

**MERCOSUR/SGT N° 3/ GTGNC/ ACTA N° 03/07**

**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SGT N° 3 “REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”/ GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO**

Se realizó en la Ciudad de Montevideo, República Oriental del Uruguay, en la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear del Ministerio de Industria, Energía y Minería, localizada en la calle Mercedes 1041, entre los días 20 y 24 de Agosto de 2007, la XXIX Reunión Ordinaria del Subgrupo de Trabajo N° 3 “Reglamentos Técnicos y Evaluación de la Conformidad”/ Grupo de Trabajo Gas Natural Comprimido, con la presencia de las Delegaciones de Argentina, Brasil y Uruguay.

Teniendo en cuenta lo dispuesto por la Decisión CMC N° 4/93 y el Artículo 2 de la Resolución GMC N° 26/01, esta Acta y sus Anexos quedan Ad Referéndum de la Delegación de Paraguay.

La lista de participantes figura en el **UNIDO I**

La Agenda de la reunión figura en el **UNIDO II**

El resumen del Acta figura en el **UNIDO III**

En la Reunión se trataron los siguientes temas:

**1. FINALIZACIÓN DE LA ARMONIZACIÓN DEL PROYECTO DE RTM PARA CILINDROS PARA ALMACENAMIENTO DE GNC A BORDO DEL AUTOMOTOR.**

Se finalizó con la armonización del Proyecto de RTM para Cilindros para Almacenamiento de GNC a bordo del automotor. Luego de un intenso intercambio de ideas entre las Delegaciones, se arribó a un Proyecto Unico que se eleva a los Coordinadores Nacionales del SGT N° 3 como Proyecto de Resolución MERCOSUR como **UNIDO IV** en español y **UNIDO V** en portugués.

**GRADO DE AVANCE DEL RTM**

<b>P. RES</b>	<b>TITULO</b>	<b>GRADO</b>
	RTM sobre cilindros para almacenamiento de gas natural comprimido (GNC) utilizado como combustible a bordo de vehículos automotores	5

## **2. CODIGO DE IDENTIFICACION MERCOSUR (CIM)**

Luego de un intenso intercambio de sugerencias de las Delegaciones, se procedió a la revisión de lo acordado en las Reuniones anteriores, arribándose a un Proyecto definitivo que figura en el Reglamento Técnico elevado.

## **3. PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA ELABORACION DE REGLAMENTOS TÉCNICOS, A PARTIR DE NORMAS DE LA ASOCIACION MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN (AMN)**

Se acordó que en la medida que exista una Norma MERCOSUR vinculada al tema del cual se vaya a elaborar un Reglamento Técnico, esta Norma será tomada como referencia, realizándose las observaciones y acotaciones que se entienda pertinente.

## **4. SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA USO DEL GNC**

La Delegación de Brasil, presentó su posición, donde con la asistencia del Sr. Orlando Moreira da Silva, Coordinador General de Infraestructura de Tránsito del Departamento Nacional de Tránsito (DENATRAN), fue presentada la Resolución N° 212 del 13 de Noviembre de 2006 “Dispõe sobre a implantação do Sistema de Identificação Automática de veículos-SINIAV em todo o territorio nacional”, cuyo texto se agrega como **UNIDO VI**. El Coordinador Sr. Orlando Moreira da Silva expuso en forma detallada el alcance del Programa mencionado, exposición que se anexa como **UNIDO VII**.

Por su parte la Delegación de Uruguay, expuso la experiencia recogida en relación al Sistema de Control Vehicular, aplicado en este momento a los vehículos oficiales, implementado a partir de los Decretos N°462/94 y N°496/94.

La Delegación de Argentina, menciona que ha dictado la Resolución ENARGAS N° 3588/06 merced a la cual se implementó el Sistema de Identificación Automática Inteligente, la que a la fecha, por diversas circunstancias, se encuentra suspendida, habiéndose implementado provisoriamente un paso intermedio. A todo evento se acompaña la Resolución hoy suspendida en el **UNIDO VIII**.

Por otra parte, en resguardo de la Seguridad Pública, las Delegaciones acuerdan en solicitar a los Coordinadores Nacionales, efectuar la consulta oficial a los Organismos competentes dentro de los Estados Parte en que sea pertinente la consulta, acerca de la viabilidad jurídica de permitir la carga de GNC, solamente a los vehículos con habilitación vigente.

En virtud, de los hechos expuestos, que han dado una clara señal de un avance sustancial sobre el tema, este Grupo considera conveniente cambiar la caracterización que figura en el Programa de Trabajo 2007, de “específico” a

“permanente”, y continuar con el tratamiento del mismo en el año 2008.

## **5. SOLICITUD DE REUNION EXTRAORDINARIA**

Considerando que el Programa de Trabajo 2007 preveía la armonización de la Reglamentación Técnica sobre la “VÁLVULA DE CILINDRO PARA GNC”, y dada la necesidad de avanzar sobre dicho tema en cumplimiento del Programa mencionado, las Delegaciones consideran necesario la realización de una Reunión Extraordinaria para el desarrollo de dicho tema. En ese lineamiento las Delegaciones solicitan a los Señores Coordinadores Nacionales del SGT 3 la autorización para la realización de la referida Reunión en el período del 1 al 5 de octubre de 2007.

## **6. AGENDA PRÓXIMA REUNIÓN**

La Agenda de la próxima reunión consta en **UNIDO IX**.

### **LISTA DE UNIDOS**

Los Unidos que forman parte de la presente Acta son los siguientes:

<b>Unido I</b>	Lista de participantes
<b>Unido II</b>	Agenda
<b>Unido III</b>	Resumen del Acta
<b>Unido IV</b>	Proyecto de Resolución MERCOSUR sobre cilindros para almacenamiento de gas natural comprimido (GNC) utilizado como combustible a bordo de vehículos automotores, versión en español
<b>Unido V</b>	Proyecto de Resolución MERCOSUR sobre cilindros para almacenamiento de gas natural comprimido (GNC) utilizado como combustible a bordo de vehículos automotores, versión en portugués
<b>Unido VI</b>	Resolución CONTRAN 212
<b>Unido VII</b>	Presentación de Brasil – Programa de control vehicular
<b>Unido VIII</b>	Resolución ENARGAS N° 3588
<b>Unido IX</b>	Agenda próxima reunión

---

**Por la Delegación de Argentina**  
Carlos Basello

---

**Por la Delegación de Brasil**  
Italo Domenico Oliveto

---

**Por la Delegación de Uruguay**  
Ester Bañales

**UNIDO I**  
**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3**  
**“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”**  
**GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –**  
**ACTA N° 3/07**

**LISTA DE PARTICIPANTES**

**SECTOR OFICIAL**

**DELEGACIÓN DE ARGENTINA**

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>E-mail</b>	<b>TELÉFONO</b>
Carlos L. Basello	Carlos L. Basello	clbasello@enargas.gov.ar	5411 4131 4521 / 8
Susana M. Levin	ENARGAS	smlevin@enargas.gov.ar	5411 4131 4525 / 8
Roberto Prieto	ENERGAS	rprieto@enargas.gov.ar	5411 4131 4520 / 8

**DELEGACIÓN DE BRASIL**

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>E-mail</b>	<b>TELÉFONO</b>
Eduardo A. Sande	ANP	esande@anp.gov.br	55 21 2112 8785
Italo Oliveto	INMETRO	idoliveto@inmetro.gov.br	55 21 2563 2878
Orlando Silva	DENATRAN	orlando.silva@mj.gov.br	61 3429 3613 3469
Manuella Mota dos Santos	INMETRO	mmsantos@inmetro.gov.br	55 21 2563 2807

## DELEGACIÓN DE URUGUAY

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>E-mail</b>	<b>TELÉFONO</b>
Augusto Tricotti	M.I.E.M	augusto.tricotti@ dne.miem.gub.uy	598 2 9085929
Ester Bañales	M.I.E.M.	ester.banales@dne.miem.gub.uy	598 2 9085929

## SECTOR PRIVADO

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>E-mail</b>	<b>TELÉFONO</b>	<b>PAIS</b>
Adriana Bertaina	Bureau Veritas Argentina S.A.	adriana.bertaina@ar.bureauveritas.com	5411 4000 8048 5411 4000 8103	Argentina
Silvia Paradelo	Praxair Argentina S.R.L. "Cilbras"	silvia.paradelo@praxair.com	011 4666 3200	Argentina
Adriano de Senne	White Matins	adriano_senne@praxair.com	24 3325 1486	Brasil
Ricardo Vicente	CAPROC Cámara Arg. de Productores de Cilindros	rev@inflex.com.ar	5411 5077 6100	Argentina
Rejane Acioli	Business&Marketing	businessemarketing@uol.com.br	81 3341 2225 21 8145 3040	Brasil

**UNIDO II**  
**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3**  
**“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”**  
**GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –**  
**ACTA N° 3/07**

**AGENDA**

- 1. Proyecto de RTM para cilindros para almacenamiento de gnc a bordo del automotor**
- 2. Código de identificación mercosur (CIM)**
- 3. Sistema para la elaboración de reglamentos técnicos, a partir de normas de la asociación mercosur de normalización (AMN)**
- 4. Sistema electrónico de control para uso del gnc en el MERCOSUR**

**UNIDO III**  
**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3**  
**“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”**  
**GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –**  
**ACTA N° 3/07**

**Resumen del acta**

- 1. Se finalizó la armonización del proyecto de RTM para cilindros para almacenamiento de gnc a bordo del automotor**
- 2. Se definieron los campos del Código de identificación mercosur (CIM)**
- 3. Se acordó un sistema para la elaboración de reglamentos técnicos, a partir de normas de la asociación MERCOSUR de normalización (AMN)**
- 4. Se intercambiaron informaciones y comentarios acerca de un posible Sistema electrónico de control para uso del gnc en el MERCOSUR**

**UNIDO IV**

**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3  
“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”  
GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –  
ACTA N° 3/07**

**PROYECTO DE RESOLUCION (VERSION EN ESPAÑOL)**

## **MERCOSUR /XXIX SGT N° 3 /GTGNC/P.RES. N° 1/07**

### **RTM CILINDROS PARA ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

**VISTO:** El Tratado de Asunción, el Protocolo de Ouro Preto, la Decisión N° 20/02 del Consejo del Mercado Común, y las Resoluciones N° 19/92, N° 91/93, N° 38/98 y N° 56/02 del Grupo Mercado Común.

**CONSIDERANDO:** Que se deben armonizar las exigencias esenciales de seguridad para la fabricación, comercialización y utilización de los componentes para gas natural comprimido utilizado como combustible vehicular, tomando en consideración las medidas pertinentes para consolidar la protección de los usuarios de este combustible dentro de los Estados Partes.

Que es necesario asegurar a los países del MERCOSUR una protección eficaz para el consumidor contra los riesgos asociados a la utilización del gas natural comprimido como combustible vehicular y de los componentes de los equipos asociados.

#### **4 - EL GRUPO MERCADO COMÚN**

##### **RESUELVE:**

Art. 1 – Aprobar el “Reglamento Técnico MERCOSUR sobre cilindros para almacenamiento de Gas Natural Comprimido (GNC) utilizado como combustible de vehículos automotores” que consta como Anexo y forma parte de la presente Resolución.

Art. 2 – El Reglamento mencionado en el Artículo anterior será obligatorio para los Estados Parte a partir del 01 de Enero de 2010.

Art. 3 – A partir de la vigencia de esta Resolución, y hasta el 31 de diciembre de 2009, coexistirá la comercialización de cilindros fabricados de acuerdo con los criterios establecidos en el “Reglamento Técnico MERCOSUR sobre cilindros para almacenamiento de Gas Natural Comprimido (GNC) utilizado como combustible de vehículos automotores”, y con las reglamentaciones actualmente vigentes en cada Estado Parte.

Art. 4 - Todos los cilindros para almacenamiento de GNC como combustible de uso vehicular que a partir del 01 de enero de 2010 hayan cumplido veinticinco (25) años de la fecha de su fabricación no podrán ser comercializados ni habilitados.

Art. 5 - Los Organismos Nacionales competentes para la implementación de la presente Resolución son:

Argentina: Ente Nacional Regulador del Gas - (ENARGAS).

Brasil: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - (INMETRO).  
Agência Nacional do Petróleo - (ANP)  
Departamento Nacional de Trânsito – (DENATRAN)

Paraguay: Ministerio de Industria y Comercio - (MIC)  
Instituto Nacional de Tecnología y Normalización - (INTN)

Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería - (MIEM)  
Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua - (URSEA)

Art. 6 - La presente Resolución se aplicará en el territorio de los Estados Parte, al comercio entre ellos y a las importaciones extra zona.

Art. 7 - Los Estados Parte deberán incorporar la presente Resolución a sus ordenamientos jurídicos nacionales antes del .....

**XXIX SGT N° 3 - Uruguay, 23/08/07**

# ANEXO

## MERCOSUR-Gas Natural Comprimido (GNC)

### REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR PARA ALMACENAMIENTO DE GNC A BORDO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES

#### 1. Objeto

Este Reglamento Técnico especifica los requisitos mínimos para cilindros livianos y recargables para gas, producidos en serie; a ser utilizados solamente para el almacenamiento a bordo de gas natural comprimido a alta presión, como combustible para vehículos automotores en los cuales se instalarán estos cilindros. Las condiciones de servicio no cubren las solicitaciones externas que pueden producirse por choques, etcétera.

Los cilindros para el almacenamiento a bordo de combustible para el funcionamiento de vehículos a gas natural deben ser livianos y al mismo tiempo mantener o mejorar el nivel de seguridad existente actualmente para otros recipientes a presión. Para esto se deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) especificar de manera precisa y completa las condiciones de servicio como base sólida tanto para el diseño como para el uso del cilindro;
- b) un método adecuado para determinar la vida definida por la fatiga debida a la presión cíclica y establecer los tamaños de los defectos permitidos en los cilindros de metal o "liners";
- c) los ensayos para la calificación del diseño;
- d) los ensayos no destructivos e inspección de todos los cilindros de la producción;
- e) los ensayos destructivos de los cilindros y del material del cilindro seleccionado de cada lote de cilindros producido;
- f) que los fabricantes cuenten con un sistema completo de calidad, documentado e implementado;
- g) la reinspección periódica, y
- h) a los fabricantes, que especifiquen como parte de su diseño la vida útil de sus cilindros en condiciones de seguridad.

Los diseños de cilindros que cumplan con los requisitos de este Reglamento Técnico:

- a) tendrán una vida por fatiga que exceda la vida útil especificada;
- b) cuando se realicen ciclos de presión hasta que se presenten fallas, deben presentar pérdidas pero no roturas;
- c) cuando se los someta a los ensayos de estallido hidráulico, deben tener factores de "tensión a la presión de estallido" sobre "tensión a la presión de trabajo" que excedan los valores especificados para el tipo de diseño y materiales utilizados.

Este Reglamento Técnico comprende los cilindros fabricados en cualquier acero, aluminio o material no metálico, utilizando cualquier diseño o método de fabricación adecuado para las condiciones de servicio especificadas. Este Reglamento Técnico no se aplica a los cilindros de acero inoxidable o soldados.

Los cilindros comprendidos en este Reglamento Técnico serán designados de la siguiente forma:

GNC-1 Metálicos

GNC-2 "Liner" de metal, reforzado con filamento continuo impregnado en resina (enrollado en la parte cilíndrica)

GNC-3 "Liner" de metal, reforzado con filamento continuo impregnado en resina (totalmente enrollado)

GNC-4 Filamento continuo impregnado en resina con un "liner" no metálico (totalmente compuesto)

NOTA: Los cilindros diseñados de acuerdo con las normas ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 e ISO 7866 pueden ser utilizados para este servicio siempre que los diseños cumplan con los requisitos adicionales especificados en este Reglamento Técnico.

#### 2. Referencias normativas

Los documentos normativos enunciados a continuación contienen disposiciones que, al ser referidas en este texto, forman parte de este Reglamento Técnico. Para referencias sin fecha, se utilizará la última edición del documento normativo que corresponda.

ISO 148: 1983, Acero - Ensayo de impacto Charpy (entalladura en V)

ISO 306; 1994, Plásticos – materiales termoplásticos – Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat (VST).

ISO 527-2:1993, Plásticos – Determinación de propiedades de tracción – Parte 2: Condiciones de ensayo para plásticos moldeados o estirados a presión (incorpora Corrección Técnica 1:1994).

ISO 2808: 1997, Pinturas y barnices – Determinación de espesor de la película.

ISO 4624:-1), Pinturas y barnices – ensayo de arranque para verificar adhesión.

ISO 6506-1:1999, Materiales metálicos, Ensayo de dureza Brinell - Parte 1: método de ensayo..

ISO 6892: 1998, Materiales metálicos – Ensayo de tracción a temperatura ambiente.

ISO 7225, Cilindros para gas – Etiquetas de prevención.

ISO 7866: 1999, Cilindros para gas – Cilindros sin costura de aleación de aluminio recargables, para gas – Diseño, fabricación y ensayo.

ISO 9227: 1990, Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales – Ensayos de niebla salina.

ISO 9712: 1999, Ensayo no destructivo – Calificación y certificación del personal.

ISO 9809-1: 1999, Cilindros para gas – Cilindros de acero recargables, sin costura, para gas – Diseño, fabricación y ensayo – Parte 1: cilindros de acero templados y revenidos con resistencia a la tracción menor que 1.100 MPa.

ISO 9809-2: 2000, Cilindros para gas – Cilindros de acero recargables, sin costura, para gas – Diseño, fabricación y ensayo – Parte 2: cilindros de acero templados y revenidos con resistencia a la tracción mayor o igual que 1.100 MPa.

ISO 9809-3: 2000, Cilindros para gas – Cilindros de acero recargables, sin costura, para gas – Diseño, fabricación y ensayo – Parte 3: cilindros de acero normalizados.

ISO 14130:1997, compuestos de plástico reforzado con fibra – Determinación del esfuerzo de corte interlaminar aparente por medio del método de la viga corta.

ASTM D522-93a, Métodos de ensayo normalizados para el ensayo de plegado con mandril de los revestimientos orgánicos adheridos.

ASTM D1308-87 (1998), Método de ensayo normalizado para verificar el efecto de los productos químicos domésticos sobre terminaciones orgánicas claras y pigmentadas.

ASTM D2794-93 (1999)e1, Método de ensayo normalizado para verificar la resistencia de los revestimientos orgánicos ante los efectos de una deformación rápida (Impacto).

ASTM D3170-87 (1996)e1, Método de ensayo normalizado para verificar la resistencia al picado de los revestimientos.

ASTM D3418-99, Método de ensayo normalizado para verificar el punto de transición de los polímeros a través de calorimetría por escaneado diferencial.

ASTM G-154-00, Práctica normalizada para el manejo de aparatos para luz fluorescente para exposición UV de materiales no metálicos.

NACE TM0177-962, Ensayo en laboratorio de metales para verificar la resistencia a las fisuraciones de tensiones por sulfuro y ruptura por corrosión bajo tensión en ambientes H<sub>2</sub>S.

### **3. Términos y definiciones.**

A los efectos del alcance de este Reglamento Técnico, se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

#### **3.1. Autoridad de inspección autorizada.**

Organismo de evaluación de la conformidad, competente, aprobada o reconocida por la Autoridad Reguladora del Estado Parte en que fueran comercializados los Cilindros.

#### **3.2. Autozunchado**

Procedimiento de aplicación de presión utilizado en la fabricación de cilindros compuestos con “liners” de metal; este proceso consiste en deformar el “liner” por sobre el punto de fluencia para provocar una deformación plástica permanente.

---

<sup>1)</sup> A ser publicada. (Revisión de ISO 4624:1978).

<sup>2)</sup> Las normas NACE están disponibles en *NACE International*, PO Box 218340, Houston, Texas 77218-8340, Estados Unidos.

### **3.3. Presión de autozunchado**

Presión dentro del "liner" revestido exteriormente a la cual se establece la distribución necesaria de las tensiones entre el "liner" y el revestimiento exterior.

### **3.4. Lote (de cilindros compuestos)**

Grupo de no más de 200 cilindros más los cilindros para el ensayo destructivo, o, si fuera mayor, una tanda de producción sucesiva de cilindros, producidos sucesivamente con "liners" aprobados que tengan el mismo: tamaño, diseño, materiales y procesos de fabricación especificados.

### **3.5. Lote (de cilindros / "liners", de metal)**

Grupo de no más de 200 cilindros / "liners" más los cilindros / "liners" para el ensayo destructivo o, si fuera mayor, una tanda de producción sucesiva de cilindros / "liners" de metal, producidos sucesivamente y que tengan el mismo: diámetro nominal, espesor de pared, diseño, material de fabricación especificado, proceso de fabricación, equipo utilizado para su fabricación y tratamiento térmico, y condiciones de tiempo, temperatura y atmósfera ambiente durante el tratamiento térmico.

### **3.6. Lote (de "liners" no metálicos)**

Grupo de no más de 200 "liners" más los liners para el ensayo destructivo, o, si fuera mayor, una tanda de producción sucesiva de "liners" no metálicos, sucesivamente producidos y que tengan el mismo: diámetro nominal, espesor de pared, diseño, material y proceso de fabricación especificados.

### **3.7. Presión de estallido**

Presión máxima a la que llega el cilindro durante el ensayo de estallido.

### **3.8. Cilindro compuesto**

Cilindro fabricado de filamento continuo impregnado en resina enrollado sobre un "liner" metálico o no metálico.

### **3.9. Tensión controlada de bobinado**

Proceso utilizado para la fabricación de cilindros compuestos bobinados en la parte cilíndrica, con "liners" de metal, por el cual se obtienen esfuerzos de compresión en el "liner" y esfuerzos de tracción en el revestimiento exterior a una presión interna de cero, bobinando los filamentos de refuerzo con una tensión especificada en el diseño.

### **3.10. Presión de llenado**

Presión a la cual se llena un cilindro.

### **3.11. Cilindros terminados**

Cilindros completos, listos para su uso, con marcas de identificación y revestimiento exterior, incluyendo el aislamiento integral especificado por el fabricante, pero libre de aislamiento o protección no integral.

### **3.12. Cilindro totalmente bobinado**

Cilindro con un revestimiento exterior, que tiene un refuerzo de filamento bobinado, tanto en dirección axial como en dirección circunferencial al cilindro.

### **3.13. Temperatura del gas**

Temperatura del gas en el cilindro.

### **3.14. Cilindro bobinado en la parte cilíndrica**

Cilindro con un revestimiento exterior, que tiene un refuerzo de filamento bobinado de modo sustancialmente circunferencial en la parte cilíndrica del "liner", de modo que el filamento no conduzca ninguna carga importante en dirección paralela al eje longitudinal del cilindro.

### **3.15. "Liner"**

Recipiente interno para gas, sobre el cual las fibras de refuerzo son bobinadas como filamentos para alcanzar la resistencia necesaria.

En este Reglamento Técnico se describen dos tipos de "liners", los de metal, que están diseñados para compartir la carga con el refuerzo, y los no metálicos, que no soportan ninguna parte de la carga.

### **3.16. Fabricante o Importador**

Fabricante:

Persona u organización responsable del diseño, fabricación y ensayo de los cilindros, cuando su fabricación y comercialización se realizan en el mismo Estado Parte.

Importador:

Persona u organización responsable del diseño, fabricación y ensayo de los cilindros, cuando su comercialización se realiza en un Estado Parte distinto al país de su fabricación.

### **3.17. Revestimiento externo**

Sistema de refuerzo de filamento y resina aplicado sobre el "liner".

### **3.18. Pretensado**

Proceso por medio del cual se aplica autozunchado o tensión controlada de enrollado.

### **3.19. Vida útil**

Vida, expresada en años, durante la cual los cilindros pueden ser utilizados en condiciones de seguridad, según las condiciones de servicio normales.

### **3.20. Presión estabilizada**

Presión del gas al alcanzar determinada temperatura fijada.

### **3.21. Temperatura estabilizada**

Temperatura uniforme del gas, después de disipar cualquier cambio de temperatura provocado por el llenado.

### **3.22. Presión de prueba**

Presión requerida, a aplicar durante un ensayo de presión.

### **3.23. Presión de trabajo**

Presión estabilizada en 20 MPa. a una temperatura uniforme de 15° C.

### **3.24 Inserto metálico**

Elemento metálico fijado al cilindro para la colocación de la válvula.

## **4. Condiciones de servicio**

### **4.1 Generalidades**

#### **4.1.1 Condiciones normales de servicio**

Las condiciones normales de servicio especificadas en este Reglamento Técnico, se fijan como base para el diseño, fabricación, inspección, ensayo y aprobación de los cilindros a ser instalados de manera permanente en los vehículos, y utilizados para almacenar gas natural a temperaturas ambiente como combustible para los vehículos.

#### **4.1.2 Uso de los cilindros**

Las condiciones de servicio especificadas deben brindar información acerca del modo en que los cilindros fabricados de acuerdo con este Reglamento Técnico pueden ser utilizados en forma segura. Esta información debe estar destinada a:

- a) fabricantes o importadores de cilindros;
- b) dueños o usuarios de cilindros;
- c) responsables de la instalación de cilindros y de su reinspección;
- d) dueños del equipo utilizado para recargar cilindros para estaciones de carga de vehículos;
- e) proveedores de gas natural comprimido;
- f) organismos reguladores con jurisdicción sobre el uso de los cilindros.

#### **4.1.3 Vida útil**

La vida útil durante la cual los cilindros pueden ser utilizados en condiciones de seguridad, deberá estar especificada por el fabricante del cilindro sobre la base de su utilización de acuerdo con las condiciones de servicio aquí especificadas. La vida útil máxima será de 20 años.

En el caso de los cilindros de metal y los "liners" de metal, la vida útil se determinará según la velocidad de crecimiento de la grieta por fatiga. La inspección ultrasónica, de cada cilindro o "liner" deberá asegurar la ausencia de defectos que excedan el tamaño máximo permitido.

En el caso de cilindros compuestos con "liners" no metálicos que no soporten cargas, la vida útil que debe especificar el fabricante de acuerdo con lo indicado en el primer párrafo, se determinará por medio de métodos apropiados de diseño, pruebas de aprobación de diseño y controles de fabricación.

### **4.2 Presiones máximas de llenado**

Este Reglamento Técnico se basa en una presión de trabajo de 20 MPa a 15° C para el gas natural utilizado como combustible a una presión máxima de llenado de 26 MPa. Otras presiones de trabajo pueden adaptarse ajustando la

presión por el factor apropiado (relación); por ejemplo, un sistema de presión de trabajo de 25 MPa necesitará presiones multiplicadas por 1,25.

Con excepción de los casos en que las presiones hayan sido ajustadas de este modo, el cilindro deberá diseñarse para ser apto para los siguientes límites de presión:

- a) una presión de 20 MPa a una temperatura de 15° C,
- b) el máximo no deberá exceder los 26 MPa, sin considerar las condiciones de llenado o la temperatura.

#### 4.3 Número de ciclos de llenado para el diseño

Los cilindros deberán diseñarse para ser llenados hasta una presión fijada de 20 MPa a una temperatura de gas fijada de 15° C para un servicio de hasta 1.000 veces por año.

#### 4.4 Rango de temperatura

##### 4.4.1 Temperatura del gas

Los cilindros deberán diseñarse para ser aptos para los siguientes límites de temperatura del gas:

- a) la temperatura establecida del gas en los cilindros, que puede variar de un mínimo de -40° C a un máximo de +65° C,
- b) las temperaturas a que llegue el gas durante la carga y descarga.

##### 4.4.2 Temperaturas del cilindro

Los cilindros deberán diseñarse para ser aptos para los siguientes límites de temperatura del material:

- a) la temperatura de los materiales del cilindro pueden variar de -40° C a +82° C,
- b) las temperaturas mayores que +65° C deberán ser lo suficientemente localizadas, o de una duración tan corta, que la temperatura del gas en el cilindro, nunca exceda + 65° C, excepto bajo las condiciones dispuestas en el punto 4.4.1 b).

#### 4.5 Composición del gas

##### 4.5.1 Generalidades

Los cilindros deberán diseñarse para tolerar su carga, con gas natural que cumpla la especificación del gas seco o húmedo que se detalla a continuación. No se debe agregar deliberadamente metanol ni glicol al gas natural.

##### 4.5.2 Gas seco

El vapor de agua deberá limitarse a menos de 32 mg/m<sup>3</sup> (es decir, una temperatura de rocío de -9° C a 20 MPa).

Los límites constitutivos máximos serán los siguientes:

Sulfuro de hidrógeno y otros sulfuros solubles	23 mg/m <sup>3</sup>
Oxígeno	1% (fracción volumétrica)
Hidrógeno, cuando los cilindros se fabrican de un acero con una resistencia final a la tracción que excede los 950 MPa	2% (fracción volumétrica)

##### 4.5.3 Gas húmedo

Tiene un contenido de agua mayor que el del gas seco.

Los límites constitutivos máximos serán los siguientes:

Sulfuro de hidrógeno y otros sulfuros solubles	23 mg/m <sup>3</sup>
Oxígeno	1% (fracción volumétrica)
Bióxido de carbono	4% (fracción volumétrica)
Hidrógeno	0,1% (fracción volumétrica)

#### 4.6 Superficies externas

Las superficies externas del cilindro deberán diseñarse para poder soportar una exposición accidental a los siguientes elementos:

- a) agua, sea por inmersión intermitente o por su presencia en el camino;
- b) sal, debido al funcionamiento del vehículo cerca del océano o donde se use sal para el deshielo;
- c) radiación ultravioleta del sol;
- d) impacto del ripio;

- e) solventes, ácidos y álcalis, fertilizantes;
- f) líquidos del automóvil, incluyendo combustibles líquidos, fluidos hidráulicos, ácido de la batería, glicol y aceites;
- g) gases de escape.

Más allá de lo antes indicado, la instalación debe realizarse de acuerdo con las instrucciones, del fabricante o importador a ser suministradas con el cilindro.

## **5 Requisitos generales para la Aprobación y Certificación**

### **5.1 Ensayo e inspección**

Los cilindros de este Reglamento Técnico deberán cumplir con la Evaluación de la Conformidad para verificar que mantienen las especificaciones técnicas que dieron origen a la obtención de la certificación.

A los fines de asegurar que los cilindros cumplan con este Reglamento Técnico, deberán estar sujetos a la aprobación de diseño de acuerdo con lo dispuesto en el punto 5.2, y a la inspección y ensayo de acuerdo con lo dispuesto en las cláusulas 6, 7, 8 o 9 según corresponda. Esta tarea la realizará una autoridad de inspección autorizada (de aquí en más denominada "el Inspector"), reconocida en cada Estados Parte que utilice los cilindros. El Inspector deberá ser competente para realizar la inspección de los cilindros.

Los procedimientos de ensayo se encuentran detallados en los anexos A y B, y los de aprobación y certificación en el anexo C.

### **5.2 Procedimiento de aprobación de tipo**

#### **5.2.1 Generalidades**

La aprobación de tipo consiste en dos partes:

- a) Aprobación del diseño, con presentación detallada de información al Inspector por parte del fabricante, según se especifica en el punto 5.2.2.
- b) Ensayo de prototipo, con ensayo detallado llevado a cabo bajo la supervisión del Inspector. Se deberá demostrar que el material, diseño, fabricación y prueba del cilindro son los adecuados para su servicio mediante el cumplimiento de los requisitos de los ensayos de prototipo especificados en los puntos 6.5, 7.5, 8.5 o 9.5, según el diseño de cilindro que correspondiera.

En los datos del ensayo también se deberá documentar las dimensiones, espesores de pared y pesos de cada uno de los cilindros para ensayo.

#### **5.2.2 Aprobación de diseño**

Los diseños del cilindro deberán ser aprobados por el Inspector. La siguiente información deberá ser presentada por parte del fabricante solicitando al Inspector su aprobación:

- a) declaración de servicio, de acuerdo con el punto 5.2.3;
- b) datos del diseño, de acuerdo con el punto 5.2.4;
- c) datos de fabricación, de acuerdo con el punto 5.2.5;
- d) sistema de calidad, de acuerdo con el punto 5.2.6;
- e) comportamiento de la fractura y tamaño del defecto en el ensayo no destructivo, de acuerdo con el punto 5.2.7;
- f) planilla de especificación, de acuerdo con el punto 5.2.8;
- g) datos adicionales de sustento, de acuerdo con el punto 5.2.9.

#### **5.2.3 Declaración de servicio**

La finalidad de esta declaración de servicio es guiar a los usuarios, instaladores y revisores de los cilindros, e informar al Inspector. Esta declaración deberá incluir:

- a) manifestación de que el diseño del cilindro se adecua a las condiciones de servicio definidas en 4 para la vida útil del cilindro;
- b) declaración de vida útil;
- c) especificación de los ensayos mínimos en servicio y/o requisitos de inspección;
- d) especificación de los dispositivos de alivio de presión y de aislación, si se provee;

- e) especificación de los sistemas de sujeción, protecciones externas y cualquier otro ítem requerido pero no provisto;
- f) descripción del diseño del cilindro;
- g) cualquier otra información e instrucciones necesarias para garantizar el uso seguro y la inspección del cilindro.

## **5.2.4 Datos del diseño**

### **5.2.4.1 Planos**

Los planos deberán evidenciar al menos los siguientes datos:

- a) título, número de referencia, fecha de emisión y números de revisión con las fechas de emisión si correspondiere;
- b) referencia a este Reglamento Técnico y al tipo de cilindro;
- c) las dimensiones completas, con los límites de tolerancia, incluyendo los detalles de las formas del cierre de los extremos con espesores mínimos, y de las aberturas;
- d) masa de los cilindros, con sus tolerancias;
- e) especificaciones del material, junto con las propiedades mecánicas y químicas mínimas o los límites de tolerancia y, en el caso de los cilindros de metal o "liners" de metal, los límites especificados de dureza, cuando corresponda;
- f) límites de presión de autozunchado, presión mínima de ensayo, detalles del sistema de protección contra incendio y de cualquier protección externa.

### **5.2.4.2 Informe del análisis de tensión**

Se deberá realizar un análisis de tensión por elementos finitos u otro tipo de análisis de tensión.

Se deberá suministrar una tabla resumiendo las tensiones calculadas.

### **5.2.4.3 Datos sobre la propiedad del material**

Se suministrará una descripción detallada de los materiales y tolerancias de sus propiedades. Los datos del ensayo también deberán ser presentados detallando las características mecánicas y adecuación de los materiales para el servicio de acuerdo con las condiciones especificadas en el capítulo 4.

### **5.2.4.4 Protección contra incendio**

Se deberá especificar la ubicación de los dispositivos de alivio de presión, y la aislación si se provee, que protegerá al cilindro de una ruptura repentina cuando fuere expuesto a las situaciones de incendio indicadas en el punto A.15. Los datos de ensayo deberán justificar la efectividad del sistema especificado de protección contra incendio.

### **5.2.5 Datos de fabricación**

Deberán suministrarse los detalles de todos los procesos de fabricación, ensayos no destructivos, ensayos de producción y de lote.

Se deberán especificar las tolerancias para todos los procesos de producción, como por ejemplo el tratamiento térmico, el formado del extremo, la relación resina-mezcla, la tensión de filamentos y la velocidad con la que se realiza el bobinado a tensión controlada, tiempos y temperaturas de curado, y procedimiento de autozunchado. También se deberá especificar la terminación de la superficie, los detalles de la rosca, los criterios de aceptación para el escaneo ultrasónico (o equivalente) y los tamaños máximos de lote para realizar los ensayos de lote.

### **5.2.6 Programa de control de calidad**

El fabricante deberá especificar los métodos y procedimientos de acuerdo con un sistema de garantía de calidad con base en la ISO:9001

### **5.2.7 Comportamiento de la fractura y tamaño del defecto en el ensayo no destructivo**

El fabricante deberá especificar el tamaño máximo del defecto en el ensayo no destructivo, que asegurará el comportamiento de la fractura de manera tal que pierda antes que rompa y que evitará fallas por fatiga del cilindro durante su vida útil o por rotura.

El tamaño máximo del defecto deberá establecerse según el método establecido en el anexo D.

### **5.2.8 Planilla de especificación**

Un resumen de los documentos que brinden la información requerida en el punto 5.2.2 deberá ser suministrado en una planilla de especificación para cada diseño de cilindro. Se incluirá el título, número de referencia, números de revisión y fechas de la versión original y otras de cada documento. Todos los documentos deberán estar firmados o inicialados por el emisor.

### 5.2.9 Datos adicionales de sustento

En caso de que fuere aplicable, se deberán brindar datos adicionales que sustenten la solicitud, como por ejemplo los antecedentes de servicio del material que se propone utilizar o la utilización de determinado diseño de cilindro en otras condiciones de servicio.

### 5.3 Certificado de aprobación de tipo

Si los resultados de la aprobación de diseño (según se dispone en el punto 5.2) y del ensayo de prototipo (según se dispone en el punto 6.5, 7.5, 8.5 o 9.5, según el diseño de cilindro que corresponda) fueran satisfactorios, el Inspector emitirá un certificado de aprobación de tipo.

El certificado de aprobación de tipo será de cuerdo con el anexo E.

## 6 Requisitos de los cilindros de metal tipo GNC-1

### 6.1 Generalidades

El presente Reglamento Técnico no establece fórmulas de diseño ni enumera tensiones o deformaciones permitidas, pero requiere que la adecuación del diseño sea establecida de acuerdo con cálculos apropiados y demostrada mediante pruebas que indiquen que los cilindros cumplen satisfactoriamente los ensayos de materiales, de cualificación de diseño, de producción y de lote, especificados en este Reglamento Técnico.

El diseño deberá asegurar un modo de falla “pérdida anterior a la rotura” bajo condiciones de posible degradación de las partes que contienen presión durante el servicio normal. Si se produce una pérdida en el cilindro de metal, sólo se podrá deber a la propagación de una rotura por fatiga.

### 6.2 Materiales

#### 6.2.1 Requisitos generales

Los materiales utilizados deberán ser los adecuados para las condiciones de servicio especificadas en el capítulo 4. El diseño deberá asegurar que no haya materiales incompatibles en contacto.

#### 6.2.2 Controles de la composición química

##### 6.2.2.1 Acero

El acero deberá ser calmado con aluminio y/o silicio, y fabricado con técnicas para obtener predominantemente grano fino.

La composición química deberá ser declarada y definida al menos por:

- a) los contenidos de carbono, manganeso, aluminio y silicio en todos los casos;
- b) los contenidos de cromo, níquel, molibdeno, boro y vanadio, y de cualquier otro elemento aleante intencionalmente agregado.

El contenido de azufre y fósforo del análisis de colada no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1 – Límites máximos de azufre y fósforo**

Resistencia a la tracción		< 950 MPa	≥ 950 MPa
	Azufre	0,020%	0,010%
Limite de	Fósforo	0,020%	0,020%
	Azufre + Fósforo	0,030%	0,025%

##### 6.2.2.2 Aluminio

Las aleaciones de aluminio pueden ser utilizadas para fabricar cilindros siempre que cumplan con los requisitos de este Reglamento Técnico y posean contenidos máximos de plomo y bismuto que no excedan el 0,003 %.

### 6.3. Requisitos del diseño

#### 6.3.1. Presión de prueba

La presión mínima de prueba utilizada será de 30 MPa (1,5 veces la presión de trabajo).

### **6.3.2. Presión de estallido**

La presión de estallido mínima efectiva no será inferior a 45 MPa.

### **6.3.3. Análisis de tensión**

Las tensiones en el cilindro serán calculadas para 20 MPa, presión de prueba y presión de estallido de diseño. Los cálculos deberán realizarse mediante análisis adecuados a fin de establecer las distribuciones de tensión que justifiquen los espesores mínimos de diseño de la pared.

### **6.3.4. Tamaño máximo del defecto**

Deberá especificarse el tamaño máximo del defecto en cualquier parte del cilindro de metal, de manera que el cilindro cumpla con los requisitos de ciclado a presión y de "pérdida anterior a la rotura".

El tamaño admisible del defecto para el ensayo no destructivo deberá ser determinado a través del método que se describe en el Anexo D.

### **6.3.5. Aberturas**

Sólo deben ser permitidas aberturas en las ojivas. La línea de centros de las aberturas deberá coincidir con el eje longitudinal del cilindro.

### **6.3.6. Protección contra incendio**

El diseño del cilindro deberá prever su protección con dispositivos de alivio de presión. El cilindro, sus materiales, los dispositivos de alivio de presión y cualquier material aislante o de protección que se agregue, deberán ser diseñados en forma conjunta para garantizar la adecuada seguridad durante las condiciones de fuego establecidas para el ensayo especificado en A.15. A fin de optimizar las condiciones de seguridad, el fabricante puede especificar ubicaciones alternativas de los dispositivos de alivio de presión para instalaciones específicas en vehículos.

Los dispositivos de alivio de presión deberán ser aprobados según un Documento Técnico aceptado por la Autoridad Reguladora del Estado Parte que los habiliten.

### **6.3.7. Accesorios**

Cuando se utilice un anillo de gollete, anillo de pie o un accesorio para apoyo, éste deberá ser de un material compatible con el del cilindro y deberá ser agregado en forma segura mediante un método que no sea soldadura.

## **6.4 Fabricación y acabado**

### **6.4.1. Cierre del extremo**

El espesor y la terminación superficial de cada cilindro deberán ser examinados antes de realizar el cierre del extremo.

El fondo de los cilindros de aluminio no deberá ser sellado a través de un proceso de conformación.

El fondo de los cilindros de acero que hayan sido cerrados a través de un proceso de conformación, serán inspeccionados mediante ensayo no destructivo.

No podrá agregarse metal durante el proceso de cierre de los extremos.

### **6.4.2. Tratamiento térmico**

Luego del proceso de conformación del extremo, los cilindros deberán ser tratados térmicamente hasta alcanzar el nivel de dureza especificado para el diseño. No se permite realizar un tratamiento térmico localizado.

### **6.4.3. Roscas de cuello**

Las roscas deberán ser de corte limpio, parejas, y no presentarán discontinuidades de superficie a fin de medir y cumplir con este Reglamento Técnico. La rosca de cuello del cilindro, deberá responder a la Norma ISO 10920.

### **6.4.4. Protección externa contra condiciones ambientales**

El exterior de los cilindros deberá cumplir con los requisitos del ensayo en ambiente ácido del punto A.14. La protección externa podrá brindarse a través de cualquiera de los siguientes métodos:

- a) mediante una terminación de superficie que otorgue la debida protección (por ejemplo, aluminio metalizado, anodización); o
- b) mediante una Protección externa (por ejemplo, revestimiento orgánico, pintura); si la Protección externa forma parte del diseño, deberán cumplirse los requisitos establecidos en A.9; o

- c) mediante una Protección externa resistente e impermeable a los productos químicos establecidos en A.14.

Toda Protección externa que se aplique a los cilindros deberá tener un proceso de aplicación que no afecte en forma adversa las propiedades mecánicas del cilindro. La Protección externa será diseñada de manera tal de facilitar la posterior inspección, y el fabricante proveerá las instrucciones para el tratamiento de la Protección externa durante la inspección en servicio a fin de garantizar la continua integridad del cilindro.

El ensayo de funcionamiento ante condiciones ambientales para la evaluación de la aptitud de los sistemas de Protección externa se encuentra establecido en el Anexo F.

## **6.5. Procedimiento para el ensayo de prototipo**

### **6.5.1. Requisitos generales**

El ensayo de prototipo deberá realizarse en cada nuevo diseño, sobre cilindros terminados representativos de una producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros para ensayo deberán ser seleccionados por el Inspector, y los ensayos de prototipo detallados en 6.5.2 deberán ser presenciados por el Inspector. Si más cilindros fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados.

### **6.5.2. Ensayos de prototipo**

#### **6.5.2.1. Ensayos necesarios**

En el transcurso de la aprobación de tipo, el Organismo de Inspección autorizado deberá seleccionar en forma aleatoria los cilindros necesarios y presenciar los siguientes ensayos:

- los ensayos especificados en 6.5.2.2 o 6.5.2.3 (ensayos de material) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 6.5.2.4 (ensayo de estallido por presión hidráulica) en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 6.5.2.5 (ensayo cíclico de presión a temperatura ambiente) en 2 cilindros;
- el ensayo especificado en 6.5.2.6 (ensayo de pérdida anterior a la rotura) en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 6.5.2.7 (ensayo de resistencia al fuego) en 1 o 2 cilindros, según corresponda;
- el ensayo especificado en 6.5.2.8 (ensayo de penetración) en 1 cilindro.

#### **6.5.2.2 Ensayos del material para los cilindros de acero**

Los ensayos de material en los cilindros de acero deberán realizarse de la siguiente manera:

- a) Ensayo de tracción

Las propiedades mecánicas del acero en el cilindro terminado deberán ser determinadas de acuerdo con A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

- b) Ensayo de impacto

Las propiedades de impacto del acero en el cilindro terminado deberán ser determinadas de acuerdo con A.2 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

- c) Ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión, por sulfuro

Si el límite superior de la resistencia a la tracción especificada para el acero excede los 950 MPa, el acero de un cilindro terminado deberá ser objeto de un ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión por sulfuro, de acuerdo con A.3 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **6.5.2.3 Ensayos del material para los cilindros de aluminio aleado**

Los ensayos del material serán realizados sobre cilindros de aluminio aleado, de la siguiente manera:

- a) Ensayo de tracción

Las propiedades mecánicas de la aleación de aluminio en el cilindro terminado deberán ser determinadas de acuerdo con A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

- b) Ensayos de corrosión

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de corrosión realizados de acuerdo con A.4.

- c) Ensayos de fisuras por carga sostenida

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de fisuras por carga sostenida realizados de acuerdo con A.5.

#### 6.5.2.4 Ensayo de estallido por presión hidráulica

Tres cilindros representativos deberán ser hidrostáticamente presurizados hasta que se presenten fallas de acuerdo con A.12. Las presiones de estallido del cilindro deberán exceder la presión de estallido mínima calculada por el análisis de tensión para el diseño y deberá ser de por lo menos 45 MPa.

#### 6.5.2.5. Ensayo cíclico de presión a temperatura ambiente

Dos cilindros deberán ser ciclados a presión a temperatura ambiente de acuerdo con A.13 hasta que se presenten fallas, o a un mínimo de 45.000 ciclos. Los cilindros no deberán presentar fallas antes de alcanzar una cantidad de ciclos igual a la vida útil multiplicada por 1.000 ciclos/año. Los cilindros que excedan esa cantidad de ciclos deberán presentar fallas debido a una pérdida y no a una rotura. Los cilindros que no presenten fallas dentro de los 45.000 ciclos deberán ser destruidos ya sea mediante la continuación de los ciclos hasta que se produzca su falla o mediante la presurización hidrostática hasta que estallen. Deberá documentarse el número de ciclos hasta la presentación de fallas y la ubicación en la que éstas se inician.

