. Decreto Ministeriale 12/9/25

IRAM 2526-1992 Cilindros de Acero sin Costura para Gases Permanentes

CAN B51-95 Part 2. High Pressure Cylinders for the On-board Storage of Natural Gas as a Fuel for Automotive Vehicles

ANSI/AGA NGV 2- 1992 Basic Requirements for Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers

DOT 3AA (Part 178.37, Code of Federal Regulations, 49) Specification 3AA; Seamless Steel Cylinders made of Definitely Prescribed Steels or 3AAX; Seamless steel Cylinders made of Definitely Prescribed Steels of Capacity over 1000 pounds Water Volume

BSI 5045-1982 Transportable Gas Containers, Part 1: Specification for Seamless Steel Gas Containers Above 0,5 Litre Water Capacity

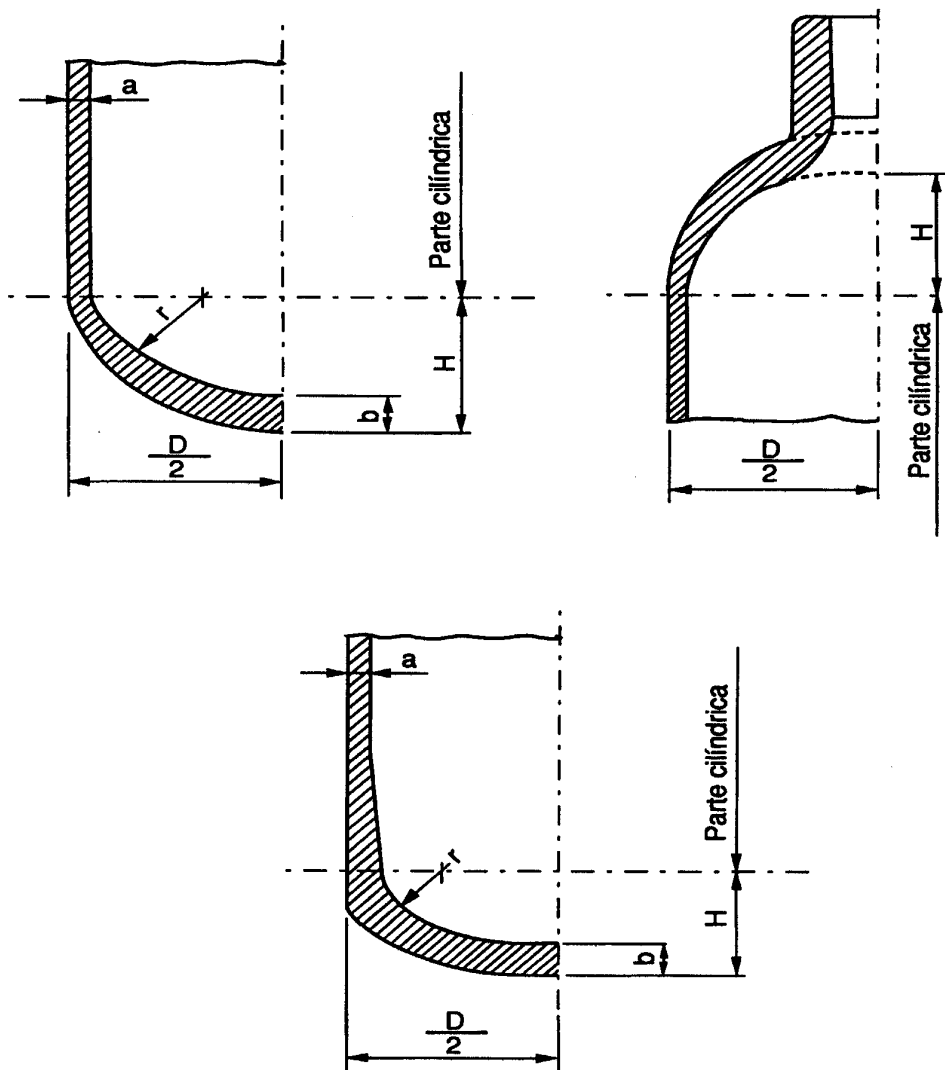
Tabla 1 - Composición química de los aceros admitidos para la fabricación de cilindros