#### 6.5.2.6. Ensayo de pérdida anterior a la rotura

El ensayo de pérdida anterior a la rotura deberá realizarse de acuerdo con A.6 y cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### 6.5.2.7. Ensayo de resistencia al fuego

Uno o dos cilindros, según corresponda, deberán ser ensayados de acuerdo con el punto A.15 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### 6.5.2.8. Ensayo de penetración

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con el punto A.16 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### 6.5.3 Cambio de diseño

Un cambio de diseño es todo cambio en la selección de materiales estructurales o cambio de las dimensiones no atribuible a las tolerancias normales de fabricación.

Los cambios de diseño especificados en la Tabla 2 sólo requerirán los ensayos de prototipo que se especifican en esa tabla.

Tabla 2 – Cambio de diseño para los cilindros tipo GNC-1

Cambio de diseño	Tipo de ensayo				
	Estallido hidráulico	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Pérdida anterior a la rotura	Incendio	Penetración
	Cláusula				
	A.12	A.13	A.6	A.15	A.16
Material del cilindro de metal	X	X	X	X	X
Cambio de diámetro $\leq 20\%$	X	X	-	-	-
Cambio de diámetro $> 20\%$	X	X	X	X	X
Cambio de largo $\leq 50\%$	X	X	-	X <sup>(a)</sup>	-
Cambio de largo $> 50\%$	X	X	-	X <sup>(a)</sup>	-
Cambio de la presión de trabajo $\leq 20\%$ <sup>b</sup>	X	X	-	-	-
Forma de la ojiva	X	X	-	-	-
Tamaño de la abertura	X	X	-	-	-
Cambio en el proceso de fabricación	X	X	-	-	-

Cambio de diseño	Tipo de ensayo				
	Estallido hidráulico	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Pérdida anterior a la rotura	Incendio	Penetración
	Cláusula				
	A.12	A.13	A.6	A.15	A.16
Dispositivo del alivio de presión	-	-	-	X	-
a) Ensayo requerido sólo si se incrementa el largo.					
b) Sólo cuando el espesor cambia en forma proporcional al cambio de diámetro y/o de presión.					

## 6.6. Ensayos de lote

### 6.6.1 Requisitos generales

Los ensayos de lote deberán ser realizados en los cilindros terminados que representen la producción y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros para ensayo deberán ser seleccionados de cada lote al azar. Si más cilindros fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados. También podrán ser utilizadas aquellas muestras testigo del tratamiento térmico que sean representativas de los cilindros terminados.

No es necesario que los cilindros aprobados en base a las Normas ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 o ISO 7866 sean sometidos a un ensayo de ciclos de presión, siempre que durante el ensayo de aprobación de tipo los cilindros soporten un ciclado a presión sin que se presenten fallas durante un mínimo de 15.000 ciclos de presión desde no más de 2 MPa hasta no menos de 30 MPa (de acuerdo con el procedimiento de ensayo detallado en A.6), o durante un mínimo de 30.000 ciclos de presión desde no más de 2 MPa hasta no menos de 26 MPa (de acuerdo con el procedimiento de ensayo detallado en A.13).

### 6.6.2 Programa de ensayo

#### 6.6.2.1 En cada lote de cilindros deberán realizarse los siguientes ensayos:

- a) en un cilindro:
  - un ensayo de estallido por presión hidráulica de acuerdo con el punto A.12.
  - b) en otro cilindro o en una muestra testigo tratada térmicamente, representativa de un cilindro terminado:
    - 1) un control de las dimensiones críticas con las del diseño (ver 5.2.4.1);
    - 2) un ensayo de tracción de acuerdo con el punto A.1; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos del diseño (ver 5.2.4.1);
    - 3) para los cilindros de acero, tres ensayos de impacto de acuerdo con el punto A.2; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos especificados en A.2;
    - 4) cuando una Protección externa al cilindro sea parte del diseño, un ensayo de lote de la Protección externa de acuerdo con el punto A.24. Cuando la Protección externa no cumpla con los requisitos del punto A.24, el lote será inspeccionado en su totalidad a fin de sacar los cilindros que presenten revestimientos defectuosos similares. El revestimiento de todos los cilindros revestidos defectuosamente se puede sacar, y los cilindros se pueden volver a revestir. El ensayo de lote de la Protección externa deberá repetirse.

Todos los cilindros representados por un ensayo de lote y que no cumplan con los requisitos especificados deberán seguir los procedimientos detallados en el punto 6.9.

#### 6.6.2.2 Además, deberá realizarse en los cilindros terminados un ensayo de ciclos de presión de acuerdo con el punto A.13, con la siguiente frecuencia de ensayo:

- a) inicialmente, un cilindro de cada lote deberá ser ciclado a presión en un total de 1.000 veces la vida útil especificada en años, con un mínimo de 15.000 ciclos, en este caso corresponde a 15 años; para mas de 15 años, deberá ser ciclado a razón de 1000 veces por cada año en más hasta llegar al límite de 20 años.
- b) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño (es decir, materiales y procesos similares dentro de la definición de un cambio menor de diseño, ver 6.5.3) ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 1.500 ciclos multiplicados

por la vida útil especificada en años (22.500 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 5 lotes de producción;

c) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 2.000 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años (30.000 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 10 lotes de producción;

d) si hubieran transcurrido más de tres meses desde el último ensayo de ciclos de presión, un cilindro del siguiente lote de producción deberá ser sometido al ensayo de ciclos de presión a fin de mantener la frecuencia reducida de los ensayos de lote establecidos en los apartados b) o c) de este mismo punto;

e) si alguno de los cilindros sometidos al ensayo de ciclos de presión con frecuencia reducida establecida en b) o c) de este mismo punto no cumple con el número requerido de ciclos de presión (22.500 o 30.000 ciclos de presión como mínimo, respectivamente), será necesario repetir la frecuencia de ensayo de lote de ciclos de presión establecida en a) en un mínimo de 10 lotes de producción a fin de restablecer la frecuencia reducida del ensayo de lote de ciclos de presión establecida en b) o c) de este mismo punto.

Si alguno de los cilindros de los puntos a), b) o c) anteriormente mencionados no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años (15.000 ciclos como mínimo), la causa de la falla deberá ser determinada y corregida siguiendo los procedimientos del punto 6.9. El ensayo de ciclos de presión deberá repetirse en otros tres cilindros de ese lote. Si cualquiera de estos tres cilindros no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos a presión multiplicados por la vida útil especificada en años, el lote deberá ser rechazado.

### **6.7 Ensayos en cada cilindro**

Las inspecciones y ensayos de producción deberán realizarse en todos los cilindros producidos en un lote.

Cada cilindro deberá ser examinado durante su fabricación y una vez terminado, de la siguiente manera:

a) a través de un ensayo no destructivo, de acuerdo con el Anexo B, para verificar que el tamaño máximo del defecto no exceda el tamaño especificado en el diseño, tal como se determina en 6.3.4. A través del método de ensayo no destructivo se deberá poder detectar el tamaño máximo permitido del defecto;

b) para verificar que las dimensiones críticas y la masa del cilindro terminado se encuentran dentro de las tolerancias del diseño;

c) para verificar el cumplimiento con la terminación superficial especificada en el diseño, prestando especial atención a los embutidos profundos y a los pliegues o solapes en el cuello u ojiva de los cerramientos o aberturas forjadas o moldeadas;

d) para verificar el marcado;

e) a través de ensayos de dureza de cilindros sometidos a tratamiento térmico de acuerdo con el punto A.8; los valores así determinados deberán estar dentro de la escala especificada para el diseño;

f) a través del ensayo hidráulico de los cilindros terminados de acuerdo con el punto A.11. Si se eligiera la opción 1, el fabricante deberá establecer el límite apropiado de expansión volumétrica permanente para la presión de prueba utilizada, pero en ningún caso la expansión permanente excederá el 10 % de la expansión volumétrica total medida bajo la presión de prueba.

### **6.8. Certificado de aprobación de lote**

Si los resultados del ensayo de lote de acuerdo con los puntos 6.6 y 6.7 son satisfactorios, el fabricante y el Inspector deberán firmar un certificado de aceptación. El modelo de certificado de aceptación a ser utilizado (denominado "Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad") se encuentra detallado en el Anexo E.

### **6.9. Incumplimiento de los requisitos de ensayo**

En el caso de incumplimiento de los requisitos de ensayo, un reensayo o un retratamiento térmico y reensayo deberán ser realizados a satisfacción del Inspector de la siguiente manera:

a) Si hubiera evidencias de falla en la realización de un ensayo, o un error de medida, deberá realizarse otro ensayo; si el resultado de este ensayo es satisfactorio, el primer ensayo no será tenido en cuenta.

b) Si el ensayo ha sido realizado de manera satisfactoria, se deberá identificar la causa de la falla.

1) Si se considera que la falla se debe al tratamiento térmico aplicado, el fabricante podrá someter todos los cilindros implicados en la falla a otro tratamiento térmico, es decir, si la falla se produce en un ensayo que representa a los cilindros de lote o prototipo, la falla del ensayo requerirá un retratamiento térmico de todos los cilindros representados antes de realizar un reensayo; no obstante, si la falla se produce en forma esporádica en un ensayo aplicado a cada cilindro, sólo aquellos cilindros que fallen en el ensayo requerirán un retratamiento térmico y reensayo.

- Toda vez que los cilindros sean sometidos a un retratamiento térmico, deberá mantenerse el espesor mínimo de pared garantizado.

- Sólo serán realizados nuevamente los ensayos de prototipo o de lote significativos, necesarios para probar la aceptabilidad de un nuevo lote. Si uno o más ensayos no son satisfactorios, aunque sea parcialmente, todos los cilindros del lote serán rechazados.

2) Si la falla se debe a una causa distinta del tratamiento térmico aplicado, todos los cilindros defectuosos deberán ser rechazados o reparados. Si los cilindros reparados aprueban el/los ensayo/s requeridos por la reparación, deberán ser reconsiderados como parte del lote original.

## 7. Requisitos de los cilindros bobinados en la parte cilíndrica tipo GNC-2

### 7.1 Generalidades

El presente Reglamento Técnico no establece fórmulas de diseño ni enumera tensiones o deformaciones permitidas, pero requiere que la adecuación del diseño sea establecida de acuerdo con cálculos apropiados y demostrado que los cilindros cumplen satisfactoriamente los ensayos de material, de **calificación** de diseño, de producción y de lote especificados en este Reglamento Técnico.

Durante la presurización, este tipo de diseño de cilindros muestra un comportamiento en el cual los desplazamientos del revestimiento externo y del "liner" de metal son superpuestos linealmente. Debido a las diferentes técnicas de fabricación, este Reglamento Técnico no provee un método de diseño definido.

El diseño deberá asegurar un modo de falla "pérdida anterior a la rotura" bajo condiciones de posible degradación de las partes que contienen presión durante el servicio normal. Si se produce una pérdida en el "liner" de metal, sólo se podrá deber al crecimiento de una grieta por fatiga.

### 7.2 Materiales

#### 7.2.1 Requisitos generales

Los materiales utilizados deberán ser los adecuados para las condiciones de servicio especificadas en el capítulo 4. El diseño deberá asegurar que no haya materiales incompatibles en contacto.

#### 7.2.2 Controles de la composición química

##### 7.2.2.1 Acero

Los aceros serán calmados con aluminio y/o silicio, y fabricados con técnicas para obtener predominantemente grano fino. La composición química de todos los aceros deberá ser declarada y definida por lo menos por:

- a) los contenidos de carbono, manganeso, aluminio y silicio en todos los casos;
- b) los contenidos de cromo, níquel, molibdeno, boro y vanadio, y de cualquier otro elemento aleante intencionalmente agregado.

El contenido de azufre y fósforo en el análisis de colada no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3 – Límites máximos de azufre y fósforo**

Resistencia a la tracción		< 950 MPa	≥ 950 MPa
Nivel de	Azufre	0,020%	0,010%
	Fósforo	0,020%	0,020%
	Azufre + Fósforo	0,030%	0,025%

##### 7.2.2.2 Aluminio

Las aleaciones de aluminio pueden ser utilizadas para fabricar cilindros siempre que cumplan con los requisitos de este Reglamento Técnico y posean contenidos máximos de plomo y bismuto que no excedan el 0,003 %.

## 7.2.3 Materiales compuestos

### 7.2.3.1 Resinas

El material para la impregnación podrá ser resinas termorígidas o termoplásticas. Ejemplos de materiales matrices adecuados son epoxi, epoxi modificado, plásticos termorígidos de poliéster y esterevinílico, y material termoplástico de polietileno y poliamida.

La temperatura de transición al estado vítreo del material de la resina deberá ser determinada de acuerdo con la norma ASTM D3418-99.

### 7.2.3.2 Fibras

Los tipos de material del filamento para el refuerzo estructural deberán ser fibra de vidrio, fibra de aramida o fibra de carbono. Si se utiliza un refuerzo de fibra de carbono, el diseño deberá incorporar los medios necesarios para prevenir la corrosión electrolítica de los componentes metálicos del cilindro.

El fabricante o importador deberá archivar las especificaciones publicadas para los materiales compuestos, las recomendaciones del fabricante del material para el almacenamiento, condiciones y duración del almacenamiento, y la certificación del fabricante del material de que cada partida cumple con dichos requisitos de especificación. El fabricante de la fibra deberá certificar que las propiedades materiales de la fibra cumplen las especificaciones del fabricante o importador para el producto.

## 7.3 Requisitos del diseño

### 7.3.1 Presión de prueba

La presión de prueba mínima utilizada en la fabricación será de 30 MPa (1,5 veces la presión de trabajo).

### 7.3.2 Relaciones de tensión de la fibra y de presiones de estallido

El "liner" de metal deberá tener una presión de estallido mínima efectiva de 26 MPa bar.

La presión de estallido mínima efectiva no deberá ser inferior a los valores establecidos en la Tabla 4. El revestimiento externo deberá ser diseñado para una alta confiabilidad bajo condiciones de carga sostenida y carga cíclica. Esta confiabilidad deberá lograrse alcanzando o superando los valores de relación de tensión de los refuerzos compuestos establecidos en la Tabla 4. La relación de tensión se define como la tensión en la fibra a una presión de estallido mínima especificada, dividida por la tensión en la fibra a la presión de trabajo. La relación de estallido se define como la presión de estallido efectiva del cilindro, dividida por la presión de trabajo.

Los cálculos de la relación de tensión deberán incluir:

- un método de análisis apto para los materiales no lineales (un programa de computación con un fin especial o un programa de análisis por elementos finitos);
- modelado adecuado de la curva esfuerzo-deformación plástico-elástica para un material conocido de "liner";
- modelado adecuado de las propiedades mecánicas de los Revestimientos externos;
- cálculos a la presión de autozunchado, presión cero luego del autozunchado, presión de trabajo, y presión de estallido mínima;
- informe de los pretensados provenientes de la tensión de enrollado;
- la presión de estallido mínima, elegida de tal manera que la tensión calculada a la presión de estallido mínima dividida por la tensión calculada a la presión de trabajo cumpla los requisitos de la relación de tensión requeridos para la fibra utilizada;
- consideración del modo en que se comparte la carga entre las diferentes fibras, basada en los distintos módulos elásticos de las fibras cuando se analizan los cilindros con refuerzo híbrido (dos o más fibras diferentes). Los requisitos de la relación de tensión para cada tipo de fibra deberán ser concordantes con los valores establecidos en la Tabla 4.

La verificación de las relaciones de tensión deberán realizarse mediante el uso de indicadores de tensión a través del método definido en el Anexo G.

**Tabla 4 – Valores mínimos de estallido efectivo y relaciones de tensión para cilindros tipo GNC-2**

Tipo de fibra	Relación de tensión	Presión de estallido (MPa)
Vidrio	2,75	50 <sup>a)</sup>
Aramida	2,35	47

Carbono	2,35	47
Híbrido	b)	
<p>a) Presión de estallido mínima efectiva. Además, los cálculos deberán realizarse de acuerdo con el punto 7.3.2 para confirmar que también se cumple con los requisitos mínimos de la relación de tensión.</p> <p>b) Las relaciones de tensión y presiones de estallido deberán ser calculadas de acuerdo con el punto 7.3.2.</p>		

### 7.3.3 Análisis de tensión

Las tensiones en el compuesto y en el “liner” interior luego del pretensado deberán ser calculadas para 0 MPa, 20 MPa, presión de prueba y presión de estallido de diseño. Los cálculos deberán realizarse mediante técnicas adecuadas de análisis, teniendo en cuenta el comportamiento no lineal del material del “liner” al establecer las distribuciones de tensión.

En los diseños en los que se utilice autozunchado para el pretensado, los límites dentro de los cuales caerá la presión de autozunchado deberán ser calculados y especificados. En los diseños en los que se utilice tensión controlada de enrollado para el pretensado, deberán calcularse la temperatura a la que se realiza, la tensión necesaria en cada capa de compuesto y el consecuente pretensado en el “liner”.

### 7.3.4 Tamaño máximo del defecto

Deberá especificarse el tamaño máximo del defecto en cualquier parte del “liner” de metal, de manera que el cilindro cumpla con los requisitos de ciclado a presión y de pérdida anterior a la rotura. El método del ensayo no destructivo debe ser capaz de detectar el tamaño máximo de defecto permitido.

El tamaño permitido del defecto para el ensayo no destructivo será determinado a través del método que se describe en el Anexo D.

### 7.3.5 Aberturas

Sólo se permiten aberturas en las ojivas. La línea de centros de las aberturas deberá coincidir con el eje longitudinal del cilindro.

### 7.3.6 Protección contra incendio

El diseño del cilindro deberá prever su protección con dispositivos de alivio de presión. El cilindro, sus materiales, los dispositivos de alivio de presión y cualquier material aislante o de protección que se agregue, deberán ser diseñados en forma conjunta para garantizar la adecuada seguridad durante las condiciones de fuego establecidas para el ensayo especificado en A.15. A fin de optimizar las condiciones de seguridad, el fabricante puede especificar ubicaciones alternativas de los dispositivos de alivio de presión para instalaciones específicas en vehículos.

Los dispositivos de alivio de presión deberán ser aprobados según un Documento Técnico aceptado por la Autoridad Reguladora del Estado Parte que los habiliten.

## 7.4 Fabricación y acabado

### 7.4.1 Generalidades

El cilindro compuesto deberá fabricarse a partir de un “liner” revestido externamente con filamento continuo. Las operaciones de enrollado de las fibras deberán ser controladas electrónica o mecánicamente. Las fibras deberán aplicarse con tensión controlada durante el enrollado. Luego de completado el enrollado, las resinas termorígidas deberán curarse mediante calor, utilizando un diagrama de tiempo-temperatura predeterminado y controlado.

### 7.4.2 “Liner”

La fabricación de un “liner” de metal deberá cumplir con los requisitos establecidos en los puntos 7.2, 7.3.2 y en el punto 7.5.2.2 o 7.5.2.3 según corresponda con el tipo de fabricación del “liner”.

### 7.4.3 Roscas de cuello

Las roscas deberán ser de corte limpio, parejas, y no presentarán discontinuidades de superficie a fin de medir y cumplir con este Reglamento Técnico. La rosca de cuello del cilindro, si es cónica deberá responder a la Norma ISO 10920, y si es cilíndrica a la Norma ISO 15245-1.

#### **7.4.4 Revestimiento externo**

##### **7.4.4.1 Bobinado de la fibra**

Los cilindros deberán ser fabricados mediante una técnica de bobinado de la fibra. Durante el bobinado, las variables significativas deberán mantenerse dentro de las tolerancias especificadas, y documentadas en un registro de bobinado. Estas variables pueden incluir, pero no se limitan a:

- a) tipo de fibra, incluyendo el tamaño;
- b) forma de impregnación;
- c) tensión de bobinado;
- d) velocidad de bobinado;
- e) cantidad de hilos de la fibra;
- f) ancho de la banda;
- g) tipo de resina y composición;
- h) temperatura de la resina;
- i) temperatura del "liner"; y
- j) ángulo de bobinado.

##### **7.4.4.2 Curado de las resinas termorígidas**

Si se utiliza una resina termorígida, ésta deberá ser curada luego del enrollado de filamentos. Durante el curado, se deberá documentar el ciclo de curado registrando la temperatura en función del tiempo.

El tiempo y temperatura máximos de curado para los cilindros con "liners" de aluminio aleado deberán ser inferiores al tiempo y temperatura que afecten de manera adversa las propiedades del metal.

##### **7.4.4.3 Autozunchado**

Si se utilizara autozunchado, éste deberá realizarse antes del ensayo de presión hidráulica. La presión de autozunchado deberá estar dentro de los límites establecidos en el punto 7.3.3, y el fabricante deberá establecer el método para verificar la presión apropiada.

#### **7.4.5 Protección externa contra condiciones ambientales (Protección externa)**

El exterior de los cilindros deberá cumplir con los requisitos del ensayo de ambiente ácido del punto A.14. La Protección externa podrá brindarse a través de cualquiera de los siguientes métodos:

- a) mediante una terminación de superficie que otorgue la protección adecuada (por ejemplo, metalizado por aspersion sobre el aluminio, anodización); o
- b) mediante el uso de una fibra y material matriz adecuados (por ejemplo, fibra de carbono en resina); o
- c) mediante una Protección externa (por ejemplo, revestimiento orgánico, pintura); si la Protección externa forma parte del diseño, deberán cumplirse los requisitos establecidos en A.9; o
- d) mediante una Protección externa resistente e impermeable a los productos químicos mencionados en A.14.

Toda Protección externa que se aplique a los cilindros deberá tener un proceso de aplicación que no afecte en forma adversa las propiedades mecánicas del cilindro. La Protección externa será diseñada de manera tal de facilitar la posterior inspección, y el fabricante proveerá las instrucciones para el tratamiento de la Protección externa durante la inspección en servicio a fin de garantizar la continua integridad del cilindro.

El ensayo de funcionamiento ante condiciones ambientales para la evaluación de la aptitud de los sistemas de cobertura se encuentra establecido en el Anexo F.

#### **7.5 Procedimiento para el ensayo de prototipo**

##### **7.5.1 Requisitos generales**

El ensayo de prototipo deberá realizarse en cada nuevo diseño, en los cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros o "liners" para ensayos deberán ser seleccionados por el Inspector, y los ensayos de prototipo detallados en 7.5.2 deberán ser presenciados por el Inspector. Si más cilindros o "liners" fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados.

## **7.5.2 Ensayos de prototipo**

### **7.5.2.1 Ensayos necesarios**

En el transcurso de la aprobación de tipo, el Inspector debe seleccionar en forma aleatoria los cilindros o "liners" necesarios y presenciar los siguientes ensayos:

- los ensayos especificados en 7.5.2.2 o 7.5.2.3 (ensayos de material), según corresponda, en 1 "liner";
- el ensayo especificado en 7.5.2.4 (ensayo de estallido por presión hidráulica) en 1 "liner" y 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 7.5.2.5 (ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente) en 2 cilindros;
- el ensayo especificado en 7.5.2.6 (ensayo de "pérdida anterior a la rotura") en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 7.5.2.7 (ensayo de resistencia al fuego) en 1 o 2 cilindros, según corresponda;
- el ensayo especificado en 7.5.2.8 (ensayo de penetración) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 7.5.2.9 (ensayo en ambiente ácido) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 7.5.2.10 (ensayo de tolerancia de defectos) en 1 cilindro;
- ensayo especificado en 7.5.2.11 (ensayo de termofluencia a alta temperatura), cuando corresponda, en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 7.5.2.12 (ensayo acelerado de rotura por tensión) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 7.5.2.13 (ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 7.5.2.14 (resistencia de la resina al esfuerzo de corte) en 1 muestra de material representativa del revestimiento exterior.

### **7.5.2.2 Ensayos de material para los "liners" de acero**

Los ensayos de material deberán realizarse en los "liners" de acero de la siguiente manera:

#### a) Ensayo de tracción

Las propiedades materiales del acero en el "liner" terminado serán determinadas de acuerdo con A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### b) Ensayo de impacto

Las propiedades de impacto del acero en el "liner" terminado serán determinadas de acuerdo con A.2 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### c) Ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión, por sulfuro.

Si el límite superior de la resistencia a la tracción especificada para el acero excede los 950 MPa, el acero de un cilindro terminado deberá ser objeto de un ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión por sulfuro de acuerdo con A.3 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **7.5.2.3 Ensayos de material para los "liners" de aluminio aleado**

Los ensayos de material serán realizados sobre "liners" de aluminio aleado, de la siguiente manera:

#### a) Ensayo de tracción

Las propiedades materiales del aluminio aleado en el cilindro terminado deberán determinarse de acuerdo con el punto A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### b) Ensayos de corrosión

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de corrosión realizados de acuerdo con A.4.

#### c) Ensayos de fisuras por carga sostenida

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de fisuras por carga sostenida realizados de acuerdo con A.5.

#### **7.5.2.4 Ensayo de estallido por presión hidráulica**

- a) Un "liner" deberá ser hidrostáticamente presurizado hasta que presente fallas de acuerdo con A.12. La presión de estallido deberá exceder la presión de estallido mínima especificada para el diseño del "liner".
- b) Tres cilindros deberán ser hidrostáticamente presurizados hasta que presenten fallas de acuerdo con el punto A.12. Las presiones de estallido del cilindro deberán exceder la presión de estallido mínima especificada calculada según el análisis de tensión del diseño, de acuerdo con la Tabla 4, y en ningún caso serán inferiores al valor necesario para cumplir con los requisitos de la relación de tensión establecida en el punto 7.3.2.

#### **7.5.2.5 Ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente**

Dos cilindros deberán ser ciclados a presión a temperatura ambiente hasta que presenten fallas de acuerdo con A.13, o a un mínimo de 45.000 ciclos. Los cilindros no deberán presentar fallas antes de alcanzar una cantidad de ciclos igual a la vida útil multiplicada por 1.000 ciclos/año. Los cilindros que excedan esa cantidad de ciclos deberán presentar fallas debido a una pérdida y no a una rotura. Los cilindros que no fallen dentro de los 45.000 ciclos deberán ser destruidos ya sea mediante la continuación de los ciclos hasta que se produzca la falla o mediante la presurización hidrostática hasta que estallen. Está permitido que los cilindros que superen los 45.000 ciclos fallen por rotura. Deberá documentarse el número de ciclos hasta la presentación de fallas y la ubicación en la que éstas se inician.

#### **7.5.2.6 Ensayo de pérdida anterior a la rotura**

El ensayo de pérdida anterior a la rotura deberá realizarse de acuerdo con A.6 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.7 Ensayo de resistencia al fuego**

Uno o dos cilindros, según corresponda, deberán ser ensayados de acuerdo con A.15 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.8 Ensayo de penetración**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.16 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.9 Ensayo en ambiente ácido**

- a) Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.14 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados, y
- b) Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo a lo indicado en el anexo F.

#### **7.5.2.10 Ensayos de tolerancia de defectos**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con el punto A.17 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.11 Ensayo de fluencia a alta temperatura**

En aquellos diseños en los que la temperatura de transición al estado vítreo de la resina no exceda los 102 °C, un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con el punto A.18 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.12 Ensayo de rotura por tensión acelerada**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.19 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.13 Ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.7 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **7.5.2.14 Resistencia de la resina al esfuerzo de corte**

Los materiales de la resina deberán ser ensayados de acuerdo con A.26 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **7.5.3 Cambio de diseño**

Un cambio de diseño es todo cambio en la selección de materiales estructurales o cambio de las dimensiones no atribuible a las tolerancias normales de fabricación.

Los cambios menores de diseño se podrán habilitar a través de un programa reducido de ensayos. Los cambios de diseño especificados en la Tabla 5 sólo requerirán los ensayos de prototipo que se especifican en esa tabla.

Tabla 5 - Cambio de diseño para los cilindros tipo GNC-2

Cambio de diseño	Tipo de Ensayo							
	Estallido hidráulico	Ciclado a presión a temperatura ambiente	Incendio	Penetración	Ambiental	Tolerancia de defectos	Termofluencia a alta temperatura	Rotura por tensión
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19
Fabricante de la fibra	X	X	-	-	-	-	X	X
Material del "liner" de metal	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la fibra	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la resina	-	-	-	X	X	X	X	X
Cambio de diámetro ≤ 20 %	X	X	-	-	-	-	-	-
Cambio de diámetro > 20 %	X	X	X	X	-	X	-	-
Cambio de largo ≤ 50 %	X	-	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-
Cambio de largo > 50 %	X	X	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-
Cambio de la presión de trabajo ≤ 20 % <sup>b)</sup>	X	X	-	-	-	-	-	-
Forma de la ojiva	X	X	-	-	-	-	-	-
Tamaño de la abertura	X	X	-	-	-	-	-	-
Cambio del revestimiento	-	-	-	-	X	-	-	-
Cambio en el proceso de fabricación	X	X	-	-	-	-	-	-
Dispositivo de alivio de presión	-	-	X	-	-	-	-	-

a) Ensayo requerido sólo cuando aumenta el largo.

b) Sólo cuando el espesor cambia en forma proporcional al cambio de diámetro y/o de presión.

## 7.6 Ensayos de lote

### 7.6.1 Requisitos generales

Los ensayos de lote deberán realizarse en cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros y "liners" necesarios para el ensayo deberán ser seleccionados de cada lote al azar. Si más cilindros son objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados. Cuando se detecten defectos en el revestimiento externo anteriores a cualquier ensayo de autozunchado o de presión hidráulica, el revestimiento externo podrá ser completamente sacado y reemplazado.

### 7.6.2 Ensayos requeridos

#### 7.6.2.1 En cada lote de cilindros deberán realizarse, por lo menos los siguientes ensayos

- a) en un cilindro, un ensayo de estallido por presión hidráulica de acuerdo con A.12.

Si la presión de estallido es menor que la presión de estallido mínima calculada, deberán seguirse los procedimientos especificados en 7.9.

- b) en otro cilindro, o "liner", o en una muestra testigo tratada térmicamente representativa de un cilindro terminado:

1. un control de las dimensiones críticas con el diseño (ver 5.2.4.1);
2. un ensayo de tracción de acuerdo con A.1; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos del diseño (ver 5.2.4.1);

3. para los “liners” de acero, tres ensayos de impacto de acuerdo con A.2; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos especificados en A.2;

4. cuando una Protección externa al Revestimiento (Protección externa) sea parte del diseño, un ensayo de lote del revestimiento de acuerdo con A.24. Cuando la Protección externa no cumpla con los requisitos de A.24, el lote será inspeccionado en su totalidad a fin de sacar los cilindros que presenten Protecciones externas defectuosas similares. La Protección externa de todos los cilindros Protegidos defectuosamente se puede sacar utilizando un método que no afecte la integridad del enrollado compuesto, y luego, los cilindros se pueden volver a revestir. El ensayo de lote de la Protección externa deberá repetirse.

Todos los cilindros o “liners” representados por un ensayo de lote y que no cumplan con los requisitos especificados deberán seguir los procedimientos detallados en 7.9.

#### **7.6.2.2 Además, deberá realizarse en los cilindros terminados un ensayo de ciclado a presión periódica de acuerdo con A.13, con la siguiente frecuencia de ensayo:**

a) inicialmente, un cilindro de cada lote deberá ser ciclado a presión por una cantidad de ciclos igual al producto de la vida útil (especificada en años) por 1.000 (ciclos/año), con un mínimo de 15.000 ciclos; en este caso corresponde a 15 años; para mas de 15 años, deberá ser ciclado a razón de 1000 veces por cada año en más hasta llegar al límite de 20 años.

b) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño (es decir, materiales y procesos similares dentro de la definición de un cambio menor de diseño, ver 7.5.3) ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de una cantidad de ciclos igual al producto de la vida útil (especificada en años) por 1.500 (ciclos/año) (22.500 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 5 lotes de producción;

c) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de una cantidad de ciclos igual al producto de la vida útil (especificada en años) por 2.000 (ciclos/año) (30.000 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 10 lotes de producción;

d) si hubieran transcurrido más de tres meses desde el último ensayo de ciclado a presión, un cilindro del siguiente lote de producción deberá ser sometido al ensayo de ciclado a presión a fin de mantener la frecuencia reducida de los ensayos de lote establecida en los apartados b) y c) de este mismo punto;

e) si alguno de los cilindros sometidos al ensayo de ciclado a presión con frecuencia reducida, establecida en los apartados b) o c) de este mismo punto, no cumple con el número requerido de ciclos de presión (22.500 o 30.000 ciclos de presión como mínimo, respectivamente), será necesario repetir la frecuencia de ensayo de lote de ciclado a presión establecida en el apartado a) en un mínimo de 10 lotes de producción a fin de restablecer la frecuencia reducida del ensayo de lote de ciclado a presión establecida en los apartados b) o c) de este mismo punto.

Si alguno de los cilindros de los apartados a), b) o c) anteriormente mencionados no cumple con el requisito mínimo de una cantidad de ciclos igual al producto de la vida útil (especificada en años) por 1.000 (ciclos/año) (15.000 ciclos como mínimo), la causa de la falla deberá ser determinada y corregida siguiendo los procedimientos de 7.9. El ensayo de ciclado a presión deberá repetirse en otros tres cilindros de ese lote. Si cualquiera de estos tres cilindros no cumple con el requisito mínimo de una cantidad de ciclos igual al producto de la vida de servicio (especificada en años) por 1.000 (ciclos/año), el lote deberá ser rechazado.

### **7.7 Ensayos en cada cilindro**

Las inspecciones y ensayos de producción deberán realizarse en todos los cilindros producidos en un lote. Cada cilindro deberá ser examinado durante su fabricación y una vez terminado, de la siguiente manera:

a) a través de un ensayo no destructivo de los “liners” de metal, de acuerdo con el Anexo B, para verificar que el tamaño máximo del defecto no exceda el tamaño especificado en el diseño, tal como se determina en 7.3.4. A través del método de ensayo no destructivo se deberá poder detectar el tamaño máximo permitido del defecto;

b) para verificar que las dimensiones críticas y la masa de los cilindros terminados y de los “liners” y del revestimiento exterior se encuentran dentro de las tolerancias del diseño;

c) para verificar el cumplimiento con la terminación superficial especificada, prestando especial atención a la superficie en los embutidos profundos y a los pliegues o solapes en el cuello u ojiva de los cerramientos o aberturas forjadas o moldeadas;

d) para verificar el marcado;

e) a través de ensayos de dureza de los “liners” de metal, de acuerdo con A.8, realizados luego del tratamiento térmico final. Los valores así determinados deberán estar dentro de la escala especificada para el diseño;

f) a través del ensayo hidráulico de los cilindros terminados de acuerdo con A.11, opción 1. El fabricante deberá establecer el límite apropiado de expansión volumétrica permanente para la presión de prueba utilizada, pero en

ningún caso la expansión permanente excederá el 5 % de la expansión volumétrica total medida bajo la presión de prueba.

### **7.8 Certificado de aceptación de lote**

Si los resultados del ensayo de lote, de acuerdo con 7.6 y 7.7, fueran satisfactorios, el fabricante y el Inspector deberán firmar un certificado de aceptación. El modelo de certificado de aceptación a ser utilizado (denominado "Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad") se encuentra detallado en el Anexo E.

### **7.9 Incumplimiento de los requisitos de ensayo**

Para el caso de los ensayos de lote, este ítem será tratado en el Reglamento de Evaluación de la Conformidad a ser publicado a través de la Resolución Mercosur correspondiente.

En el caso de incumplimiento de los requisitos de ensayo, un reensayo o un retratamiento térmico y reensayo deberán ser realizados a satisfacción del Inspector de la siguiente manera:

- a) Si hubiera evidencias de falla en la realización de un ensayo, o un error de medida, deberá realizarse otro ensayo; si el resultado de este ensayo es satisfactorio, el primer ensayo no será tenido en cuenta.
- b) Si el ensayo ha sido realizado de manera satisfactoria, se deberá identificar la causa de la falla del ensayo.
  - 1) Si se considera que la falla se debe al tratamiento térmico aplicado, el fabricante deberá someter todos los cilindros implicados en la falla a otro tratamiento térmico, es decir, si la falla se produce en un ensayo que representa a los cilindros de lote o de prototipo, la falla del ensayo requerirá un retratamiento térmico de todos los cilindros representados antes de realizar un reensayo; no obstante, si la falla se produce en forma esporádica en un ensayo aplicado a cada cilindro, sólo aquellos cilindros que fallen en el ensayo requerirán un retratamiento térmico y reensayo.
    - Toda vez que los "liners" sean sometidos a un retratamiento térmico, deberá mantenerse el espesor mínimo de pared garantizado.
    - Sólo serán realizados nuevamente los ensayos de prototipo o de lote significativos, necesarios para probar la aceptabilidad de un nuevo lote. Si uno o más ensayos no fueran satisfactorios, aunque sea parcialmente, todos los cilindros del lote serán rechazados.
  - 2) Si la falla se debe a una causa distinta del tratamiento térmico aplicado, todos los cilindros defectuosos deberán ser rechazados o reparados. Si los cilindros reparados aprueban el/los ensayo/s requeridos por la reparación, deberán ser reconsiderados como parte del lote original.

## **8. Requisitos de los cilindros totalmente bobinados tipo GNC-3**

### **8.1 Generalidades**

El presente Reglamento Técnico no establece fórmulas de diseño ni enumera tensiones o deformaciones permitidas, pero requiere que la adecuación del diseño sea establecida de acuerdo con cálculos apropiados y demostrado mediante pruebas que indiquen que los cilindros cumplen satisfactoriamente los ensayos de material, de **calificación** de diseño, de producción y de lote especificados en este Reglamento Técnico.

Durante la presurización, este tipo de diseño de cilindros muestra un comportamiento en el cual los desplazamientos del revestimiento externo y del "liner" son superpuestos. Debido a las diferentes técnicas de fabricación, este Reglamento Técnico no provee un método de diseño definido.

El diseño deberá asegurar un modo de falla "pérdida anterior a la rotura" bajo condiciones de posible degradación de las partes que contienen presión durante el servicio normal. Si se produce una pérdida en el "liner" de metal, sólo se podrá deber al crecimiento de una grieta por fatiga.

### **8.2 Materiales**

#### **8.2.1 Requisitos generales**

Los materiales utilizados deberán ser los adecuados para las condiciones de servicio especificadas en la cláusula 4. El diseño deberá asegurar que no haya materiales incompatibles en contacto.

#### **8.2.2 Controles de la composición química**

##### **8.2.2.1 Acero**

Los aceros serán calmados con aluminio y/o silicio, y fabricados con técnicas para obtener predominantemente grano fino. La composición química de todos los aceros deberá ser declarada y definida al menos por:

- a) los contenidos de carbono, manganeso, aluminio y silicio en todos los casos;
- b) los contenidos de cromo, níquel, molibdeno, boro y vanadio, y de cualquier otro elemento aleante intencionalmente agregado.

El contenido de azufre y fósforo del análisis de colada no deberá exceder los valores indicados de la Tabla 6.

**Tabla 6 – Límites máximos de azufre y fósforo**

Resistencia a la tracción		< 950 MPa	≥ 950 MPa
Nivel de	Azufre	0,020%	0,010%
	Fósforo	0,020%	0,020%
	Azufre + Fósforo	0,030%	0,025%

### 8.2.2.2 Aluminio

Las aleaciones de aluminio pueden ser utilizadas para fabricar cilindros siempre que cumplan con los requisitos de este Reglamento Técnico y posean contenidos máximos de plomo y bismuto que no excedan el 0,003 %.

### 8.2.3. Materiales compuestos

#### 8.2.3.1. Resinas

El material para la impregnación podrá ser resinas termorígidas o termoplásticas. Ejemplos de materiales matrices adecuados son epoxi, epoxi modificado, plásticos termorígidos de polyester y estervínico, y material termoplástico de polietileno y poliamida.

La temperatura de transición al estado vítreo del material de la resina deberá ser determinada de acuerdo con la norma ASTM D3418-99.

#### 8.2.3.2 Fibras

Los tipos de material del filamento para el refuerzo estructural deberán ser fibra de vidrio, fibra de aramida o fibra de carbono. Si se utiliza un refuerzo de fibra de carbono, el diseño deberá incorporar los medios necesarios para prevenir la corrosión electrolítica de los componentes metálicos del cilindro.

El fabricante o importador deberá archivar las especificaciones publicadas para los materiales compuestos, las recomendaciones del fabricante del material para el almacenamiento, condiciones y duración del almacenamiento, y la certificación del fabricante del material de que cada partida cumple con dichos requisitos de especificación. El fabricante de la fibra deberá certificar que las propiedades materiales de la fibra cumplen las especificaciones del fabricante o importador para el producto.

### 8.3 Requisitos del diseño

#### 8.3.1 Presión de prueba

La presión mínima de prueba utilizada en la fabricación será de 30 MPa (1,5 veces la presión de trabajo).

#### 8.3.2 Relaciones de tensión de la fibra y presiones de estallido

La presión mínima efectiva de estallido no será inferior a los valores de la Tabla 7. El revestimiento externo deberá ser diseñado para una alta confiabilidad bajo condiciones de carga sostenida y carga cíclica. Esta confiabilidad deberá lograrse alcanzando o superando los valores de la relación de tensión de los refuerzos compuestos establecidos en la Tabla 7. La relación de tensión se define como la tensión en la fibra a una presión de estallido mínima especificada, dividida por la tensión en la fibra a la presión de trabajo. La relación de estallido se define como la presión de estallido efectiva del cilindro, dividida por la presión de trabajo.

Los cálculos de la relación de tensión deberán incluir:

- a) un método de análisis apto para los materiales no lineales (un programa de computación con un fin especial o un programa de análisis por elementos finitos);
- b) modelado adecuado de la curva esfuerzo-deformación plástico-elástica para un material -de "liner" conocido;
- c) modelado adecuado de las propiedades mecánicas del Revestimiento externo;
- d) cálculos a la presión de autozunchado, presión cero luego de autozunchado, presión de trabajo y presión de estallido mínima;
- e) informe de los pretensados provenientes de la tensión de bobinado;

f) la presión de estallido mínima, elegida de tal manera que la tensión calculada a la presión de estallido mínima dividida por la tensión calculada a la presión de trabajo cumpla los requisitos de la relación de tensión requeridos para la fibra utilizada;

g) consideración del modo en que se comparte la carga entre las diferentes fibras, basada en los distintos módulos elásticos de las fibras cuando se analizan los cilindros con refuerzo híbrido (dos o más fibras diferentes). Los requisitos de la relación de tensión para cada tipo de fibra deberán ser concordantes con los valores establecidos en la Tabla 7.

La verificación de las relaciones de tensión también puede realizarse mediante el uso de indicadores de tensión a través del método definido en el Anexo G.

**Tabla 7 – Valores mínimos de estallido efectivo y relaciones de tensión para cilindros tipo GNC-3**

Tipo de fibra	Relación de tensión	Presión de estallido (MPa)
Vidrio	3,65	70 <sup>a</sup>
Aramida	3,10	60
Carbono	2,35	47
Híbrido	b	
<sup>a</sup> Presión de estallido mínima efectiva. Además, los cálculos deberán realizarse de acuerdo con 8.3.2 para confirmar que también se cumple con los requisitos mínimos de la relación de tensión. <sup>b</sup> Las relaciones de tensión y presiones de estallido deberán ser calculadas de acuerdo con 8.3.2.		

### 8.3.3 Análisis de tensión

Deberá realizarse un análisis de tensión para justificar el espesor mínimo de pared de diseño. Deberá incluir la determinación de las tensiones en los “liners” y fibras de los diseños compuestos.

Las tensiones en dirección tangencial y longitudinal del cilindro en el Revestimiento exterior y en el “liner” luego del pretensado deberán calcularse para 0 MPa, 20 MPa, presión de prueba y presión de estallido de diseño. Los cálculos deberán realizarse mediante los análisis adecuados considerando el comportamiento no lineal del material del “liner” al establecer las distribuciones de tensión.

Se deberán calcular los límites dentro de los cuales cae la presión de autozunchado.

### 8.3.4 Tamaño máximo del defecto

Deberá especificarse el tamaño máximo del defecto en cualquier parte del “liner” de metal, de manera que el cilindro cumpla con los requisitos de ciclado a presión y de pérdida anterior a la rotura. A través del ensayo no destructivo se deberá poder detectar el tamaño máximo de defecto permitido.

El tamaño permitido del defecto para el ensayo no destructivo será determinado a través del método que se describe en el Anexo D.

### 8.3.5 Aberturas

Sólo se permiten aberturas en las ojivas. La línea de centros de las aberturas deberá coincidir con el eje longitudinal del cilindro.

### 8.3.6 Protección contra incendio

El diseño del cilindro deberá ser protegido con dispositivos de alivio de presión. El cilindro, sus materiales, los dispositivos de alivio de presión y cualquier material aislante o de protección que se agregue, deberán ser diseñados en forma conjunta para garantizar la adecuada seguridad durante las situaciones de fuego establecidas para el ensayo especificado en A.15. A fin de optimizar las condiciones de seguridad, el fabricante puede especificar ubicaciones alternativas de los dispositivos de alivio de presión para instalaciones específicas en vehículos.

Los dispositivos de alivio de presión deberán ser aprobados según un Documento Técnico aceptado por la Autoridad Reguladora del Estado Parte que los habiliten.

## **8.4 Fabricación y acabado**

### **8.4.1 Generalidades**

El cilindro compuesto deberá fabricarse a partir de un “liner” revestido externamente con filamento continuo. Las operaciones de enrollado de las fibras deberán ser controladas electrónica o mecánicamente. Las fibras deberán aplicarse con tensión controlada durante el enrollado. Luego de completado el enrollado, las resinas termorígidas deberán curarse mediante calor, utilizando un diagrama de tiempo-temperatura predeterminado y controlado.

### **8.4.2 “Liner”**

La fabricación de un “liner” de metal deberá cumplir con los requisitos detallados en 8.2, 8.3.2 y 8.5.2.2 u 8.5.2.3 según corresponda con el tipo de fabricación del “liner”.

El esfuerzo de compresión en el “liner” a presión cero y a 15 °C no deberá provocar que el “liner” presente un curvado o arrugado.

### **8.4.3 Roscas de cuello**

Las roscas deberán ser de corte limpio, parejas, y no presentarán discontinuidades de superficie a fin de medir y cumplir con este Reglamento Técnico. La rosca de cuello del cilindro, si es cónica deberá responder a la Norma ISO 10920, y si es cilíndrica a la Norma ISO 15245-1.

### **8.4.4 Revestimiento externo**

#### **8.4.4.1 Bobinado de la fibra**

Los cilindros deberán fabricarse utilizando una técnica de bobinado de la fibra. Durante el bobinado, las variables significativas deberán mantenerse dentro de las tolerancias especificadas, y documentadas en un registro de bobinado. Estas variables pueden incluir, pero no se limitan a:

- a) tipo de fibra, incluyendo el tamaño;
- b) forma de impregnación;
- c) tensión de bobinado;
- d) velocidad de bobinado;
- e) cantidad de hilos de la fibra;
- f) ancho de la banda;
- g) tipo de resina y composición;
- h) temperatura de la resina;
- i) temperatura del “liner”; y
- j) ángulo de bobinado.