Elemento	Acero al Cromo- molibdeno (%)	Acero al Carbono- boro (%)	Acero al Carbono- manganeso (%)
Carbono	0,25 a 0,38	0,27 a 0,37	0,40 máx
Manganeso	0,40 a 1,05	0,80 a 1,40	1,65 máx
Silicio	0,15 a 0,35	0,30 máx	0,10 a 0,30
Cromo	0,80 a 1,20	No aplica	No aplica
Molibdeno	0,15 a 0,30	No aplica	No aplica
Boro	No aplica	0,0005 a 0,003	No aplica
Aluminio	0,07 máximo	0,07 máximo	0,07 máximo
Azufre	0,01 máximo	0,01 máximo	0,01 máximo
Fósforo	0,015 máximo	0,015 máximo	0,015 máximo

Tabla 2 - Ensayos para calificación de cambio de diseño

Cambio de diseño	Prueba de estallido	Ensayo de presión cíclica	Prueba de fuego
Material/acero	X	X	X
Cambio de diámetro $\leq 20\%$	X	X	-
Cambio de diámetro $> 20\%$	X	X	X
Cambio de longitud $\leq 50\%$	X	-	X(a)
Cambio de longitud $> 50\%$	X	X	X(a)
Cambio en la presión de trabajo $\leq 20\%$	X	X	-
Forma del casquete	X	X	-
Tamaño del orificio	X	X	-
Cambio en el proceso de fabricación	X	X	-

(a) Ensayo requerido sólo cuando se incrementa la longitud



Donde:

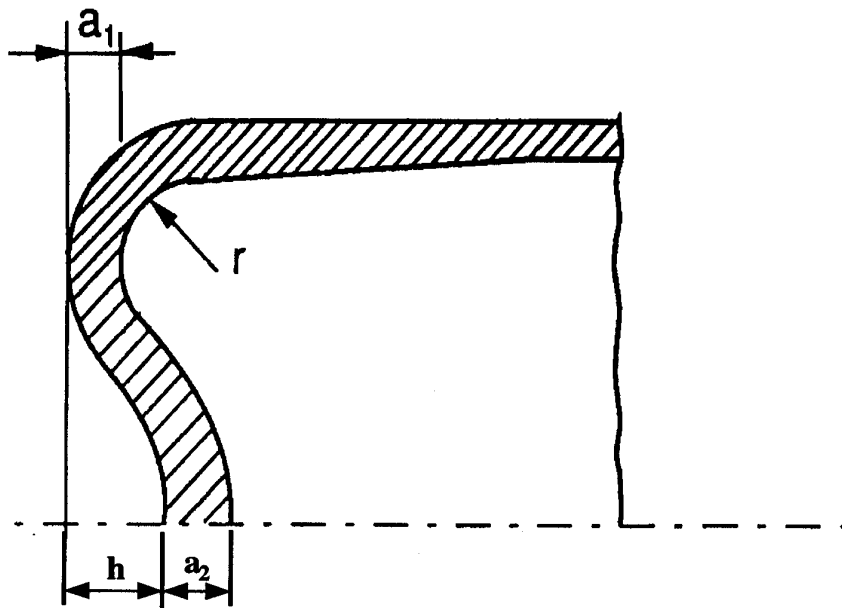
a: Es el espesor mínimo calculado de la parte cilíndrica.

D: Es el diámetro externo del cilindro

H: Es altura exterior de la parte del domo.

r: Es el diámetro interno del cilindro.

Fig. 1 Extremos convexos típicos



Donde:

a_1 : Es el espesor mínimo garantizado en la zona de apoyo en los cilindros de base cóncava, en mm.

a_2 : Es el espesor mínimo garantizado en el centro de una base cóncava, en mm.

h : Es la altura exterior del fondo cóncavo, en mm.

r : Es el radio interno, en mm.