#### **8.4.4.2 Curado de resinas termorígidas**

Si se utiliza una resina termorígida, ésta deberá curarse luego del bobinado de filamento. Durante el curado se deberá documentar el ciclo de curado registrando la temperatura en función del tiempo.

El tiempo y temperatura máximos de curado para los cilindros con “liners” de aluminio aleado deberán ser inferiores al tiempo y temperatura que afectan de manera adversa las propiedades del metal.

#### **8.4.4.3 Autozunchado**

Si se utiliza autozunchado, éste deberá realizarse antes del ensayo de presión hidráulica. La presión de autozunchado deberá estar dentro de los límites establecidos en el punto 8.3.3, y el fabricante deberá establecer el método para verificar la presión apropiada.

### **8.4.5 Protección externa contra condiciones ambientales (Protección externa)**

El exterior de los cilindros deberá cumplir los requisitos del ensayo de ambiente ácido descrito en A.14. La protección exterior podrá brindarse a través de cualquiera de los siguientes métodos:

- a) mediante una terminación de superficie que ofrezca la protección adecuada (por ejemplo, aluminio metalizado, anodización); o
- b) mediante el uso de fibra y material matriz adecuados (por ejemplo, fibra de carbono en la resina); o

c) mediante una Protección externa (por ejemplo, revestimiento orgánico, pintura); si la Protección externa forma parte del diseño, deberán cumplirse los requisitos establecidos en A.9; o

d) mediante una Protección externa resistente e impermeable a los productos químicos establecidos en A.14.

Toda Protección externa que se aplique a los cilindros deberá tener un proceso de aplicación que no afecte en forma adversa las propiedades mecánicas del cilindro. La Protección externa será diseñada de manera tal de facilitar la posterior inspección, y el fabricante proveerá las instrucciones para el tratamiento de la Protección externa durante la inspección en servicio a fin de garantizar la continua integridad del cilindro.

El ensayo de funcionamiento ante condiciones ambientales para la evaluación de la aptitud de los sistemas de cobertura, se encuentra establecido en el Anexo F.

## **8.5 Procedimiento para el ensayo de prototipo**

### **8.5.1 Requisitos generales**

El ensayo de prototipo deberá realizarse en cada nuevo diseño, en los cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros o "liners" para ensayos deberán ser seleccionados por el Inspector, y los ensayos de prototipo detallados en 8.5.2 deberán ser presenciados por el Inspector. Si más cilindros o "liners" fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados.

### **8.5.2 Ensayos de prototipo**

#### **8.5.2.1 Ensayos necesarios**

En el transcurso de la aprobación de tipo, el Inspector deberá seleccionar en forma aleatoria los cilindros o "liners" necesarios y presenciar los siguientes ensayos:

- los ensayos especificados en 8.5.2.2 u 8.5.2.3 (ensayos de material), según corresponda, en 1 "liner";
- el ensayo especificado en 8.5.2.4 (ensayo de estallido por presión hidráulica) en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 8.5.2.5 (ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente) en 2 cilindros;
- el ensayo especificado en 8.5.2.6 (ensayo de "pérdida anterior a la rotura") en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 8.5.2.7 (ensayo de resistencia al fuego) en 1 o 2 cilindros, según corresponda;
- el ensayo especificado en 8.5.2.8 (ensayo de penetración) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.9 (ensayo en ambiente ácido) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.10 (ensayo de tolerancia de defectos) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.11 (ensayo de fluencia a alta temperatura), cuando corresponda, en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.12 (ensayo de rotura por tensión acelerada) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.13 (ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 8.5.2.14 (resistencia de la resina al esfuerzo de corte) en 1 muestra de material representativa del revestimiento exterior ;
- el ensayo especificado en 8.5.2.15 (ensayo de impacto por caída) en por lo menos 1 cilindro.

#### **8.5.2.2 Ensayos de material para los "liners" de acero**

Los ensayos de material deberán realizarse en los "liners" de acero de la siguiente manera:

##### **a) Ensayo de tracción**

Las propiedades materiales del acero en el cilindro o "liner" terminados serán determinadas de acuerdo con A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

##### **b) Ensayo de impacto**

Las propiedades de impacto del acero en el cilindro o "liner" terminados serán determinadas de acuerdo con A.2 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

##### **c) Ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión, por sulfuro.**

Si el límite superior de la resistencia a la tracción especificada para el acero excede los 950 MPa, el acero de un cilindro terminado deberá ser ensayado de acuerdo con A.3 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.3 Ensayos de material para los “liners” de aluminio aleado**

Los ensayos de material deberán realizarse sobre “liners” de aluminio aleado, de la siguiente manera:

a) Ensayo de tracción

Las propiedades materiales de la aleación de aluminio en el cilindro terminado deberán ser determinadas de acuerdo con A.1 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

b) Ensayos de corrosión

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de corrosión realizados de acuerdo con A.4.

c) Ensayos de fisuras por carga sostenida

Las aleaciones de aluminio deberán cumplir con los requisitos de los ensayos de fisuras por carga sostenida realizados de acuerdo con A.5.

### **8.5.2.4 Ensayo de estallido por presión hidráulica**

Tres cilindros deberán ser hidrostáticamente presurizados hasta que se presenten fallas de acuerdo con A.12. Las presiones de estallido del cilindro deberán exceder la presión de estallido mínima especificada, calculada según el análisis de tensión del diseño, de acuerdo con la Tabla 7, y en ningún caso deberán ser inferiores al valor necesario para cumplir con los requisitos de la relación de tensión fijada en 8.3.2.

### **8.5.2.5 Ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente**

Dos cilindros deberán ser ciclados a presión a temperatura ambiente de acuerdo con A.13 hasta que presenten fallas, o sometidos a un mínimo de 45.000 ciclos. Los cilindros no deberán presentar fallas antes de alcanzar una cantidad de ciclos igual a la vida útil multiplicada por 1.000 ciclos/año. Los cilindros que excedan esa cantidad de ciclos deberán presentar fallas debido a una pérdida y no a una rotura. Los cilindros que no presenten fallas dentro de los 45.000 ciclos deberán ser destruidos ya sea mediante la continuación de los ciclos hasta que se produzca la falla o mediante la presurización hidrostática hasta que estallen. Está permitido que los cilindros que excedan los 45.000 ciclos fallen por rotura. Deberá documentarse el número de ciclos anteriores a la presentación de fallas y la ubicación en la que éstas se inician.

### **8.5.2.6 Ensayo de pérdida anterior a la rotura**

El ensayo de pérdida anterior a la rotura deberá realizarse de acuerdo con A.6 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.7 Ensayo de resistencia al fuego**

Uno o dos cilindros, según corresponda, deberán ser ensayados de acuerdo con A.15 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.8 Ensayo de penetración**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.16 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.9 Ensayo en ambiente ácido**

a) Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.14 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados, y.

b) Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo a lo indicado en el Anexo F.

### **8.5.2.10 Ensayos de tolerancia de defectos**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.17 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.11 Ensayo de fluencia a alta temperatura**

En aquellos diseños en los que la temperatura de transición al estado vítreo de la resina no exceda los 102 °C, un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.18 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **8.5.2.12 Ensayo de rotura por tensión acelerada**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.19 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### 8.5.2.13 Ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.7 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### 8.5.2.14 Resistencia de la resina al esfuerzo de corte

Los materiales de la resina deberán ser ensayados de acuerdo con A.26 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

### 8.5.2.15 Ensayo de impacto por caída

Uno (o más) cilindros terminados serán sometidos al ensayo de impacto por caída de acuerdo con A.20 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

### 8.5.3 Cambio de diseño

Un cambio de diseño es todo cambio en la selección de materiales estructurales, o cambio de las dimensiones no atribuible a las tolerancias normales de fabricación.

Los cambios menores de diseño se podrán habilitar a través de un programa reducido de ensayos. Los cambios de diseño especificados en la Tabla 8 requerirán los ensayos de cualificación de diseño de acuerdo con lo especificado en esa tabla.

Tabla 8 – Cambio de diseño para los cilindros tipo GNC-3

Cambio de diseño	Tipo de ensaio								
	Estallido hidráulico	Ciclado a presión a temperatura ambiente	Incendio	Penetración	Ambiental	Tolerancia de defectos	Termofluencia a alta temperatura	Rotura por tensión	Caída
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19	A.20
Fabricante de la fibra	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Material del “liner” de metal	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la resina	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Cambio de diámetro ≤20%	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Cambio de diámetro >20%	X	X	X	X	-	X	-	-	X
Cambio de largo ≤50%	X	-	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	-

Cambio de largo >50%	X	X	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	X
Cambio en la presión de trabajo ≤20% <sup>b</sup>	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Forma de la ojiva	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Tamaño de la abertura	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Cambio del revestimiento	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Cambio en el proceso de fabricación	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Dispositivo de alivio de presión	-	-	X	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Ensayo requerido sólo si se incrementa el largo.

<sup>b</sup> Sólo cuando el espesor cambia en forma proporcional al cambio de diámetro y/o de presión.

## 8.6 Ensayos de lote

### 8.6.1 Requisitos generales

Los ensayos de lote deberán realizarse en los cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros y “liners” necesarios para el ensayo deberán ser seleccionados de cada lote al azar. Si más cilindros son objeto de los ensayos requeridos por Este Reglamento Técnico todos los resultados deberán ser documentados. Cuando se detecten defectos en el revestimiento externo anteriores a cualquier ensayo de autozunchado o de presión hidráulica, el revestimiento externo podrá sacarse y reemplazarse por completo.

### 8.6.2 Ensayos requeridos

#### 8.6.2.1 En cada lote de cilindros deberán realizarse, por lo menos, los siguientes ensayos:

- a) en un cilindro: un ensayo de estallido por presión hidráulica de acuerdo con A.12.
  - Si la presión de estallido es menor que la presión de estallido mínima calculada, deberán seguirse los procedimientos especificados en 8.9.
- b) en otro cilindro, o “liner”, o en una muestra testigo tratada térmicamente, representativa de un cilindro terminado:
  - 1) un control de las dimensiones críticas con el diseño (ver 5.2.4.1);
  - 2) un ensayo de tracción de acuerdo con A.1; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos del diseño (ver 5.2.4.1);
  - 3) para los “liners” de acero, tres ensayos de impacto de acuerdo con A.2; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos especificados en A.2;
  - 4) cuando una Protección externa al Revestimiento (Protección externa) sea parte del diseño, un ensayo de lote de la cubierta de acuerdo con A.24. Cuando la Protección externa no cumpla con los requisitos de A.24, el lote será inspeccionado en su totalidad a fin de sacar los cilindros que presenten Protecciones externas defectuosas similares. Las cubiertas de todos los cilindros recubiertos defectuosamente podrán sacarse utilizando un método que no afecte la integridad del revestimiento externo, y luego, los cilindros se pueden volver a recubrir. El ensayo de lote de la Protección externa deberá repetirse.

Todos los cilindros o “liners” representados por un ensayo de lote y que no cumplan con los requisitos especificados deberán seguir los procedimientos detallados en 8.9.

#### 8.6.2.2 Además, deberá realizarse en los cilindros terminados un ensayo de ciclado a presión periódica de acuerdo con A.13, con la siguiente frecuencia de ensayo:

- a) inicialmente, un cilindro de cada lote deberá ser ciclado a presión por una cantidad de ciclos igual al producto de la vida útil por 1.000 ciclos/año, con un mínimo de 15.000 ciclos; en este caso corresponde a 15 años; para más de 15 años, deberá ser ciclado a razón de 1000 veces por cada año en más hasta llegar al límite de 20 años.
- b) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño (es decir, materiales y procesos similares dentro de la definición de un cambio menor de diseño, ver 8.5.3) ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 1.500 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años (22.500 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 5 lotes de producción;

c) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 2.000 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años (30.000 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 10 lotes de producción;

d) si hubieran transcurrido más de tres meses desde el último ensayo de ciclado a presión, un cilindro del siguiente lote de producción deberá ser sometido al ensayo de ciclado a presión a fin de mantener la frecuencia reducida de los ensayos de lote establecida en los apartados b) y c) de este mismo punto;

e) si alguno de los cilindros sometidos al ensayo de ciclado a presión con frecuencia reducida, establecida en los apartados b) o c) de este mismo punto, no cumple con el número requerido de ciclos de presión (22.500 o 30.000 ciclos de presión como mínimo, respectivamente), será necesario repetir la frecuencia de ensayo de lote de ciclado a presión establecido en el apartado a) en un mínimo de 10 lotes de producción a fin de restablecer la frecuencia reducida del ensayo de lote de ciclado a presión establecido en los apartados b) o c) de este mismo punto.

Si alguno de los cilindros de los apartados a), b) o c) anteriormente mencionados no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años (15.000 ciclos como mínimo), la causa de la falla deberá ser determinada y corregida siguiendo los procedimientos de 8.9. El ensayo de ciclado a presión deberá repetirse en otros tres cilindros de ese lote. Si cualquiera de estos tres cilindros no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos a presión multiplicados por la vida útil especificada en años, el lote deberá ser rechazado.

### **8.7. Ensayos en cada cilindro**

Las inspecciones y ensayos de producción deberán realizarse en todos los cilindros producidos en un lote. Cada cilindro deberá ser examinado durante su fabricación y una vez terminado, de la siguiente manera:

a) a través de un ensayo no destructivo de los "liners" de metal, de acuerdo con el Anexo B, para verificar que el tamaño máximo del defecto no exceda el tamaño especificado en el diseño, tal como se determina en 8.3.4. A través del método de ensayo no destructivo se deberá poder detectar el tamaño máximo permitido del defecto;

b) para verificar que las dimensiones críticas y la masa de los cilindros terminados y de los "liners" y del revestimiento exterior se encuentran dentro de las tolerancias del diseño;

c) para verificar el cumplimiento con la terminación superficial especificada, prestando especial atención a los embutidos profundos y a los pliegues o solapes en el cuello u ojiva de los cerramientos o aberturas forjadas o moldeadas;

d) para verificar el marcado;

e) a través de ensayos de dureza de los "liners" de metal, de acuerdo con A.8, realizados luego del tratamiento térmico final; los valores así determinados deberán estar dentro de la escala especificada para el diseño;

f) a través de ensayo hidráulico de los cilindros terminados de acuerdo con el punto A.11, opción 1. El fabricante deberá establecer el límite apropiado de expansión volumétrica permanente para la presión de prueba utilizada, pero en ningún caso la expansión permanente excederá el 5 % de la expansión volumétrica total medida bajo la presión de prueba.

### **8.8. Certificado de aceptación de lote**

Si los resultados del ensayo de lote, de acuerdo con 8.6 y 8.7, fueran satisfactorios, el fabricante y el Inspector deberán firmar un certificado de aceptación. El modelo de certificado de aceptación a ser utilizado (denominado "Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad") se encuentra detallado en el Anexo E.

### **8.9. Incumplimiento de los requisitos de ensayo**

En el caso de incumplimiento de los requisitos de ensayo, un reensayo o un retratamiento térmico y reensayo deberán ser realizados a satisfacción del Inspector de la siguiente manera:

a) Si hubiera evidencias de falla en la realización de un ensayo, o un error de medida, deberá realizarse otro ensayo; si el resultado de este ensayo es satisfactorio, el primer ensayo no será tenido en cuenta.

b) Si el ensayo ha sido realizado de manera satisfactoria, se deberá identificar la causa de la falla del ensayo.

1) Si se considera que la falla se debe al tratamiento térmico aplicado, el fabricante deberá someter todos los cilindros implicados en la falla a otro tratamiento térmico, es decir, si la falla se produce en un ensayo que representa a los cilindros de lote o prototipo, la falla del ensayo requerirá un retratamiento térmico de todos los cilindros representados antes de realizar un reensayo; no obstante, si la falla se produce en forma esporádica en un ensayo aplicado a cada cilindro, sólo aquellos cilindros que fallen en el ensayo requerirán un retratamiento térmico y reensayo.

- Toda vez que los "liners" sean sometidos a un retratamiento térmico, deberá mantenerse el espesor mínimo de pared garantizado.

- Sólo serán realizados nuevamente los ensayos de prototipo o de lote significativos, necesarios para probar la aceptabilidad de un nuevo lote. Si uno o más ensayos no fueran satisfactorios, aunque sea parcialmente, todos los cilindros del lote serán rechazados.

- 2) Si la falla se debe a una causa distinta del tratamiento térmico aplicado, todos los cilindros defectuosos deberán ser rechazados o reparados. Si los cilindros reparados aprueban el/los ensayo/s requeridos por la reparación, deberán ser reconsiderados como parte del lote original.

## **9. Requisitos de los cilindros totalmente compuestos tipo GNC-4**

### **9.1 Generalidades**

El presente Reglamento Técnico no establece fórmulas de diseño ni enumera tensiones o deformaciones permitidas, pero requiere que la adecuación del diseño sea establecida de acuerdo con cálculos apropiados y demostrado mediante pruebas que indiquen que los cilindros cumplen satisfactoriamente los ensayos de material, de **qualificación** de diseño, de producción y de lote especificados en este Reglamento Técnico.

El diseño deberá asegurar un modo de falla "pérdida anterior a la rotura" bajo condiciones de posible degradación de las partes que contienen presión durante el servicio normal.

### **9.2 Materiales**

#### **9.2.1 Requisitos generales**

Los materiales utilizados deberán ser los adecuados para las condiciones de servicio especificadas en la cláusula 4. El diseño deberá asegurar que no haya materiales incompatibles en contacto.

#### **9.2.2 Resinas**

El material para la impregnación podrá ser resinas termorígidas o termoplásticas. Ejemplos de materiales matrices adecuados son epoxi, epoxi modificado, plásticos termorígidos de poliéster y estervínlico, y material termoplástico de polietileno y poliamida.

La temperatura de transición al estado vítreo del material de la resina deberá ser determinada de acuerdo con la norma ASTM D3418-99.

#### **9.2.3 Fibras**

Los tipos de material del filamento para el refuerzo estructural deberán ser fibra de vidrio, fibra de aramida o fibra de carbono. Si se utiliza un refuerzo de fibra de carbono, el diseño deberá incorporar los medios necesarios para prevenir la corrosión electrolítica de los componentes metálicos del cilindro.

El fabricante o importador deberá archivar las especificaciones publicadas para los materiales compuestos, las recomendaciones del fabricante del material para el almacenamiento, condiciones y duración del almacenamiento, y la certificación del fabricante del material de que cada partida cumple con dichos requisitos de especificación. El fabricante de la fibra deberá certificar que las propiedades materiales de la fibra cumplen las especificaciones del fabricante o importador para el producto.

#### **9.2.4 "Liners" de plástico**

El material polimérico deberá ser compatible con las condiciones de servicio especificadas en la cláusula 4.

#### **9.2.5 Insertos metálicos**

Los insertos metálicos conectados al "liner" no metálico deberán ser de un material compatible con las condiciones de servicio especificadas en la cláusula 4.

### **9.3 Requisitos del diseño**

#### **9.3.1 Presión de prueba**

La presión mínima de prueba utilizada en la fabricación será de 30MPa (1,5 veces la presión de trabajo).

#### **9.3.2 Relaciones de tensión de la fibra y presiones de estallido**

La presión mínima efectiva de estallido no será inferior a los valores establecidos en la Tabla 9. El revestimiento externo deberá ser diseñado para una alta confiabilidad bajo condiciones de carga sostenida y carga cíclica. Esta confiabilidad deberá lograrse alcanzando o superando los valores de la relación de tensión de los refuerzos compuestos establecidos en la Tabla 9. La relación de tensión se define como la tensión en la fibra a una presión de estallido mínima especificada, dividida por la tensión en la fibra a la presión de trabajo. La relación de estallido se define como la presión de estallido efectiva del cilindro, dividida por la presión de trabajo.

Para los diseños de cilindros tipo GNC-4, la relación de tensión es igual a la relación de estallido.

La verificación de las relaciones de tensión deberán mediante el uso de indicadores de tensión según se define en el Anexo G.

**Tabla 9 – Valores mínimos de estallido efectivo y relaciones de tensión para cilindros tipo GNC-4**

Tipo de fibra	Relación de tensión	Presión de estallido (bar)
Vidrio	3,65	730
Aramida	3,10	620
Carbono	2,35	470
Híbrido	a	

<sup>a</sup> Las relaciones de tensión y presiones de estallido deberán ser calculadas de acuerdo con 9.3.2.

### 9.3.3 Análisis de tensión

Deberá realizarse un análisis de tensión para justificar los espesores mínimos de pared de diseño. Deberá incluir la determinación de las tensiones en los “liners” y fibras de los diseños compuestos.

Deberán calcularse las tensiones en dirección tangencial y longitudinal del cilindro: en el compuesto y en el “liners”. Las presiones utilizadas para realizar estos cálculos serán 0 MPa, 20 MPa, presión de prueba y presión de estallido de diseño. Los cálculos deberán realizarse mediante técnicas adecuadas de análisis a fin de establecer la distribución de tensiones en todo el cilindro.

### 9.3.4 Aberturas

Las aberturas sólo se permiten en los extremos. La línea de centros de las aberturas deberá coincidir con el eje longitudinal del cilindro.

### 9.3.5 Protección contra incendio

El diseño del cilindro deberá ser protegido con dispositivos de alivio de presión. El cilindro, sus materiales, los dispositivos de alivio de presión y cualquier material aislante o de protección que se agregue deberán ser diseñados en forma conjunta para garantizar la adecuada seguridad durante las situaciones de fuego establecidas para el ensayo especificado en A.15. A fin de optimizar las condiciones de seguridad, el fabricante puede especificar ubicaciones alternativas de los dispositivos de alivio de presión para instalaciones específicas en vehículos.

Los dispositivos de alivio de presión deberán ser aprobados según un Documento Técnico aceptado por la Autoridad Reguladora del Estado Parte que los habiliten.

## 9.4 Fabricación y acabado

### 9.4.1 Generalidades

El cilindro compuesto deberá fabricarse a partir de un “liner” revestido externamente con filamento continuo. Las operaciones de bobinado de las fibras deberán ser controladas por computadora o mecánicamente. Las fibras deberán aplicarse con tensión controlada durante el bobinado. Luego de completado el bobinado, las resinas termorígidas deberán curarse mediante calor, utilizando un diagrama de tiempo-temperatura predeterminado y controlado.

### 9.4.2 Roscas de cuello

Las roscas deberán ser de corte limpio, parejas, y no presentarán discontinuidades de superficie a fin de medir y cumplir con este Reglamento Técnico. La rosca de cuello del cilindro, deberá responder a la Norma ISO 10920 si la rosca es cónica, o a la Norma ISO 15245-1 si es cilíndrica.

### 9.4.3 Curado de las resinas termorígidas

La temperatura de curado de las resinas termorígidas deberá ser de por lo menos 10 °C por debajo de la temperatura de ablandamiento del “liner” de plástico.

### 9.4.4 Protección externa contra condiciones ambientales

El exterior de los cilindros deberá cumplir con los requisitos del ensayo de ambiente ácido de A.14. La protección externa podrá brindarse a través de cualquiera de los siguientes métodos:

- a) mediante una terminación de superficie que brinde la protección adecuada (por ejemplo, aluminio metalizado, anodización); o

- b) mediante el uso de fibra y material matriz adecuados (por ejemplo, fibra de carbono en la resina); o
- c) mediante una cubierta protectora (por ejemplo, revestimiento orgánico, pintura); si la cubierta protectora forma parte del diseño, deberán cumplirse los requisitos establecidos en A.9; o
- d) mediante una cobertura resistente e impermeable a los productos químicos establecidos en A.14.

Toda cobertura que se aplique a los cilindros deberá tener un proceso de aplicación que no afecte en forma adversa las propiedades mecánicas del cilindro. La cobertura será diseñada de manera tal de facilitar la posterior inspección en servicio, y el fabricante proveerá las instrucciones para el tratamiento de la cobertura durante la inspección en servicio a fin de garantizar la continua integridad del cilindro.

El ensayo de funcionamiento ante condiciones ambientales para la evaluación de la aptitud de los sistemas de cobertura, se encuentra establecido en el Anexo F.

## **9.5 Procedimiento para el ensayo de prototipo**

### **9.5.1 Generalidades**

El ensayo de prototipo deberá realizarse en cada nuevo diseño, en los cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. Los cilindros o “liners” para ensayo deberán ser seleccionados por el Inspector, y los ensayos de prototipo detallados en 9.5.2 deberán ser presenciados por el Inspector. Si más cilindros o “liners” fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados.

### **9.5.2 Ensayos de prototipo**

#### **9.5.2.1 Ensayos necesarios**

En el transcurso de la aprobación de tipo, el Inspector deberá seleccionar los cilindros o “liners” necesarios, y presenciara los siguientes ensayos:

- los ensayos especificados en 9.5.2.2 (ensayos de material) en 1 “liner”;
- el ensayo especificado en 9.5.2.3 (ensayo de estallido por presión hidráulica) en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 9.5.2.4 (ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente) en 2 cilindros;
- el ensayo especificado en 9.5.2.5 (ensayo de pérdida anterior a la rotura) en 3 cilindros;
- el ensayo especificado en 9.5.2.6 (ensayo contra incendio) en 1 o 2 cilindros, según corresponda;
- el ensayo especificado en 9.5.2.7 (ensayo de penetración) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.8 (ensayo en ambiente ácido) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.9 (ensayo de tolerancia de defectos) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.10 (ensayo de fluencia a alta temperatura), cuando corresponda, en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.11 (ensayo de rotura por tensión acelerada) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.12 (ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.13 (resistencia de la resina al esfuerzo de corte) en 1 muestra de material representativa del revestimiento externo;
- el ensayo especificado en 9.5.2.14 (ensayo de impacto por caída) en por lo menos 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.15 (ensayo del torque en el extremo) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.16 (ensayo de permeabilidad) en 1 cilindro;
- el ensayo especificado en 9.5.2.17 (ensayo de ciclado con gas natural) en 1 cilindro.

#### **9.5.2.2 Ensayos de material para los “liners” de plástico**

La tensión de fluencia a la tracción y la elongación final deberán determinarse de acuerdo con A.22 y deberán cumplir los requisitos allí establecidos.

La temperatura de ablandamiento deberá determinarse de acuerdo con A.23 y deberá cumplir los requisitos allí establecidos.

La resistencia al ensayo de fluencia a alta temperatura deberá determinarse de acuerdo con A.18 y deberá cumplir los requisitos allí establecidos.

#### **9.5.2.3 Ensayo de estallido por presión hidráulica**

Tres cilindros deberán ser hidrostáticamente presurizados hasta que se presenten fallas de acuerdo con A.12. Las presiones de estallido del cilindro deberán exceder la presión de estallido mínima establecida según el análisis de

tensión para el diseño, de acuerdo con la Tabla 9, y en ningún caso deberán ser inferiores al valor necesario para cumplir los requisitos de la relación de tensión establecidos en 9.3.2.

#### **9.5.2.4 Ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente**

Dos cilindros deberán ser ciclados a presión a temperatura ambiente de acuerdo con A.13 hasta que se presenten fallas, o sometidos a un mínimo de 45.000 ciclos. Los cilindros no deberán presentar fallas antes de alcanzar una cantidad de ciclos igual a la vida útil multiplicada por 1.000 ciclos/año. Los cilindros que excedan esa cantidad de ciclos deberán presentar fallas debido a una pérdida y no a una rotura. Los cilindros que no presenten fallas dentro de los 45.000 ciclos deberán ser destruidos ya sea mediante la continuación de los ciclos hasta que se produzca su falla o mediante la presurización hidrostática hasta que estallen. Está permitido que los cilindros que superen los 45.000 ciclos fallen por rotura. Deberá documentarse el número de ciclos anteriores a la presentación de fallas y la ubicación en la que éstas se inician.

#### **9.5.2.5 Ensayo de pérdida anterior a la rotura**

Los ensayos de pérdida anterior a la rotura deberán realizarse de acuerdo con A.6 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.6 Ensayo contra incendio**

Uno o dos cilindros, según corresponda, deberán ser ensayados de acuerdo con A.15 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.7 Ensayo de penetración**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.16 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.8 Ensayo en ambiente ácido**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.14 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

El ensayo en ambiente ácido se encuentra en el Anexo F.

#### **9.5.2.9 Ensayos de tolerancia de defectos**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.17 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.10 Ensayo de fluencia a alta temperatura**

En aquellos diseños en los que la temperatura de transición al estado vítreo de la resina no exceda los 102 °C, un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.18 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.11 Ensayo de rotura por tensión acelerada**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.19 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.12 Ensayo de ciclado a presión a temperatura extrema**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.7 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.13 Resistencia de la resina al esfuerzo de corte**

Los materiales de la resina deberán ser ensayados de acuerdo con A.26 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.14 Ensayo de impacto por caída**

Uno (o más) cilindros terminados serán sometidos al ensayo de impacto por caída de acuerdo con A.20 y deberán cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.15 Ensayo del torque en el inserto metálico**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.25 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.16 Ensayo de permeabilidad**

Un cilindro deberá ser sometido al ensayo de permeabilidad de acuerdo con el punto A.21 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

#### **9.5.2.17 Ensayo de ciclado con gas natural**

Un cilindro deberá ser ensayado de acuerdo con A.27 y deberá cumplir con los requisitos allí enumerados.

### **9.5.3. Cambio de diseño**

Un cambio de diseño es todo cambio en la selección de materiales estructurales o cambio de las dimensiones no atribuible a las tolerancias normales de fabricación.

Los cambios menores de diseño se podrán habilitar a través de un programa reducido de ensayos.

Los cambios de diseño especificados en la Tabla 10 sólo requerirán los ensayos de cualificación que se especifican en esa tabla.

**Tabla 10 – Cambio de diseño para los cilindros tipo GNC-4**

Cambio de diseño	Tipo de ensayo											
	Estallido hidráulico	Ciclado a presión a temperatura ambiente	Incendio	Penetración	Ambiental	Tolerancia de defectos	Termofluencia a alta temperatura	Rotura por tensión	Caída	Torque del extremo	Permeabilidad	Ciclado con GNC
	Cláusula											
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19	A.20	A.25	A.21	A.27
Fabricante de la fibra	X	X	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X
Material “liner” plástico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material de la resina	--	--	--	X	X	X	X	X	X	--	--	--
Cambio de diámetro ≤20%	X	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cambio de diámetro >20%	X	X	X	X	--	X	--	--	X	--	--	--
Cambio de largo ≤50%	X	--	X <sup>a</sup>	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cambio de largo >50%	X	X	X <sup>a</sup>	--	--	--	--	--	X	--	--	--
Cambio en la presión de trabajo ≤20% <sup>b</sup>	X	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Forma de la ojiva	X	X	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X
Tamaño de la abertura	X	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cambio del revestimiento	--	--	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--
Diseño del extremo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X
Cambio en el proceso de fabricación	X	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Dispositivo de alivio de presión	--	--	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<sup>a</sup> Ensayo requerido sólo cuando se aumenta el largo.

<sup>b</sup> Sólo cuando el espesor cambia en forma proporcional al cambio de diámetro y/o de presión.

## 9.6 Ensayos de lote

### 9.6.1 Requisitos generales

Los ensayos de lote deberán realizarse en los cilindros terminados que representen la producción normal y que tengan sus marcas de identificación. El/los cilindro/s y "liner/s" necesario/s para el ensayo deberá/n ser seleccionado/s de cada lote al azar. Si más cilindros fueran objeto de los ensayos requeridos por este Reglamento Técnico, todos los resultados deberán ser documentados.

### 9.6.2 Ensayos requeridos

**9.6.2.1** En cada lote de cilindros deberán realizarse, por lo menos, los siguientes ensayos:

- a) en un cilindro, un ensayo de estallido por presión hidráulica de acuerdo con A.12.
  - Si la presión de estallido es inferior a la presión de estallido mínima calculada, deberán seguirse los procedimientos establecidos en 9.9.
- b) en otro cilindro, o "liner", o en una muestra testigo tratada térmicamente representativa de un cilindro terminado:
  - 1) un control de las dimensiones críticas con el diseño (ver 5.2.4.1);
  - 2) un ensayo de tracción del "liner" de plástico de acuerdo con A.22; los resultados del ensayo deberán satisfacer los requisitos del diseño (ver 5.2.4.1);
  - 3) la temperatura de fusión del "liner" de plástico debe ser ensayada de acuerdo con A.23, y debe cumplir con los requisitos del diseño;
  - 4) cuando una cubierta protectora sea parte del diseño, un ensayo de lote de la cubierta de acuerdo con A.24. Cuando la cubierta no cumpla con los requisitos de A.24, el lote será inspeccionado en su totalidad a fin de sacar los cilindros que presenten cubiertas defectuosas similares. Las cubiertas de todos los cilindros recubiertos defectuosamente podrán sacarse utilizando un método que no afecte la integridad del revestimiento externo, y luego, los cilindros se pueden volver a recubrir. El ensayo de lote de la cubierta protectora deberá repetirse.

Todos los cilindros o "liners" representados por un ensayo de lote y que no cumplan con los requisitos especificados deberán seguir los procedimientos detallados en 9.9.

**9.6.2.2** Además, deberá realizarse en los cilindros terminados un ensayo de ciclado a presión periódica de acuerdo con A.13, con la siguiente frecuencia de ensayo:

- a) inicialmente, deberá someterse un cilindro de cada lote al ensayo de torque en el inserto metálico, de acuerdo con A.25. El cilindro deberá ser entonces ciclado a presión en un total de 1.000 veces la vida útil, con un mínimo de 15.000 ciclos; en este caso corresponde a 15 años; para más de 15 años, deberá ser ciclado a razón de 1000 veces por cada año en más hasta llegar al límite de 20 años. Luego del ciclado a presión requerido, deberá someterse al cilindro a un ensayo de pérdida de acuerdo con el método descrito en A.10 y deberá cumplir con los requisitos allí establecidos; ejemplificar
- b) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño (es decir, materiales y procesos similares dentro de la definición de un cambio menor de diseño, ver 9.5.3) ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 1.500 ciclos multiplicados por la vida útil (22.500 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 5 lotes de producción;
- c) si en una secuencia de 10 lotes de producción de una familia de diseño ninguno de los cilindros sometidos a los ciclos de presión detallados en el apartado a) de este mismo punto pierde o se rompe en menos de 2.000 ciclos multiplicados por la vida útil (30.000 ciclos como mínimo), el ensayo de ciclado a presión podrá limitarse a un cilindro de cada 10 lotes de producción;
- d) si hubieran transcurrido más de tres meses desde el último ensayo de ciclado a presión, un cilindro del siguiente lote de producción deberá ser sometido al ensayo de ciclado a presión a fin de mantener la frecuencia reducida de los ensayos de lote establecidos en los apartados b) y c) de este mismo punto;
- e) si alguno de los cilindros sometidos al ensayo de ciclado a presión con frecuencia reducida establecida en los apartados b) o c) de este mismo punto no cumple con el número requerido de ciclos de presión (22.500 o 30.000 ciclos de presión como mínimo, respectivamente), será necesario repetir la frecuencia de ensayo de lote de ciclado a presión establecido en el apartado a) en un mínimo de 10 lotes de producción a fin de restablecer la frecuencia reducida del ensayo de lote de ciclado a presión establecido en los apartados b) o c) de este mismo punto.

Si alguno de los cilindros de los apartados a), b) o c) anteriormente mencionados no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos multiplicados por la vida útil (15.000 ciclos como mínimo), la causa de la falla deberá ser determinada y corregida siguiendo los procedimientos de 9.9. El ensayo de ciclado a presión deberá repetirse en otros tres cilindros de

ese lote. Si cualquiera de estos tres cilindros no cumple con el requisito mínimo de 1.000 ciclos a presión multiplicados por la vida útil, el lote deberá ser rechazado.

### 9.7. Ensayos en cada cilindro

Las inspecciones y ensayos de producción deberán realizarse en todos los cilindros producidos en un lote.

Cada cilindro deberá ser examinado durante su fabricación y una vez terminado, de la siguiente manera:

- a) a través de la inspección de los "liners" para verificar que el tamaño máximo del defecto sea menor al tamaño especificado en el diseño;
- b) para verificar que las dimensiones críticas y la masa del cilindro terminado y de todo "liner" y revestimiento exterior se encuentran dentro de las tolerancias del diseño;
- c) para verificar el cumplimiento con la terminación superficial especificada;
- d) para verificar el marcado;
- e) a través del ensayo hidráulico de los cilindros terminados de acuerdo con A.11, opción 1. El fabricante deberá establecer el límite apropiado de expansión elástica para la presión de prueba utilizada, pero en ningún caso la expansión elástica de los cilindros excederá el valor promedio del lote en más de un 10 %;
- f) a través de un ensayo de pérdida de acuerdo con A.10, cumpliendo con los requisitos allí establecidos.

### 9.8 Certificado de aprobación de lote

Si los resultados del ensayo de lote de acuerdo con 9.6 y 9.7 son satisfactorios, el fabricante y el Inspector deberán firmar un certificado de aprobación. El modelo de certificado de aprobación a ser utilizado (denominado "Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad") se encuentra detallado en el Anexo E.

### 9.9 Incumplimiento de los requisitos de ensayo

En el caso de incumplimiento de los requisitos de ensayo, un reensayo o un retratamiento térmico y reensayo deberán ser realizados de la siguiente manera:

- a) Si hubiera evidencias de falla en la realización de un ensayo, o un error de medida, deberá realizarse otro ensayo; si el resultado de este ensayo es satisfactorio, el primer ensayo no será tenido en cuenta.
- b) Si el ensayo ha sido realizado de manera satisfactoria, se deberá identificar la causa de la falla del ensayo.
  - Todos los cilindros que presenten defectos deberán ser rechazados o reparados a través de un método aprobado. Si los cilindros reparados aprueban el/los ensayo/s requerido/s por la reparación, deberán ser reconsiderados como parte del lote original.
  - El nuevo lote deberá ser reensayado. Deberán realizarse nuevamente todos los ensayos significativos de prototipo o de lote necesarios para probar la aceptabilidad del nuevo lote. Si uno o más ensayos no fueran satisfactorios, aunque sea parcialmente, todos los cilindros del lote serán rechazados.

## 10 Marcado

El fabricante deberá colocar en cada cilindro marcaciones claras y permanentes de no menos de 6 mm de altura. Para los diseños del tipo GNC-1 y GNC-2 el marcado debe ser por estampado en el extremo. Para los otros tipos, el marcado se debe hacer por medio de etiquetas incorporadas en los revestimientos de la resina. Las etiquetas adhesivas y su aplicación se realizarán de acuerdo con la Norma ISO 7225. Se permitirá el uso de distintas etiquetas, que no podrán quedar tapadas por las sujeciones utilizadas al montar los cilindros.

Todos los cilindros que cumplan con este Reglamento Técnico deberán ser marcados de la siguiente manera:

- a) las palabras "SÓLO GNC";
- b) las palabras "NO USAR CON POSTERIORIDAD A XX/XXXX", donde XX/XXXX significa el mes y año de vencimiento.

El período entre la fecha de fabricación y la de vencimiento no deberá exceder la vida útil especificada. Los cilindros deben ser guardados por su fabricante o importador en un lugar seco y sin presión interna.

- c) la identificación del fabricante;
- d) la identificación del país de origen
- e) la identificación cilindro (un número de serie único para cada cilindro);
- f) la presión de trabajo a temperatura;

- g) la referencia a la Resolución Mercosur;
- h) el tipo de cilindro;
- i) las palabras "Usar sólo un dispositivo de alivio de presión aprobado por el fabricante";
- j) fecha de fabricación (mes y año).

#### **11. Preparación para su entrega**

Todos los cilindros deberán ser limpiados y secados internamente antes de salir del establecimiento del fabricante. Los cilindros que no sean cerrados inmediatamente mediante la aplicación de una válvula, y los elementos de seguridad, si correspondiera, deberán tener tapones en todas las aberturas a fin de prevenir la entrada de humedad y proteger las roscas. Antes de su entrega, todos los cilindros de acero y "liners" deberán rociarse internamente con un inhibidor de corrosión (por ejemplo, con contenido de aceite).

Deberá suministrarse al comprador la declaración de servicio del fabricante y toda información e instrucción necesaria para asegurar el correcto manejo, uso e inspección en servicio del cilindro. La declaración de servicio se hará de acuerdo con 5.2.3. En el Anexo H se detalla un modelo del contenido de las instrucciones.

---

## ANEXO II

### A

#### Métodos y criterios de ensayo

##### A.1 Ensayos de tracción para los cilindros y contenedores interiores de acero y aluminio

Deberá realizarse un ensayo de tracción en el material tomado de la parte cilíndrica del cilindro o "liner" terminado utilizando una probeta rectangular configurada de acuerdo con el método descrito en la Norma ISO 9809-1 para el acero y en la Norma ISO 7866 para el aluminio. Las dos caras de la probeta que representan la superficie interna y externa del cilindro no deberán ser maquinadas.

El ensayo de tracción deberá realizarse de acuerdo con la Norma ISO 6892.

La resistencia a la tracción deberá cumplir con las especificaciones de diseño del fabricante.

Para los cilindros y "liner" de acero, el alargamiento será de por lo menos el 14%.

Para los cilindros y "liner" de aluminio aleado del tipo de fabricación 1 o 2, el alargamiento será de por lo menos el 12%.

Para los "liner" de aluminio aleado del tipo de fabricación 3, el alargamiento deberá cumplir las especificaciones de diseño del fabricante.

NOTA - Se pone especial atención en el método de medición de alargamiento descrito en la Norma ISO 6892, particularmente en aquellos casos en los que se reduce la sección de la probeta de tracción, resultando en un punto de fractura distante del medio de la longitud de referencia.

##### A.2 Ensayo de impacto para los cilindros y "liners" de acero

El ensayo de impacto deberá realizarse en el material tomado de la parte cilíndrica del cilindro o "liner" terminado, en tres probetas de acuerdo con la Norma ISO 148.

Las probetas para el ensayo de impacto deberán tomarse de la pared del cilindro en las direcciones establecidas en la Tabla A.1. La entalladura será perpendicular a la cara de la pared del cilindro. Para los ensayos longitudinales, la probeta será maquinada en toda la superficie (en las seis caras). Si el espesor de la pared no permite una probeta final con un ancho de 10 mm, el ancho será lo más cercano posible al espesor nominal de la pared del cilindro. Las probetas tomadas en dirección transversal sólo serán maquinadas en cuatro caras; las caras interna y externa de la pared del cilindro no serán maquinadas.

Los valores de impacto no serán inferiores a los especificados en la Tabla A.1.

TABLA A.1 - VALORES ADMISIBLES DEL ENSAYO DE IMPACTO

Diámetro del cilindro D, mm		>140			≤140
Dirección del ensayo		Transversal			Longitudinal
Ancho de la probeta, mm		3 a 10	>5 a 7,5	>7,5 a 10	3 a 10
Temperatura de ensayo, °C		-50			-50
Resistencia al impacto J/cm <sup>2</sup>	Promedio de tres muestras	30	35	40	60
	Muestra individual	24	28	32	48

##### A.3 Ensayo de resistencia a las fisuras bajo tensión por sulfuro, para el acero

A excepción de lo indicado a continuación, el ensayo deberá realizarse de acuerdo con el Método A – procedimientos de la Norma NACE para el Ensayo de Tracción, tal como se describe en la Norma NACE TM0177-96. Los ensayos deberán realizarse en un mínimo de tres muestras de tracción con un diámetro medido de 3,81 mm (0,150 pulgadas), maquinadas de la pared del cilindro o "liner", terminado. Las muestras deberán colocarse bajo una carga de tracción constante igual al 60% de la tensión de fluencia mínima especificada del acero, inmersas en una solución de agua destilada regulada con el 0,5% (fracción en masa) de trihidrato de acetato de sodio y ajustada a un pH inicial de 4,0, utilizando ácido acético. La solución deberá ser saturada en forma continua a temperatura y presión ambiente con 0,414 kPa (0,06 psia) de sulfuro de hidrógeno (nitrógeno equilibrado). Las muestras ensayadas no presentarán fallas durante una duración de ensayo de 144 horas.

##### A.4 Ensayos de corrosión para el aluminio

Los ensayos de corrosión para las aleaciones de aluminio deberán realizarse de acuerdo con el anexo A de la Norma ISO 7866:1999 y deberá cumplir con los requisitos allí establecidos.

#### **A.5 Ensayos de fisuras por carga sostenida para el aluminio**

La resistencia al ensayo de fisuras por carga sostenida deberá realizarse de acuerdo con el anexo B de la Normas ISO 7866:1999 y deberá cumplir con los requisitos allí establecidos.

#### **A.6 Ensayo de pérdida anterior a la rotura**

Tres cilindros terminados serán ciclados a presión entre 2 MPa y 30 MPa a una velocidad que no exceda los 10 ciclos por minuto de acuerdo con el punto A.13.

Todos los cilindros deberán presentar fallas por pérdida o exceder los 45.000 ciclos de presión.

#### **A.7 Ciclado a presión a temperatura extrema**

Los cilindros terminados, con bobinado compuesto sin cubierta protectora, serán ciclados de la siguiente manera:

- a) acondicionar por 48 hs a presión cero, 65 °C o más, y 95 % o más de humedad relativa. Se considerará alcanzado el objetivo de este requisito a través del rociado con un aerosol fino o vapor de agua en una cámara a 65 °C.
- b) presurizar hidrostáticamente por una cantidad de ciclos igual al producto de la vida de servicio (especificada en años) por 500 (ciclos/año), entre 2 MPa y 26 MPa bar a 65 °C o más, y 95 % o más de humedad relativa;
- c) acondicionar el cilindro y el fluido a -40 °C o menos según lo medido en el fluido y en la superficie del cilindro;
- d) presurizar desde 2 MPa hasta 20 MPa por una cantidad de ciclos igual al producto de la vida de servicio (especificada en años) por 500 (ciclos/año) a -40 °C o menos. Deberán suministrarse los instrumentos de registro adecuados a fin de asegurar que se mantenga la temperatura mínima del fluido durante el ciclado a baja temperatura.

La velocidad de ciclado a presión del apartado b) no excederá los 10 ciclos por minuto. La velocidad de ciclado a presión del apartado d) no excederá los 3 ciclos por minuto a menos que se instale un transductor de presión directamente dentro del cilindro.

Durante este ciclado a presión el cilindro no deberá presentar signos de rotura, pérdida o desenrollado de fibras.

Luego del ciclado a presión a temperaturas extremas, los cilindros deberán ser hidrostáticamente presurizados hasta que presenten fallas de acuerdo con el punto A.12, y deberán alcanzar una presión mínima de estallido del 85 % de la presión mínima de estallido de diseño. Para los diseños tipo GNC-4, antes del ensayo de estallido hidráulico el cilindro será sometido al ensayo de pérdida de acuerdo con el punto A.10.

#### **A.8 Ensayo de dureza Brinell**

Los ensayos de dureza deberán realizarse en la pared cilíndrica de cada cilindro o liner de acuerdo con la Norma ISO 6506-1 a un régimen de un ensayo por metro de largo de la pared cilíndrica. El ensayo deberá realizarse luego del tratamiento térmico final y los valores de dureza así determinados se encontrarán dentro del rango especificado para el diseño.