Figura 2 Fondos cóncavos

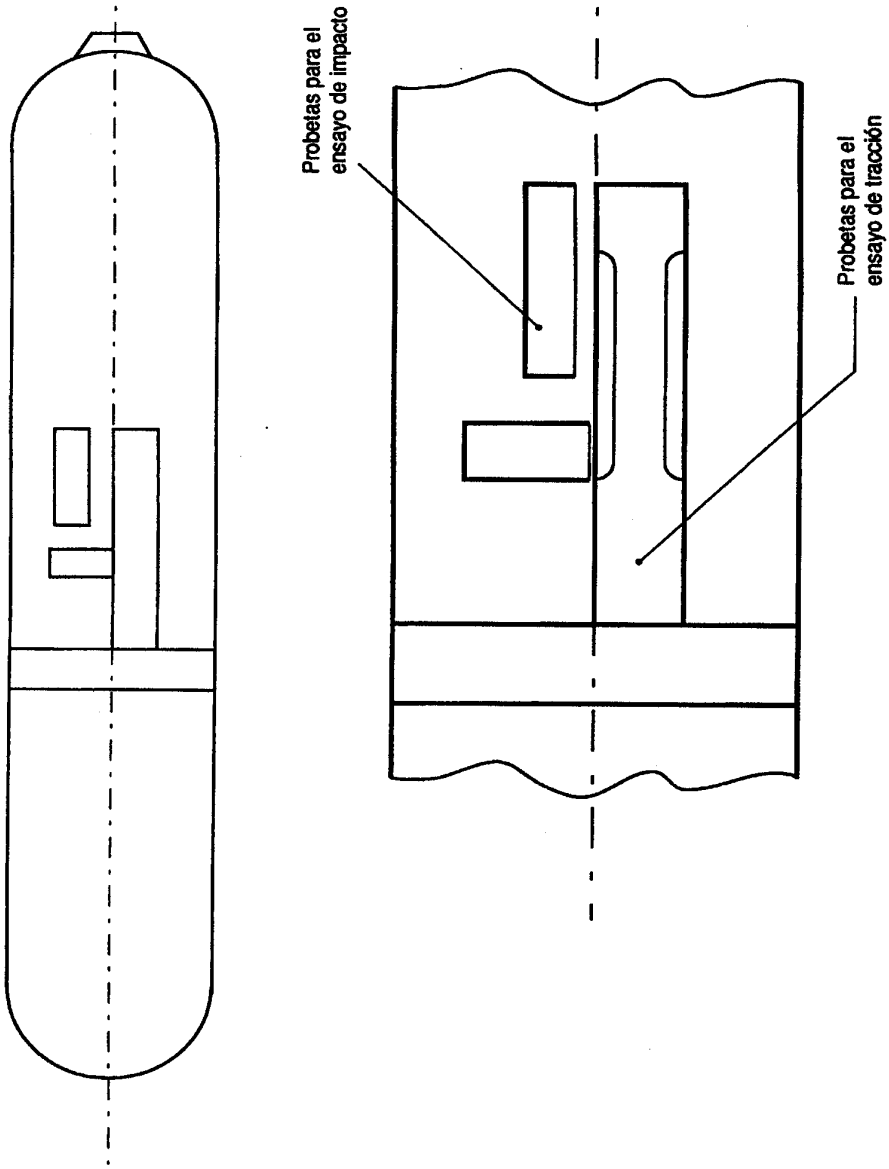


Fig. 3 Ubicación de las probetas

COVENIN
3226-1:1997

CATEGORÍA
C

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES
Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12
Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12
CARACAS

publicación de:



ICS: 23.020.30

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

ISBN: 980-06-1830-9

Descriptores: Gas natural, Vehículo de carretera, Cilindro, Almacenamiento, Acero aleado.