#### **A.9 Ensayos de la Protección externa**

Las Protecciones externas deberán evaluarse utilizando los siguientes métodos de ensayo:

- a) ensayo de adhesión, de acuerdo con la norma ASTM G33-59 utilizando el método A o B según corresponda. La Protección externa deberá mostrar un nivel de adhesión de 4A o 4B, según corresponda;
- b) flexibilidad, de acuerdo con la Norma ASTM D522-93, utilizando el método de ensayo B con un mandril de 12,7 mm (0,5 pulgadas) al espesor especificado y a -20 °C. Las muestras para el ensayo de flexibilidad deberán prepararse de acuerdo con la Norma ASTM D522-93. No habrá fisuras visualmente aparentes;
- c) resistencia al impacto, de acuerdo con la Norma ASTM D2794-93. La Protección externa a temperatura ambiente deberá aprobar el ensayo de impacto de 18 J (13,3 pies lbs);
- d) resistencia a los productos químicos, de acuerdo con la Norma ASTM D1308-87, con excepción de lo establecido a continuación. Los ensayos deberán realizarse utilizando el ensayo de superficie por el método abierto y 100 hs de exposición a una solución de ácido sulfúrico al 30 % (ácido de batería con una densidad específica de 1,219) y 24 hs de exposición a un glicol polialcalino (por ejemplo, fluido de freno). No deberán presentarse signos de descolgamiento, ampollas o ablandamiento de la Protección externa. La adhesión deberá alcanzar un nivel de 3A o 3B, según corresponda, cuando sea ensayada de acuerdo con la Norma ASTM G33-59;
- e) exposición mínima de 1.000 hs, de acuerdo con la Norma ASTM G53-93. No deberán presentarse signos de ampollas, y la adhesión deberá alcanzar un nivel de 3A o 3B, según corresponda, cuando sea ensayada de acuerdo con la norma ASTM G33-59. La pérdida máxima de brillo permitida es del 20 %;

f) exposición mínima de 500 hs de acuerdo con la norma ASTM B117. El corte no excederá los 2 mm en la marca trazada; no deberán presentarse signos de ampollas y la adhesión deberá alcanzar el nivel de 3A o 3B, según corresponda, cuando sea ensayada de acuerdo con la Norma ASTM G33-59;

g) resistencia al picado a la temperatura en la que se acondicionó el ambiente, de acuerdo con la Norma ASTM D3170-87. La Protección externa deberá tener un nivel de 7A o mejor, y no deberá haber exposición del sustrato.

#### **A.10 Ensayo de pérdida**

Deberá someterse a ensayo de pérdida a los diseños tipo GNC-4, utilizando el siguiente procedimiento:

- a) secado minucioso de los cilindros;
- b) presurización de los cilindros a presión de trabajo con aire seco o nitrógeno que contengan un gas detectable, como el helio.

Toda pérdida detectada será motivo de rechazo.

NOTA - Una pérdida es el escape de gas a través de una fisura, poro, desunión o defecto similar. No se considera pérdida la permeabilidad a través de la pared de acuerdo con el punto A.21.

#### **A.11 Ensayo hidráulico**

Toda presión interna aplicada luego del autozunchado y con anterioridad al ensayo hidráulico no excederá el 90 % de la presión del ensayo hidráulico.

Deberá utilizarse una de las siguientes opciones:

##### **Opción 1. Ensayo de expansión volumétrica**

- a) El cilindro será ensayado hidrostáticamente a por lo menos 1,5 veces la presión de trabajo. En ningún caso la presión de prueba podrá exceder la presión de autozunchado.
- b) Deberá mantenerse la presión por 30 segundos y luego, el tiempo suficiente para asegurar la expansión completa. Cualquier presión interna aplicada luego del autozunchado y con anterioridad al ensayo hidráulico no excederá el 90 % de la presión de ensayo hidráulico. Si no puede mantenerse la presión de prueba debido a una falla del aparato de ensayo, se permitirá repetir el ensayo a una presión incrementada en 0,7 MPa. No se permiten más de dos de estos ensayos de repetición.
- c) Los cilindros que no cumplan con el límite de rechazo establecido serán rechazados y no podrán prestar servicio.

##### **Opción 2. Ensayo de presión de prueba.**

Deberá aumentarse la presión hidráulica en el cilindro en forma gradual y constante hasta alcanzar la presión de prueba, por lo menos 1,5 veces la presión de trabajo. La presión de prueba del cilindro deberá mantenerse por lo menos 30 segundos a fin de determinar que no se producen pérdidas.

#### **A.12 Ensayo de estallido por presión hidráulica**

La velocidad de presurización no excederá 1,4 MPa/s a presiones superiores al 80 % de la presión de estallido de diseño. Si la velocidad de presurización a presiones que exceden el 80 % de la presión de estallido de diseño supera 0,35 MPa/s, en ese caso deberá colocarse esquemáticamente al cilindro entre la fuente de presión y el elemento de medición de presión, o deberá mantenerse 5 segundos a la presión mínima de estallido de diseño.

La presión mínima de estallido requerida (calculada) será de por lo menos 45 MPa, y en ningún caso será inferior al valor necesario para cumplir los requisitos de la relación de tensión. Se deberá registrar la presión de estallido efectiva. Las roturas pueden producirse ya sea en la parte cilíndrica o en la parte abovedada del cilindro.

#### **A.13 Ciclado a presión a temperatura ambiente**

El ciclado a presión deberá realizarse de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) llenar el cilindro a ser ensayado con un fluido no corrosivo, como por ejemplo, aceite, agua inhibida o glicol;
- b) ciclar la presión en el cilindro entre 2 MPa y 26 MPa a una velocidad que no exceda los 10 ciclos por minuto.

Deberá registrarse la cantidad de ciclos anteriores a la presentación de la falla, junto con la ubicación y descripción del inicio de la falla.

#### **A.14 Ensayo en ambiente ácido**

En un cilindro terminado deberá aplicarse el siguiente procedimiento de ensayo:

- a) exponer un área de 150 mm de diámetro sobre la superficie del cilindro durante 100 hs. a una solución de ácido sulfúrico al 30 % (ácido de batería con una densidad específica de 1,219) mientras que el cilindro es presurizado hidrostáticamente a 26 MPa;
- b) presurizar el cilindro hasta que estalle de acuerdo con el procedimiento descrito en A.12.

La presión de estallido deberá exceder el 85 % de la presión de estallido mínima del diseño.

## **A.15 Ensayo de resistencia al fuego**

### **A.15.1 Generalidades**

La finalidad del ensayo contra incendio es demostrar que los cilindros terminados, con el sistema de protección contra incendio (válvula, dispositivos de alivio de presión, aislamiento térmico integral) especificado en el diseño, no presentarán rotura cuando se los ensaye bajo las situaciones de incendio especificadas.

Deberán tomarse los recaudos necesarios durante el ensayo contra incendio para el caso de que se produzca la rotura del cilindro.

### **A.15.2 Preparación del cilindro**

Deberá colocarse el cilindro en forma horizontal, con la parte más baja a aproximadamente 100 mm sobre la fuente del fuego.

Deberá utilizarse una cubierta protectora de metal para evitar el impacto directo de la llama sobre las válvulas, accesorios y dispositivos de alivio de presión del cilindro. La cubierta protectora de metal no podrá estar en contacto directo con el sistema especificado de protección contra incendio (dispositivos de alivio de presión o válvula del cilindro).

Cualquier falla que se produzca durante el ensayo en una válvula, accesorio o tubería que no forme parte del sistema de protección establecido para el diseño, invalidará el resultado del ensayo.

### **A.15.3 Fuente del fuego**

Una fuente de fuego uniforme de 1650 mm de largo producirá el impacto directo de la llama sobre la superficie del cilindro de manera de envolverlo en todo su contorno, a lo largo de su eje longitudinal.

Podrá utilizarse cualquier combustible para la fuente de fuego siempre que genere el suficiente calor uniforme como para mantener las temperaturas de ensayo especificadas hasta que el cilindro sea venteado. Para la elección del combustible deberá tenerse en cuenta la polución del aire. La preparación del fuego deberá registrarse detalladamente para asegurar que el régimen de entrada de calor en el cilindro es reproducible.

Cualquier falla o inconsistencia de la fuente de fuego durante un ensayo invalidará su resultado.

### **A.15.4 Medición de temperatura y de presión**

Las temperaturas de superficie serán monitoreadas por lo menos por tres termocuplas colocadas a lo largo de la parte más baja del cilindro y espaciadas entre sí por no más de 750 mm.

Deberá utilizarse una cubierta protectora de metal para evitar el impacto directo de la llama sobre las termocuplas. Alternativamente, las termocuplas podrán ser colocadas en bloques de metal de menos de 25 mm cuadrados.

Las temperaturas de las termocuplas y la presión del cilindro deberán ser registradas durante el ensayo, a intervalos de 30 segundos o inferiores.

### **A.15.5 Requisitos generales de ensayo**

El cilindro deberá ser presurizado a presión de trabajo con gas natural o aire comprimido y ensayado en posición horizontal a presión de trabajo y al 25 % de la presión de trabajo si no se utiliza un dispositivo de alivio de presión activado térmicamente.

Inmediatamente después de la ignición, el fuego producirá la incidencia de la llama sobre la superficie del cilindro -en todo el largo de la fuente de fuego, 1650 mm- envolviéndolo en todo su contorno.

Dentro de los 5 minutos de ignición, al menos una termocupla deberá indicar una temperatura  $\geq 590$  °C. Deberá mantenerse esta temperatura mínima durante el resto del ensayo.

Para los cilindros que midan 1650 mm de largo o menos, deberá colocarse el centro del cilindro sobre el centro de la fuente de fuego.

Para los cilindros que midan más de 1650 mm de largo, deberá colocarse el cilindro de la siguiente manera:

- a) si el cilindro posee un dispositivo de alivio de presión en un extremo, la fuente de fuego deberá comenzar en el extremo opuesto del cilindro;

b) si el cilindro posee dispositivos de alivio de presión en ambos extremos, o en más de un lugar a lo largo del cilindro, la fuente de fuego deberá centrarse en forma equidistante entre los dispositivos de alivio de presión que estén separados por la distancia horizontal mayor;

c) si el cilindro está protegido además con un aislamiento térmico, deberán realizarse dos ensayos contra incendio a la presión de servicio; uno con el fuego centrado en forma equidistante a lo largo del cilindro, y el otro con el fuego que comience en uno de los extremos de un segundo cilindro.

#### **A.15.6 Resultados admisibles**

El cilindro venteará a través de un dispositivo de alivio de presión.

#### **A.16 Ensayos de penetración**

Un cilindro presurizado a 20 MPa  $\pm$  1 MPa con gas comprimido deberá ser penetrado por una bala perforante cuyo diámetro sea de 7,62 mm o mayor. La bala deberá penetrar completamente por lo menos una pared lateral del cilindro. Para los diseños tipo GNC-2, GNC-3 y GNC-4, el proyectil deberá impactar la pared lateral en un ángulo aproximado de 45°. El cilindro no deberá presentar roturas.

#### **A.17 Ensayos de tolerancia de defectos del compuesto**

En el caso de los diseños tipo GNC-2, GNC-3 y GNC-4, a un cilindro terminado, con la cubierta protectora, se le agregarán defectos en el compuesto en dirección longitudinal. Los defectos deberán ser mayores a los límites de inspección visual de acuerdo con lo establecido por el fabricante. Como mínimo, un defecto será de 25 mm de largo y 1,25 mm de profundidad, y otro defecto será de 200 mm de largo y 0,75 mm de profundidad, cortados en dirección longitudinal en la pared lateral del cilindro.

El cilindro con defectos será luego ciclado a presión entre 2 MPa y 26MPa a temperatura ambiente, inicialmente durante 3.000 ciclos y luego durante 12.000 ciclos adicionales.

El cilindro no deberá presentar pérdidas ni roturas dentro de los primeros 3.000 ciclos, pero podrá presentar pérdidas durante los 12.000 ciclos adicionales. Todos los cilindros que completen este ensayo serán destruidos.

#### **A.18 Ensayo de termofluencia a alta temperatura**

Este ensayo es requerido para todos los diseños tipo GNC-4, y para todos los diseños tipo GNC-2 y GNC-3 en los que la temperatura de transición al estado vítreo de la matriz de resina no exceda los 102 °C. Deberá ensayarse un cilindro terminado de la siguiente manera:

- a) el cilindro será presurizado a 26 MPa y se mantendrá a una temperatura de 100 °C durante no menos de 200 hs;
- b) luego del ensayo, el cilindro deberá cumplir los requisitos del ensayo de expansión hidráulica (A.11), del ensayo de pérdida (A.10) y del ensayo de estallido por presión hidráulica (A.12).

#### **A.19 Ensayo de rotura por tensión acelerada**

En el caso de los diseños tipo GNC-2, GNC-3 y GNC-4 un cilindro deberá ser hidrostáticamente presurizado a 26 MPa a 65 °C. El cilindro deberá mantenerse a esta presión y temperatura durante 1.000 h. Luego, el cilindro será presurizado hasta que estalle, de acuerdo con el procedimiento establecido en A.12. En este caso, la presión de estallido deberá exceder el 85 % de la presión de estallido mínima del diseño.

#### **A.20 Ensayo de impacto por caída**

Uno o más cilindros terminados deberán ser sometidos al ensayo de caída a temperatura ambiente sin presurización interna ni válvulas colocadas. La superficie sobre la cual deberán caer los cilindros será una plataforma o piso, de hormigón, liso y horizontal.

Se dejará caer un cilindro en posición horizontal con la parte inferior a 1800 mm de distancia de la superficie sobre la que cae.

Se dejará caer un cilindro en forma vertical de cada extremo a una altura de la plataforma o piso suficiente como para que la energía potencial sea 488 J, pero en ningún caso la altura del extremo inferior será mayor a 1800 mm.

Se dejará caer un cilindro sobre una superficie abovedada de forma tal que su eje longitudinal forme un ángulo de 45° con la superficie de impacto, desde una altura tal que el centro de gravedad se encuentre a 1800 mm; no obstante, si el extremo inferior se encuentra a menor altura que 600 mm, se deberá cambiar el ángulo de caída a fin de mantener la altura mínima a 600 mm y el centro de gravedad a 1800 mm.

Luego del impacto de caída, los cilindros serán ciclados a presión entre 2 MPa y 26 MPa a temperatura ambiente, inicialmente durante 3.000 ciclos y luego durante 12.000 ciclos adicionales.

El cilindro no deberá presentar pérdidas ni roturas dentro de los 3.000 primeros ciclos, pero podrá presentar pérdidas durante los 12.000 ciclos adicionales. Todos los cilindros que completen este ensayo serán destruidos.

#### **A.21 Ensayo de permeabilidad**

Sólo se requiere este ensayo para los diseños tipo GNC-4. Deberá llenarse un cilindro terminado con gas natural comprimido a presión de trabajo; se lo colocará en una cámara cerrada y sellada a temperatura ambiente y será monitoreado durante 500 hs para observar la presentación de pérdidas. El nivel de permeabilidad deberá ser inferior a 0,25 ml de gas natural por hora por litro de capacidad de agua del cilindro. El cilindro deberá ser seccionado y las superficies internas inspeccionadas a fin de detectar cualquier signo de fisuras o de deterioro.

#### **A.22 Propiedades de tracción de los plásticos**

La tensión de fluencia a la tracción y el alargamiento final del material plástico del "liner" deberá determinarse a -50 °C de acuerdo con la Norma ISO 527-2.

Los resultados del ensayo deberán demostrar las propiedades dúctiles del material plástico del "liner" a temperaturas de -50 °C o inferiores, cumpliendo los valores especificados por el fabricante.

#### **A.23 Temperatura de ablandamiento de los plásticos**

Los materiales poliméricos de los "liner" terminados serán ensayados de acuerdo con el método descrito en la Norma ISO 306.

La temperatura de ablandamiento será de por lo menos 100 °C.

#### **A.24 Ensayos de lote de la Protección externa**

##### **A.24.1 Espesor de la Protección externa**

El espesor de la Protección externa será medido de acuerdo con la Norma ISO 2808 y deberá cumplir con los requisitos del diseño.

##### **A.24.2 Adhesión de la Protección externa**

La resistencia de adhesión de la Protección externa deberá medirse de acuerdo con la Norma ASTM G33-59, y deberá tener un nivel mínimo de 4A o 4B, según corresponda,

#### **A.25 Ensayo de torque en el inserto metálico**

Deberá impedirse que el cuerpo del cilindro rote y deberá aplicarse en cada inserto metálico del cilindro un torque de dos veces el torque especificado por el fabricante para la instalación de la válvula o dispositivo de alivio de presión. El torque deberá aplicarse, en primer lugar, como si se ajustara una conexión a rosca, luego como si se la desajustara y, finalmente, como si se la ajustara nuevamente.

Luego, el cilindro será sometido a un ensayo de pérdida de acuerdo con el punto A.10.

#### **A.26 Resistencia de la resina al esfuerzo de corte**

Los materiales de la resina deben ensayarse sobre una muestra representativa del revestimiento exterior compuesto de acuerdo con la Norma ISO 14130. Luego de hervir durante 24 hs en agua, el compuesto debe presentar una resistencia mínima de la resina al esfuerzo de corte de 13,8 MPa.

#### **A.27 Ensayo de ciclado con gas natural**

Deberá prestarse especial atención a la seguridad en el momento de realizar este ensayo. Con anterioridad a la realización de este ensayo, los cilindros de este diseño habrán aprobado satisfactoriamente los requisitos de ensayo de A.10 (ensayo de pérdida), de A.12 (ensayo de estallido por presión hidráulica), de A.13 (ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente) y de A.21 (ensayo de permeabilidad).

Un cilindro terminado del tipo GNC-4 será ciclado a presión utilizando gas natural comprimido entre menos de 2 MPa y la presión de trabajo durante 1.000 ciclos. El tiempo de llenado será de 5 minutos como máximo. A menos que el fabricante especifique lo contrario, deberán tomarse los recaudos necesarios para asegurar que las temperaturas durante el venteo no excedan las condiciones definidas de servicio.

El cilindro será sometido al ensayo de pérdida de acuerdo con A.10 y deberá cumplir con los requisitos allí establecidos. Luego de completado el ciclado con gas natural, el cilindro será seccionado, y el "liner" y la superficie de contacto del "liner" con el inserto metálico, serán inspeccionados a fin de detectar cualquier signo de deterioro, como por ejemplo, fisuras por fatiga o descarga electrostática.

## B

### Inspección ultrasónica

#### B.1 Alcance

Este anexo se basa en las técnicas utilizadas por los fabricantes de cilindros.

#### B.2 Requisitos generales

El equipo para realizar el ensayo ultrasónico deberá poder detectar al menos el modelo de referencia según se describe en el punto B.3.2. Asimismo, el equipo deberá mantenerse regularmente de acuerdo con las instrucciones de operación de su fabricante para asegurar su exactitud. Se deberán guardar los informes de inspección y certificados de aprobación del equipo.

El manejo del equipo de ensayo será realizado por personal entrenado y deberá ser supervisado por personal calificado y con experiencia, que esté certificado con el nivel 2 de la norma ISO 9712-1999.

Las superficies interiores y exteriores de los cilindros sometidos a inspección ultrasónica deberán tener las condiciones propias de la producción para poder ser sometidas a un ensayo preciso y reproducible.

Se deberá emplear el sistema de eco de pulsos para detectar defectos. Para medir el espesor se utilizará el método de resonancia o el sistema de eco de pulsos. Se usarán técnicas de ensayo por contacto o inmersión.

Se utilizará un método de acoplamiento que asegure una adecuada transmisión de energía ultrasónica entre el cabezal de medición y el cilindro.

#### B.3 Detección de defectos en las partes cilíndricas

##### B.3.1 Procedimiento

Los cilindros a ser inspeccionados y la unidad de búsqueda deberán tener un movimiento de rotación y traslación relacionados entre sí, de modo que se describa un escaneo helicoidal del cilindro. La velocidad de rotación y traslación será constante dentro de  $\pm 10\%$ . El paso de la hélice deberá ser inferior al ancho cubierto por el cabezal de medición (se deberá garantizar una superposición de por lo menos un 10 %) y estará relacionado con el ancho efectivo del haz, de modo de asegurar una cobertura del 100 % a la velocidad de rotación y traslación utilizada durante el procedimiento de calibración.

Un método alternativo de escaneo puede utilizarse para detectar un defecto transversal, en el que el escaneo o movimiento relativo de los cabezales de medición y la pieza de trabajo sea longitudinal, y el movimiento de barrido asegure una cobertura de la superficie del 100 % con alrededor de un 10 % de superposición de los barridos.

La pared del cilindro será ensayada para verificar defectos longitudinales transmitiendo la energía ultrasónica en ambas direcciones circunferenciales, y para verificar defectos transversales transmitiéndola en ambas direcciones longitudinales.

En este caso, o cuando se realice un ensayo opcional en las zonas de transición entre la pared y el cuello o entre la pared y la base, si esto no se hace automáticamente, se puede hacer manualmente.

La efectividad del equipo deberá ser controlada periódicamente contra un modelo de referencia a través del procedimiento de ensayo. Este control deberá realizarse por lo menos al comienzo y al final de cada turno de producción. Si durante este control no se detectara la presencia de la entalladura de referencia apropiada, todos los cilindros ensayados luego del último control para su aceptación deberán ser reensayados luego de que el equipo haya sido puesto nuevamente en funcionamiento.

##### B.3.2 Modelo de referencia-

Un modelo de referencia, con un largo conveniente, deberá prepararse de un cilindro cuyos diámetro y espesor de pared sean de similar rango que los del cilindro a ser inspeccionado; y cuyas características acústicas y terminación superficial del material sean las mismas que las del cilindro a ser inspeccionado. El modelo de referencia no deberá presentar discontinuidades que puedan interferir en la detección de las entalladuras de referencia.

Las entalladuras de referencia, tanto longitudinales como transversales, deberán ser maquinadas en la superficie interior y exterior del modelo. Las entalladuras deberán estar separadas de modo que cada una pueda ser claramente identificada.

Las dimensiones y la forma de las entalladuras tienen una importancia crucial para ajustar el equipo (ver Figuras B.1 y B.2):

- el largo de las entalladuras ( $E$ ) no será superior a 50 mm;
- el ancho ( $W$ ) no será superior al doble de la profundidad nominal ( $T$ ); sin embargo, cuando no se pueda cumplir esta condición, se admitirá un ancho máximo de 1 mm;
- la profundidad de las entalladuras ( $T$ ) deberá ser de  $5\% \pm 0,75\%$  del espesor nominal ( $S$ ) con un mínimo de 0,2 mm y un máximo de 1 mm, en el largo total de la entalladura; se permiten desviaciones en los extremos;
- la entalladura deberá ser filosa en su intersección con la superficie de la pared del cilindro. El corte transversal de la entalladura deberá ser rectangular, excepto que se utilicen métodos de maquinado por electroerosión; en este caso se admite que el fondo de la entalladura sea redondeado;
- la forma y dimensiones de la entalladura deberán demostrarse a través de un método adecuado.

#### B.4 Calibración del equipo

Al utilizar el modelo de referencia descrito en B.3.2, el equipo deberá ajustarse para producir indicaciones claramente identificables de las entalladuras de referencia interiores y exteriores. La amplitud de las indicaciones deberá ser tan aproximadamente igual como sea posible. La indicación de la amplitud menor será utilizada como el nivel de rechazo y para ajustar los dispositivos visuales, audibles, de registro o de clasificación. El equipo será calibrado con el modelo de referencia o según el cabezal de medición, o ambos, moviéndolo de la misma forma, en la misma dirección y con la misma velocidad, con las que se realizará la inspección del cilindro. Todos los elementos visuales, audibles, de registro o de clasificación deberán operar satisfactoriamente a la velocidad de ensayo.

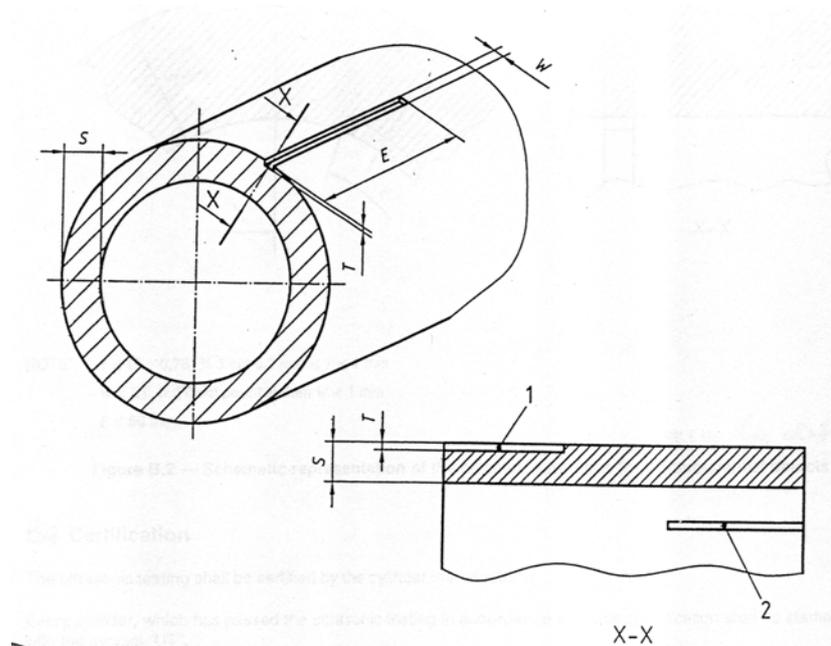
#### B.5 Medición del espesor de pared

Si no se realiza la medición del espesor de pared en otro momento de la producción, la parte cilíndrica será examinada en su totalidad para asegurar que el espesor de la pared no sea inferior al valor mínimo garantizado.

#### B.6 Interpretación de los resultados

Se retirarán los cilindros que tengan indicaciones iguales o mayores a la más baja de las indicaciones provenientes de las entalladuras de referencia. Podrán sacarse los defectos de superficie; luego, los cilindros serán sometidos nuevamente a la detección ultrasónica de defectos y a la medición de espesor.

Se rechazará todo cilindro que esté por debajo del espesor de pared mínimo garantizado.

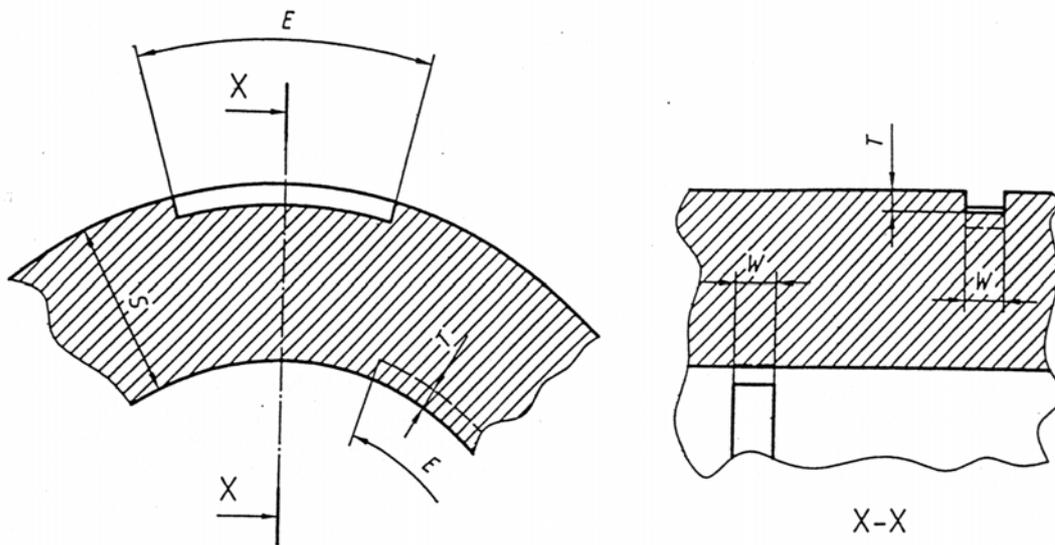


#### Referencias:

- 1 Entalladura de referencia externa
- 2 Entalladura de referencia interna

NOTA:  $T \leq (5 \pm 0,75)\% S$  pero  $0,2 \text{ mm} \leq T \leq 1 \text{ mm}$   
 $W \leq 2T$ , pero si no fuera posible, entonces  $W \leq 1 \text{ mm}$   
 $E \leq 50 \text{ mm}$

**Figura B.1 – Detalles y dimensiones de diseño de las entalladuras de referencia para la detección de defectos longitudinales**



NOTA:  $T \leq (5 \pm 0,75) \% S$  pero  $0,2 \text{ mm} \leq T \leq 1 \text{ mm}$   
 $W \leq 2T$ , pero si no fuera posible, entonces  $W \leq 1 \text{ mm}$   
 $E \leq 50 \text{ mm}$

**Figura B.2 – Esquema de representación de las entalladuras de referencia para la detección de defectos circunferenciales**

### B.7 Documentación

El fabricante del cilindro deberá documentar el ensayo ultrasónico.

Todos los cilindros que hayan aprobado el ensayo ultrasónico de acuerdo con esta especificación deberán estamparse con el símbolo "UT". \_\_\_\_\_

## C

**Procedimientos de aprobación y certificación****C.1 Generalidades**

La certificación del fabricante, la aprobación del cilindro y el monitoreo de los procedimientos de control/inspección de calidad son realizadas normalmente por la autoridad reguladora o una autoridad ~~de inspección~~ independiente autorizada y designada por la autoridad reguladora. Este anexo describe los pasos relacionados con esos procedimientos.

**C.2 Certificación del fabricante o importador**

Para obtener la certificación en un país, el fabricante o importador debe solicitarla a la autoridad reguladora o a quien ésta designe. Dicha solicitud debe contener documentación relacionada con el diseño, el proceso, el control/~~inspección~~ de calidad y la inspección, según se dispone en 5 de este Reglamento técnico.

La autoridad reguladora o a quien ésta designe otorga al fabricante la certificación a través de los siguientes pasos y emite un "certificado de aprobación".

- la autoridad reguladora o a quien ésta designe realiza, , un análisis in situ de la planta de fabricación, incluyendo el equipamiento y el control de calidad. Se realiza la observación de los procesos de fabricación, ensayo e inspección. Esto es a los fines de verificar que la planta, el equipamiento, el personal y los sistemas utilizados sean los adecuados para la fabricación de cilindros según este Reglamento técnico.
- la autoridad reguladora, o quien ésta designe, realiza ensayos de los cilindros seleccionados de un lote de producción prototipo. Estos ensayos deben cumplir los requisitos de aprobación de diseño según se dispone en este Reglamento técnico, de acuerdo con el tipo específico de diseño de cilindro de que se trate.

**C.3. Aprobación del tipo de cilindro**

**C.3.1** Luego de recibir la solicitud para la aprobación de un tipo de cilindro, la autoridad reguladora o quien ésta designe

- examinará los documentos técnicos para verificar que el cilindro haya sido fabricado de conformidad con la documentación técnica y que el diseño cumpla con las disposiciones pertinentes de este Reglamento técnico;
- acuerda con el solicitante el lugar en el cual se realizarán los análisis y ensayos;
- realiza los exámenes y ensayos especificados para determinar que haya sido aplicada este Reglamento técnico y que los procedimientos adoptados por el fabricante cumplen los requisitos de este Reglamento técnico;

**C.3.2** Cuando el tipo de cilindro cumpla con los requisitos de este Reglamento técnico, la autoridad reguladora o quien ésta designe otorgará al solicitante un certificado de aprobación. El certificado debe contener el nombre y dirección del fabricante, los resultados y conclusiones de los exámenes y los datos necesarios para la identificación del cilindro aprobado. Debe anexarse al certificado una lista de las partes relevantes de la documentación técnica. La autoridad reguladora o quien ésta designe y el fabricante deben guardar copia de la documentación.

Se indica para cada fabricante o importador una identificación, que debe estamparse o marcarse adecuadamente en el cilindro.

**C.3.3** Si se le negara al fabricante o importador la aprobación del cilindro según este Reglamento técnico, la autoridad reguladora o quien ésta designe manifestará detalladamente los motivos por escrito.

**C.3.4** Es necesario que el fabricante o importador informe a la autoridad reguladora o quien ésta designe que emitió la certificación de aprobación del cilindro, sobre cualquier modificación del equipamiento o procedimientos aprobados. Se necesitará una aprobación adicional cuando esos cambios no estén de acuerdo con la aprobación original de los cilindros; esta aprobación adicional será otorgada como modificación del certificado original de aprobación del cilindro.

**C.3.5** Cuando fuera requerido, cada autoridad reguladora de un Estado Parte comunicará a la autoridad reguladora de otro Estado Parte la información pertinente relativa a cada aprobación de cilindro , modificaciones aprobadas y aprobaciones canceladas según Reglamento técnico.

**C.4 Informes y certificados****C.4.1 Generalidades**

El fabricante o importador del cilindro guardará los certificados de aprobación y mantendrá un archivo con la documentación técnica. El informe cumplirá con este anexo y será firmado por el representante autorizado por el fabricante o importador. El informe deberá guardarse por no menos de 15 años o durante la vida útil del cilindro.

El fabricante o importador del cilindro suministrará al comprador del cilindro, como mínimo, la información solicitada en el Formulario 1 del anexo E.

#### **C.4.2 Certificado de aprobación del producto**

El certificado de aprobación del producto incluirá los siguientes datos, además de los datos de ensayo para los requisitos pertinentes de aprobación del diseño:

- a) planos y cálculos de diseño;
- b) identificación del material del cilindro, y certificado de análisis y resultado de todo ensayo no destructivo de los lotes de material con los cuales se fabricaron los cilindros;
- c) resultado de los ensayos mecánicos, químicos y no destructivos del cilindro, o del "liner" y del sobrbobinado;
- d) capacidad en agua de cada cilindro expresada en litros (l);
- e) resultados de los ensayos de presión que indiquen (si correspondiera) que la expansión volumétrica registrada para el cilindro está por debajo del máximo permitido;
- f) espesor mínimo de diseño y espesor efectivo del cilindro, o del "liner" revestimiento interior y sobrbobinado;
- g) masa real (kg).

#### **C.4.3 Informe del producto**

El informe del producto fabricante deberá suministrar, como mínimo, la información que se dispone en el Formulario 1 del anexo E.

**D**

**Tamaño del defecto en el ensayo no destructivo por ciclado del cilindro con fallas.**

Se deberá utilizar el siguiente procedimiento para determinar el tamaño del defecto en el ensayo no destructivo para los diseños tipo GNC-1, GNC-2 y GNC-3:

- a) para los diseños tipo GNC-1 que tengan un sector sensible de fatiga en la parte cilíndrica, introducir defectos externos en la pared lateral;
- b) para los diseños tipo GNC-1 que tengan un sector sensible de fatiga fuera de la pared lateral, y para los de tipo GNC-2 y GNC-3, introducir defectos internos; los defectos internos pueden ser maquinados antes del tratamiento térmico y cierre del extremo del cilindro;
- c) dimensionar estos defectos artificiales para que excedan la capacidad de detección del largo y la profundidad del defecto, por el método de inspección del ensayo no destructivo;
- d) ciclar a presión hasta que presenten fallas tres cilindros que tengan estos defectos artificiales, según el método de ensayo especificado en A.13.

Si los cilindros no pierden ni se rompen en menos de 1.000 ciclos multiplicados por la vida útil expresada en años, el tamaño de defecto permitido para el ensayo no destructivo será igual o menor que el tamaño del defecto artificial en esa ubicación.

---

## E

### Formularios de informe

#### E.1 Generalidades

Este anexo brinda una guía acerca del tipo de información a ser incluida en el archivo de documentación técnica relacionada con la aprobación del cilindro. Se suministran ejemplos de formatos adecuados para el Formulario 1 y para el Formulario 7. Los Formularios 2 a 6 deben ser preparados por el fabricante o importador para identificar con exactitud los cilindros y sus requisitos. Cada informe deberá ser firmado por la autoridad de inspección independiente autorizada y por el fabricante o importador.

#### E.2 Lista de formularios

La documentación debe incluir los formularios detallados a continuación:

- Formulario 1) Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad – debe ser claro y fácil de leer. Se da un ejemplo de formato adecuado en la Figura E.1.
- Formulario 2) Informe del Análisis Químico del Material de los Cilindros, “liners” de metal o insertos metálicos, de Metal – debe incluir elementos esenciales, identificación, etcétera.
- Formulario 3) Informe de las Propiedades Mecánicas del Material de los Cilindros y “liner” de Metal – se deben informar todos los ensayos requeridos por este Reglamento técnico.
- Formulario 4) Informe de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales para los “liner” No-metálicos – se deben informar todos los ensayos y brindar la información requerida por este Reglamento técnico .
- Formulario 5) Informe de los Análisis del Compuesto – se deben informar todos los ensayos y datos requeridos por este Reglamento técnico.
- Formulario 6) Informe de los Ensayos Hidráulicos, de Ciclos de presión y de Estallido – se debe informar el ensayo y los datos requeridos por este Reglamento técnico.
- Formulario 7) Certificado de Aprobación de Tipo – en la Figura E.2 se da un ejemplo de formato adecuado.

**Figura E.1 – Formato de ejemplo para el Formulario 1: Informe de Fabricación y Certificado de Conformidad**

Fabricado por: \_\_\_\_\_

Ubicado en: \_\_\_\_\_

Número de registro: \_\_\_\_\_

Identificación y número del fabricante: \_\_\_\_\_

Número de serie: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ inclusive

Código de homologación: \_\_\_\_\_

TAMAÑO: Diámetro exterior: \_\_\_\_\_ mm; Largo \_\_\_\_\_ mm

Las marcas estampadas en la ojiva o en las etiquetas del cilindro son:

- a) "SOLO GNC": \_\_\_\_\_
- b) "NO USAR CON POSTERIORIDAD A": \_\_\_\_\_
- c) Identificación del fabricante: \_\_\_\_\_
- d) Número de serie o parte: \_\_\_\_\_
- e) Presión de trabajo, expresada en bar: \_\_\_\_\_
- f) Norma ISO \_\_\_\_\_
- g) Protección contra incendio: Tipo \_\_\_\_\_
- h) Fecha del ensayo original (mes y año): \_\_\_\_\_
- i) Masa del cilindro vacío, expresada en kg: \_\_\_\_\_
- j) Identificación del órgano autorizado o Inspector: \_\_\_\_\_
- k) Capacidad en agua, expresada en  $dm^3$  : \_\_\_\_\_
- l) Presión de ensayo, expresada en bar: \_\_\_\_\_
- m) Indicaciones especiales: \_\_\_\_\_

Cada cilindro fue fabricado de acuerdo con todos los requisitos establecidos en la Norma ISO \_\_\_\_\_ y de acuerdo con la descripción del cilindro arriba enunciada. Se adjuntan los informes de los resultados de los ensayos solicitados.

Por la presente certifico que todos estos ensayos fueron satisfactorios en todo sentido y que cumplen con los requisitos ISO normalizados establecidos en la norma ISO arriba enunciada \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Organismo autorizado u organismo de inspección: \_\_\_\_\_

Firma del inspector: \_\_\_\_\_

Firma del fabricante: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Figura E.2 – Formato de ejemplo para el Formulario 7: Certificado de aprobación de tipo-

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TIPO**

Emitido por: \_\_\_\_\_

(Autoridad de inspección autorizada)

\_\_\_\_\_

Se aplicó la norma ISO ... \_\_\_\_\_

A

(TIPO DE CILINDRO)

---

Número de aprobación \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Tipo de cilindro: \_\_\_\_\_

*(Descripción de la familia de cilindros – número de plano- que ha recibido la aprobación de tipo)*

Presión de servicio: \_\_\_\_\_ bar

Fabricante o agente \_\_\_\_\_

*(Nombre y dirección del fabricante o agente)*

La información puede obtenerse de: \_\_\_\_\_

*(Nombre y dirección del Organo de Aprobación)*

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Lugar \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(firma del inspector)

## F

### Ensayo ante condiciones ambientales

#### F.1 Generalidades

Este ensayo se aplica únicamente a los tipos de cilindro GNC-2, GNC-3 y GNC-4.

#### F.2 Disposición y preparación del cilindro

Se ensayan dos cilindros ubicados en una forma representativa de la configuración geométrica de su instalación, incluyendo la Protección externa (si correspondiera), los dispositivos de sujeción, juntas y accesorios a presión, utilizando la misma configuración de sellado (es decir, juntas tóricas) que la utilizada durante el servicio. Los dispositivos de sujeción pueden ser pintados o revestidos antes de su instalación en el ensayo de inmersión si están pintados o revestidos antes de la instalación en el vehículo.

Se someten los cilindros a preacondicionamiento de acuerdo con el punto F.3 y luego se los somete a distintos ensayos ante condiciones ambientales, presiones y temperaturas según el punto F.5.

Aunque el preacondicionamiento y la exposición a los fluidos se realiza en la parte cilíndrica del cilindro, todo el cilindro, incluyendo las partes abovedadas, debe ser resistente a su exposición a condiciones ambientales como lo son las zonas expuestas.

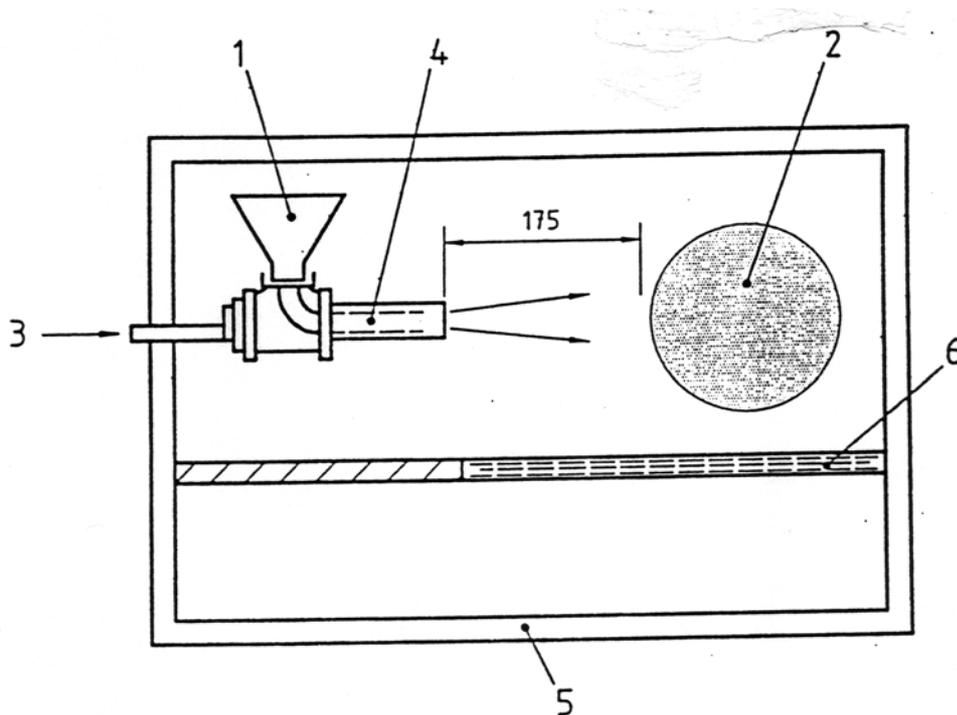
Como alternativa, se puede adoptar el método de un solo cilindro, por medio del cual el ensayo por inmersión ante condiciones ambientales y los ensayos de exposición a otros fluidos se realizan en un solo cilindro. En este caso, se debe prestar especial atención para evitar que los fluidos se contaminen entre sí.

#### F.3 Preacondicionamiento

##### F.3.1 Equipo para realizar el preacondicionamiento

Se necesitan los siguientes equipos para realizar el preacondicionamiento del cilindro de ensayo por medio del impacto de péndulo y ripio.

- a) El equipo para el impacto de péndulo incluye:
  - un cuerpo de impacto de acero, que tenga la forma de una pirámide con lados triangulares equiláteros y una base cuadrada, estando la punta y los bordes redondeados a un radio de 3 mm;
  - un péndulo, cuyo centro de percusión coincida con el centro de gravedad de la pirámide; su distancia desde el eje de rotación del péndulo debe ser de 1 m y la masa total del péndulo en relación con el centro de percusión debe ser de 15 kg;
  - un medio para poder determinar que la energía del péndulo en el momento del impacto no sea inferior a 30 Nm y esté lo más cerca posible de ese valor;
  - un medio para mantener el cilindro en posición durante el impacto, sostenido por los extremos o por los dispositivos de sujeción utilizados para instalar los cilindros.
- b) El equipo de impacto de ripio incluye:
  - un equipo de impacto, construido según las especificaciones de diseño de la Figura F.1 y que pueda ser operado de acuerdo con la norma ASTM D 3170-87, excepto por el hecho de que el cilindro puede estar a temperatura ambiente durante el impacto de ripio;
  - ripio, incluyendo ripio aluvional de caminos que pase por un tamiz de 16 mm pero que quede retenido en un tamiz de 9,5 mm. Cada aplicación consistirá en 550 ml de ripio graduado (aproximadamente 250 a 300 piedras).



**Referencias:**

- 1 Embudo
- 2 Tanque de combustible
- 3 Entrada de aire
- 4 Conducto de 50 mm
- 5 Cabina de aproximadamente 500 mm de ancho
- 6 Tamiz de clasificación por tamaños

**Figura F.1 – Equipo para el impacto de ripio**

**F.3.2 Procedimiento de acondicionamiento**

**F.3.2.1 Preacondicionamiento para el ensayo por inmersión ante condiciones ambientales**

Se requiere que la parte del contenedor a ser utilizada para el ensayo ante “condiciones ambientales por inmersión” (ver F.4.1) sea acondicionada tanto por el impacto de péndulo como de ripio.

Con el cilindro sin presurizar, acondicionar la parte central del cilindro que será sumergida, con un impacto del cuerpo del péndulo en tres ubicaciones, separadas aproximadamente unos 150 mm. Luego del impacto, acondicionar cada una de las tres ubicaciones aplicando el impacto de ripio.

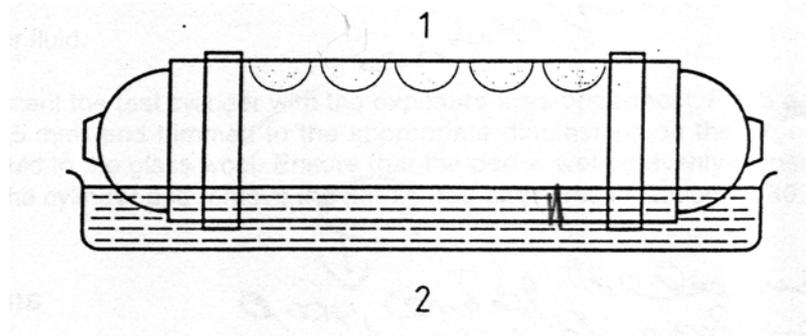
Además, acondicionar un lugar, dentro de la parte sumergida de cada sección abovedada y dentro de los 50 mm (tomados por el eje) desde la tangente, por un solo impacto del cuerpo del péndulo.

**F.3.2.2 Preacondicionamiento para el ensayo de exposición a otros fluidos**

Se requiere el acondicionamiento por el impacto de ripio sólo en la parte del contenedor a ser utilizada para el ensayo de “exposición a otro fluido” (Ver F.4.2)

Dividir la sección superior del cilindro utilizado para el ensayo de “exposición a otros fluidos” en cinco áreas distintas de un diámetro nominal de 100 mm y marcar estas zonas para su acondicionamiento y exposición a fluidos (Ver Figura F.2). Asegurar que las zonas no se superpongan en la superficie del cilindro y, en el caso de aplicar el método del único cilindro, no superponer la sección inmersa del cilindro. Cuando resulte conveniente para el ensayo, las áreas no necesitarán orientarse a lo largo de una única línea.

Con el cilindro sin presurizar, acondicionar cada una de las cinco áreas identificadas en la figura F.2 para su exposición a otro fluido con la aplicación del impacto de ripio.



#### Referencias:

- 1 Áreas de exposición a otro fluido
- 2 Área de inmersión (tercio inferior)

**Figura F.2 – Orientación del cilindro y disposición de las áreas de exposición**

### F.4 Condiciones ambientales

#### F.4.1 Condiciones ambientales de inmersión

En los pasos que corresponda en la secuencia de ensayo (ver Tabla F.1) orientar el cilindro horizontalmente para poder sumergir el tercio inferior del diámetro del cilindro en una solución acuosa simulada de lluvia ácida/sal de camino que tenga los compuestos enumerados a continuación:

- agua desionizada;
- cloruro de sodio: 2,5 % (fracción en masa)  $\pm 0,1$  %;
- cloruro de calcio: 2,5 % (fracción en masa)  $\pm 0,1$  %;
- ácido sulfúrico: el necesario para lograr una solución pH de  $4,0 \pm 0,2$ .

Ajustar el nivel de la solución y pH antes de cada paso del ensayo donde se utilice este líquido.

Mantener la temperatura del baño a  $21 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Durante la inmersión, mantener la parte sin sumergir del cilindro al aire ambiente.

#### F.4.2 Exposición a otro fluido

En los pasos que corresponda en la secuencia de ensayo (ver Tabla F.1) exponer cada zona marcada a una de cinco soluciones durante 30 minutos. Utilizar las mismas condiciones ambientales para cada ubicación en todo el ensayo. Las soluciones son las siguientes:

- ácido sulfúrico: 19 % (fracción volumétrica) solución acuosa;
- hidróxido de sodio: 25 % (fracción en masa) solución acuosa;
- metanol/gasolina: concentraciones de 30/70 %;
- nitrato de amonio: 28 % (fracción en masa) solución acuosa;
- fluido limpiaparabrisas.

Durante su exposición, orientar el cilindro de ensayo con la zona de exposición hacia arriba. Poner un paño de lana de vidrio del espesor de una capa (aproximadamente 0,5 mm), recortado según las dimensiones de la zona de exposición. Utilizando una pipeta, aplicar 5 ml del fluido de ensayo en la lana de vidrio. Asegurarse de que ésta esté húmeda en forma pareja en toda su superficie y espesor. Presurizar el cilindro y sacar el paño de lana de vidrio luego de presurizar por 30 minutos.

### F.5 Condiciones de ensayo

#### F.5.1 Ciclado a presión

En el paso que corresponda en la secuencia de ensayo (ver Tabla F.1) someter el cilindro a ciclos de presión hidráulica de entre 2 MPa y 26 MPa para los pasos de temperatura ambiente y alta, y de entre 2 MPa y 16 MPa para los pasos de

temperatura baja. Mantener la presión máxima durante un período mínimo de 60 segundos y asegurarse de que cada ciclo completo no dure menos de 66 segundos.

### F.5.2 Exposición a alta y baja temperatura

En los pasos que corresponda en la secuencia de ensayo (ver Tabla F.1) llevar la superficie del cilindro a una temperatura en aire alta o baja. La temperatura baja no deberá ser mayor que  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la temperatura alta deberá ser de  $82\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tomadas en la superficie del cilindro.

### F.6 Procedimiento de ensayo

El procedimiento de ensayo es el siguiente:

- preacondicionar los cilindros (o un cilindro, si se adopta la alternativa de un solo cilindro) de acuerdo con el punto F.3.2;
- realizar las secuencias de exposición a condiciones ambientales, ciclado a presión y exposición a temperatura descritas en la Tabla F.1; no lavar o limpiar la superficie del cilindro entre las distintas etapas;
- luego de completadas las secuencias, someter a los cilindros (o cilindro) a un ensayo de estallido por presión hidráulica hasta que se destruya, según el punto A.12.

### F.7 Resultados admisibles

Se considera que el ensayo ha sido satisfactorio si la presión de estallido de los cilindros (o cilindro) no es inferior a 1,8 veces la presión de servicio.

**Tabla F.1 – Condiciones y secuencia de ensayo**

Pasos del ensayo			Condiciones Ambientales	Cantidad de ciclos de presión	Temperatura
Método con dos cilindros		Método con un cilindro			
Cilindro en inmersión	Otros fluidos	Alternativa de un único cilindro			
—	1	1	Otros fluidos (40 min)	—	Ambiente
1	—	2	Inmersión	500 por vida útil (en años)	Ambiente
—	2	—	Aire	500 por vida útil (en años)	Ambiente
—	3	3	Otros fluidos (40 min)	—	Ambiente
2	4	4	Aire	250 por vida útil (en años)	Baja
—	5	5	Otros fluidos (40 min)	—	Ambiente
3	6	6	Aire	250 por vida útil (en años)	Alta

**G****Verificación de las relaciones de tensión utilizando medidores de tensión**

El presente anexo establece un procedimiento que debe ser utilizado para verificar las relaciones de tensión mediante el uso de medidores de tensión.

- a) La relación tensión/deformación para las fibras siempre es elástica; por lo tanto, las relaciones de tensión y las relaciones de deformación son iguales.
- b) Se requieren medidores de tensión de alto alargamiento.
- c) Los medidores de tensión deberán orientarse en la dirección de las fibras sobre las que son colocados (es decir, con fibras circunferencialmente bobinadas en el exterior del cilindro, colocar los medidores de tensión en dirección circunferencial).
- d) **Método 1** (aplicable a cilindros que no utilizan una alta tensión de bobinado )
  - 1) Antes del autozunchado, aplicar los medidores de tensión y calibrar.
  - 2) Medir las deformaciones en el autozunchado, a presión cero luego del autozunchado y a presión de trabajo y presión de estallido mínima.
  - 3) Confirmar que la deformación a la presión de estallido dividida por la deformación a la presión de trabajo cumpla con los requisitos de la relación de tensión. Para una fabricación híbrida, la deformación a la presión de trabajo se compara con la deformación por rotura de los cilindros reforzados con un solo tipo de fibra.
- e) **Método 2** (aplicable a todos los cilindros)
  - 1) A presión cero luego del bobinado y autozunchado, colocar los medidores de deformación y calibrar.
  - 2) Medir las deformaciones a presión cero, presión de trabajo y presión de estallido mínima.
  - 3) A presión cero, luego de tomadas las medidas de deformación a presión de trabajo y presión de estallido "mínima, y con los medidores de tensión monitoreados, cortar la sección del cilindro de manera que la parte que contiene el medidor de tensión sea de aproximadamente 125 mm de largo. Retirar el "liner" sin dañar el compuesto. Medir las deformaciones luego de retirado el "liner".
  - 4) Ajustar las lecturas de deformación a presión cero, presión de trabajo y presión de estallido mínima con la suma de la deformación medida a presión cero con el "liner" y sin éste.
  - 5) Confirmar que la deformación a presión de estallido dividida por la deformación a presión de trabajo cumpla con los requisitos de la relación de tensión. Para una fabricación híbrida, la deformación a presión de trabajo se compara con la deformación por rotura de los cilindros reforzados con un solo tipo de fibra.

## H

### Instrucciones del fabricante o importador para la manipulación, uso e inspección de los cilindros

#### H.1 Generalidades

El objetivo primordial de las instrucciones del fabricante o importador es el de suministrar una guía al comprador, distribuidor, instalador y usuario para el uso seguro del cilindro durante su vida útil.

#### H.2 Distribución

El fabricante o importador deberá aconsejar al comprador que suministre estas instrucciones a todas las partes que intervengan en la distribución, manipuleo, instalación y uso de los cilindros.

El documento podrá ser reproducido a fin de suministrar la cantidad de copias suficientes para este fin; no obstante, deberá ser marcado haciendo referencia a los cilindros que se entregan.

#### H.3 Referencia a códigos, normas y reglamentaciones existentes

Podrán establecerse instrucciones específicas haciendo referencia a códigos, normas y reglamentaciones nacionales o reconocidas.

#### H.4 Manipulación del cilindro

Los procedimientos para el manipuleo de los cilindros deberán ser descritos de manera tal de asegurar que éstos no sufran daños ni contaminaciones inaceptables durante su manipuleo.

#### H.5 Instalación

Deberán suministrarse las instrucciones para la instalación de los cilindros de manera tal de asegurar que éstos no sufran daños inaceptables durante su instalación ni durante su funcionamiento normal en toda su vida útil.

Cuando el fabricante especifique el montaje de los cilindros, las instrucciones deberán contener -según corresponda- detalles tales como el diseño de colocación, el uso de materiales resilientes para juntas, los torques correctos de ajuste y evitar la exposición directa del cilindro a contactos ambientales, químicos y mecánicos.

Cuando el fabricante no especifique el montaje, deberá advertir al comprador sobre posibles impactos a largo plazo del sistema de montaje en el vehículo, por ejemplo, movimientos del vehículo y expansión/contracción del cilindro bajo las condiciones de presión y temperatura de servicio.

Las ubicaciones y colocaciones de los cilindros deberán cumplir las normas reconocidas de instalación.

Si correspondiera, deberá advertirse al comprador sobre la necesidad de realizar instalaciones de manera tal que los líquidos o sólidos no se acumulen causando un daño material al cilindro.

Deberá especificarse el dispositivo de alivio de presión que se colocará.

Las válvulas, dispositivos de alivio de presión y conexiones del cilindro deberán ser protegidas contra rotura por colisión. Si esta protección se coloca en el cilindro, el diseño y método de adhesión deberán ser aprobados por el fabricante del cilindro. Algunos factores a ser considerados incluyen la capacidad del cilindro de soportar cualquier carga de impacto transferida, y el efecto de deformaciones localizadas, en la vida del cilindro, por tensiones y fatiga.

#### H.6 Uso de los cilindros

El fabricante o importador deberá advertir al comprador sobre las condiciones de servicio especificadas en esta Reglamento técnico, sobre todo en lo que respecta a la cantidad de ciclos permitida para el cilindro, su vida en años, los límites de calidad del gas y las presiones máximas permitidas.

#### H.7 Inspección en servicio

El fabricante o importador deberá especificar con claridad la obligación del usuario de cumplir con los requisitos necesarios de inspección del cilindro (por ejemplo, intervalos de reinspección, por personal autorizado, etc.). Esta información deberá concordar con los requisitos de aprobación del diseño y deberá cubrir los siguientes aspectos:

##### a) Recalificación periódica

Se requiere que la inspección y el ensayo se realicen de acuerdo con las reglamentaciones vigentes y futuras modificaciones pertinentes del/de los país/es en el/los que se utilicen los cilindros.

El fabricante o importador del cilindro deberá suministrar las recomendaciones para la recalificación periódica, mediante inspección visual o ensayo, durante la vida útil sobre la base del uso bajo las condiciones de servicio especificadas en

dichas recomendaciones. Cada cilindro deberá ser inspeccionado en forma visual por lo menos cada 36 meses, y cuando se realice cualquier reinstalación, a fin de detectar daños exteriores y deterioro, incluso debajo de los flejes de soporte. La inspección visual será realizada por un organismo competente aprobado o reconocido por la autoridad reguladora, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Deberán sacarse de servicio los cilindros que no posean etiquetas o sellos con la información obligatoria, o que posean etiquetas o sellos con información obligatoria ilegible. Si el cilindro puede ser identificado sin duda alguna por fabricante y número de serie, se podrá reemplazar la etiqueta o sello a fin de que el cilindro pueda continuar en servicio.

b) Cilindros que hayan sido objeto de colisiones

Los cilindros que hayan sido objeto de una colisión del vehículo serán reinspeccionados por un organismo de inspección autorizado. Los cilindros que no hayan sufrido ningún daño por impacto debido a la colisión podrán continuar en servicio; de lo contrario, el cilindro deberá ser devuelto al fabricante para su evaluación.

c) Cilindros que hayan sido objeto de incendios

Los cilindros que hayan sido objeto de la acción del fuego deberán ser reinspeccionados por un organismo de inspección autorizado, o condenados y retirados del servicio.

I  
**COLOR DEL CILINDRO**

El color del cilindro deberá ser:

**Amarillo definido como “10Y R8/14” según el CODIGO MUNSELL.**

## J

### CODIGO DE IDENTIFICACIÓN MERCOSUR (CIM)

Todos los cilindros fabricados según este Reglamento deberán estar identificados a través del siguiente Código de Identificación MERCOSUR (CIM) descripto a continuación.

**Primera sección:**

La primera sección del CIM, deberá definir el país donde se fabrica el cilindro, y se compondrá de dos letras.

**Segunda sección:**

La segunda sección del CIM, deberá definir la marca del fabricante del cilindro, y se compondrá de dos dígitos numéricos.

**Tercera sección:**

La tercera sección del CIM, deberá definir el tipo de cilindro, y se compondrá un dígito numérico.

**Cuarta sección:**

La cuarta sección del CIM, deberá definir el modelo del cilindro, y se compondrá de dos letras y tres dígitos numéricos.

**Quinta sección:**

La quinta sección del CIM, deberá definir el número de serie del cilindro, de forma tal que sea único, irrepetible y secuencial, y se compondrá de ocho dígitos numéricos.

Entre cada una de las secciones indicadas existirá un divisor, guión, que consistirá en el símbolo descripto a continuación entre paréntesis: (-).

**UNIDO V**

**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3  
“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”  
GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –  
ACTA N° 3/07**

**PROYECTO DE RESOLUCION (VERSION EN PORTUGUES)**

**RTM DE CILINDROS PARA  
ARMAZENAMENTO DE GÁS NATURAL VEICULAR (GNV) UTILIZADO COMO  
COMBUSTÍVEL A BORDO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES**

**TENDO EM VISTA:** O Tratado de Assunção, o Protocolo de Ouro Preto, a Decisão Nº 20/02 do Conselho do Mercado Comum e as Resoluções Nº 19/92, 91/93, 38/98 e 56/02 do Grupo Mercado Comum.

**CONSIDERANDO:**

Que se devem harmonizar as exigências essenciais de segurança para a fabricação, comercialização e utilização dos componentes para gás natural veicular, utilizado como combustível a bordo de veículos automotores, levando em consideração as medidas pertinentes para consolidar a proteção dos usuários deste combustível, dentro dos Estados Partes.

Que é necessário assegurar nos países do Mercosul proteção eficaz ao consumidor contra os riscos decorrentes da utilização do gás natural veicular, utilizado como combustível a bordo de veículos automotores, e dos componentes dos equipamentos associados.

**O GRUPO MERCADO COMUM  
RESOLVE:**

Art. 1º - Aprovar o “Regulamento Técnico Mercosul sobre Cilindros para armazenamento de Gás Natural Veicular (GNV) utilizado como combustível a bordo de veículos automotores” que consta como Anexo da presente Resolução.

Art. 2º - O Regulamento mencionado no artigo anterior será obrigatório para os Estados Partes a partir de 01 de janeiro de 2007.

Art. 3º - A partir da vigência desta Resolução até 31 de dezembro de 2009 coexistirá a comercialização dos cilindros fabricados de acordo com os critérios estabelecidos no “Regulamento Técnico Mercosul sobre Cilindros para armazenamento de Gás Natural Veicular (GNV) utilizado como combustível a bordo de veículos automotores”, e com as regulamentações atualmente vigentes em cada Estado Parte.

Art. 4º - Todos os cilindros para armazenamento de GNV, utilizado como combustível a bordo de veículos automotores, que a partir de 1º de janeiro de 2010 tenham cumprido 25 (vinte e cinco) anos da data de sua fabricação, não poderão mais ser comercializados nem habilitados.

Art. 5º - Os Organismos Nacionais ou Autoridades Competentes para a implementação da presente Resolução são:

Argentina: Ente Nacional Regulador del Gas - (ENARGAS)  
Brasil: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - (INMETRO)  
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)  
Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN)  
Paraguai: Ministerio de Industria y Comercio – (MIC)  
Instituto Nacional de Tecnología y Normalización – (INTN)  
Uruguai: Ministerio de Industria, Energía y Minería - (MIEM)  
Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua - (URSEA)

Art. 6º – A presente Resolução se aplicará no território dos Estados Partes, ao comércio entre eles e as importações extrazona.

Art. 7º - Os Estados Partes deverão incorporar a presente Resolução aos seus ordenamentos jurídicos nacionais antes de \_\_\_/\_\_\_/2007.

\_\_\_\_\_ GMC - Montevideú, \_\_\_/\_\_\_/07

## ANEXO

### MERCOSUL - Gás Natural Veicular (GNV)

#### Regulamento Técnico Mercosul sobre Cilindros para armazenamento de Gás Natural Veicular (GNV) utilizado como combustível a bordo de veículos automotores

##### 1 Objetivo

Este regulamento técnico estabelece os requisitos mínimos para a produção em série de cilindros leves, recarregáveis, para armazenamento de gás natural veicular a alta pressão, como combustível automotivo, fixados a bordo de veículos. As condições de serviço não subentendem carregamentos ou esforços, como os que poderiam advir de colisões entre veículos, etc.

Os cilindros para armazenamento de gás natural veicular (GNV), como combustível a bordo de veículos automotores, devem ser leves e, ao mesmo tempo, devem manter ou superar os níveis de segurança requeridos para outros vasos de pressão. Para isto, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- a) especificar, precisamente e compreensivamente, as condições de serviço como fundamento para o projeto e uso do cilindro;
- b) usar um método apropriado para determinação da vida à fadiga por meio da pressão cíclica e estabelecer os tamanhos permissíveis dos defeitos nos cilindros metálicos nos liners;
- c) requerer ensaios de qualificação de projeto;
- d) requerer ensaios não-destrutivos e inspeções para toda produção de cilindros;
- e) requerer ensaios destrutivos em cilindros e materiais de cilindros pegos de cada lote de cilindro produzido;
- f) requerer que o fabricante tenha um sistema de qualidade documentado e implantado;
- g) requerer reinspeções periódicas;
- h) requerer que os fabricantes especifiquem como parte de seus projetos, a vida útil de seus cilindros.

Os Projetos de cilindros que atendam aos requisitos deste regulamento técnico:

- a) terão a vida à fadiga superior à vida útil especificada;
- b) quando ciclados por pressão até a falha, devem vaziar mas não romper;
- c) quando submetidos a ensaio hidráulico de ruptura, devem ter fatores de “tensão na pressão de ruptura” acima da “tensão na pressão de serviço” que excedam os valores especificados para o tipo de projeto e materiais utilizados.

Este regulamento técnico abrange cilindros de qualquer aço, alumínio ou materiais de construção não metálicos, utilizando qualquer projeto ou método de fabricação próprio às condições de serviço especificadas. Este regulamento não abrange cilindros de aço inoxidável ou que empreguem solda em sua fabricação.

Os cilindros cobertos por este regulamento são designados da seguinte forma:

GNV-1 – Metálico

GNV-2 – Liner metálico reforçado com filamentos contínuos impregnados de resina (envoltos anularmente)

GNV-3 – Liner metálico reforçado com filamentos contínuos impregnados de resina (totalmente envoltos)

GNV-4 - Filamentos contínuos impregnados de resina com liner não-metálico (inteiramente de material composto)

NOTA: Cilindros projetados de acordo com as ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 e ISO 7866 podem ser usados para este serviço, desde que seus projetos atendam aos requisitos adicionais como especificados neste regulamento.

##### 2 Referências normativas

As normas de referência descritas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para este regulamento.

NOTA: Quaisquer revisões ou ajustes posteriores não se aplicam às normas de referências que contenham data de publicação.

ISO 148:1983 – Steel – Charpy impact test (V-notch);

ISO 306:1994 – Plastics – Thermoplastic materials – Determination of Vicat Softening Temperature (VST);

ISO 527-2:1993 – Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics (incorporating Technical Corrigendum 1:1994);

ISO 2808:1997 – Paints and varnishes – Determination of film thickness;

ISO 4624: - <sup>1</sup>) Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion;

ISO 6506-1:1999 – Metallic materials – Hardness test – Brinell test;

ISO 6892:1998 – Metallic materials – Tensile testing at ambient temperature;

ISO 7225 – Precautionary Labels for Gas Cylinders;

ISO 7866:1999 – Gas cylinders – Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders – Design, construction and testing;

ISO 9227:1990 – Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests;

ISO 9712:1999 – Non-destructive testing – Qualification and certification of personnel;

ISO 9809-1:1999 – Gas cylinders – Refillable seamless steel gas cylinders – Design, construction and testing – Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1100 MPa;

ISO 9809-2:2000 – Gas cylinders – Refillable seamless steel gas cylinders – Design, construction and testing – Part 2: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength greater than or equal to 1100 MPa;

ISO 9809-3:2000 – Gas cylinders – Refillable seamless steel gas cylinders – Design, construction and testing – Part 3: Normalized steel cylinders;

ISO 14130:1997 - Fibre-reinforced plastic composites – Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method;

ASTM D522-93<sup>a</sup> – Standard Test Methods for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings;

ASTM D1308-87 (1998) – Standard Test Method for Effect of Household Chemicals on Clear and Pigmented Organic Finishes;

ASTM D2794-93 (1999) e1 – Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact);

ASTM D3170-87 (1996) e1 – Standard Test Method for Chipping Resistance of Coatings;

ASTM D3418-99 – Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Differential Scanning Calorimetry

ASTM G154-00 – Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials;

NACE TM0177-962 - Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H<sub>2</sub>S Environments.

<sup>1</sup> A ser publicada (revisão da ISO 4624:1978)

<sup>2</sup> As normas NACE podem ser conseguidas junto a NACE internacional, CP218340. Houston, Texas 77218-8340, EUA.

### 3 Termos e Definições

Para os efeitos de escopo deste regulamento técnico, aplicam-se os seguintes termos e definições:

**3.1 organismo de inspeção autorizado:** Organismo de Avaliação da Conformidade, aprovado (a) ou reconhecido (a) pela autoridade reguladora do Estado Parte para a supervisão da construção e ensaios dos cilindros onde serão utilizados.

**3.2 auto-interferência:** Procedimento de aplicação de pressão usada na fabricação dos cilindros compostos com liners metálicos, que tenciona o liner além seu limite de escoamento, suficientemente para causar uma deformação plástica permanente.

**3.3 pressão de auto-interferência:** Pressão dentro do cilindro envolto por fibras, na qual a requerida distribuição de tensões entre o liner e as fibras envolventes é estabelecida.

**3.4 lote (de cilindros compostos):** Grupo de não mais que 200 cilindros mais os cilindros para os ensaios destrutivos ou, se for maior, um período de produção sucessivo de cilindros, produzidos em seqüência a partir de liners qualificados que tenham as mesmas dimensões, projeto, materiais de construção especificados e processos de fabricação.

**3.5 lote (de cilindros metálicos / liners):** Grupo de não mais que 200 cilindros / liners mais os cilindros / liners para os ensaios destrutivos ou, se for maior, um período de produção sucessivo de cilindros, produzidos em seqüência, tendo o

mesmo diâmetro nominal, espessura de parede, projeto, material de construção específico, processo e equipamento de fabricação, tratamento térmico e condições de tempo, temperatura e ambiente durante o tratamento térmico.

**3.6 lote (liners não-metálicos):** Grupo de não mais que 200 liners mais os liners para os ensaios destrutivos ou, se for maior, um período de produção sucessivo de liners não metálicos, sucessivamente produzidos tendo o mesmo diâmetro nominal, espessura de parede, projeto, materiais de construção especificados e processos de fabricação.

**3.7 pressão de ruptura:** Pressão máxima alcançada por um cilindro durante um ensaio de ruptura.

**3.8 cilindro de composto:** Cilindro fabricado com filamentos contínuos impregnados com resina, sobre um liner metálico ou não metálico.

**3.9 enrolamento de tensão controlada:** Processo utilizado na fabricação de cilindros compostos envoltos anularmente e com liner metálico, pelo qual, tensões de compressão no liner e tensões de tração no revestimento, com pressão interna zero são obtidas pelo enrolamento dos filamentos de reforço pela força de tração, especificadas no projeto.

**3.10 pressão de enchimento:** Pressão com a qual um cilindro é enchido.

**3.11 cilindro acabado:** Cilindro completo que se encontra pronto para uso, com marcações de identificação e revestimento externo, incluindo isolamento integrante especificado pelo fabricante, mas sem isolamento ou proteção não integrante.

**3.12 cilindro totalmente envolto:** Cilindro com revestimento externo tendo filamentos de reforço enrolados tanto circunferencialmente quanto na direção axial do cilindro.

**3.13 temperatura do gás:** temperatura do gás no cilindro.

**3.14 Cilindro envolto anularmente:** Cilindro com revestimento exterior com filamentos de reforço enrolados num molde substancialmente circunferencial na parte cilíndrica do liner, de tal forma que o filamento não exerça nenhuma carga significativa na direção paralela ao eixo longitudinal do cilindro.

**3.15 liner:** Reservatório utilizado como casco interno, impermeável ao gás, onde são enrolados filamentos de reforço de fibra para que o conjunto alcance a necessária resistência.

Dois tipos de liners são descritos neste regulamento, os liners metálicos que são projetados para dividir a carga com o reforço, e liners não metálicos, que não suportam carga em nenhuma parte.

### **3.16 fabricante e importador**

**Fabricante:** Pessoa ou organização responsável pelo projeto, fabricação e ensaio dos cilindros, quando a fabricação e a comercialização são realizadas no mesmo Estado Parte.

**Importador:** Pessoa ou organização responsável pelo projeto, fabricação e ensaio dos cilindros, quando a comercialização é realizada em um Estado Parte distinto de seu país de fabricação.

**3.17 revestimento externo:** Sistema de reforço de filamentos e resina aplicados sobre o liner.

**3.18 pré-tensão:** Processo de aplicação de auto-interferência ou enrolamento com tensão controlada.

**3.19 vida útil:** Vida expressa em anos, durante a qual o cilindro pode ser utilizado com segurança, de acordo com as normas de serviço em vigor.

**3.20 pressão estabilizada:** Pressão do gás, quando uma dada temperatura estabilizada for alcançada.

**3.21 temperatura estabilizada:** Temperatura uniforme do gás, após o término de qualquer variação de temperatura causada pelo enchimento do cilindro.

**3.22 pressão de ensaio:** Pressão requerida aplicada durante um teste de pressão.

**3.23 pressão de serviço:** Pressão estabilizada em 20 MPa a uma temperatura de 15°C.

**3.24 inserto metálico:** Elemento metálico acoplado ao cilindro para montagem da válvula.

## **4 Condições de serviço**

### **4.1 Generalidades**

#### **4.1.1 Condições normais de serviço**

As condições normais de serviço especificadas neste regulamento técnico provêm as bases mínimas necessárias para o projeto, fabricação, inspeção, ensaios e aprovação dos cilindros a serem montados permanentemente nos veículos e usados para armazenar GNV à temperatura ambiente.

#### **4.1.2 Uso dos cilindros**

As condições de serviços especificadas devem estar destinadas a prover as informações de como os cilindros fabricados de acordo com este regulamento técnico podem ser utilizados de forma segura; estas informações destinam-se à:

- a) fabricantes ou importadores de cilindros;
- b) proprietários ou usuários de cilindros;
- c) responsáveis pela instalação e inspeção dos cilindros;
- d) projetistas ou proprietários de equipamentos utilizadas em postos de abastecimento de GNV;
- e) fornecedores de GNV;
- f) órgãos reguladores que tenham jurisdição sobre a regulamentação do uso destes cilindros.

#### **4.1.3 Vida útil**

A vida útil em serviço, durante a qual os cilindros podem ser usados com segurança, deve ser especificada pelo fabricante de cilindros com base nas condições de serviço aqui especificadas. A máxima vida útil em serviço admitida é de 20 anos.

Para cilindro de material metálico e cilindro de composto com liner metálico, a vida útil deve ser baseada na taxa de crescimento de trincas de fadiga. A inspeção por ultra-som, de cada cilindro ou liner deve garantir a ausência de defeitos que excedam o tamanho máximo admissível. Para cilindros compostos com liner não metálico sem carga de suportação, a vida útil deve ser demonstrada por métodos de projetos apropriados, ensaio de qualifica o de projetos e controles de fabrica o.

#### **4.2 Pressão máxima de enchimento**

Este regulamento técnico está fundamentado em uma pressão de serviço de 20 MPa, a uma temperatura estabilizada de 15 C para GNV com pressão máxima de enchimento de 260 MPa. Outras pressões de serviço podem adaptar-se pelo ajuste da pressão pelo fator apropriado, por exemplo, sistemas de pressão de serviço de 250 MPa requereram que as pressões sejam multiplicadas por 1,25.

Exceto quando as pressões tiverem sido ajustadas dessa maneira, os cilindros devem ser projetados para adequarem-se aos seguintes limites de pressão:

- a) pressão estabilizada a 200 MPa a uma temperatura estável de 15 C;
- b) a pressão máxima não pode exceder 260 MPa, independentemente das condi es de enchimento ou da temperatura.

#### **4.3 Número de ciclos de enchimento do projeto do cilindro**

Os cilindros devem ser projetados para ser enchidos,   pressão estabilizada de 200 MPa a temperatura estabelecida de 15 C, para até 1.000 vezes por ano de serviço.

#### **4.4 Faixas de temperaturas admissíveis**

##### **4.4.1 Temperatura do gás**

Os cilindros devem ser projetados para adequarem-se aos seguintes limites de temperatura do gás:

- a)   temperatura estabelecida do gás nos cilindros que pode variar da mínima de - 40 C a + 65 C;
- b)  s temperaturas do gás desenvolvidas durante o enchimento e descarga.

##### **4.4.2 Temperaturas do cilindro**

Os cilindros devem ser projetados para adequarem-se aos seguintes limites de temperatura dos materiais:

- a) a temperatura dos materiais do cilindro pode variar de - 40 C a + 82 C;
- b) temperaturas acima de + 65 C devem ser localizadas ou um curto período de tempo, de tal forma que a temperatura do gás no cilindro nunca ultrapasse + 65 C, exceto quando sob as condi es de 4.4.1 b).

#### **4.5 Composi o do gás**

##### **4.5.1 Generalidades**

Os cilindros devem ser projetados para ser enchidos com GNV que atenda às especifica es, tanto de gás seco ou gás úmido, indicados a seguir. Metanol ou glicol não devem ser deliberadamente adicionados ao GNV.

##### **4.5.2 Gás seco**

O vapor d'água deve ser limitado a menos de 32 mg/m<sup>3</sup> (isto é, ponto de orvalho de - 9 C a 200 MPa).

Os componentes limites máximos devem ser de:

Sulfeto de hidrogênio e outros sulfetos solúveis

23 mg/m<sup>3</sup>

Oxigênio	1% (fração volumétrica)
Hidrogênio, quando os cilindros forem fabricados com aço cuja máxima tensão de tração exceda 950 MPa	2% (fração volumétrica)

#### 4.5.3 Gás úmido

Este gás caracteriza-se por ter uma concentração de água maior que a do gás seco.

Os componentes limites máximos devem ser de:

Sulfeto de hidrogênio e outros sulfetos solúveis	23 mg/m <sup>3</sup>
Oxigênio	1% (fração volumétrica)
Dióxido de carbono	4% (fração volumétrica)
Hidrogênio	0,1% (fração volumétrica)

#### 4.6 Superfícies externas

A superfície externa do cilindro deve ser projetada para resistir a exposição inadvertida, conforme listado abaixo:

- água, tanto por imersão intermitente, como por borrifio da estrada;
- sal, devido à operação do veículo em zona litorânea, ou em lugares em que é usado para dissolver o gelo;
- radiação ultravioleta da luz solar;
- impacto de cascalho;
- solventes, ácidos e álcalis, fertilizantes;
- fluidos automotivos, incluindo combustíveis líquidos, fluidos hidráulicos, ácido de bateria, glicol e óleos;
- gases de exaustão.

A instalação deve ser executada de acordo com as instruções do fabricante ou importador do cilindro.

### 5 Requisitos gerais para aprovação e certificação

#### 5.1 Ensaio e inspeção

Os cilindros objeto deste Regulamento Técnico, devem ter a sua conformidade avaliada, para verificar se estes cilindros mantêm as especificações técnicas, que deram origem a obtenção da certificação.

A fim de assegurar que os cilindros estejam cumpram com este Regulamento Técnico, estes devem ser submetidos à aprovação do projeto de acordo com 5.2, inspeções e ensaios de acordo com as seções 6, 7, 8 ou 9, conforme o projeto. Isto deve ser levado a efeito por uma autoridade de inspeção autorizada (daqui para frente denominada Inspetor). O Inspetor deve ser qualificado para inspeção de cilindros.

Os procedimentos de ensaio estão detalhados nos anexos A e B, o procedimento de aprovação e certificação encontra-se no anexo C.

#### 5.2 Procedimento de aprovação de tipo

##### 5.2.1 Generalidades

A aprovação de tipo compõe-se de duas partes:

- aprovação de projeto, compreendendo a submissão da informação do fabricante para o inspetor, como detalhado em 5.2.2;
- ensaio de protótipo, compreendendo ensaio executado sob a supervisão do Inspetor. O material, projeto, fabricação e exames do cilindro devem provar serem adequados para o serviço pretendido, devendo atender aos requisitos dos ensaios de protótipo especificados em 6.5, 7.5, 8.5 ou 9.5, como apropriado ao particular projeto do cilindro.

Os dados de ensaio devem documentar as dimensões, espessuras de parede e pesos de cada cilindro de cada cilindro ensaiado.

##### 5.2.2 Aprovação do projeto

Os projetos de cilindro devem ser aprovados pelo Inspetor. As seguintes informações devem ser submetidas pelo fabricante com uma solicitação para a aprovação do Inspetor:

- declaração de serviço, de acordo com 5.2.3;

- b) dados de projeto, de acordo com 5.2.4;
- c) dados de fabricação, de acordo com 5.2.5;
- d) sistema da qualidade, de acordo com 5.2.6;
- e) comportamento de fraturas e tamanho de defeito para END, de acordo com 5.2.7;
- f) olha de especificações, de acordo com 5.2.8;
- g) dados adicionais complementares, de acordo com 5.2.9.

### **5.2.3 Declaração de serviço**

A finalidade desta “declaração de características de serviço” é orientar os usuários e instaladores de cilindros, bem como prover informações ao inspetor. A declaração deve conter:

- a) declaração de que o projeto do cilindro é propício ao uso nas condições de serviço definidas na seção 4 para a sua vida útil;
- b) declaração da vida útil;
- c) especificações dos requisitos mínimos para ensaios e/ou inspeções durante o serviço;
- d) especificações dos dispositivos de alívio de pressão e isolamento (desde que provido);
- e) especificações de métodos complementares, revestimento de proteção e qualquer outro item requerido, mas não fornecido;
- f) descrição do projeto do cilindro;
- g) qualquer outra informação e instruções necessárias para assegurar o uso correto e a inspeção do cilindro.

### **5.2.4 Dados de projeto**

#### **5.2.4.1 Desenhos**

Os desenhos devem conter no mínimo:

- a) título, número de referência, data de execução e números das revisões com as datas de execução, se aplicável;
- b) referência a este regulamento técnico e tipo de cilindro;
- c) dimensões completas com tolerâncias, incluindo detalhes da forma de fechamento das extremidades com espessuras mínimas e aberturas;
- d) massa do cilindro com as devidas tolerâncias;
- e) especificações dos materiais, com as mínimas tolerâncias mecânicas e propriedades químicas ou faixas de tolerância e, para cilindros ou liners, a faixa especificada de dureza;
- f) faixa de pressão de auto-interferência, mínima pressão de ensaio, detalhes do sistema de proteção contra fogo e qualquer revestimento de proteção externa.

#### **5.2.4.2 Relatório de análise de tensões**

Deve ser realizado um estudo de tensões por elementos finitos ou outro tipo de análise de tensões.

Deve conter uma tabela sintetizando as tensões calculadas.

#### **5.2.4.3 Dados sobre as propriedades dos materiais**

Uma descrição detalhada dos materiais e das tolerâncias das propriedades dos materiais utilizados no projeto deve ser fornecida. Dados sobre os ensaios também devem ser apresentados caracterizando as propriedades mecânicas e a adequação dos materiais para os serviços nas condições especificadas na seção 4.

#### **5.2.4.4 Proteção contra fogo**

O arranjo dos dispositivos de alívio de pressão e isolamento (se fornecido), que protegerá o cilindro de rupturas repentinas quando exposto a situações de fogo, conforme o anexo A.15, deve ser especificado. Dados de ensaios devem consubstanciar a eficácia dos sistemas de proteção contra incêndio especificados.

#### **5.2.5 Dados de fabricação**

Devem ser fornecidos os detalhes de todos os processos de fabricação, ensaios não-destrutivos, ensaios de produção e ensaios de lote devem ser fornecidos.

Devem ser especificadas as tolerâncias de todos os processos de produção como o tratamento térmico, conformação das extremidades, razão de mistura das resinas, tensão dos filamentos e velocidade para enrolamento com tensão controlada, tempos e temperaturas de transição vítrea, assim como os procedimentos de auto-interferência.

Acabamento superficial, detalhes das roscas, critérios de aceitação de varredura ultra-sônica (ou equivalente) e tamanhos máximos de lotes para ensaios também devem ser especificados.

#### 5.2.6 Programa de controle de qualidade

O fabricante deve especificar os métodos e procedimentos em conformidade com o sistema de garantia de qualidade com base na Norma ISO 9000.

#### 5.2.7 Desempenho de fratura e tamanho de defeito para END

O fabricante deve especificar o máximo tamanho de defeito para END que irá assegurar uma performance da fratura do tipo VAC e irá prevenir falhas no cilindro devido à fadiga durante a sua vida útil ou falha do cilindro por ruptura.

O tamanho máximo de defeito deve ser estabelecido pelo método estabelecido no anexo D.

#### 5.2.8 Planilha de especificações

Um resumo dos documentos que contenham as informações requeridas em 5.2.2 devem ser listadas numa planilha de especificações para cada projeto de cilindro. O título, número de referência, números das revisões e datas da emissão original, além de outras versões de cada documento, devem ser fornecidas. Todos os documentos devem ser assinados pelo emissor.

#### 5.2.9 Dados adicionais de apoio

Dados adicionais que podem defender a utilização, como um histórico do trabalho do material proposto para a utilização ou o uso de um projeto particular de cilindro em outras condições de serviço, devem ser fornecidos, onde aplicável.

### 5.3 Certificado de aprovação de tipo

Se os resultados da aprovação do projeto, de acordo com 5.2, e os ensaios de protótipo, de acordo com 6.5, 7.5, 8.5 ou 9.5, como for condizente a cada projeto particular de cilindro, forem satisfatórios, o Inspetor deve emitir um certificado de aprovação de tipo de acordo com o anexo E.

## 6 Requisitos para cilindros metálicos tipo GNV-1

### 6.1 Generalidades

Este regulamento técnico não provê fórmulas de projeto nem lista de tensões ou deformações admissíveis mas requer que a adequação do projeto seja estabelecida por cálculos apropriados e demonstrado por ensaios que os cilindros sejam capazes de atender satisfatoriamente às especificações de projeto, materiais, produção e ensaios de lotes especificados neste regulamento.

O projeto deve assegurar um modo de falha tipo “escoamento-antes-do-colapso” (VAC) sob possíveis condições realistas de redução da pressão, em condições normais de trabalho. Se ocorrer algum escoamento através do cilindro, deve advir somente do crescimento de alguma falha por fadiga.

### 6.2 Materiais

#### 6.2.1 Requisitos gerais

Os materiais utilizados devem ser próprios para as condições de serviço especificadas no item 4. O projeto não deve admitir contato entre materiais incompatíveis.

#### 6.2.2 Verificação da composição química

##### 6.2.2.1 Aço

O aço deve ser acalmado ao alumínio e/ou silício e produzidos predominantemente com fina granulometria. A composição química do aço deve ser declarada e definida pelo menos por:

- conteúdo de carbono, manganês, alumínio e silício em todos os casos;
- conteúdo de cromo, níquel, molibdênio, boro e vanádio e qualquer outro elemento de liga intencionalmente adicionado

O enxofre e fósforo contidos na análise da corrida não devem exceder os valores indicados na tabela 1

**Tabela 1 - Limites máximos de enxofre e fósforo**

Resistência à tração	< 950 MPa	≥ 950 MPa
----------------------	-----------	-----------

Limite de	enxofre	0,020%	0,010%
	fósforo	0,020%	0,020%
	enxofre + fósforo	0,030%	0,025%

### 6.2.2.2 Alumínio

As Ligas de alumínio podem ser utilizadas na produção de cilindros, desde que atendam a todos os requisitos deste regulamento e tenham, no máximo, quantidades de chumbo e bismuto que não excedam 0,003%.

## 6.3 Requisitos de projeto

### 6.3.1 Pressão de ensaio

A mínima pressão de ensaio na fabricação deve ser de 30 MPa (1,5 vezes a pressão de serviço).

### 6.3.2 Pressão de Ruptura

A pressão mínima efetiva não deve ser menor que 45 MPa .

### 6.3.3 Análise de tensões

As tensões nos cilindros devem ser calculadas para 20 MPa, pressão de ensaio e pressão de ruptura de projeto. Os cálculos devem utilizar técnicas de análises convenientes para estabelecer a distribuição das tensões para justificar o projeto da espessura mínima da parede.

### 6.3.4 Tamanho máximo da falha

Deve ser especificado o tamanho máximo da falha em qualquer área do cilindro, tal que o cilindro alcance os requisitos de pressão cíclica e de VAC.

O tamanho de defeito admitido para END deve ser determinado pelo método descrito no anexo D.

### 6.3.5 Aberturas

Somente devem ser permitidas aberturas na parte superior do cilindro. A linha de centro das aberturas deve coincidir com a do eixo longitudinal do cilindro.

### 6.3.6 Proteção contra fogo

O cilindro, de acordo com seu projeto, deve contar com dispositivos de alívio de pressão (DAP). O cilindro, seus materiais, DAP e qualquer isolamento ou material de proteção devem ser projetados conjuntamente para garantir a adequada segurança nas condições de fogo, no ensaio especificado em A.15. O fabricante pode especificar locais alternativos de DAP em instalações especiais no veículo, para otimizar esquemas de segurança.

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser aprovados de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela Autoridade Reguladora do Estado Parte em que se habilite o referido dispositivo.

### 6.3.7 Acessórios

Quando são fixados colarinhos, sapatas ou suporte, estes devem ser de material compatível com o cilindro, devendo ser seguramente fixado por outro método que não solda no corpo do próprio cilindro.

## 6.4 Construção e acabamento

### 6.4.1 Conformação das extremidades

Cada cilindro deve ser examinado antes da operação de conformação das extremidades, quanto à espessura e acabamento superficial. A extremidade da base do cilindro de alumínio não deve ser fechada pelo processo de conformação. A extremidade da base do cilindro de aço que teve seu fechamento por conformação deve passar por ensaio não destrutivo. Não deve ser adicionado metal no fechamento da extremidade.

### 6.4.2 Tratamento térmico

Depois da conformação das extremidades, os cilindros devem ser tratados termicamente até a faixa de dureza especificada conforme o projeto. Tratamento térmico localizado não deve ser realizado.

### 6.4.3 Roscas no pescoço

As roscas devem ter bom acabamento, sem superfícies descontínuas, e devem atender aos requisitos estabelecidos neste regulamento técnico. A rosca no pescoço do cilindro, que tiver a forma cônica, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 10920.

#### **6.4.4 Proteção externa ao meio ambiente**

A parte externa dos cilindros deve atender aos requisitos do ensaio de ambientação em ácido de acordo com A.14. A proteção externa deve ser alcançada por uma das seguintes formas:

- a) dando acabamento superficial para uma devida proteção (por exemplo, pulverização de metal, anodização); ou
- b) usando proteção externa (por exemplo, proteção orgânica, pintura). Se a proteção externa for exigência de projeto, o requisito de A.9 deve ser atendido; ou
- c) Proteção impermeável e resistente à solução química mencionada em A.14.

Qualquer proteção aplicada aos cilindros deve ser tal que seu processo de aplicação não prejudique as propriedades mecânicas do cilindro. A proteção deve ser projetada para facilitar a subsequente inspeção em serviço e o fabricante deve prover instruções referentes a aplicação da proteção durante essas inspeções para assegurar a integridade do cilindro.

Os fabricantes devem ter conhecimento que o ensaio de desempenho ambiental que avalia a adequação da proteção externa deve ser conduzido de acordo com o anexo F.

### **6.5 Procedimento de ensaios de protótipos**

#### **6.5.1 Requisitos gerais**

Ensaio de protótipos devem ser realizados em cada novo projeto em cilindros acabados que sejam representativos de produção normal e com as devidas marcações. Os cilindros devem ser selecionados de forma aleatória e os ensaios devem realizados de acordo com o item 6.5.2 e testemunhados por ele. Se forem testadas mais unidades do que as requeridas por este regulamento técnico, todos os resultados devem ser documentados.

#### **6.5.2 Ensaio de protótipos**

##### **6.5.2.1 Ensaio requeridos**

No processo de aprovação dos tipos, o inspetor deve selecionar os apropriados cilindros e testemunhar os seguintes ensaios:

- ensaios especificados em 6.5.2.2 ou 6.5.2.3 (ensaio de materiais) em um cilindro;
- ensaios especificados em 6.5.2.4 (ensaio de pressão hidrostática de ruptura) três cilindros;
- ensaios especificados em 6.5.2.5 (ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente) em dois cilindros;
- ensaio especificado em 6.5.2.6 (ensaio de VAC) em três cilindros;
- ensaio especificado em 6.5.2.7 (ensaio de resistência ao fogo) em um ou dois cilindros, como apropriado;
- ensaio especificado em 6.5.2.8 (ensaio de penetração) em um cilindro.

##### **6.5.2.2 Ensaio de materiais para cilindros de aço**

Os ensaios de material devem ser executados em cilindros de aço acabado, segundo segue:

###### **a) ensaio de tração**

As propriedades mecânicas do aço, no cilindro acabado, devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender os requisitos lá especificados.

###### **b) ensaio de impacto**

As propriedades de impacto do aço, no cilindro acabado, devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

###### **c) ensaio de resistência a corrosão sob tensão induzida por sulfetos**

Se o limite superior da sollicitação de tração especificada para o aço exceder 950 MPa, o aço de um cilindro acabado deve ser submetido a um ensaio de resistência a corrosão sob tensão induzida por sulfetos em conformidade com requisitos especificados no anexo A.3 .

##### **6.5.2.3 Ensaio de materiais para cilindros de liga de alumínio**

Os ensaios de material devem ser executados em cilindros de ligas de alumínio, segundo segue:

###### **a) ensaio de tração**

As propriedades das ligas de alumínio no cilindro acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

###### **b) ensaio de corrosão.**

As Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de corrosão em conformidade com A.4.

c) ensaios de resistência a trincas por cargas sustentadas.

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de trincas por carga sustentada em conformidade com A.5.

#### 6.5.2.4 Ensaio de pressão hidrostática de ruptura

Três cilindros devem ser hidrostaticamente pressurizados até o colapso, de acordo com A.12. A pressão de ruptura deve exceder a mínima pressão de ruptura calculada pela análise de tensão definida no projeto e deve ser de pelo menos 45 MPa.

#### 6.5.2.5 Ensaio de pressurização cíclica à temperatura ambiente

Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até falharem, ou até o mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não podem falhar antes de atingirem uma quantidade de ciclos igual a vida útil, multiplicado por 1.000 ciclos por ano. Os Cilindros que excederem esta quantidade de ciclos em caso de apresentarem falhas, estas serão permitidas somente por perdas e não por ruptura. Os cilindros que não falharem quando atingirem 45.000 ciclos devem ser destruídos; seja por continuar sendo ciclados até que a falha ocorra, seja por pressurização hidrostática até sua ruptura. O número de ciclos até a falha e o local que a falha se iniciou devem ser registrados.

#### 6.5.2.6 Ensaio de vazamento antes do colapso (VAC)

O ensaio de VAC deve ser realizado em conformidade com A.6 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### 6.5.2.7 Ensaio de resistência ao fogo (Fogueira)

Um ou dois cilindros, como apropriado, deve(m) ser ensaiado(s) em conformidade com A.15 e deve(m) atender aos requisitos lá especificados.

#### 6.5.2.8 Ensaio de penetração

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.16 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 6.5.3 Modificações de projeto

Uma modificação de projeto é qualquer mudança na seleção de materiais estruturais ou modificação de dimensionamento não atribuídas às tolerâncias normais de fabricação.

Modificações especificadas no projeto conforme a tabela 2 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como indicado na mesma.

**Tabela 2 - Modificações de projeto para os cilindros tipo GNV-1**

Modificação do Projeto	Tipo de ensaio				
	Ruptura	Ciclagem à temperatura ambiente	VAC	Fogueira	Penetração
	Seção				
	A.12	A.13	A.6	A.15	A.16
Material de cilindro metálico	X	X	X	X	X
Mudanças de diâmetro ≤ 20%	X	X	-	-	-
Mudanças de diâmetro >20%	X	X	X	X	X
Mudança de comprimento ≤ 50%	X	-	-	X <sup>(a)</sup>	-
Mudança de comprimento >50%	X	X	-	X <sup>(a)</sup>	-
Mudança da pressão de serviço ≤ 20% <sup>(b)</sup>	X	X	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-
Tamanho da abertura	X	X	-	-	-
Mudança no processo de fabricação	X	X	-	-	-
Dispositivo de alívio de pressão	-	-	-	X	-

a) Ensaio somente apropriado quando do aumento do comprimento.

b) Somente quando a mudança de espessura for proporcional ao diâmetro e/ou à mudança de pressão.

## **6.6 Ensaios de lote**

### **6.6.1 Requisitos gerais**

Ensaio de lote devem ser realizados em cilindros acabados, representativos da produção e que estejam com as devidas marcações. Os cilindros requisitados para ensaios devem ser escolhidos aleatoriamente em cada lote de produção. Se mais cilindros que os requisitados por este regulamento forem submetidos aos ensaios, todos os resultados devem ficar registrados. A amostra testemunha de tratamento térmico, representativa de cilindros acabados, também pode ser utilizada.

Cilindros qualificados em conformidade com ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 ou ISO 7866 não precisam ser submetidos ao ensaio de pressão cíclica periódica, sempre que durante o seu ensaio de aprovação de tipo os cilindros que suportarem, sem falhar, a pressão cíclica de não mais que 20 MPa e não menos que 30 MPa (em conformidade com o procedimento de ensaios de A.6), por no mínimo de 15.000 ciclos; ou por um mínimo de 30.000 ciclos de pressão de não mais que 2 MPa e não menos que 26 MPa (de acordo com o procedimento A.13).

### **6.6.2 Programa de ensaios**

**6.6.2.1** Em cada lote de cilindros devem ser realizados os seguintes ensaios:

a) em um cilindro:

- Um ensaio de ruptura hidráulica, em conformidade com A.12.

b) em um cilindro complementar, ou amostra testemunha tratada termicamente, representativa de um cilindro acabado:

1) verificação das dimensões críticas em relação ao projeto (ver 5.2.4.1);

2) um ensaio de tração em conformidade com A.1. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos do projeto (ver 5.2.4.1);

3) para cilindros de aço, três ensaios de impacto de acordo com A.2. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos especificados em A.2.

4) quando uma proteção externa do cilindro for parte do projeto, um ensaio de lote da proteção externa deve ser realizado de acordo com A.24. Quando a proteção externa não atender os requisitos de A.24, o lote deve ser inspecionado em 100% das unidades para que sejam retirados cilindros com defeitos de proteções externas similares. A proteção externa em todos esses cilindros defeituosos devem ser retiradas e a proteção externa re-aplicada. O ensaio de lote da proteção externa do cilindro deve então ser repetido.

Todos os cilindros representados por um ensaio de lote que falhou em atender os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 6.9.

**6.6.2.2** Também deve ser realizado um ensaio de pressão cíclica periódico em cilindros acabados, de acordo com A.13 numa frequência de ensaio como definido a seguir:

a) inicialmente, um cilindro de cada lote deve ser pressurizado ciclicamente por um total de 1.000 vezes a vida útil de serviço especificada em anos, com um mínimo de 15.000 ciclos, neste caso correspondente a 15 anos; para mais de 15 anos deverá ser pressurizado ciclicamente, a razão de 1000 vezes por ano acrescido a vida útil até o limite de 20 anos.

b) se em dez lotes de produção seqüencial de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 6.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazar antes de 1.500 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, (no mínimo 22.500 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro de cada 5 lotes de produção;

c) se em dez lotes de produção seqüenciais de uma família de projeto, nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazar antes de 2.000 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, (no mínimo 30.000 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro de cada 10 lotes de produção;

d) se mais de três meses se passarem desde o último ensaio de pressão cíclica, então um cilindro do próximo lote de produção deve ser ensaiado à pressão cíclica, a fim de manter a reduzida frequência de ensaios de lotes de b) ou c) acima.

e) se qualquer cilindro ensaiado à pressão cíclica, em frequência reduzida, em b) ou c) acima, não alcançar o requerido número de ciclos de pressão (mínimo de 22.500 ou 30.000, respectivamente), então é apropriado repetir a frequência de ensaios de pressão cíclica em a) para um mínimo de 10 lotes de produção para restabelecer a reduzida frequência de ensaios de pressão cíclica em b) ou c) acima.

Se qualquer cilindro, em a), b) ou c) acima, não atender os requisitos do número mínimo de ciclos de vida de 1.000 ciclos multiplicado pela vida útil de serviço, em anos, especificada (mínimo 15.000 ciclos), então a causa da falha deve ser determinada e corrigida seguindo os procedimentos de 6.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três cilindros de cada lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender os requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço, em anos, especificada então todo o lote deve ser rejeitado.

### **6.7 Ensaios em cada cilindro**

A Verificação de produção e ensaios devem ser realizados em todos os cilindros de um lote. Os Ensaios não destrutivos devem ser realizadas de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pelo organismo de inspeção autorizado competente de cada Estado Parte. Cada cilindro deve ser examinado durante a fabricação e após sua complementação, como segue:

- a) por END, de acordo com anexo B, demonstrado para verificar o tamanho máximo de defeito especificado no projeto, como determinado em 6.3.4. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo admitido;
- b) verificação das dimensões críticas e massa do cilindro completo, para que estejam dentro das tolerâncias do projeto;
- c) verificação da conformidade com o acabamento superficial especificado no projeto, com atenção especial às dobras no pescoço ou ombro das extremidades ou aberturas, forjadas ou moldadas;
- d) verificação da marcação;
- e) por ensaios de dureza de cilindros tratados termicamente, de acordo com A.8. Os valores então determinados devem estar em conformidade com a faixa especificada no projeto;
- f) por ensaios hidráulicos em cilindros acabados, em conformidade com A.11. Se for escolhida a opção 1, o fabricante deve estabelecer o adequado limite de expansão volumétrica permanente para a pressão de ensaio utilizada, mas em nenhum caso, esta deve exceder os 10% da expansão volumétrica total medida durante o ensaio de pressão.

### **6.8 Certificado de aceitação de lote**

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 6.6 e 6.7, forem satisfatórios, o fabricante e o inspetor devem assinar um certificado de aceitação. Um modelo de certificado de aceitação (denominado "Relatório de fabricação e certificado de conformidade") é apresentado no anexo E.

### **6.9 Falha em alcançar os requisitos de ensaios**

Se os requisitos não forem atendidos, devem ser feitos novos ensaios ou tratamentos térmicos, e subsequentes ensaios, para a concordância do inspetor, como segue:

- a) Se houver evidência de falhas na realização do ensaio, ou erros de medição, outro ensaio deve ser realizado. Se o resultado for satisfatório, o primeiro deve ser ignorado;
- b) Caso o ensaio tenha sido realizado de maneira satisfatória, a causa da falha deve ser identificada.
  - 1) Se a falha for considerada decorrente do tratamento térmico, o fabricante pode sujeitar todos os cilindros envolvidos a outro tratamento térmico, ou seja, se a falha for num ensaio que represente o protótipo ou cilindros de lote, a falha do ensaio demandará o novo tratamento térmico de todos os cilindros anteriores ao novo ensaio; todavia, se a falha ocorrer esporadicamente num ensaio aplicado em cada cilindro, então somente os cilindros que falharem no ensaio devem ser novamente tratados termicamente e reensaiados.
    - A espessura mínima de parede deve sempre ser garantida após o retratamento térmico
    - Somente protótipos relevantes ou ensaios de lote que precisarem provar a aceitabilidade do novo lote devem ser reensaiados. Se um ou mais ensaios demonstrarem, mesmo parcialmente, que não são satisfatórios, todos os cilindros do lote devem ser rejeitados.
  - 2) Se a falha for considerada não decorrente do tratamento térmico, todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados. Deve ser providenciado que todos os cilindros reparados passem pelos ensaios requeridos para o reparo e então podem ser reutilizados como parte do lote original.

## 7 Requisitos para cilindros envoltos anularmente - tipo GNV-2

### 7.1 Generalidades

Este regulamento técnico não provê fórmulas de projeto nem tensões admissíveis, mas requer que a adequação do projeto seja estabelecida por cálculos apropriados e demonstrados por ensaios que demonstrem que os cilindros sejam capazes de atender às especificações de ensaios de materiais, qualificação do projeto, produção e lotes especificados neste regulamento.

Durante a pressurização, este tipo de cilindro comporta-se de tal forma que o deslocamento do material composto do invólucro e do liner estão sobrepostos linearmente. Tendo em vista as diferentes técnicas de fabricação, este regulamento não define um método específico de projeto.

O projeto deve assegurar um modo de falha tipo “escoamento antes do colapso” (VAC) sob possíveis condições de falha de uma seção sob pressão, em condições normais de trabalho. Se ocorrer algum escoamento através do liner, deve advir somente do incremento de alguma falha por fadiga.

### 7.2 Materiais

#### 7.2.1 Requisitos gerais

Os materiais utilizados devem ser próprios para as condições de serviço especificadas na seção 4. O projeto não deve admitir que materiais incompatíveis entrem em contato.

#### 7.2.2 Controle da composição química

##### 7.2.2.1 Aço

Devem ser aços acalmados ao alumínio e/ou silício e produzidos, predominantemente com fina granulometria. A composição química do aço deve ser declarada e definida pelo menos por:

- a) conteúdo de carbono, manganês, alumínio e silício em todos os casos;
- b) conteúdo de cromo, níquel, molibdênio, boro e vanádio e qualquer outro elemento liga intencionalmente adicionado.

O enxofre e o fósforo contidos na análise da corrida não devem exceder os valores mostrados na tabela 3:

**Tabela 3 - Limites máximos de enxofre e fósforo**

Resistência à tração		< 950 MPa	≥ 950 MPa
Limite de	enxofre	0,020%	0,010%
	fósforo	0,020%	0,020%
	enxofre + fósforo	0,030%	0,025%

##### 7.2.2.2 Alumínio

Ligas de alumínio podem ser utilizadas na produção de cilindros desde que atendam todos os requisitos deste regulamento e tenham, no máximo, quantidades de chumbo e bismuto que não excedam 0,003%

#### 7.2.3 Materiais compostos

##### 7.2.3.1 Resinas

O material para impregnação pode ser termofixo ou resina termoplástica. Exemplos de materiais-matrizes adequados são epoxi, epoxi modificado, plásticos termofixos (poliéster e viniléster) e materiais termoplásticos (polietileno e poliamida).

A temperatura de transição vítrea da resina deve ser determinada de acordo com ASTM D3418-99.

##### 7.2.3.2 Fibras

O tipo de material dos filamentos para o reforço estrutural deve ser de fibra-de-vidro, fibra de aramida ou fibra de carbono. Se for usada a fibra de carbono, o projeto deve conter meios de prevenir a corrosão galvânica dos componentes metálicos do cilindro.

O fabricante deve manter em arquivo as especificações publicadas dos materiais compostos, as recomendações do fabricante para armazenamento, condições de armazenamento e a certificação de material de cada carregamento está

conforme as mencionadas requisições de especificações. O fabricante da fibra deve certificar que as propriedades do material estão em conformidade com as especificações do fabricante para o produto.

### 7.3 Requisitos de projeto

#### 7.3.1 Pressão de ensaio

A pressão mínima de ensaio, na fabricação, deve ser de 30 MPa (1,5 vezes a pressão de serviço).

#### 7.3.2 Pressão de ruptura e razão de tensão da fibra

O liner deve suportar uma pressão mínima efetiva de ruptura de 26 MPa.

A pressão mínima efetiva de ruptura não pode ser inferior aos valores dados na tabela 4. O revestimento externo deve ser projetado para alta confiabilidade sob cargas contínuas e cargas cíclicas. Esta confiabilidade deve ser obtida pelo atendimento ou superação dos valores de razão de tensão do reforço de material composto dados na mencionada tabela. A razão de tensão é definida como a tensão na fibra à pressão mínima de ruptura especificada dividida pela tensão na fibra à pressão de serviço.

A razão de ruptura é definida como a efetiva pressão de ruptura do cilindro dividida pela pressão de serviço.

O cálculo da razão de tensão deve conter:

- a) método de cálculo com capacidade de análise de utilização para materiais não lineares (programa de análise por elementos finitos ou programa de computador para finalidades específicas);
- b) modelagem correta da curva de tensão-deformação elástico-plástica para o liner do cilindro, que deve ser conhecida;
- c) modelagem correta das propriedades mecânicas dos materiais do revestimento externo;
- d) cálculos à pressão de auto-interferência, pressão nula depois da auto-interferência, pressão de serviço e pressão mínima de ruptura;
- e) registro da pré-tensão da tração de enrolamento;
- f) mínima pressão de ruptura escolhida, de tal forma que a tensão calculada à mínima pressão de ruptura dividida pela tensão calculada à pressão de serviço atenda aos requisitos de razão de tensão para a fibra utilizada;
- g) quando da análise de cilindros com reforço híbrido (dois ou mais tipos de fibras), deve ser considerada a carga distribuída entre as diferentes fibras, com base nos diferentes módulos de elasticidade das fibras. Os requisitos da razão de tensão, para cada tipo individual de fibra, deve estar de acordo com os valores da tabela 4.

A verificação da razão de tensão deve ser realizada utilizando-se medidores de tensão ("strain-gauges"), neste caso deve ser aplicado o método indicado no anexo G.

**Tabela 4 - Valores mínimos efetivos de ruptura e razão de tensões para os cilindros de tipo GNV-2**

Tipo de fibra	Razão de tensão	Pressão de ruptura (MPa)
Vidro	2,75	50 <sup>a)</sup>
Aramida	2,35	47
Carbono	2,35	47
Híbrida	b)	
<sup>a)</sup> Pressão mínima efetiva de ruptura. Como complemento, cálculos devem ser realizados de acordo com 7.3.2, para confirmar que os requisitos mínimos de razão de tensão foram alcançados. <sup>b)</sup> Razão de tensão e pressão de ruptura devem ser calculadas de acordo com 7.3.2.		

#### 7.3.3 Análise de tensões

As tensões no composto e no liner após o pré-tensionamento devem ser calculadas nas pressões de 0 MPa, 200 MPa, pressão de ensaio e pressão de ruptura de projeto. Os cálculos devem utilizar técnicas de análises convenientes, levando em conta o comportamento não-linear do material do liner para estabelecer a distribuição de tensões.

Para projetos que utilizam a auto-interferência para prover a pré-tensão, os limites dentro dos quais a pressão de auto-interferência precisam cair devem ser calculados e especificados. Para projetos que utilizam tensões de enrolamento controladas para prover o pré-tensionamento, devem ser calculadas a temperatura na qual isto é conseguido, a tensão necessária em cada camada de composto e o conseqüente pré-tensionamento no liner.

#### **7.3.4 Tamanho máximo da falha**

O tamanho máximo de uma falha em qualquer área do liner, tal que o cilindro alcance os requisitos de pressão cíclica e de VAC, deve ser especificado. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo da falha admitido.

O tamanho de defeito admitido para END deve ser determinado por método apropriado, como mencionado no anexo D.

#### **7.3.5 Aberturas**

Aberturas somente são permitidas na parte superior do cilindro. A linha de centro das aberturas deve coincidir com a do eixo longitudinal do cilindro.

#### **7.3.6 Proteção contra fogo**

O cilindro, de acordo com seu projeto, deve contar com dispositivos de alívio de pressão (DAP). O cilindro, seus materiais, DAP e qualquer isolamento ou material de proteção devem ser projetados conjuntamente para garantir a adequada segurança nas condições de fogo, no ensaio especificado em A.15. O fabricante pode especificar locais alternativos de DAP em instalações especiais no veículo, para otimizar esquemas de segurança.

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser aprovados de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela Autoridade Reguladora do Estado Parte em que se habilite o referido dispositivo.

### **7.4 Construção e acabamento**

#### **7.4.1 Geral**

O cilindro de material composto deve ser fabricado a partir de um liner envolto por filamentos contínuos. As operações de enrolamento dos filamentos de fibra devem ser controlados mecanicamente ou eletronicamente. As fibras devem ser aplicadas sob tensões controladas durante o enrolamento. Terminado o enrolamento, as resinas termofixas devem passar por processo de transição vítrea por calor usando um pré-determinado e controlado perfil de tempo-temperatura.

#### **7.4.2 Liner**

A fabricação do liner deve atender os requisitos dos itens 7.2; 7.3.2 e também 7.5.2.2 ou 7.5.2.3 para o seu adequado tipo de fabricação.

#### **7.4.3 Roscas no pescoço**

As roscas devem ter bom acabamento, sem superfícies descontínuas, e devem atender aos requisitos estabelecidos neste regulamento técnico. A rosca no pescoço do cilindro, que tiver a forma cônica, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 10920. A rosca no pescoço do cilindro que tiver a forma paralela, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 15245-1.

#### **7.4.4 Revestimento externo**

##### **7.4.4.1 Enrolamento da fibra**

Os cilindros devem ser fabricados segundo uma técnica de enrolamento de fibra. Durante o enrolamento as variáveis significativas devem ser monitoradas dentro das tolerâncias especificadas e documentadas em registros de enrolamento. Essas variáveis devem incluir, mas não estar limitadas a:

- a) tipo da fibra, incluindo o dimensionamento;
- b) forma de impregnação;
- c) tensão de enrolamento;
- d) velocidade de enrolamento;
- e) quantidade de fios da fibra;
- f) largura da faixa;
- g) tipo de resina e composição;
- h) temperatura da resina;
- i) temperatura do liner;
- j) ângulo de enrolamento;

##### **7.4.4.2 Transição vítrea da resina termofixa**

Se forem usadas resinas termofixas, elas devem ser transição vítreadas após o enrolamento do filamento. Durante a transição vítrea, seu ciclo (histórico tempo-temperatura) deve ser documentado.

Os máximos tempos de transição vítrea e temperatura para cilindros com liner de ligas de alumínio devem ser menores que os tempos e temperaturas que possam afetar negativamente as propriedades do metal.

#### **7.4.4.3 Auto-interferência**

Se for usado o processo de auto-interferência este deve ser levado a efeito antes do ensaio de pressão hidrostática. A pressão de auto-interferência deve ficar dentro dos limites estabelecidos em 7.3.3 e o fabricante deve estabelecer o método de verificação da pressão apropriada.

#### **7.4.5 Proteção externa ao meio ambiente**

A parte externa dos cilindros deve atender aos requisitos do ensaio em solução ácida de acordo com A.14. A proteção externa deve ser conseguida da seguinte forma:

- a) dando acabamento superficial para uma adequada proteção (por exemplo, metalização, anodização); ou
- b) utilizando a fibra adequada e a matriz do material (por exemplo, fibra de carbono na resina); ou
- c) usando uma proteção externa (por exemplo, proteção orgânica, pintura). Se a proteção externa for exigência de projeto, o requisito de A.9 deve ser atendido; ou
- d) proteção externa impermeável à solução ácida mencionada em A.14.

Qualquer proteção externa aplicada aos cilindros deve ser tal que seu processo de aplicação não prejudique as propriedades mecânicas do cilindro. A proteção externa deve ser projetada para facilitar subsequente inspeção em serviço e o fabricante deve prover instruções referentes à aplicação da proteção externa durante essas inspeções para assegurar a integridade do cilindro.

Os fabricantes devem ter conhecimento que o ensaio de desempenho ambiental que avalia a adequação da proteção externa deve ser conduzido conforme apresentado no anexo F.

### **7.5 Procedimento de ensaios de protótipos**

#### **7.5.1 Requisitos gerais**

Ensaio de protótipos devem ser realizados em cada novo projeto em cilindros acabados que sejam representativos de produção normal e com as devidas marcações. Os cilindros ou liner devem ser selecionados e seus ensaios realizados de acordo com 7.5.2, testemunhados pelo inspetor. Se forem ensaiadas mais unidades do que as requeridas por este regulamento, todos os resultados devem ser documentados.

#### **7.5.2 Ensaio de protótipo**

##### **7.5.2.1 Ensaio requeridos**

No processo de aprovação dos tipos, o inspetor deve selecionar aleatoriamente cilindros ou liner apropriados e testemunhar os seguintes ensaios:

- ensaios especificados em 7.5.2.2 ou 7.5.2.3 (ensaio de materiais) em um revestimento;
- ensaios especificados em 7.5.2.4 (ensaio de pressão hidrostática de ruptura) em um revestimento e três cilindros;
- ensaios especificados em 7.5.2.5 (ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente) em dois cilindros;
- ensaio especificado em 7.5.2.6 (ensaio de VAC) em três cilindros;
- ensaio especificado em 7.5.2.7 (ensaio de fogo) em um ou dois cilindros, como apropriado;
- ensaio especificado em 7.5.2.8 (ensaio de penetração) em um cilindro;
- ensaio especificado em 7.5.2.9 (ensaio em ambiente ácido) em um cilindro;
- ensaio especificado em 7.5.2.10 (ensaio de tolerância de falha) em um cilindro
- ensaio especificado em 7.5.2.11 (ensaio de deformação por alta temperatura), onde apropriado, em um cilindro;
- ensaio especificado em 7.5.2.12 (ensaio de ruptura por solicitação acelerada) em um cilindro;
- ensaio especificado em 7.5.2.13 (ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema) em um cilindro;
- ensaio especificado em 7.5.2.14 (ensaio de tensão de cisalhamento da resina) em uma amostra representativa da camada envoltória de resina.

##### **7.5.2.2 Ensaio de materiais para liner de aço**

Os ensaios de material devem ser executados em liner de aço, como segue:

- a) Ensaio de tração

As propriedades do aço num liner acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

b) Ensaio de impacto

As propriedades de impacto do aço num liner de aço acabado devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

c) Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto

Se o limite superior da solicitação de tração especificada para o aço exceder 950 MPa, o aço de um cilindro acabado deve ser submetido a um ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto em conformidade com A.3 e atender aos requisitos lá especificados.

### **7.5.2.3 Ensaio de materiais para liner de ligas de alumínio**

Os ensaios de material devem ser executados em liner de ligas de alumínio, segundo segue:

a) ensaio de tração

As propriedades dos materiais das ligas de alumínio num cilindro acabado devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

b) ensaio de corrosão

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de corrosão em conformidade com A.4.

c) ensaios "Sustained-load-cracking Resistance"

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios "Sustained-load-cracking Resistance" em conformidade com A.5.

### **7.5.2.4 Ensaio de pressão hidrostática de ruptura**

a) um revestimento deve ser hidrostaticamente pressurizado até o colapso, em conformidade com A.12. A pressão de ruptura deve exceder a mínima pressão de ruptura especificada no projeto do revestimento;

b) três cilindros devem ser hidrostaticamente pressurizados até o colapso, em conformidade com A.12. A pressão de ruptura do cilindro deve exceder a mínima pressão de ruptura calculada pela análise de tensões do projeto, em conformidade com a tabela 4 e em nenhum caso deve ser menor que os valores apropriados para atender os requisitos da razão de tensões de 7.3.2.

### **7.5.2.5 Ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente**

Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até falhar, ou até o mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não podem falhar antes de atingirem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos. Cilindros que excederem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos devem vazar, e não romper. Cilindros que não falharem quando atingir 45.000 ciclos devem ser destruídos, seja por continuar sendo ciclados até que a falha ocorra, seja por pressurização hidrostática até sua ruptura. Cilindros que excederem 45.000 ciclos podem romper. O número de ciclos até a falha e o local que a mesma se iniciou devem ser registrados.

### **7.5.2.6 Ensaio de escoamento-antes-do-colapso (VAC)**

O ensaio de (VAC) deve ser realizado em conformidade com A.6 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### **7.5.2.7 Ensaio de resistência ao fogo**

Um ou dois cilindros, como apropriado, deve(m) ser ensaiados em conformidade com A.15 e deve(m) atender aos requisitos lá especificados.

### **7.5.2.8 Ensaio de penetração**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.16 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### **7.5.2.9 Ensaio em ambiente ácido**

a) Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.14 e deve atender aos requisitos lá especificados.

b) Um ensaio ambiental deve ser realizado conforme descrito no anexo F.

### **7.5.2.10 Ensaio de tolerância a imperfeição**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.17 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 7.5.2.11 Ensaio de fluência a alta temperatura

Em projetos em que a temperatura de transição do vidro na resina não exceda os 102°C, um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.18 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 7.5.2.12 Ensaio de ruptura por solicitação acelerada

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.19 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 7.5.2.13 Ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.7 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 7.5.2.14 Ensaio de tensão de cisalhamento da resina

As resinas devem ser ensaiadas em conformidade com A.26 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 7.5.3 Modificações de projeto

Uma modificação de projeto é toda mudança na seleção de materiais estruturais ou modificação de dimensionamento não atribuídas às tolerâncias normais de fabricação.

Modificações menores de projeto podem ser permitidas para qualificação através de um programa reduzido de ensaios. Modificações de projeto especificadas na tabela 5 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como indicado na tabela 5.

**Tabela 5 - Modificações de projeto para os cilindros tipo GNV-2**

Mudanças de Projeto	Tipo de Ensaio							
	Ruptura Hidros-tática	Cíclico a temperatura ambiente	Fogueir a	Penetração	Ambi ental	Tole-rância à defei-tos	Fluên-cia a alta tempe-ratura	Ruptu-ra acele-rada
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19
Fabricação da fibra	X	X	-	-	-	-	X	X
Material metálico do revestimento	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da fibra	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da resina	-	-	-	X	X	X	X	X
Mudanças de diâmetro $\leq 20\%$	X	X	-	-	-	-	-	-
Mudanças de diâmetro $>20\%$	X	X	X	X	-	X	-	-
Mudanças de comprimento $\leq 50\%$	X	-	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-
Mudanças de comprimento $>50\%$	X	X	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-
Mudanças de pressão de serviço $\leq 20\%$ <sup>b)</sup>	X	X	-	-	-	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-	-	-	-
Tamanho do furo	X	X	-	-	-	-	-	-
Mudanças de revestimento	-	-	-	-	X	-	-	-
Mudanças no processo de fabricação	X	X	-	-	-	-	-	-
Dispositivo de alívio de pressão	-	-	X	-	-	-	-	-

a) Ensaio somente apropriado quando do aumento do comprimento.

b) Somente quando a mudança de espessura for proporcional ao diâmetro e/ou à mudança de pressão.

## 7.6 Ensaios de lote

### 7.6.1 Requisitos gerais

Ensaios de lote devem ser realizados em cilindros acabados, representativos da produção normal e que estejam com as devidas marcações. Os cilindros e liner requisitados para ensaios devem ser escolhidos aleatoriamente em cada lote de produção. Se mais cilindros que os requisitados por este regulamento forem submetidos aos ensaios, todos os resultados devem ficar registrados. Quando forem detectados defeitos no revestimento antes de qualquer auto-interferência ou ensaio de pressão hidrostática, o revestimento deve ser totalmente removido e, em seguida, repostos.

### 7.6.2 Ensaios requeridos

**7.6.2.1** Em cada lote de cilindros devem, no mínimo, ser realizados os seguintes ensaios:

a) em um cilindro:

- 1- um ensaio de ruptura hidráulica, em conformidade com A.12.
- 2- se a pressão de ruptura for menor que a mínima calculada, deve ser seguido o procedimento de 7.9.

b) em um cilindro complementar, ou liner, ou amostra testemunha tratada termicamente, representativa de um cilindro acabado:

1. verificação das dimensões críticas em relação ao projeto (ver 5.2.4.1);
2. um ensaio de tração em conformidade com A.1. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos do projeto (ver 5.2.4.1).
3. para os liner de aço, três ensaios de impacto de acordo com A.2. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos especificados em A.2.
4. quando uma proteção externa ao revestimento do cilindro for parte do projeto, um ensaio de lote da proteção externa deve ser realizado de acordo com A.24. Quando a proteção externa não atender os requisitos de A.24, o lote deve ser inspecionado em 100% das unidades para que sejam retirados cilindros com defeitos de proteções externas similares. A proteção externa em todos esses cilindros defeituosos deve ser retirada e a proteção externa re-aplicada. O ensaio de lote da proteção externa do cilindro deve então ser repetido.

Todos os cilindros ou liner representados por um ensaio de lote que falharem em atender os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 7.9.

**7.6.2.2** Também deve ser realizado um ensaio de pressão cíclica periódico em cilindros acabados, de acordo com A.13 numa frequência de ensaio como definido a seguir:

- a) inicialmente, um cilindro de cada lote deve ser pressurizado ciclicamente por um total de 1.000 vezes a vida útil de serviço especificada em anos, com um mínimo de 15.000 ciclos, neste caso correspondente a 15 anos; para mais de 15 anos deverá ser pressurizado ciclicamente, a razão de 1000 vezes por ano acrescido a vida útil até o limite de 20 anos;
- b) se em dez lotes de produção seqüenciais de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 7.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazar antes de 1.500 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 22.500 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro em cada 5 lotes de produção;
- c) se em dez lotes de produção seqüenciais de uma família de projeto, nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazar antes de 2.000 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 30.000 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro em cada dez lotes de produção;
- d) se mais de três meses se passarem desde o último ensaio de pressão cíclica, então um cilindro do próximo lote de produção deve ser ensaiado à pressão cíclica a fim de manter a reduzida frequência de ensaios de lotes de b) e c) acima.
- e) se qualquer cilindro ensaiado à pressão cíclica, em frequência reduzida, em b) ou c) acima, não alcançar o requerido número de ciclos de pressão (mínimo de 22.500 ou 30.000, respectivamente), então é apropriado repetir a frequência de ensaios de pressão cíclica em a) para um mínimo de dez lotes de produção para restabelecer a reduzida frequência de ensaios de pressão cíclica em b) ou c) acima.

Se qualquer cilindro, em a), b) ou c) acima, não atender os requisitos do número mínimo de ciclos de vida de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço, em anos, especificada (mínimo 15.000 ciclos), então a causa da falha deve ser determinada e corrigida seguindo os procedimentos de 7.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três

cilindros daquele lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender aos requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço, em anos, especificada, então todo o lote deve ser rejeitado.

### **7.7 Ensaios em cada cilindro**

A verificação da produção e dos ensaios deve ser realizada em todos os cilindros de um lote. Cada cilindro deve ser examinado durante a fabricação e após sua complementação, como segue:

- a) por END de liner, de acordo com anexo B, para verificar que o tamanho máximo de defeito não exceda o tamanho especificado no projeto, como determinado em 7.3.4. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo permitido;
- b) verificação das dimensões críticas e massa do cilindro completo, do liner e do revestimento para que estejam dentro das tolerâncias do projeto;
- c) verificação da conformidade com o acabamento superficial especificado, com atenção especial às dobras no pescoço ou ombro das extremidades ou aberturas;
- d) verificação da marcação;
- e) por ensaios de dureza em liners, de acordo com A.8, realizadas após o tratamento térmico. Os valores então determinados devem estar em conformidade com a faixa especificada no projeto;
- f) por ensaios hidráulicos em cilindros acabados, em conformidade com A.11, opção 1. O fabricante deve estabelecer o adequado limite de expansão volumétrica permanente para a pressão de ensaio utilizada mas, em nenhum caso, esta deve exceder os 5% da expansão volumétrica medida durante o ensaio de pressão.

### **7.8 Certificado de aceitação de lote**

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 7.6 e 7.7 forem satisfatórios, o fabricante e o inspetor devem assinar um certificado de aceitação. Um exemplo de certificado de aceitação referido como "Relatório de Fabricação e Certificado de Conformidade" é apresentado no anexo E.

### **7.9 Falha em alcançar os requisitos**

Se os requisitos não forem atendidos, devem ser feitos novos ensaios ou tratamentos térmicos e subseqüentes ensaios, para a concordância do inspetor:

- a) Se houver evidência de falhas na realização do ensaio, ou erros de medição, outro ensaio deve ser realizado. Se o resultado for satisfatório, o primeiro deve ser ignorado;
- b) Caso o ensaio tenha sido realizado de maneira satisfatória, a causa da falha deve ser identificada.
  1. Se a falha for considerada de responsabilidade do tratamento térmico, o fabricante deve sujeitar todos os cilindros envolvidos em outro tratamento térmico, ou seja, se a falha for num ensaio que represente o protótipo ou cilindros de lote, a falha do ensaio demandará o novo tratamento térmico de todos os cilindros representativos deste ensaio anteriores ao novo ensaio; todavia se a falha ocorrer esporadicamente num ensaio aplicado em cada cilindro, então somente os cilindros que falharem no ensaio devem ser novamente tratados termicamente e reensaiados.
    - Sempre que o liner sofrerem novo tratamento térmico, a espessura mínima de parede deve ser garantida.
    - Somente protótipos relevantes ou ensaios de lote que precisarem provar a aceitabilidade do novo lote devem ser reensaiados. Se um ou mais ensaios demonstrarem, mesmo parcialmente, que não são satisfatórios, todos os cilindros do lote devem ser rejeitados.
  2. Se a falha for considerada não decorrente do tratamento térmico, todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados. Deve ser providenciado que todos os cilindros reparados passem pelos ensaios requeridos para o reparo e então podem ser reutilizados como parte do lote original.

## **8. Requisitos para cilindros totalmente envoltos tipo GNV-3**

### **8.1 Generalidades**

Este regulamento não provê fórmulas de projeto nem tensões admissíveis, mas requer que a adequação do projeto seja estabelecida por cálculos apropriados e demonstrados por ensaios que indiquem a capacidade dos cilindros em atender às especificações de projeto, materiais, produção e ensaios de lotes especificados neste regulamento.

Durante a pressurização, este tipo de cilindro comporta-se de tal forma que o deslocamento do revestimento externo e do liner estão sobrepostos. Tendo em vista as diferentes técnicas de fabricação, este regulamento não define um método específico de projeto.

O projeto deve assegurar um modo de falha tipo “escoamento antes do colapso” (VAC) sob possíveis condições de falha de uma seção sob pressão, em condições normais de trabalho. Se ocorrer algum escoamento através do liner, deve advir somente do incremento de alguma falha por fadiga.

## 8.2 Materiais

### 8.2.1 Requisitos gerais

Os materiais utilizados devem ser próprios para as condições de serviço especificadas na item 4. O projeto não deve admitir que materiais incompatíveis entrem em contato.

### 8.2.2 Verificação da composição química

#### 8.2.2.1 Aço

Devem ser aços acalmados ao alumínio e/ou silício e produzidos, predominantemente com fina granulometria. A composição química do aço deve ser declarada e definida pelo menos por:

- a) conteúdo de carbono, manganês, alumínio e silício em todos os casos;
- b) conteúdo de cromo, níquel, molibdênio, boro e vanádio e qualquer outro elemento liga intencionalmente adicionado.

O enxofre e fósforo contidos na análise da fundição não devem exceder os valores indicados na tabela 6:

**Tabela 6 - Limites máximos de enxofre e fósforo**

Tensão de tração		< 950 MPa	≥ 950 MPa
Nível de	enxofre	0,020%	0,010%
	fósforo	0,020%	0,020%
	enxofre + fósforo	0,030%	0,025%

#### 8.2.2.2 Alumínio

Ligas de alumínio podem ser utilizadas na produção de cilindros desde que atendam todos os requisitos deste regulamento e tenham, no máximo, quantidades de chumbo e bismuto que não excedam 0,003%.

### 8.2.3 Materiais compostos

#### 8.2.3.1 Resinas

O material para impregnação pode ser termofixo ou resinas termoplásticas. Exemplos de materiais adequados à matriz de compostos são epoxi, epoxi modificado, plásticos termofixos (poliéster e viniléster) e materiais termoplásticos (polietileno e poliamida).

A temperatura de transição vítrea da resina deve ser determinada de acordo com a ASTM D3418-99.

#### 8.2.3.2 Fibras

O tipo de material dos filamentos para o reforço estrutural deve ser de fibra-de-vidro, fibra de aramida ou fibra de carbono. Se for usada a fibra de carbono, o projeto deve conter meios de prevenir a corrosão galvânica dos componentes metálicos do cilindro.

O fabricante deve manter em arquivo as especificações publicadas dos materiais compostos, as recomendações para armazenamento do fabricante, condições de armazenamento e a certificação de material de cada carregamento está conforme as mencionadas requisições de especificações. O fabricante da fibra deve certificar que as propriedades do material estão em conformidade com as especificações do fabricante para o produto.

## 8.3 Requisitos de Projeto

### 8.3.1 Pressão de Ensaio

A pressão mínima de ensaio usada na fabricação deve ser de 30 MPa (1,5 vezes a pressão de serviço).

### 8.3.2 Pressão de ruptura e razão de tensão da fibra

A pressão mínima efetiva de ruptura não pode ser inferior aos valores dados na tabela 7. O revestimento externo deve ser projetado para alta confiabilidade sob cargas contínuas e cargas cíclicas. Esta confiabilidade deve ser obtida pelo atendimento ou superação dos valores de razão de tensão do reforço do material do composto mencionada tabela 7. A

razão de tensão é definida como a tensão na fibra à pressão mínima de ruptura especificada dividida pela tensão na fibra à pressão de serviço.

A razão de ruptura é definida como a efetiva pressão de ruptura do cilindro dividida pela pressão de serviço.

O cálculo da razão de tensão deve conter:

- a) método de cálculo com capacidade de análise de utilização para materiais não-lineares (programa de análise por elementos finitos ou programa de computador para finalidades específicas);
- b) modelagem correta da curva de tensão-deformação elástico-plástica para o liner do cilindro, que deve ser conhecida;
- c) modelagem correta das propriedades mecânicas dos materiais do revestimento externo;
- d) cálculos à pressão de auto-interferência, pressão nula depois da auto-interferência, pressão de serviço e pressão mínima de ruptura;
- e) registro da pré-tensão da tração de enrolamento;
- f) a mínima pressão de ruptura escolhida, de tal forma que a tensão calculada à mínima pressão de ruptura dividida pela tensão calculada à pressão de serviço atenda aos requisitos de razão de tensão para a fibra utilizada;
- g) considerações sobre a distribuição de cargas entre as diferentes fibras, baseadas nos diferentes módulos de elasticidade das fibras quando da análise dos cilindros com reforços híbridos ( dois ou mais tipos de fibras).

Os requisitos da razão de tensão para cada tipo individual de fibra devem estar de acordo com os valores da tabela 7.

A verificação da razão de tensão também pode ser realizada utilizando-se medidores de tensão ("strain-gauges"), neste caso deve ser aplicado o método indicado no anexo G.

**Tabela 7 - Valores mínimos efetivos de ruptura e razão de tensões para os cilindros de tipo GNV-3**

Tipo de fibra	Razão de tensão	Pressão de ruptura (MPa)
Vidro	3,65	70 <sup>a)</sup>
Aramida	3,10	60
Carbono	2,35	47
Híbrida	b)	
a) Pressão mínima efetiva de ruptura. Como complemento, cálculos devem ser realizados de acordo com 8.3.2, para confirmar que os requisitos mínimos de razão de tensão foram alcançados.		
b) Razão de tensão e pressão de ruptura, devem ser calculados de acordo com 8.3.2.		

### 8.3.3 Análise de tensões

Deve ser realizada uma análise de tensões para justificar a espessura mínima de parede de projeto. Deve estar incluída a determinação de tensões nos projetos do liner e fibras de composto. As tensões nas direções tangencial e longitudinal do cilindro no composto e no revestimento, após pré-tensionados, devem ser calculadas para 0 MPa, 20 MPa, pressão de teste e pressão de ruptura de projeto. Os cálculos devem utilizar análises adequadas, levando-se em conta o comportamento não-linear do material do liner, quando se estabelecerem as contribuições de tensão. Deve-se calcular os limites, dentro dos quais a pressão de auto-interferência diminui.

### 8.3.4 Tamanho máximo da falha

O tamanho máximo de uma falha em qualquer área do liner, tal que o cilindro alcance os requisitos de pressão cíclica e de VAC, deve ser especificado. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo da falha admitido.

O tamanho de defeito admitido para END deve ser determinado por método apropriado, como mencionado no anexo D

### 8.3.5 Aberturas

Aberturas somente são permitidas na parte superior do cilindro. A linha de centro das aberturas deve coincidir com o eixo longitudinal do cilindro.

### 8.3.6 Proteção contra fogo

O cilindro, de acordo com seu projeto, deve contar com dispositivos de alívio de pressão (DAP). O cilindro, seus materiais, DAP e qualquer isolamento ou material de proteção devem ser projetados conjuntamente para garantir a

adequada segurança nas condições de fogo, no ensaio especificado em A.15. O fabricante pode especificar locais alternativos de DAP em instalações especiais no veículo para otimizar esquemas de segurança.

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser aprovados de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela Autoridade Reguladora do Estado Parte em que se habilite o referido dispositivo.

## **8.4 Construção e acabamento**

### **8.4.1 Geral**

O cilindro de material composto deve ser fabricado a partir de um liner envolto por filamentos contínuos. As operações de enrolamento dos filamentos de fibra devem ser controlados mecanicamente ou eletronicamente. As fibras devem ser aplicadas sob tensões controladas durante o enrolamento. Terminado o enrolamento, as resinas termofixas devem sofrer processo de transição vítrea por calor usando um pré-determinado e controlado perfil de tempo-temperatura.

### **8.4.2 Liner**

A fabricação do liner metálico deve atender os requisitos dos itens 8.2, 8.3.2 além do 8.5.2.2 ou 8.5.2.3 para o adequado tipo de fabricação de revestimento.

O esforço de compressão no revestimento, à pressão zero e 15 °C, não deve causar sua flambagem ou enrugamento.

### **8.4.3 Roscas no pescoço**

As roscas devem ter bom acabamento, sem superfícies descontínuas, e devem atender aos requisitos estabelecidos neste regulamento técnico. A rosca no pescoço do cilindro, que tiver a forma cônica, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 10920. A rosca no pescoço do cilindro que tiver a forma paralela, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 15245-1.

### **8.4.4 Revestimento externo**

#### **8.4.4.1 Enrolamento da fibra**

Os cilindros devem ser fabricados segundo uma técnica de enrolamento de fibra. Durante o enrolamento as variáveis significativas devem ser monitoradas dentro das tolerâncias especificadas e documentadas em registros de enrolamento. Essas variáveis devem incluir, mas não estar limitadas a:

- a) tipo da fibra, incluindo o dimensionamento;
- b) forma de impregnação;
- c) tensão de enrolamento;
- d) velocidade de enrolamento;
- e) quantidade de fios da fibra;
- f) largura da faixa;
- g) tipo de resina e composição;
- h) temperatura da resina;
- i) temperatura do revestimento;
- j) ângulo de enrolamento.

#### **8.4.4.2 Transição vítrea da resina termofixa**

Se forem usadas resinas termofixas, elas devem ser transição vítreadas após o enrolamento do filamento. Durante a transição vítrea, seu ciclo (histórico tempo-temperatura) deve ser documentado.

Os máximos tempos de transição vítrea e temperatura para cilindros com revestimentos de ligas de alumínio devem ser menores que os tempos e temperaturas que possam afetar negativamente as propriedades do metal.

#### **8.4.4.3 Auto-interferência**

Se for usado o processo de auto-interferência, este deve ser levado a efeito antes do ensaio de pressão hidrostática. A pressão de auto-interferência deve ficar dentro dos limites estabelecidos em 8.3.3 e o fabricante deve estabelecer o método de verificação da pressão apropriada.

#### **8.4.5 Proteção externa ao meio ambiente**

A parte externa dos cilindros deve atender aos requisitos do ensaio em solução ácida de acordo com A.14. A proteção externa deve ser conseguida da seguinte forma:

- a) dando acabamento superficial para uma adequada proteção (por exemplo, metalização no alumínio, anodização); ou
- b) utilizando a fibra adequada e a matriz do material (por exemplo, fibra de carbono na resina); ou
- c) usando uma proteção externa (por exemplo, proteção orgânica, pintura). Se a proteção externa for exigência de projeto, o requisito de A.9 deve ser atendido; ou
- d) proteção externa impermeável à solução ácida mencionada em A.14

Qualquer proteção externa aplicada aos cilindros deve ser tal que seu processo de aplicação não prejudique as propriedades mecânicas do cilindro. A proteção externa deve ser projetada para facilitar subseqüente inspeção em serviço e o fabricante deve prover instruções referentes a aplicação a proteção externa durante essas inspeções para assegurar a integridade do cilindro.

Os fabricantes devem ter conhecimento que o ensaio de desempenho ambiental que avalia a adequação da proteção externa deve ser conduzido conforme apresentado no anexo F.

## **8.5 Procedimento de ensaios de protótipos**

### **8.5.1 Requisitos gerais**

Ensaio de protótipos devem ser realizados em cada novo projeto, em cilindros acabados que sejam representativos de produção normal e com as devidas marcações. Os cilindros ou revestimentos de ensaios devem ser selecionados e seus ensaios, detalhados em 8.5.2, testemunhados pelo inspetor. Se forem ensaiados mais unidades do que as requeridas por este regulamento técnico, todos os resultados devem ser documentados.

### **8.5.2 Ensaio de protótipos**

#### **8.5.2.1 Ensaio requeridos**

No processo de aprovação dos tipos, o inspetor deve selecionar os apropriados cilindros ou revestimentos e testemunhar os seguintes ensaios:

- ensaios especificados em 8.5.2.2 ou 8.5.2.3 (ensaio de materiais), como apropriado, em um revestimento;
- ensaios especificados em 8.5.2.4 (ensaio de pressão hidrostática de ruptura) em três cilindros;
- ensaios especificados em 8.5.2.5 (ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente) em dois cilindros;
- ensaio especificado em 8.5.2.6 (ensaio de VAC) em três cilindros;
- ensaio especificado em 8.5.2.7 (ensaio de resistência ao fogo) em um ou dois cilindros, como apropriado;
- ensaio especificado em 8.5.2.8 (ensaio de penetração) em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.9 (ensaio em ambiente ácido) em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.10 (ensaio de tolerância de falha) em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.11 (ensaio de deformação por alta temperatura), onde apropriado, em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.12 (ensaio de ruptura por solitação acelerada) em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.13 (ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema) em um cilindro;
- ensaio especificado em 8.5.2.14 (ensaio de tensão de cisalhamento da resina) uma amostra representativa da camada envoltória de resina.
- ensaio especificado em 8.5.2.15 (ensaio de impacto) em pelo menos um cilindro.

#### **8.5.2.2 Ensaio de materiais para liner de aço**

Os ensaios de material devem ser executados em revestimentos de aço, como segue:

- a) Ensaio de tração

As propriedades do aço num cilindro acabado ou liner devem ser determinadas em conformidade com A.1 e atender aos requisitos lá especificados.

- b) Ensaio de impacto

As propriedades de impacto do aço num cilindro acabado ou liner devem ser determinadas em conformidade com A.2 e atender aos requisitos lá especificados.

- c) Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfetos

Se o limite superior da solicitação de tração especificada para o aço exceder 950 MPa, o aço de um cilindro acabado deve ser submetido a um ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfetos em conformidade com A.3 e atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.3 Ensaio de materiais para liner de ligas de alumínio**

Os ensaios de material devem ser executados em revestimentos de ligas de alumínio, segundo segue:

a) Ensaio de tração

As propriedades dos materiais das ligas de alumínio num cilindro acabado devem ser determinadas em conformidade com os requisitos especificados no anexo A.1.

b) Ensaio de corrosão

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de corrosão em conformidade com A.4.

c) Ensaios de resistência a trincas por cargas sustentadas.

Ligas de alumínio devem atender aos requisitos dos ensaios de fendas por carga contínua em conformidade com A.5.

#### **8.5.2.4 Ensaio de pressão hidrostática de ruptura**

Três cilindros devem ser pressurizados hidrostaticamente até sua ruptura, de acordo com A.12. A pressão de colapso do cilindro deve exceder a mínima pressão de ruptura estabelecida pelo estudo de análise de tensões do projeto, de acordo com a tabela 7 e, em nenhuma hipótese, deve ser inferior ao valor necessário para atender às especificações de razão de tensões de 8.3.2.

#### **8.5.2.5 Ensaio de pressão cíclica à temperatura ambiente**

Dois cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até o colapso ou até um mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não devem entrar em colapso antes de alcançarem o equivalente à vida útil em serviço especificada em anos, multiplicada por 1.000 ciclos. Os que excederem este valor podem falhar por vazamento e não por ruptura. Cilindros que não falharem até os 45.000 ciclos devem ser destruídos pela continuação dos ciclos de ensaio até o colapso; ou pressurizando-os hidrostaticamente até que isto ocorra. Cilindros que excederem 45.000 ciclos podem romper. O número de ciclos em que ocorrer o colapso e o local do início da falha devem ser registrados.

#### **8.5.2.6 Ensaio de escoamento-antes-do-colapso (VAC)**

O ensaio de (VAC) deve ser realizado em conformidade com A.6 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.7 Ensaio de fogueira**

Um ou dois cilindros, como apropriado, devem ser ensaiados em conformidade com A.15 e devem atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.8 Ensaio de penetração**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.16 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.9 Ensaio em ambiente ácido**

a) Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.14 e deve atender aos requisitos lá especificados.

b) Um ensaio ambiental deve ser realizado conforme descrito no anexo F.

#### **8.5.2.10 Ensaio de tolerância a falhas**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.17 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.11 Ensaio de fluência a alta temperatura (fluência)**

Em projetos em que a temperatura de transição do vidro da resina não exceda os 102°C, um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.18 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.12 Ensaio de ruptura por solicitação acelerada**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.19 e deve atender aos requisitos lá especificados.

#### **8.5.2.13 Ensaio de pressão cíclica em temperatura extrema**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.7 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 8.5.2.14 Ensaio de tensão de cisalhamento da resina

Resinas devem ser ensaiadas em conformidade com A.26 e deve atender aos requisitos lá especificados.

### 8.5.2.15 Ensaio de impacto por queda

Um (ou mais) cilindro acabado deve(m) passar pelo ensaio de impacto, em conformidade com A.20 e deve(m) atender seus requisitos.

### 8.5.3 Modificações de projeto

Uma modificação de projeto é toda mudança na seleção de materiais estruturais ou modificação de dimensionamento não atribuídas às tolerâncias normais de fabricação.

Modificações menores de projeto podem ser permitidas para qualificação através de um programa reduzido de ensaios. Modificações de projeto especificadas na tabela 8 necessitam somente dos ensaios de protótipo, como especificado na tabela 8.

**Tabela 8 – Modificações de projeto para os cilindros Tipo - GNV-3**

Mudanças de projeto	Tipo de ensaio								
	Ruptura Hidrostática	Cíclico a temperatura ambiente	Fogueira	Penetração	Ambiental	Tolerância à defeitos	Fluência a alta temperatura	Ruptura acelerada	Queda (Impacto)
	A.12	A.13	A.15	A.16	A.14	A.17	A.18	A.19	A.20
Fabricação da fibra	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Material metálico do revestimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Material da resina	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Mudança de diâmetro $\leq 20\%$	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Mudança de diâmetro $>20\%$	X	X	X	X	-	X	-	-	X
Mudança de comprimento $\leq 50\%$	X	-	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	-
Mudança de comprimento $>50\%$	X	X	X <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	X
Mudança de pressão de serviço $\leq 20\%$ <sup>b)</sup>	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Forma da calota	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Tamanho do furo	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Mudança de revestimento	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Mudança de processo de fabricação	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Dispositivo de alívio de pressão	-	-	X	-	-	-	-	-	-

a) Ensaio somente apropriado quando do aumento do comprimento.  
b) Somente quando a mudança de espessura for proporcional ao diâmetro e/ou à mudança de pressão.

## 8.6 Ensaios de lote

### 8.6.1 Requisitos gerais

Ensaios de lote devem ser realizados em cilindros acabados, representativos da produção normal e que estejam com as devidas marcações. Os cilindros e liner requisitados para ensaios devem ser escolhidos aleatoriamente em cada lote de

produção. Se mais cilindros que os requisitados por este regulamento forem submetidos aos ensaios, todos os resultados devem ficar registrados. Quando forem detectados defeitos no revestimento antes de qualquer auto-interferência ou ensaio de pressão hidrostática, o revestimento deve ser totalmente removido e, em seguida, repostos.

## 8.6.2 Ensaios requeridos

**8.6.2.1** Em cada lote de cilindros devem ser realizados, no mínimo, os seguintes ensaios:

- a) em um cilindro:
  - 1- Um ensaio de ruptura hidráulica, em conformidade com A.12.
  - 2- Se a pressão de ruptura for menor que a mínima calculada, deve ser seguido o procedimento de 8.9.
- b) em um cilindro complementar, ou revestimento, ou amostra testemunha tratada termicamente, representativa de um cilindro acabado:
  1. verificação das dimensões críticas em relação ao projeto (ver 5.2.4.1);
  2. um ensaio de tração em conformidade com A.1. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos do projeto (ver 5.2.4.1);
  3. para os liner de aço, três ensaios de impacto de acordo com A.2. Os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos especificados em A.2.
  4. quando uma proteção externa ao revestimento do cilindro for parte do projeto, um ensaio de lote da proteção externa deve ser realizado de acordo com A.24. Quando a proteção externa não atender os requisitos de A.24, o lote deve ser inspecionado em 100% das unidades para que sejam retirados cilindros com defeitos de proteções externas similares. A proteção externa em todos esses cilindros defeituosos deve ser retirada e a proteção externa re-aplicada. O ensaio de lote da proteção externa do cilindro deve então ser repetido.

Todos os cilindros ou liner representados por um ensaio de lote que falharem em atender os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 8.9.

**8.6.2.2** Também deve ser realizado um ensaio de pressão cíclica periódico em cilindros acabados, de acordo com A.13 numa frequência de ensaio como definido a seguir:

- a) inicialmente, um cilindro de cada lote deve ser pressurizado ciclicamente por um total de 1.000 vezes a vida útil de serviço especificada em anos, com um mínimo de 15.000 ciclos, neste caso correspondente a 15 anos; para mais de 15 anos deverá ser pressurizado ciclicamente, a razão de 1000 vezes por ano acrescido a vida útil até o limite de 20 anos;
- b) se em 10 lotes de produção sequenciais de uma família de projeto (materiais e processos similares, segundo definição de modificações menores de projeto, como definido em 8.5.3), nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a) acima, romper ou vazar antes de 1.500 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 22.500 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro a cada 5 lotes de produção;
- c) se em 10 lotes de produção sequenciais de uma família de projeto, nenhum dos cilindros pressurizados ciclicamente, como em a), romper ou vazar antes de 2.000 ciclos vezes a vida útil, em anos, (no mínimo 30.000 ciclos), então o ensaio de pressão cíclica pode ser reduzido a um cilindro em cada 10 lotes de produção;
- d) se mais de três meses se passarem desde o último ensaio de pressão cíclica, então um cilindro do próximo lote de produção deve ser ensaiado à pressão cíclica a fim de manter a frequência reduzida de ensaios de lotes de b) ou c).
- e) se qualquer cilindro ensaiado à pressão cíclica na frequência reduzida, em b) ou c), não alcançar o requerido número de ciclos de pressão (mínimo de 22.500 ou 30.000, respectivamente), então é apropriado repetir a frequência de ensaios de pressão cíclica em a) para um mínimo de 10 lotes de produção para restabelecer a reduzida frequência de ensaios de pressão cíclica em b) ou c) acima.

Se qualquer cilindro, em a), b) ou c) acima, não atender os requisitos do número mínimo de ciclos de vida de 1.000 ciclos vezes a vida útil de serviço em anos especificada (mínimo 15.000 ciclos), então a causa da falha deve ser determinada e corrigida seguindo os procedimentos de 8.9. O ensaio de pressão cíclica deve ser então repetido em três cilindros de cada lote. Se qualquer dos três cilindros adicionais não atender aos requisitos da pressão cíclica de 1.000 ciclos vezes a vida útil em serviço, em anos, especificada, então todo o lote deve ser rejeitado.

## 8.7 Ensaios em cada cilindro

Este item será tratado no Regulamento de Avaliação da Conformidade a ser publicado através de Resolução Mercosul.

A verificação da produção e dos ensaios deve ser realizada em todos os cilindros de um lote. Cada cilindro deve ser examinado durante a fabricação e após sua complementação, como segue:

- a) por END de liner, de acordo com anexo B, para verificar que o tamanho máximo de defeito não exceda o tamanho especificado no projeto, como determinado em 8.3.4. O método de END deve ser capaz de detectar o tamanho máximo permitido;
- b) verificação das dimensões críticas e massa do cilindro completo, do liner e do revestimento para que estejam dentro das tolerâncias do projeto;
- c) verificação da conformidade com o acabamento superficial especificado, com atenção especial às superfícies curvas no pescoço ou colo fechamento das extremidades e aberturas;
- d) verificação da marcação;
- e) por ensaios de dureza em liners, de acordo com A.8, realizadas após o tratamento térmico. Os valores então determinados devem estar em conformidade com a faixa especificada no projeto;
- f) por ensaios hidráulicos em cilindros acabados, em conformidade com A.11, opção 1. O fabricante deve estabelecer o adequado limite de expansão volumétrica permanente para a pressão de ensaio utilizada, mas em nenhum caso, esta deve exceder os 5% da expansão volumétrica medida durante o ensaio de pressão.

### **8.8 Certificado de aceitação de lote**

Se os resultados dos ensaios de lote, de acordo com 8.6 e 8.7, forem satisfatórios, o fabricante e o inspetor devem assinar um certificado de aceitação. Um exemplo de certificado de aceitação referido como “Relatório de Fabricação e Certificado de Conformidade” é apresentado no anexo E.

### **8.9 Falha em alcançar os requisitos**

Se os requisitos não forem atendidos, devem ser feitos novos ensaios ou tratamentos térmicos e subseqüentes ensaios, para a concordância do inspetor:

- a) se houver evidência de falhas na realização do ensaio, ou erros de medição, outro ensaio deve ser realizado. Se o resultado for satisfatório, o primeiro deve ser ignorado;
- b) caso o ensaio tenha sido realizado de maneira satisfatória, a causa da falha deve ser identificada.
  - 1) Se a falha for considerada de responsabilidade do tratamento térmico, o fabricante pode sujeitar todos os cilindros envolvidos em outro tratamento térmico, ou seja, se a falha for num ensaio que represente o protótipo ou cilindros de lote, a falha do ensaio demandará o novo tratamento térmico de todos os cilindros representativos deste ensaio; todavia se a falha ocorrer esporadicamente num ensaio aplicado em cada cilindro, então somente os cilindros que falharem no ensaio devem ser novamente tratados termicamente e reensaiados.
    - Sempre que revestimentos sofrerem novo tratamento térmico, a mínima espessura de parede deve ser garantida.
    - Somente protótipos relevantes ou ensaios de lote que precisarem provar a aceitabilidade do novo lote devem ser reensaiados. Se um ou mais ensaios demonstrarem, mesmo parcialmente, que não são satisfatórios, todos os cilindros do lote devem ser rejeitados.
  - 2) Se a falha for considerada de não responsabilidade do tratamento térmico aplicado, todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados por método aprovado. Desde que todos os cilindros reparados passem pelos ensaios requeridos para o reparo, então podem ser reintegrados como parte do lote original.

## **9. Requisitos para cilindros integralmente de material composto tipo GNV- 4**

### **9.1 Generalidades**

Este regulamento não fornece formulação de projeto ou lista tensões e esforços admissíveis, mas exige a adequação do projeto estabelecido pelos cálculos apropriados e demonstrado consistentemente pelos ensaios que os cilindros são capazes de suportar, os ensaios de material, qualificação de projeto, produção e lote especificados neste regulamento técnico.

O projeto deve assegurar um método de reprovação por “escoamento antes de colapso” por degradação das partes pressurizadas para as condições normais de operação.

### **9.2 Materiais**

#### **9.2.1 Requisitos gerais**

Os materiais utilizados devem ser apropriados às condições de serviço especificadas na seção 4. O projeto não deve admitir que materiais incompatíveis entrem em contato.

### 9.2.2 Resinas

O material para impregnação pode ser resina termoestável ou termoplástica. Exemplos de materiais adequados à matriz de compostos são o epóxi, o epóxi modificado, o poliéster e o viniléster entre os plásticos termoestáveis, polietileno e a poliamida entre os materiais termoplásticos.

A temperatura de transição vítrea dos materiais de resina será determinada de acordo com a ASTM D 3418-99.

### 9.2.3 Fibras

Os tipos de material para filamento de reforço estrutural podem ser a fibra de vidro, a fibra de aramida ou fibra de carbono. Caso seja utilizado o reforço em fibra de carbono, o projeto deve incorporar recursos para prevenir a corrosão galvânica dos componentes metálicos do cilindro.

O fabricante deve manter, em arquivo e disponíveis, as especificações publicadas dos materiais compostos, as recomendações dos fabricantes quanto à armazenagem, condições e período de armazenamento, e a certificação do fabricante do material para cada carregamento atestando sua conformidade com as especificações requeridas. O fabricante da fibra deve certificar que as propriedades do material da fibra estão em conformidade com a especificação fabricante do produto.

### 9.2.4 Liner fabricados em plástico

Materiais poliméricos devem ser compatíveis com as condições de serviço especificadas no item 4.

### 9.2.5 Bocais metálicos

Os bocais metálicos conectados aos revestimentos não-metálicos devem ser de material compatível com as condições de serviço especificadas no item 4.

## 9.3 Requisitos de projeto

### 9.3.1 Pressão de ensaio

A pressão mínima de ensaio usada na fabricação deve ser de 30 MPa (1,5 vezes a pressão de serviço).

### 9.3.2 Pressão de ruptura e coeficiente de tensão da fibra

A mínima pressão de ruptura real não deve ser menor que os valores especificados na tabela 9. O composto de revestimento externo deve ser dimensionado para elevada segurança sob carga sustentada e ciclos de carregamento. Esta segurança e confiabilidade são obtidas com o coeficiente de tensão do composto de reforço atingindo ou superando os valores apresentados na tabela 9. O coeficiente de tensão é definido como a tensão da fibra na pressão mínima de ruptura dividida pela pressão na fibra na pressão de trabalho. O coeficiente de ruptura é definido como a real pressão de ruptura do cilindro dividida pela pressão de trabalho.

Para o dimensionamento do tipo GNV-4, o coeficiente de tensão é igual ao coeficiente de ruptura.

A verificação do coeficiente de tensão deve ser realizada utilizando-se medidores de esforço conforme indicado no anexo G.

**Tabela 9 – Valores mínimos de pressão de ruptura real e o coeficiente de tensão para cilindros tipo GNV-4**

Tipo de fibra	Coeficiente de tensão	Pressão de ruptura (MPa)
Vidro	3,65	73
Aramida	3,10	62
Carbono	2,35	47
Híbrida	a)	
a) Coeficiente de tensão e pressão de ruptura serão calculadas em conformidade com o item 9.3.2		

### 9.3.3 Análise de tensão

Uma análise de tensão deve ser executada para justificar a espessura mínima de parede do projeto. Isto inclui a determinação das tensões nos revestimentos e fibras dos compostos utilizados.

As tensões nas direções tangencial e longitudinal do cilindro de composto e do revestimento devem ser calculadas. As pressões usadas para esses cálculos devem ser 0 bar, 200 bar, pressão de ensaio e pressão de ruptura projetada. Os cálculos deve usar técnicas de análise adequadas para estabelecer a distribuição de tensão através do cilindro.

### 9.3.4 Aberturas

Aberturas devem ser permitidas apenas nos bocais da extremidade principal. A linha de centro das aberturas devem coincidir com o eixo longitudinal do cilindro.

### **9.3.5 Proteção contra fogo**

O cilindro, de acordo com seu projeto, deve contar com dispositivos de alívio de pressão (DAP). O cilindro, seus materiais, DAPs e qualquer isolamento ou material de proteção devem ser projetados conjuntamente para garantir a adequada segurança nas condições de fogo, no ensaio especificado em A.15. O fabricante pode especificar locais alternativos de DAP em instalações especiais no veículo para otimizar esquemas de segurança.

Os dispositivos de alívio de pressão devem ser aprovados de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela Autoridade Reguladora do Estado Parte em que se habilite o referido dispositivo.

## **9.4 Construção e acabamento**

### **9.4.1 Geral**

Os cilindros compostos devem ser fabricados a partir de um revestimento envolto por filamentos contínuos. A operação de enrolamento das fibras deve ser controlada mecanicamente ou por computador. As fibras devem ser aplicadas sob tensão controlada durante o enrolamento. Após finalizado o enrolamento, as resinas termoestáveis devem ser transição vítreadas por aquecimento, submetendo-as a um perfil pré-determinado de tempo e temperatura.

### **9.4.2 Roscas no pescoço**

As roscas devem ter bom acabamento, sem superfícies descontínuas, e devem atender aos requisitos estabelecidos neste regulamento técnico. A rosca no pescoço do cilindro, que tiver a forma cônica, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 10920. A rosca no pescoço do cilindro que tiver a forma paralela, deverá atender aos requisitos técnicos estabelecidos na norma ISO 15245-1.

### **9.4.3 Transição vítrea das resinas termoestáveis**

A temperatura de transição vítrea das resinas termoestáveis deve ser pelos menos 10°C inferior à temperatura de amolecimento do revestimento plástico.

### **9.4.4 Proteção ao ambiente externo**

A parte externa dos cilindros deve atender aos requisitos do ensaio em solução ácida de acordo com A.14. A proteção externa deve ser conseguida da seguinte forma:

- a) dando acabamento superficial para uma adequada proteção (por exemplo, metalização no alumínio, anodização); ou
- b) utilizando a fibra adequada e a matriz do material (por exemplo, fibra de carbono na resina); ou
- c) usando revestimento de proteção (por exemplo, proteção orgânica, pintura). Se o revestimento externo for exigência de projeto, o requisito de A.9 deve ser atendido; ou
- d) revestimento impermeável à solução ácida mencionada em A.14.

Qualquer revestimento aplicado aos cilindros deve ser tal que seu processo de aplicação não prejudique as propriedades mecânicas do cilindro. O revestimento deve ser projetado para facilitar subsequente inspeção em serviço e o fabricante deve prover instruções referentes à aplicação do revestimento durante essas inspeções, para assegurar a integridade do cilindro.

Os fabricantes devem ter conhecimento que o ensaio de desempenho ambiental que avalia a adequação do revestimento deve ser conduzido conforme apresentado no anexo F.

## **9.5 Procedimento de ensaio de protótipo**

### **9.5.1 Geral**

Ensaio de protótipos devem ser realizados em cada novo projeto, em cilindros acabados que sejam representativos de produção normal e com as devidas marcações. Os cilindros ou revestimentos de ensaio devem ser selecionados e seus ensaios, detalhados em 9.5.2, testemunhados pelo inspetor. Se forem ensaiadas mais unidades do que as requeridas por este regulamento, todos os resultados devem ser documentados.

### **9.5.2 Ensaio do protótipo**

#### **9.5.2.1 Ensaio exigido**

No decurso da aprovação do tipo, o Inspetor selecionará o número apropriado de cilindros ou revestimentos e deve testemunhar os seguintes ensaios:

- ensaio especificado em 9.5.2.2 (ensaio de material), em um revestimento;
- ensaio especificado no item 9.5.2.3 (ensaio hidrostático de pressão de ruptura), em três cilindros;
- ensaio especificado em 9.5.2.4 (ensaio de pressurização cíclica à temperatura ambiente), em dois cilindros;

- ensaio especificado em 9.5.2.5 (ensaio escoamento antes do colapso), em três cilindros;
- ensaio especificado em 9.5.2.6 (ensaio de fogueira), em um ou dois cilindros como apropriado;
- ensaio especificado em 9.5.2.7 (ensaio de penetração), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.8 (ensaio de ambiente ácido), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.9 (ensaio de tolerância a fenda), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.10 (ensaio de fluência a alta temperatura), quando apropriado, em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.11 (ensaio de tensão de ruptura acelerada), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.12 (ensaio de pressurização cíclica em temperatura extrema), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.13 (ensaio de resistência da resina ao cisalhamento), em uma amostra representativa do composto de revestimento;
- ensaio especificado em 9.5.2.14 (ensaio de dano por queda), em pelo menos um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.15 (ensaio de torque do bocal), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.16 (ensaio de permeabilidade), em um cilindro;
- ensaio especificado em 9.5.2.17 (ensaio de ciclagem com GNV), em um cilindro.

#### **9.5.2.2 Ensaio de material para revestimentos plásticos**

A tensão limite de escoamento e o alongamento final devem ser determinados de acordo com A.22, e devem atender os requisitos lá contidos.

A temperatura de amolecimento deve ser determinada de acordo com A.23, e deve atender os requisitos lá contidos.

A resistência a fluência em alta temperatura deve ser determinada de acordo com A.18, e deve atender os requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.3 Ensaio hidrostático de pressão de ruptura**

Três cilindros devem ser pressurizados hidrostaticamente até a falha, em conformidade com o A.12. A pressão de ruptura do cilindro deve exceder a pressão mínima de ruptura estabelecida pela análise de tensão do projeto, de acordo com a tabela 9 e, em nenhum caso inferior ao valor apropriado para atender ao requisito do coeficiente de tensão do item 9.3.2.

#### **9.5.2.4 Ensaio de pressurização cíclica à temperatura ambiente**

Dois (02) cilindros devem ser pressurizados ciclicamente à temperatura ambiente de acordo com A.13 até falhar, ou até o mínimo de 45.000 ciclos. Os cilindros não podem falhar antes de atingirem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos. Cilindros que excederem o período de vida, em anos, multiplicado por 1.000 ciclos devem vazar, e não romper. Cilindros que não falharem quando atingir 45.000 ciclos devem ser destruídos; seja por continuar sendo ciclados até que a falha ocorra, seja por pressurização hidrostática até sua ruptura. Cilindros que excederem 45.000 ciclos podem romper. O número de ciclos até a falha e o local que a mesma se iniciou devem ser registrados.

#### **9.5.2.5 Ensaio de escoamento antes do colapso (V.A.C)**

O ensaio de escoamento antes do colapso deve ser conduzido em conformidade com A.6 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.6 Ensaio de fogueira**

Um ou dois cilindros, como apropriado, deve(m) ser submetido(s) ao ensaio de fogueira conduzido em conformidade com A.15 e deve(m) atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.7 Ensaio de penetração**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.16 e deve atender aos requisitos lá apresentados.

#### **9.5.2.8 Ensaio de ambiente ácido**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.14 e deve atender aos requisitos lá contidos. Um ensaio opcional de ambiente ácido é apresentado no anexo F.

#### **9.5.2.9 Ensaio de tolerância a defeitos**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.17 e deve atender aos requisitos lá apresentados.

#### **9.5.2.10 Ensaio de fluência a alta temperatura (fluência)**

Nos projetos em que a temperatura de transição vítrea da resina não ultrapasse 102°C, um cilindro deve ser testado em conformidade com A.18 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.11 Ensaio de tensão de ruptura acelerada**

Um cilindro ser ensaiado em conformidade com A.19 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.12 Ensaio de pressurização cíclica em temperatura extrema**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com A.7 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.5.2.13 Ensaio de resistência da resina ao cisalhamento**

O material de resina ser ensaiado em conformidade com A.26 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.6.2.1 Ensaio de impacto por queda**

Um ou mais cilindros acabados deve(m) ser testado(s) a dano por queda em conformidade com <sup>a</sup>20 e deve(m) atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.6.2.1 Ensaio de torque do bocal**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com <sup>a</sup>25 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.6.2.1 Ensaio de permeabilidade**

Um cilindro deve ser ensaiado à permeabilidade em conformidade com <sup>a</sup>21 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.6.2.1 Ensaio de ciclagem com GNV**

Um cilindro deve ser ensaiado em conformidade com <sup>a</sup>27 e deve atender aos requisitos lá contidos.

#### **9.6.2.2 Mudanças de projeto**

Considera-se uma mudança de projeto qualquer modificação na seleção do material estrutural ou no dimensionamento não atribuíveis às tolerâncias normais de fabricação.

Modificações menores de projeto podem ser permitidas para qualificação através de um programa reduzido de ensaios. Modificações de projeto especificadas na tabela 10 devem requerer ensaio de qualificação do projeto, como especificado nesta tabela.

Tabela 10 – Modificações de projeto para cilindros do tipo GNV-4

Modificação de projeto	Tipo de Ensaio												
	Ruptura hidrostática	Pressurização cíclica à temperatura ambiente	Fogueira	Penetração	Ambiente	Tolerância à defeito	Fluência a alta temperatura	Tensão de ruptura	Danos por queda	Torque no bocal	Permeabilidade	Ciclagem com GNV	
	Item												
	<sup>a</sup> 12	<sup>a</sup> 13	<sup>a</sup> 15	<sup>a</sup> 16	<sup>a</sup> 14	<sup>a</sup> 17	<sup>a</sup> 18	<sup>a</sup> 19	<sup>a</sup> 20	<sup>a</sup> 25	<sup>a</sup> 21	<sup>a</sup> 27	
Fabricante da fibra	X	X	—	—	—	—	X	X	X	X	X	X	
Material do revestimento plástico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material da fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material da resina	—	—	—	X	X	X	X	X	X	—	—	—	
Modificação no diâmetro ≤ 20%	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Modificação no diâmetro > 20%	X	X	X	X	—	X	—	—	X	—	—	—	
Modificação no comprimento ≤ 50%	X	—	X <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Modificação no comprimento > 50%	X	X	X <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	X	—	—	—	
Modificação na pressão serviço ≤ 20% <sup>b)</sup>	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Forma das extremidades	X	X	—	—	—	—	—	—	—	X	X	X	
Tamanho da abertura	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Modificação no revestimento	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	
Projeto do bocal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	X	
Processo de fabricação	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Dispositivo de alívio de pressão	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

9.□.□.□ Ensaio requerido apenas quando houver aumento do comprimento.

<sup>b)</sup> Apenas quando a espessura mudar proporcionalmente ao diâmetro e/ou à pressão.

### 9.6.2.3 Ensaios de lotes

#### 9.6.2.4 Requisitos gerais

Os ensaios de lotes devem ser realizados em cilindros acabados que sejam representativos da produção normal e que estejam finalizados com as marcas de identificação. O(s) cilindro(s) e os revestimento(s) requeridos para o ensaio devem ser selecionados aleatoriamente em cada lote. Se mais cilindros que o obrigatório forem submetidos aos ensaios, todos os resultados devem ser documentados.

#### 9.6.2.□ Ensaios requeridos

**9.6.2.1** No mínimo os seguintes ensaios devem ser realizados em cada lote de cilindros:

- a) em um cilindro:
  - 1) um ensaio hidráulico de ruptura em conformidade com A.12.
  - 2) se a pressão de ruptura for inferior à pressão mínima de ruptura calculada, os procedimentos especificados em 9.9 devem ser seguidos.
- b) em um cilindro ou revestimento ou amostra-testemunha representativa de um cilindro finalizado:
  - 1) uma medição de controle das dimensões críticas em comparação com o projeto (ver 5.2.4.1);
  - 2) um ensaio de tensão do revestimento plástico em conformidade com A.22; os resultados do ensaio devem satisfazer os requisitos do projeto (ver 5.2.4.1);
  - 3) a temperatura de fusão do revestimento plástico deve ser ensaiada em conformidade com A.23 e alcançar os requisitos do projeto;
  - 4) quando um revestimento de proteção configurar-se como parte do projeto, um ensaio de revestimento de lote deve ser realizado em conformidade com A.24 e deve atender aos requisitos lá apresentados. Onde o revestimento falhar em atender aos requisitos de A.24, o lote deve ser 100% inspecionado para remover os cilindros revestidos que apresentem defeito similar. Os revestimentos de todos os cilindros revestidos defeituosos podem ser retirados segundo um método que não afete a integridade do revestimento composto e então estes podem ser novamente revestidos. O ensaio de revestimento de lote deve ser então repetido.

Todos os cilindros ou revestimentos representados por um lote de ensaios que apresentar falha em atingir os requisitos especificados devem seguir os procedimentos especificados em 9.9.

**9.6.2.2** Adicionalmente, um ensaio de pressão cíclica periódico deve ser realizado em cilindros acabados, em conformidade com A.13, na frequência de ensaios definida a seguir:

- a) inicialmente, em um cilindro de cada lote de fabricação, o bocal deve sofrer um ensaio de torque em conformidade com A.25. inicialmente, um cilindro de cada lote deve ser pressurizado ciclicamente por um total de 1.000 vezes a vida útil de serviço especificada em anos, com um mínimo de 15.000 ciclos, neste caso correspondente a 15 anos; para mais de 15 anos deverá ser pressurizado ciclicamente, a razão de 1000 vezes por ano acrescido a vida útil até o limite de 20 anos. Seguindo o ciclo de pressurização requerido, o cilindro deve ser ensaiado a escoamento em conformidade com o método descrito em A.10 e deve atender aos requisitos lá contidos;
- b) se numa produção seqüencial de dez lotes de mesma família de projeto (por exemplo, materiais e processos similares dentro das definições de mudanças menores do projeto, visto em 9.5.3) nenhum dos cilindros submetidos ao ciclo de pressurização descrito em a) vazou ou romper em menos de 1.500 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, do cilindro (num mínimo de 22.500 ciclos), então o ensaio de pressurização cíclica pode ser reduzido para um cilindro de cada cinco lotes de produção;
- c) se numa produção seqüencial de dez lotes de mesma família de projeto nenhum dos cilindros submetidos ao ciclo de pressurização descrito em a) vazou ou romper em menos de 2.000 ciclos multiplicado pela vida útil, em anos, do cilindro (num mínimo de 30.000 ciclos), então o ensaio de pressurização cíclica pode ser reduzido para um cilindro de cada dez lotes de produção;
- d) ao expirar o prazo de três meses desde a realização do último ensaio de pressurização cíclica, um cilindro do próximo lote de fabricação deve ser submetido ao ensaio de pressurização cíclica, a fim de manter a frequência reduzida de ensaio de lotes definidos em b) e c) ;
- e) se algum ensaio de pressurização cíclica de cilindro com frequência reduzida descrito em b) ou c) falhar antes de atingir o número requerido de ciclos de pressurização (mínimo de 22.500 ou 30.000 ciclos de pressurização, respectivamente), então é apropriado repetir o ensaio de pressurização cíclica de lote na frequência descrita em a) por um mínimo de dez lotes de produção, a fim de restabelecer a frequência reduzida de ensaio de pressurização cíclica de lotes descritos em b) e c) .

Se algum cilindro descrito em a), b) ou c) falhar antes de completar o período de ciclagem mínimo requerido de 1.000 ciclos multiplicado pela vida útil do cilindro, em anos (mínimo de 15.000 ciclos), então, a causa da falha deve ser

determinada e corrigida seguindo os procedimentos descritos no item 9.9. O ensaio de pressurização cíclica deve ser repetido em mais três cilindros de deste lote. Se algum destes três cilindros adicionais falhar antes de completar o período de ciclagem mínimo requerido de 1.000 ciclos multiplicado pela vida útil do cilindro, em anos, o lote deve ser rejeitado.

### **9.7 Ensaio em cada cilindro**

Exames de produção e ensaios devem ser realizados em todos os cilindros de cada lote.

Cada cilindro deve ser examinado durante a fabricação e depois de concluído, como descrito a seguir:

- a) por inspeção dos revestimentos, para confirmar que o tamanho de defeito máximo apresentado é inferior à tolerância dimensional especificada no projeto;
- b) por verificação das dimensões críticas e da massa do cilindro finalizado e de algum revestimento ou revestimento com respeito às tolerâncias de projeto;
- c) por verificação ao acabamento superficial com o especificado;
- d) por verificação das marcações;
- e) por ensaio hidráulico em cilindros finalizados, em conformidade com A.11, opção 1. O fabricante deve definir o limite de expansão elástica apropriado para o ensaio de pressão aplicado, mas em nenhum caso o limite de expansão elástica de algum cilindro pode exceder o valor médio do lote em mais de 10%;
- f) por ensaio de escoamento em conformidade com A.10, atendendo aos requisitos lá apresentados;

### **9.8 Certificado de aceitação do lote**

Se os resultados dos ensaios de lote realizados de acordo com 9.6 e 9.7 forem satisfatórios, o fabricante e o inspetor devem assinar um certificado de aceitação. Um exemplo de certificado de aceitação (referido como "Relatório do Fabricante e Certificado de Conformidade") é apresentado no anexo E.

### **9.9 Falha em atender aos requisitos dos ensaios**

Na eventualidade de ocorrer a incapacidade de atendimento aos requisitos de ensaio, pode ser realizado novo ensaio ou novo tratamento térmico, e novo ensaio deve ser executado como descrito a seguir:

- a) se houver evidência de uma falha de execução durante a realização de um ensaio ou um erro de medição, um ensaio adicional deve ser executado. Se o resultado deste ensaio for satisfatório, o primeiro ensaio pode ser ignorado;
- b) caso o ensaio tenha sido realizado de maneira satisfatória, a causa da falha deve ser identificada;
  - todos os cilindros defeituosos devem ser rejeitados ou reparados por um método aprovado. Providenciando que os cilindros reparados passem pelo ensaio(s) requerido para reparo, eles podem ser recolocados como parte do lote original;
  - novo lote deve ser retestado. Todos os ensaios relevantes de protótipos ou de lotes apropriados para provar a aceitabilidade do novo lote devem ser novamente realizados. Se um ou mais ensaios indicarem uma insatisfação, mesmo que parcial, todos os cilindros do lote devem ser rejeitados.

## **10. Marcações**

O fabricante deve providenciar que em cada cilindro seja feita uma marcação clara e permanente; os dígitos não podem ser menores que 6 mm de altura. A marcação pode ser feita por rótulos incorporados à resina, rótulos presos por adesivos, ou dígitos marcados em baixo relevo nas espessas extremidades dos cilindros tipo GNV-1 e GNV-2 ou, ainda, combinações das alternativas citadas. Rótulos adesivos e suas aplicações devem estar em conformidade com a ISO 7225. Rótulos múltiplos são permitidos e devem ser posicionados de modo a não ficarem obstruídos pelas cintas de montagem.

Os cilindros fabricados em conformidade com este regulamento devem ter as seguintes marcações:

- a) as palavras "SOMENTE GNV"
- b) as palavras "NÃO UTILIZAR DEPOIS DE XX/XXXX" onde XX/XXXX identifiquem o mês e ano de expiração da validade. O período compreendido entre a data de fabricação e a data final de validade não deve exceder a vida útil de serviço especificada. A data de validade deve ser aplicada ao cilindro no momento do despacho, provendo que os cilindros tenham sido armazenados em lugares secos e sem pressão interna;
- c) identificação do fabricante
- d) identificação do país de origem
- e) identificação do cilindro (número de série único para cada cilindro);

- f) pressão de serviço numa dada temperatura;
- g) número da Resolução Mercosul;
- h) tipo de cilindro;
- i) as palavras “usar somente DAP aprovados pelo fabricante”;
- j) data de fabricação (mês e ano);

#### **11- Preparação para despacho**

Antes de ser despachado pelo fabricante, cada cilindro deve ser internamente limpo e seco. Cilindros não fechados imediatamente pela instalação da válvula, e dispositivos de segurança, se aplicáveis, devem ser tampados, para prevenir a entrada de umidade e proteger a rosca. Um inibidor de corrosão (por exemplo, fluidos com óleo) deve ser borrifado em todos os cilindros e liner antes do despacho.

A relação de serviços do fabricante e toda informação necessária e instruções para assegurar o correto manuseio, utilização e inspeções de serviço do cilindro deve ser fornecida ao comprador. A relação de serviços deve estar em conformidade com 5.2.3. Orientações sobre o conteúdo das instruções são dadas no anexo H.

---

## ANEXO A

### Métodos e critérios de ensaio

#### A.1 Ensaio de tração para cilindros de aço, de alumínio e Liner

O ensaio de tração deve ser realizado em materiais a partir da parte cilíndrica de cilindros acabados ou recobertos, usando um corpo-de-prova na forma retangular, de acordo com a ISO 9809-1, para aços, e ISO 7866, para alumínio. As duas faces do corpo-de-prova, representando o lado externo e interno da parede cilíndrica, não devem ser usinadas.

O ensaio de tração deve ser realizado de acordo com a ISO 6892.

A resistência à tração deve ser determinada segundo as especificações do projeto do fabricante do aço ou alumínio.

Para cilindros de aço e revestimentos, o alongamento deve ser de pelo menos 14%.

Para cilindros de liga de alumínio e revestimentos dos tipos de construção 1 ou 2, o alongamento deve ser de pelo menos 12%.

Para liner para liga de alumínio do tipo de construção 3, o alongamento deve ser determinado segundo as especificações de projeto (fabricante).

**NOTA:** Atenção deve ser dada para o método de medida do alongamento, descrito na ISO 6892, especialmente em regiões, onde o corpo-de-prova de tração gera a forma cônica, podendo resultar em um ponto de fratura fora do meio do comprimento útil ("gauge length").

#### A.2 Ensaio de impacto para cilindros de aço e de liner de aço

O Ensaio de impacto deve ser realizado a partir de três corpos-de-provas retirados da parte cilíndrica de um cilindro ou liner acabado, seguindo as especificações contidas na ISO 148.

Para realização do ensaio de impacto, devem ser retirados corpos-de-prova (parede cilíndrica) nas direções, especificadas na tabela A.1. O entalhe deve ser perpendicular à superfície da parede cilíndrica. Para ensaios longitudinais, o corpo-de-prova deve ser usinado nas seis faces. Se a espessura não permitir corpos-de-prova com largura final de 10 mm, a largura deve ser tão próxima quanto possível do valor da espessura da parede do cilindro. Os corpos-de-prova retirados na direção transversal devem ser usinados sobre os quatro lados, somente a face interna e externa da parede do cilindro não devem ser usinadas.

Os valores do ensaio de impacto não podem ser inferiores aos especificados na tabela A.1.

**Tabela A.1 – Valores aceitáveis para o ensaio de impacto**

Diâmetro do cilindro D, mm		>140			≤140
Direção do ensaio		Transversal			Longitudinal
Largura do corpo-de-prova, mm		3 a 10	>5 a 7,5	>7,5 a 10	3 a 10
Temperatura, °C		-50			-50
Resistência ao impacto J/cm <sup>2</sup>	Média de 3 corpos-de-prova	30	35	40	60
	CP individual	24	28	32	48

#### A.3 Ensaio de resistência à corrosão sob tensão induzida por sulfeto para aço

Exceto como identificado a seguir, o ensaio deve ser conduzido de acordo com o método A-NACE Standard Tensile Test, como descrito na NACE TM.0177-96.

O ensaio deve ser executado em pelo menos três corpos-de-prova de tração com "gauge" de diâmetro 3,81mm (0,150"), usinados da parede de um cilindro ou liner acabado.

Os corpos-de-prova devem ser colocados sob uma carga de tensão constante igual a 60% da tensão mínima de escoamento especificada do aço, imersa em solução de água destilada com 0,5% (fração de massa) de acetato trihidratado de sódio e ajustada para um pH inicial de 4,0, usando ácido acético. A solução deve ser continuamente saturada a temperatura ambiente e pressurizada com 0,414kPa (0,06 psia) de sulfeto de hidrogênio (balanceado no nitrogênio). Os corpos-de-prova testados não devem falhar dentro de um período de teste de 144 horas.

#### A.4 Ensaio de corrosão para ligas de alumínio

O ensaio de corrosão para ligas de alumínio deve ser desenvolvido de acordo com o anexo A da ISO 7866:1999, atendendo os requisitos nela exigidos.

#### **A.5 Ensaio de fratura por carregamento contínuo (*Sustained Load Cracking - SLC*) para alumínio**

O ensaio para determinação da resistência à SLC para ligas de alumínio deve ser desenvolvido de acordo com o anexo B da ISO 7866:1999, atendendo os requisitos nela exigidos.

#### **A.6 Ensaio de determinação de escoamento antes do colapso (VAC)**

Três cilindros acabados devem ser ensaiados com ciclos de pressão entre 2,0 e 30 MPa, cuja taxa não pode exceder a 10 ciclos por minuto, de acordo com A.13.

Todos cilindros devem falhar por vazamento ou exceder 45.000 ciclos de pressão.

#### **A.7 Ciclagem de pressão a temperatura extrema**

Cilindros acabados com cobertura de composto e livre de qualquer revestimento protetivo, deve ser submetido a ensaio cíclico, como segue:

- a) condicionar por 48 horas na pressão zero, temperatura de 65°C ou maior, e 95% ou maior de umidade relativa. O objetivo deste requisito será alcançado através da pulverização de uma névoa fina de água em uma câmara mantida a 65°C;
- b) pressurizar hidrostáticamente por 500 ciclos, multiplicado pelo tempo de serviço especificado, em anos, e usando pressões entre 2,0 e 26 MPa ou maior, com uma umidade relativa de 95% ou maior e temperatura de 65°C ou superior;
- c) condicionar o cilindro e fluido a temperatura de - 40°C ou menor, sendo monitorada a temperatura sob a superfície do cilindro e o fluido no interior deste;
- d) pressurizar na faixa de 2,0 a 20 MPa por 500 ciclos, multiplicado pelo tempo de serviço em anos para temperatura de - 40°C ou menor. Instrumentos adequados de medição devem ser fornecidos para assegurar a temperatura mínima do fluido durante o ciclo de baixa temperatura.

A taxa do ciclo de pressurização de b) não pode exceder a 10 ciclos por minuto. A taxa do ciclo de pressurização de d) não pode exceder a 3 ciclos por minuto, a menos que um transdutor de pressão seja instalado diretamente dentro do cilindro.

Durante esse ensaio cíclico, o cilindro não deve mostrar sinais de ruptura, escoamento ou desenrolamento da fibra.

Seguindo o ensaio de pressão a temperaturas extremas, os cilindros devem ser pressurizados hidrostáticamente para falhar de acordo com a A.12, e alcançar a pressão mínima de rompimento de 85% do mínimo especificado em projeto. Para o projeto GNV-4, antes do ensaio de ruptura hidrostática, o cilindro deve ser testado quanto a escoamento, conforme A.10.

#### **A.8 Ensaio de dureza Brinell**

O ensaio de dureza Brinell deve ser realizado sob a parede paralela (sentido longitudinal) de todo o cilindro ou revestimento, segundo o especificado na ISO 6506-1, na razão de um ensaio por metro de comprimento da parede paralela. O ensaio deve ser realizado após o tratamento térmico final e os valores de dureza determinados devem estar na faixa especificada no projeto.

#### **A.9 Ensaio da proteção externa**

A proteção externa devem ser avaliada usando os seguintes métodos de ensaio:

- a) ensaio de adesão, segundo a ASTM G 3359, usar método A ou B como aplicável. A proteção externa deve exibir valores de adesão compatíveis com classe 4A ou 4B, como aplicável;
- b) flexibilidade, segundo a ASTM D522-93, usar o método B com mandril de  $\varnothing=12,7\text{mm}$  (0,5 polegadas) para a temperatura de -20°C, na espessura especificada. Amostras para ensaio de flexibilidade devem ser preparadas de acordo com a ASTM D522-93. Não devem ocorrer trincas visualmente aparentes;
- c) resistência ao impacto, segundo a ASTM D2794-93. A proteção externa na temperatura ambiente deve ser aprovada quando o valor de ensaio de impacto for 18J (13,3 ft.lbs);
- d) resistência química, segundo a ASTM D1308-87, exceto quando for determinado uma norma específica. O ensaio deve ser conduzido usando o método de ponto aberto e exposição de 100 horas à solução de 30% de ácido sulfúrico (ácido de bateria com uma densidade específica 1,219) e exposição por 24 horas à glicol polialcalino (equivalente a fluido de freio). Não deve ser evidenciado levantamento, empelotamento ou amolecimento da proteção externa. A adesão deve alcançar a classe 3A ou 3B, quando o ensaio for realizado segundo a ASTM G 3359;
- e) exposição mínima de 1.000 horas, segundo as especificações da ASTM G 53.93. Não deve ser evidenciado empelotamento e a adesão deve se enquadrar na classe 3A ou 3B, quando ensaiado segundo a ASTM G 3359. O máximo de brilho perdido permitido deve ser de 20%;

f) mínimo de 500 horas de exposição, segundo as especificações da ASTM B117. A profundidade da marca de risco não deve exceder a profundidade de 2 mm, não deve ser evidenciada ocorrência do tipo empelotamento e a adesão deve se enquadrar na classe 3A ou 3B, quando o ensaio for realizado de acordo com a ASTM G 3359;

g) resistência ao arrancamento na temperatura ambiente, segundo as especificações contidas na ASTM D3170-87. A proteção externa deve ser da classe 7A ou superior e não pode expor o substrato.

#### **A.10 Ensaio de escoamento**

O tipo GNV-4 deve ser ensaiado para determinação de escoamento seguindo as etapas de procedimento a seguir:

- a) cilindros totalmente secos;
- b) pressurizar os cilindros à pressão de serviço com ar seco ou nitrogênio contendo gás detetor como o gás hélio.

Qualquer escoamento detectado deve ser motivo para rejeição.

**NOTA:** Escoamento é o alívio de gás através de uma trinca, poro, falta de união ou defeito similar. Permeabilidade através da parede em conformidade com A.21 não é considerada como escoamento.

#### **A.11 Ensaio hidráulico**

Qualquer pressão aplicada ao cilindro após a auto-interferência e antes do ensaio hidrostático não deve exceder 90% da pressão do ensaio hidrostático.

Uma das seguintes opções a seguir deve ser aplicada:

##### **Opção 1 – Ensaio de expansão volumétrica**

- a) O cilindro deve ser hidrostaticamente ensaiado com uma pressão de pelo menos 1,5 vez a pressão de trabalho. Em nenhum caso a pressão de ensaio deve exceder a pressão de auto-interferência.
- b) A pressão deve ser mantida durante 30 segundos, suficientes para garantir a completa expansão. Qualquer pressão interna aplicada após auto-interferência, antes do ensaio hidrostático não deve exceder 90% da pressão de ensaio hidrostático. Se a pressão de ensaio não puder ser mantida devido à falha no aparato de ensaio, é permitido repetir o ensaio com aumento de pressão de 0,7 MPa. Não são permitidos mais do que dois ensaios.
- c) Qualquer cilindro que não alcançar o limite de rejeição especificado deve ser rejeitado e classificado como desqualificado para o uso.

##### **Opção 2 – Ensaio de comprovação de pressão**

A pressão hidrostática dentro do cilindro deve ser aumentada de forma gradual e regular, pelo menos até atingir 1,5 vezes a pressão de trabalho. A pressão de ensaio deve ser mantida por pelo menos 30 s para se certificar de que não existe escoamento.

#### **A.12 Ensaio de pressão hidrostática de rompimento**

A taxa de pressurização não deve exceder 1,4 MPa por segundo. Se nas pressões acima de 80% da pressão de ruptura de projeto, exceder 0,35 MPa por segundo, então o cilindro deve ser esquematicamente colocado entre a pressão fonte e o medidor de pressão, ou deve permanecer 5 segundos na pressão mínima de rompimento.

A pressão mínima de rompimento exigida (calculada) deve ser pelo menos de 45 MPa e, em nenhum caso, menor do que o valor apropriado para os requisitos da razão de tensão. A pressão de rompimento deve ser registrada. A ruptura pode ocorrer na região cilíndrica ou na cúpula do cilindro.

#### **A.13 Ciclagem com pressão na temperatura ambiente**

A ciclagem deve ser desenvolvida de acordo com o procedimento a seguir:

- a) encher o cilindro com fluido não corrosivo, tal como óleo, água com inibidor ou glicol;
- b) o ciclo de pressão no cilindro deve ser entre 20 bar e 260 bar, não excedendo 10 ciclos por minuto.

O número de ciclos até a falha deve ser registrado, assim como a descrição e a localização da região de fratura e o ponto de iniciação dela.

#### **A.14 Ensaio em ambiente ácido**

Sobre um cilindro acabado deve ser executado o seguinte procedimento:

- a) expor uma área de 150 mm de diâmetro da superfície do cilindro durante 100 horas em solução de ácido sulfúrico a 30% (ácido de bateria com densidade específica de 1,219), manter o cilindro pressurizado hidrostaticamente a pressão de 26 MPa;
- b) pressurizar o cilindro para rompimento, segundo o procedimento definido no item A.12.

A pressão de rompimento deve exceder 85% do valor mínimo da pressão de explosão definida em projeto.

## **A.15 Ensaio de resistência ao fogo**

### **A.15.1 Geral**

O ensaio de resistência ao fogo foi desenvolvido para demonstrar que cilindros acabados, completos com sistema de proteção ao fogo (válvula do cilindro, dispositivo de alívio de pressão e/ou isolamento térmico integral) especificado em projeto, evitará a ruptura do cilindro quando ensaiado sob condições específicas de fogo.

Devem ser tomadas precauções, durante o ensaio com fogo, quanto a possibilidade de ruptura do cilindro.

### **A.15.2 Ajuste do cilindro**

O cilindro deve ser colocado horizontalmente com aproximadamente 100 mm do fundo acima da fonte de fogo.

Uma blindagem metálica deve ser usada para evitar chamas diretas sobre as válvulas do cilindro, montagem, e/ou dispositivo de alívio de pressão. A blindagem metálica não deve estar em contato direto com o sistema específico de proteção do cilindro (dispositivo de alívio de pressão ou a válvula do cilindro).

Qualquer falha durante o ensaio de uma válvula, montagem ou tubo, que não seja parte do sistema de proteção especificado no projeto, deve invalidar o ensaio.

### **A.15.3 Fonte de fogo**

A fonte de fogo deve ter um comprimento uniforme de 1,65 m e deve fornecer uma chama que deve colidir sobre toda a superfície do cilindro, por todo o seu diâmetro.

Qualquer combustível pode ser usado para fornecer uma chama ao ensaio, desde que possua calor uniforme suficiente para manter o ensaio na temperatura específica, até o cilindro estar vazio. A seleção do combustível deve levar em consideração a poluição do ar no ambiente de ensaio. A disposição da chama deve ser registrada em detalhes suficientes para assegurar que a taxa de calor transferida ao cilindro possa ser reproduzida.

Qualquer falha ou inconsistência na fonte de calor durante o ensaio, deve invalidar o resultado.

### **A.15.4 Medição de temperatura e pressão**

As temperaturas devem ser monitoradas utilizando-se pelo menos três termopares, dispostos ao longo da parede cilíndrica e espaçados não mais do que 0,75 m.

Uma blindagem deve ser usada para evitar o contato da chama diretamente sobre os termopares. Uma alternativa pode ser a inserção de termopares em blocos de metal medindo não mais do que 25 mm quadrados.

A temperatura e a pressão do cilindro deve ser registrada em intervalos de 30 segundos ou menos durante o ensaio.

### **A.15.5 Exigências gerais de ensaio**

O cilindro deve ser pressurizado a pressão de serviço com GNV ou ar comprimido e ensaiado na posição horizontal na pressão de trabalho e, a 25% da pressão de trabalho se a atividade térmica DAP não for usada.

Imediatamente após a ignição, deve ser produzida uma chama que deve colidir com a superfície do cilindro ao longo de um comprimento de 1,65 m e através do diâmetro do cilindro.

Dentro do intervalo de 5 minutos pelo menos um termopar deve indicar a temperatura  $\geq 590^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura mínima deve ser mantida para o resto do ensaio.

Para cilindros com comprimento de 1,65 m ou menor, o centro do cilindro deve ser posicionado sobre centro da fonte de fogo.

Para cilindros com comprimento maior do que 1,65 m, o cilindro deve ser posicionado como se segue:

- a) se o cilindro estiver montado com dispositivo de alívio de pressão em uma das extremidades, a fonte de fogo deve iniciar na extremidade oposta ao dispositivo.
- b) se o cilindro estiver montado com dispositivo de alívio de pressão em ambas as extremidades, ou em mais de uma localização ao longo do comprimento do cilindro, o centro da fonte de calor deve ser centrado no meio entre os dispositivos de alívio de pressão que são separados pela maior distância horizontal.
- c) se o cilindro estiver adicionalmente protegido por uma camada de isolante térmico, então dois ensaios de fogo na pressão de trabalho devem ser desenvolvidos, um com fogo centrado no meio do comprimento do cilindro e o outro com o fogo iniciando na extremidade de um segundo cilindro.

### **A.15.6 Resultados aceitáveis**

O cilindro deve ser aliviado através do dispositivo de alívio de pressão.

#### **A.16 Ensaio de penetração**

Um cilindro pressurizado com GNV a 20 MPa  $\pm$  1,0 MPa deve ser penetrado com uma bala perfurante de blindagem com diâmetro de 7,62 mm ou maior. A bala deve atravessar completamente pelo menos uma das paredes do cilindro. Para os projetos GNV-2, GNV-3 e GNV-4, o projétil deve colidir com o lado da parede em um ângulo de aproximadamente 45°. O cilindro não deve romper.

#### **A.17 Ensaio de tolerância para imperfeição no composto**

Somente para os projetos GNV-2, GNV-3 e GNV-4, um cilindro acabado, com revestimento protetivo completo, deve ter imperfeições de corte no composto na direção longitudinal. As falhas devem ser maiores do que os limites estabelecidos pelo fabricante para inspeção visual. Com um mínimo, uma falha deve ser de 25 mm de comprimento e 1,25 mm de profundidade, e uma outra falha deve ser de 200 mm de comprimento com uma profundidade de 0,75 mm, cortado na direção longitudinal à parede do cilindro.

O cilindro ensaiado deve ser então ciclado entre 2,0 MPa a 26 MPa na temperatura ambiente, inicialmente por 3.000 ciclos, seguido por processo adicional de 12.000 ciclos.

O cilindro não pode vaziar ou romper dentro dos primeiros 3.000 ciclos, mas pode falhar por escoamento durante 12.000 ciclos posteriores. Todos os cilindros que completarem o ensaio devem ser destruídos.

#### **A.18 Ensaio de fluência a alta temperatura**

Este ensaio deve ser exigido para todos os tipos GNV-4, e todos os tipos GNV-2 E GNV-3 em que a temperatura de transição vítrea da matriz (resina) não exceda 102°C. Um cilindro acabado deve ser ensaiado como descrito abaixo:

- a) o cilindro deve ser pressurizado até 26 MPa e aquecido e mantido à temperatura de 100°C, por pelo menos 200h;
- b) seguindo procedimento de ensaio, o cilindro deve alcançar os requisitos de teste de expansão hidrostática definida em (A.11), o de ensaio de vazamento no item (A.10) e de pressão hidrostática de explosão (A.12).

#### **A.19 Ensaio de ruptura por solicitação acelerada**

Somente para os tipos GNV-2, GNV-3 e GNV-4, um cilindro deve ser pressurizado hidrostaticamente a 26 MPa na temperatura de 65°C. O cilindro deve ser mantido a essa temperatura e pressão por 1.000h. O cilindro então deve ser pressurizado para explosão seguindo o procedimento A.12 .

A pressão de rompimento deve exceder a 85% do mínimo especificado em projeto para pressão de explosão.

#### **A.20 Ensaio de impacto por queda**

Um ou mais cilindros acabados devem ser ensaiados em queda, na temperatura ambiente sem pressurização interna ou válvula acoplada. A superfície sobre a qual os cilindros devem cair deve ser horizontal e lisa (cimento ou estrado). Um cilindro deve ser deixado cair na posição horizontal com o fundo a uma altura de 1,8m acima da superfície sobre a qual foi deixado cair. Um cilindro deve ser deixado cair verticalmente sobre umas das extremidades do cilindro de uma altura suficiente da superfície de modo que a energia potencial seja de 488J, mas em nenhum caso a altura de parte inferior do cilindro deve ser superior a 1,8m. Um cilindro deve ser deixado cair de um ângulo de 45° com relação à superfície de impacto, de uma altura, tal que o centro de gravidade fique a 1,8m, entretanto, se a extremidade inferior estiver a menos de 0,6m da superfície, o ângulo de queda deve ser mudado para manter uma altura mínima de 0,6m do centro de gravidade de 1,8m.

Após as operações descritas acima, os cilindros devem ser ciclados entre 2,0 e 26 MPa, a temperatura ambiente, inicialmente por 3.000 ciclos, seguidos por 12.000 ciclos adicionais.

Os cilindros não devem romper ou vaziar dentro dos 3.000 ciclos iniciais mas, podem falhar por vazamento durante os 12.000 ciclos adicionais. Todos os cilindros utilizados neste ensaio devem ser destruídos.

#### **A.21 Ensaio de permeabilidade**

Este ensaio somente deve ser exigido para os tipos GNV-4. Um cilindro deve ser preenchido com GNV comprimido na pressão de trabalho, colocado em câmara selada na temperatura ambiente, e monitorado quanto à vazamento por 500 horas. A taxa de permeabilidade deve ser menor que 0,25ml do GNV por hora/litro da capacidade de água do cilindro. O cilindro deve ser seccionado e as superfícies internas inspecionadas para determinar evidências de trincas ou deterioração.

#### **A.22 Propriedades de tração do plástico**

A resistência ao escoamento e o alongamento do material plástico do liner deve ser determinado na temperatura de -50°C de acordo com a ISO 527-2.

Os resultados do ensaio demonstrarão a ductilidade do material plástico do liner na temperatura de -50°C ou menores, alcançando-se os valores especificados pelo fabricante.

### **A.23 Temperatura de amolecimento do plástico**

Materiais poliméricos de revestimentos acabados devem ser ensaiados segundo as especificações contidas na norma ISO 306.

A temperatura de amolecimento deve ser de, pelo menos, 100°C.

### **A.24 Ensaio de lote da proteção externa**

#### **A.24.1 Espessura da proteção externa**

A espessura da proteção externa deve ser medida segundo as especificações da ISO 2808, e deve atender os requisitos de projeto.

#### **A.24.2 Adesão da proteção externa**

A resistência de adesão da proteção externa deve ser medida segundo as especificações da ASTM G 3359, e deve ter uma classe mínima de 4A ou 4B, conforme a mais adequada.

### **A.25 Ensaio de torque em inserto metálico**

O corpo do cilindro deve ser fixado contra a rotação e um torque de duas vezes o valor especificado pelo fabricante de válvula ou DAP deve ser aplicado às extremidades do cilindro. O torque deve ser aplicado primeiro na direção de desaperto e, finalmente, na direção de aperto. Então, o cilindro deverá ser submetido a um ensaio de vazamento (*leak test*), conforme o item A.10.

### **A.26 Ensaio de cisalhamento da resina**

Material do tipo resina devem ser ensaiados a partir de uma amostra representativa do material como um todo, seguindo as especificações contidas na ISO 14130. A amostra deve ser colocada por 24h em água em ebulição e deve, após esta fase, apresentar uma resistência mínima ao cisalhamento de 13,8 MPa.

### **A.27 Ensaio de ciclagem com GNV**

Consideração especial deve ser dada à segurança durante a realização deste ensaio. Condição prévia para realização deste ensaio, os cilindros desse projeto devem ter passado com sucesso nas especificações contidas no item A.10 (ensaio de vazamento), A.12 (ensaio de pressão hidrostática de explosão), A.13 (ensaio de ciclagem de pressão à temperatura ambiente) e A.21 (ensaio de permeabilidade).

Um cilindro acabado tipo GNV-4 deve ser ciclado com GNV, usando uma pressão de pelo menos 2,0 MPa e a pressão de trabalho por 1.000 ciclos. O tempo de enchimento deve ser de no máximo 5 minutos. A menos que de outra forma seja especificado pelo fabricante, deve se tomar cuidado para assegurar que a temperatura, durante a vazão, não ultrapasse as condições de serviço especificadas.

O cilindro deve ser ensaiado quanto ao vazamento, segundo às especificações contidas no item A.10, e atingir os requisitos lá contidos. Seguindo-se a complementação da ciclagem de GNV, o cilindro deve ser seccionado. O liner e o liner/interface com o inserto metálico externa deve ser inspecionado para verificar qualquer deterioração, tais como, trinca por fadiga ou descarga eletrostática.

---

## ANEXO B

### Inspeção ultra-sônica

#### B.1 Objetivo

Esta seção baseia-se nas técnicas utilizadas pelos fabricantes de cilindros. Desde que adequadas aos métodos de fabricação, outras técnicas podem ser usadas.

#### B.2 Requisitos gerais

O equipamento de Inspeção ultra-sônica deve permitir, no mínimo, a detecção dos padrões de referência, como descritas em B.3.2. Devem prestar serviço regular, em conformidade com as instruções de operação do fabricante para assegurar que sua precisão está sendo mantida. Os registros de Inspeção e certificados de aprovação devem ser mantidos. Este equipamento de ensaio deve ser operado por pessoal treinado e supervisionado por pessoas experientes e com certificação de nível 2 da ISO 9712:1999.

As faces internas e externas dos cilindros a serem ensaiados devem estar nas condições próprias à produção deste ensaio.

Para a detecção de falhas, deve ser usado o sistema do método pulse-echo. Para medições de espessura, pode ser usado tanto o método de ressonância quanto de pulse-echo. Técnicas de imersão ou de contato também podem ser utilizadas.

Para assegurar a devida transmissão da energia ultra-sônica entre a sonda de ensaio e o cilindro, deve ser utilizado um método de acoplamento adequado.

#### B.3 Detecção de falhas das partes do cilindro

##### B.3.1 Procedimento

Os cilindros a serem inspecionados e a unidade de sondagem deve ter movimento de rotação e translação, um em relação ao outro, de forma que possa ser descrita uma varredura helicoidal do cilindro. A velocidade de rotação e translação deve ser constante, dentro de uma faixa de  $\pm 10\%$ . O passo da hélice deve ser menor que a espessura coberta pela sonda (ao menos 10% de sobreposição deve ser garantida) e que esteja relacionada com a efetiva espessura do feixe, tal que possa assegurar 100% de cobertura à velocidade de rotação e translação usada durante o processo de calibração.

Um método alternativo de varredura pode ser utilizado para a detecção de defeitos transversais, onde a varredura ou o movimento relativo das sondas e a peça de trabalho seja longitudinal, o movimento de varredura seja tal que possa assegurar 100% de cobertura da superfície com cerca de 10% de sobreposição das trajetórias da varredura. A parede do cilindro deve ser verificada para defeitos longitudinais com a energia ultra-sônica transmitida em ambas direções circunferenciais e para os defeitos transversais, em ambos sentidos longitudinais.

Nesse caso, ou quando for executado um ensaio opcional nas regiões de transição entre a parede e o gargalo e/ou entre parede e base, a operação pode ser manual, se não for executada automaticamente.

A eficácia do equipamento deve ser periodicamente verificada comparando o padrão de referência com o procedimento de ensaio. Esta verificação deve ser realizada pelo menos no início e no fim de cada turno. Se, durante a verificação, não for detectada a presença da marca de referência, todos os cilindros ensaiados após a última verificação de aceitação devem ser reensaiados, após a reparação do equipamento.

##### B.3.2 Padrão de referência

Um padrão de referência de comprimento apropriado deve ser preparado, a partir de um cilindro de diâmetro e espessura semelhantes, com material de mesmas características acústicas e cuja superfície tenha acabamento igual ao que será inspecionado. Este padrão de referência não deve ter descontinuidades que interfiram com a detecção das marcas de referência.

As marcas de referência, longitudinais e transversais, devem ser usinadas nas partes interna e externas do padrão. Elas devem ficar separadas de tal forma que cada uma possa ser claramente identificada.

As dimensões e a forma das marcas são de crucial importância para o ajuste do equipamento (ver figuras B.1 e B.2).

- O comprimento das marcas ( $E$ ) não pode ser maior que 50 mm.
- A largura ( $W$ ) não pode ser maior do que o dobro da profundidade nominal ( $T$ ). Contudo, onde esta condição não puder ser satisfeita, uma largura de 1,0 mm é aceitável.
- A profundidade das marcas ( $T$ ) deve ser  $5\% \pm 0,75\%$  da espessura nominal ( $S$ ), com um mínimo de 0,2 mm e um máximo de 1,0 mm, ao longo de todo o comprimento da marca. Desvios em cada extremidade são permitidos.

- A marca deve ter as bordas com cantos vivos na sua interseção com a superfície da parede do cilindro. A seção da marca deve ser retangular, exceto quando for utilizado o método de usinagem ("spark erosion"); neste caso estará confirmado que a base do cilindro é arredondada.
- A forma e as dimensões da marca devem ser demonstradas por método adequado.

#### B.4 Calibração do equipamento

Utilizando-se o padrão de referência descrito em B.3.2, o equipamento deve ser ajustado para produzir indicações claramente identificadas dos entalhes de referência internos e externos. A amplitude das indicações devem ser tão idênticas quanto possíveis. A indicação da menor amplitude deve ser utilizada como nível de rejeição e para o ajuste de dispositivos visuais, auditivos, de registro ou distribuição. O equipamento deve ser calibrado com padrão de referência ou cabeçote, ou ambos, movimentando-se da mesma maneira, na mesma direção e velocidade daquelas que serão utilizadas durante a inspeção do cilindro. Todos dispositivos visuais, auditivos, de registro ou distribuição devem operar satisfatoriamente à velocidade de teste.

#### B.5 Medição de espessura de parede

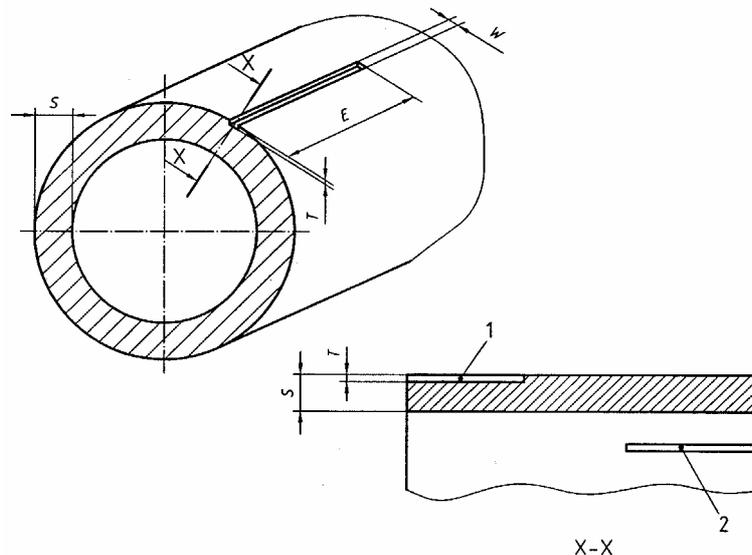
Caso a medição de espessura de parede não seja efetuada em outro estágio de produção, a parte cilíndrica do cilindro deve ser 100% examinada para assegurar que a espessura não seja menor do que o valor mínimo de espessura garantido pelo projeto.

#### B.6 Interpretação dos resultados

Cilindros com indicação que sejam iguais ou maiores que as indicações inferiores dos entalhes devem ser segregados. Defeitos de superfície devem ser removidos; após a remoção os cilindros devem ser reinspecionados quanto à detecção de falhas por ultra-som e medições de espessura.

Qualquer cilindro que apresente valores de espessura de parede abaixo da mínima garantida em projeto, deve ser rejeitado.

- 1- Entalhe de referência externo



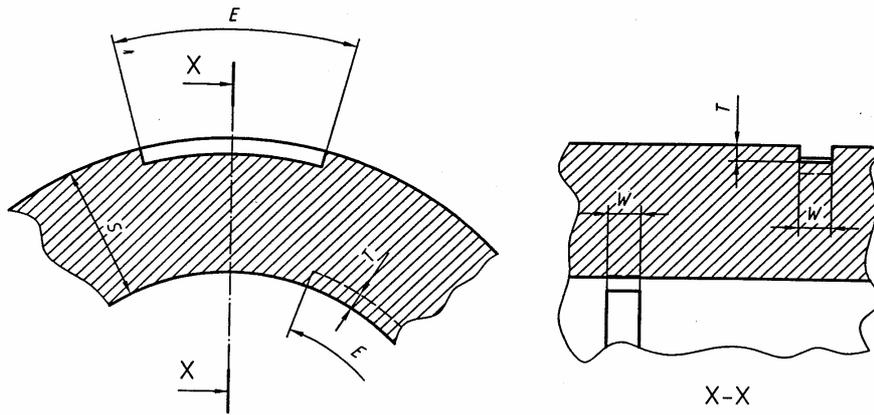
- 2- Entalhe de referência interno

**Nota:**  $T \leq (5 \pm 0,75)\% S$ , mas  $0,2 \text{ mm} \leq T \leq 1 \text{ mm}$

$W \leq 2T$ , mas, se não for possível, então  $W \leq 1 \text{ mm}$

$E \leq 50 \text{ mm}$

**Figura B.1 – Detalhes de projeto e dimensões dos entalhes de referência para defeitos longitudinais.**



**Nota:**  $T \leq (5 \pm 0,75)\% S$ , mas  $0,2\text{mm} \leq T \leq 1\text{ mm}$

$W \leq 2T$ , mas, se não for possível, então  $W \leq 1\text{ mm}$

$E \leq 50\text{ mm}$

**Figura B.2 – Representação esquemática dos entalhes de referência para defeitos circunferenciais.**

### **B.7 Registro**

O ensaio de ultra-som deve ser registrado pelo fabricante de cilindros.

Todo cilindro que tenha passado pelo ensaio ultra-sônico de acordo com essa especificação deve ser marcado/ estampado com o símbolo "UT".

---

## ANEXO C

### Procedimentos de aprovação e certificação

#### C.1 Geral

A Certificação do fabricante, aprovação do cilindro e monitoramento do controle de qualidade/procedimento de controle são tipicamente realizados ou pela Autoridade Reguladora ou pela Autoridade Independente autorizada e designada pela autoridade reguladora. Este anexo descreve o processo que envolve tais procedimentos.

#### C.2 Certificação do fabricante ou importador

Para obter a certificação num país, o fabricante ou importador deve recorrer à Autoridade Reguladora ou entidade por ela designada. A solicitação da certificação deve conter a documentação do projeto, processos e controle de qualidade, como prescrito na seção 5.

A Autoridade Reguladora ou entidade certificadora por ela autorizada certifica o fabricante através das ações a seguir e edita um “certificado de aprovação” :

- A Autoridade Reguladora ou entidade por ela designada verifica a execução por uma Autoridade Independente, um exame do local de fabricação, incluindo equipamento e controle de qualidade. Isto inclui observações da fabricação, ensaios e operações de inspeção. Serve para verificar se o local, equipamento, pessoal e sistemas estão adequados para a produção de cilindros conforme este Regulamento Técnico.
- A Autoridade Reguladora ou entidade por ela designada verifica a execução de testes em cilindros do lote de produção protótipo. Esses testes devem cumprir os requerimentos dos testes de qualificação de projeto descritos neste Regulamento Técnico, referentes ao tipo de projeto de cilindro sob consideração.

#### C.3 Aprovação de tipo de cilindro

**C.3.1** Seguindo uma solicitação para aprovação de tipo de cilindro, a Autoridade Reguladora ou entidade certificadora por ela autorizada:

- examina a documentação técnica para verificar se o cilindro foi fabricado em sua conformidade e que o projeto está de acordo com as relevantes disposições desta Norma;
- concorda com o solicitante sobre os meios com os quais serão levados a efeito as inspeções e ensaios;
- executa ou manda executar as inspeções e ensaios especificados para determinar que este Regulamento Técnico foi aplicado e que os procedimentos adotados pelo fabricante atendem aos requisitos deste Regulamento.

**C.3.2** Quando o tipo de cilindro atender aos requisitos deste Regulamento Técnico, a Autoridade Reguladora ou entidade por ela autorizada deve emitir um certificado de aprovação ao solicitante. O certificado deve conter o nome e endereço do fabricante, resultados e conclusões da inspeção e os apropriados dados para identificação do cilindro aprovado. Uma relação das partes relevantes da documentação técnica deve ser anexada ao certificado e uma cópia deve ser mantida pela Autoridade Reguladora ou entidade por ela autorizada e pelo fabricante.

Cada fabricante ou importador deve ter uma identificação, a qual deve ser estampada ou marcado no cilindro.

**C.3.3** Caso ao fabricante ou importador seja negada a aprovação dos cilindros segundo este Regulamento Técnico, a Autoridade Reguladora ou a entidade autorizada por ela, deve fornecer as razões detalhadas, por escrito, desta negativa.

**C.3.4** O fabricante ou importador deve informar à Autoridade Reguladora ou entidade certificadora autorizada por ela que emitiu a certificação de aprovação de cilindros, sempre que forem feitas as modificações dos equipamentos ou procedimentos aprovados. Uma aprovação adicional deve ser requerida onde tais modificações afetem a conformidade dos cilindros em relação à aprovação original, e é dada na forma de uma emenda ao certificado de aprovação original.

**C.3.5** Caso solicitado, a Autoridade Reguladora pode comunicar a qualquer outra Autoridade Reguladora de um Estado Parte as informações relevantes que dizem respeito à aprovação de cilindro neste Regulamento Técnico, modificações aprovadas e aprovações canceladas.

#### C.4 Relatórios e certificados

##### C.4.1 Geral

O fabricante ou importador de cilindros deve manter o certificado de aprovação e um arquivo da documentação técnica. Este relatório adequa-se a este anexo e deve ser assinado pelo representante autorizado do fabricante. O relatório deve ser guardado por não menos que 15 anos ou pelo tempo de vida útil do cilindro.

Caso seja solicitado, o fabricante ou importador deve fornecer ao comprador as informações sobre o cilindro, no mínimo, aquelas contidas no modelo 1 do anexo E.

#### **C.4.2 Certificado de aprovação de produto**

O certificado de aprovação do produto, deve incluir os seguintes dados, em adição aos dados de ensaio para os requisitos de aprovação de projeto:

- a) desenhos de projeto e cálculos;
- b) identificação do material do cilindro, certificado de análise e resultado de todos os ensaios não-destrutivos, cobrindo os lotes de material dos quais os cilindros foram fabricados;
- c) resultados de ensaios mecânicos, químicos ou não-destrutivos dos cilindros ou liner, e qualquer outra proteção externa;
- d) capacidade hidráulica de cada cilindro em litros (L);
- e) resultados dos ensaios de pressões, indicando (se aplicável) que a expansão volumétrica registrada para o cilindro está abaixo do valor máximo permitido;
- f) espessura mínima de parede (de projeto e real) do cilindro, ou revestimento e invólucro.
- g) tara real em quilogramas (kg).

#### **C.4.3 Relatório do fabricante ou importador**

O relatório do fabricante ou importador deve fornecer no mínimo as informações contidas no modelo 1 do anexo E.

---

## ANEXO D

### Tamanho de defeito do END pelo cilindro falhado no ensaio de ciclagem

Deve ser utilizado este método para determinar o tamanho de falha END para os projetos dos tipos GNV-1, GNV-2 e GNV-3:

- a) para os projetos tipo GNV-1 com local sensível à fadiga na parte cilíndrica, introduzir uma fenda externa na parede lateral;
- b) para os projetos tipo GNV-1 com local sensível à fadiga fora da parede lateral e para os tipos GNV-2 e GNV-3, introduzir defeitos internos. Os defeitos internos podem ser usinados antes do tratamento térmico e do fechamento das extremidades do cilindro.
- c) dimensionar esses defeitos artificiais para exceder a capacidade de detecção de comprimento e profundidade de defeito do método de inspeção END.
- d) pressurizar ciclicamente, até a falha, 3 cilindros contendo esses defeitos artificiais, de acordo com método de ensaio especificado em A.13 .

Caso os cilindros não vazem ou não se rompam com menos de 1.000 ciclos multiplicados pela vida útil especificada em anos, então o tamanho do defeito permitido é menor ou igual ao tamanho da falha artificial naquela localização.

---

# ANEXO E

## Modelos de relatórios

### E.1 Geral

Este anexo provê orientação quanto às informações a serem incluídas nos arquivos de documentação técnica relativa à aprovação do cilindro. Exemplos de formatos apropriados estão relacionados desde o modelo 1 ao modelo 7. Os modelos 2 a 6 devem ser desenvolvidos pelo fabricante para identificar completamente os cilindros e seus requisitos. Cada relatório deve ser assinado pela autoridade independente ou entidade por ela autorizada e pelo fabricante ou importador.

### E.2 Relação de modelos

A documentação deve incluir os seguintes formulários:

- Modelo 1) Relatório de Fabricação e Certificado de Conformidade – devem ser claros e legíveis. Um exemplo é apresentado na figura E.1
- Modelo 2) Relatório de Análise Química para Cilindros Metálicos, Liners ou Extremidades – incluir elementos essenciais, identificação, etc.
- Modelo 3) Relatório de Propriedades Mecânicas para Cilindros Metálicos ou Liners – relatar todos os ensaios requeridos por este Regulamento Técnico.
- Modelo 4) Relatório de Propriedades Físicas e Mecânicas de Materiais para Liners Não-Metálicos - relatar todos os ensaios e informações requeridos por este Regulamento Técnico.
- Modelo 5) Relatório de Análise do Composto - para relatar todos os ensaios e dados requeridos por este Regulamento Técnico.
- Modelo 6) Relatório de Ensaios Hidrostáticos, ensaios periódicos de pressão cíclica e ensaios de ruptura - relatar ensaios e dados requeridos por este Regulamento Técnico.
- Modelo 7) Certificado de Aprovação de Tipo - um exemplo é apresentado na figura E.2.

Fabricado por: \_\_\_\_\_

Localizado em: \_\_\_\_\_

Número do registro regulador: \_\_\_\_\_

Número e símbolo do fabricante: \_\_\_\_\_

Número de série: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ inclusive

Descrição do cilindro: \_\_\_\_\_

Tamanho: diâmetro externo \_\_\_\_\_ mm; comprimento \_\_\_\_\_ mm

As marcas estampadas na cúpula ou em etiqueta são:

a) SOMENTE GNV: \_\_\_\_\_

b) NÃO USAR APÓS: \_\_\_\_\_

c) Marca do fabricante: \_\_\_\_\_

d) Número de série: \_\_\_\_\_

e) Pressão de serviço, em bar: \_\_\_\_\_ bar

f) Norma ISO: \_\_\_\_\_

g) Proteção contra fogo: \_\_\_\_\_ tipo

h) Data do ensaio de fabricação (mês e ano): \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

i) Peso do cilindro vazio: \_\_\_\_\_ kg

j) Marca do inspetor ou entidade autorizada: \_\_\_\_\_

k) Capacidade hidráulica (l): \_\_\_\_\_

l) Pressão de ensaio, em bar: \_\_\_\_\_

m) Instruções especiais: \_\_\_\_\_

Cada cilindro foi fabricado em conformidade com os requisitos da norma ISO \_\_\_\_\_ e de acordo com a descrição do cilindro acima. Relatórios exigidos do resultado dos ensaios estão anexados.

Eu, desta forma, certifico que todos esses resultados de teste provaram satisfatoriamente, em todas as formas e estão em conformidade com os requisitos da norma ISO para os tipos listados acima \_\_\_\_\_

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Entidade autorizada ou agência de inspeção: \_\_\_\_\_

Assinatura do Inspetor: \_\_\_\_\_

Assinatura do fabricante: \_\_\_\_\_

Local \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

**FIGURA E.1 – Modelo 1: Relatório de fabricação e certificação de conformidade**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DE TIPO

Emitido por: .....  
(Organismo de Inspeção Autorizado)

Aplicando norma ISO: .....  
relativo à  
.....  
(tipo de cilindro)

Aprovação nº: ..... Data: .....

Tipo de cilindro: .....  
(Descrição da família de cilindros (desenho nº) que recebeu aprovação de tipo)

Pressão de serviço:.....bar

Fabricante ou representante: .....  
(Nome e endereço do fabricante ou representante)

Toda informação pode ser obtida de: .....  
(Nome e endereço da entidade de aprovação)

.....  
.....

Data: ..... Local: .....

.....  
(Assinatura do Inspetor)

**FIGURA E.2 – Exemplo de modelo 7 : Certificado de aprovação de tipo**



# ANEXO F

## Ensaio ambiental

### F.1 Geral

Este ensaio é aplicável somente aos cilindros dos tipos GNV-2, GNV-3 e GNV-4.

### F.2 Preparação e ajuste do cilindro

Dois cilindros devem ser ensaiados na condição representativa de geometricamente instalados, incluindo a proteção externa (se aplicável), suportes e juntas, e instalações de pressão usando adequada configuração de selagem (por exemplo, O-rings) como que usado em serviço. Os suportes, caso sejam pintados ou revestidos quando da instalação no veículo, devem ser pintados ou revestidos antes da sua instalação para o ensaio de imersão.

Os cilindros devem ser sujeitos a pré-condições segundo o estabelecido na seção F.3 e, então, expostos a uma sequência de ambientes, pressões e temperaturas segundo as especificações do seção F.5.

Embora uma exposição a fluido e um pré-condicionamento sejam feitos sobre a seção cilíndrica do cilindro, todo o cilindro, incluindo a seção das calotas, deve ser tão resistente para exposição ambiental quanto à áreas de exposição.

Como alternativa, pode-se ensaiar apenas um cilindro, o qual deve ser submetido a ambos os ensaios (ensaio de imersão em ambiente e ensaio de exposição a outros fluidos). Neste caso, deve ser tomado cuidado para evitar contaminação entre os fluidos.

### F.3 Pré-condicionamento

#### F.3.1 Aparelhagem

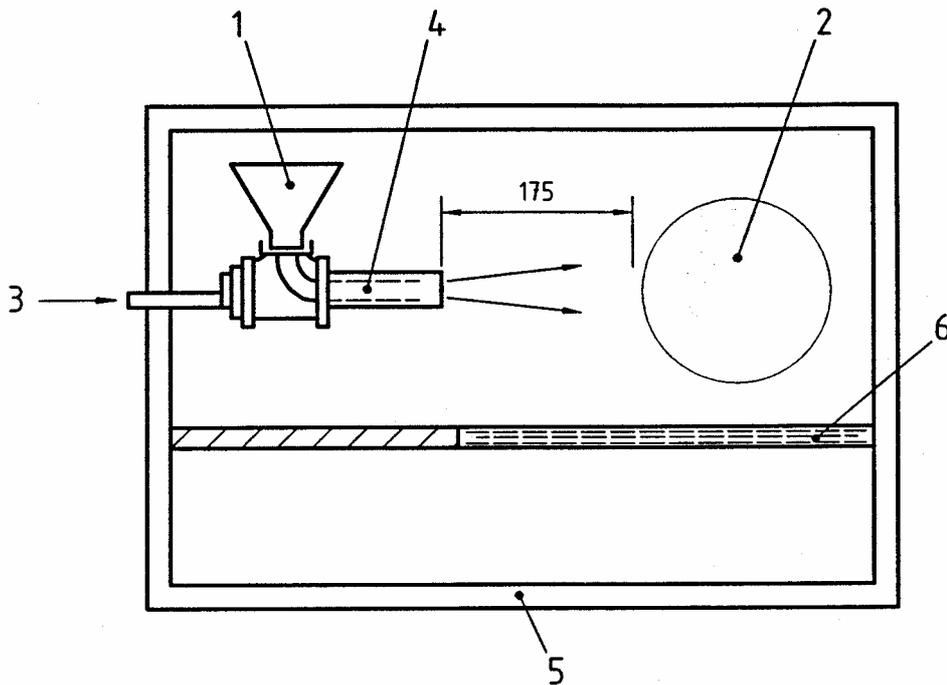
Os seguintes tipos de sistemas são apropriados para pré-condicionar o cilindro de ensaio para impacto por pêndulo ou cascalho.

a) impacto com pêndulo deve compreender:

- um corpo de impacto de aço tendo a forma piramidal com faces de triângulo equilátero e uma base quadrada, o topo e as arestas devem ter raio de arredondamento de 3 mm;
- um pêndulo, com centro de percussão que coincida com o centro de gravidade da pirâmide, isto é, à distância do eixo de rotação do pêndulo sendo de 1 m e a massa total do pêndulo referida para o centro de percussão sendo de 15 kg;
- um meio de determinar se a energia do pêndulo, no momento do impacto, não é menor do que 30 N.m e se está tão próximo deste valor quanto possível;
- um meio de segurar o cilindro na posição, durante o impacto, pela extremidade ou pelos suportes de montagem.

b) O impacto com cascalho deve compreender:

- uma máquina de impacto, construída segundo as especificações de projeto mostrada na figura F.1 e capaz de ser operada de acordo com a especificações contidas na ASTM D 3170-87, exceto no que o cilindro deva ser ensaiado a temperatura ambiente durante o impacto com cascalho;
- cascalho, compreende pedra aluvial capaz de passar através de uma tela de 16 mm (tamanho das aberturas da grade), mas que deve ser retida sobre uma tela de 9,5 mm (tamanho das aberturas da grade). Para cada aplicação são necessários 550 ml de cascalho (aproximadamente 250 a 300 pedras).



Legenda:

- 1 - Funil
- 2 - Cilindro
- 3 - Entrada de ar
- 4 - Tubo de 50 mm
- 5 - Cabine de aproximadamente 500 mm de largura
- 6 - Tela

**FIGURA F.1 - Máquina de impacto com cascalho**

### **F.3.2 Procedimento de pré-condicionamento**

#### **F.3.2.1 Condição prévia para o ensaio em ambiente de imersão**

A parte do cilindro a ser usada para o ensaio de imersão em ambiente (ver F.4.1) deve ser previamente submetida ao impacto por pêndulo e ao impacto com cascalho.

Com o cilindro despressurizado, pré-condicionar a parte central do cilindro que será submersa, por um impacto do corpo do pêndulo em três localizações espaçadas em aproximadamente 150 mm. Após o impacto, pré-condicionar cada uma das três localizações pela aplicação de impacto com cascalho.

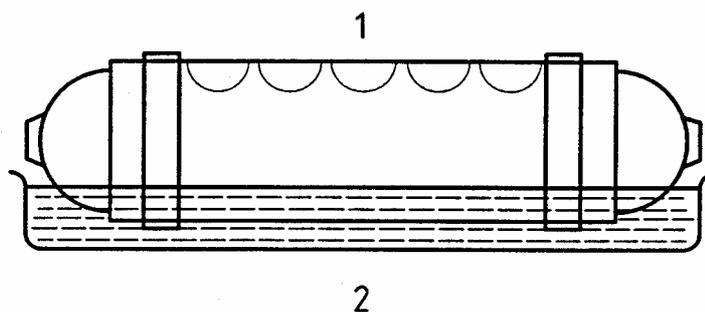
Adicionalmente, pré-condicionar uma localização dentro da parte submersa de cada calota e 50 mm (medido axialmente) a partir da tangente, através de um simples impacto do corpo do pêndulo.

#### **F.3.2.2 Pré-condicionando para o ensaio de exposição a outro fluido**

A parte do cilindro a ser utilizada para o "Ensaio de exposição a outro fluido" (ver F.4.2) deve ser pré-condicionada somente por impacto com cascalho.

Dividir a seção superior do cilindro, usado no ensaio, em cinco áreas distintas com diâmetro nominal de 100 mm e marcar essas áreas para pré-condicionamento e exposição ao fluido (ver figura F.2). As áreas demarcadas na superfície do cilindro não podem estar sobrepostas e, quando for ensaiado apenas um cilindro, não podem se sobrepor à seção imersa do cilindro. Quando conveniente para o teste, as áreas não necessitarão ser orientadas ao longo de uma única linha.

Com o cilindro despressurizado, pré-condicionar cada uma das cinco áreas identificadas na figura F.2 para exposição a outro fluido no cilindro, pela aplicação de impacto com o cascalho.



1- áreas de exposição a outros fluidos

2- área de imersão ( terço inferior )

**FIGURA F.2 - Orientação do cilindro e layout das áreas de exposição**

## F.4 Ambiente

### F.4.1 Imersão em ambiente

No estágio apropriado da sequência do ensaio (ver tabela F.1), deve-se dispor o cilindro na posição horizontal de forma que o terço inferior de seu diâmetro fique imerso em uma solução de água salgada/chuva ácida (simulada), sendo esta solução composta dos elementos descritos abaixo:

- água desionizada;
- cloreto de sódio: 2,5% (fração de massa)  $\pm$  0,1%;
- cloreto de cálcio: 2,5% (fração de massa)  $\pm$  0,1%;
- ácido sulfúrico: suficiente para a solução alcançar o pH de  $4.0 \pm 0,2$ .
- ajustar previamente o nível da solução e pH para todos os passos de ensaio que usem esta solução.
- manter a temperatura de banho a  $21 \pm 5^\circ\text{C}$ . Durante a imersão do cilindro, deve-se manter a seção não submersa em contato com o ar ambiente.

### F.4.2 Exposição a outros fluidos

No estágio apropriado da sequência do ensaio (ver tabela F.1), deve-se expor cada área demarcada para uma das cinco soluções, durante 30 min . Use o mesmo ambiente para toda a realização do ensaio. As soluções são:

- ácido sulfúrico: 19% (fração volumétrica) em solução aquosa;
- hidróxido de sódio: 25% (fração de massa) em solução aquosa;
- metanol/gasolina: 30/70% de concentração;
- nitrato de amônia: 28% (fração de massa) em solução aquosa;
- fluido de limpeza de para brisas.

Durante a exposição, deve-se orientar o cilindro de forma a área de exposição fique na parte de cima. Deve-se colocar um chumaço de lã de vidro (com espessura de aproximadamente 0,5 mm) e ajustado para dimensões adequadas sobre a área de exposição. Com uma pipeta, aplicar 5 ml do fluido de ensaio sobre a lã de vidro. Deve-se assegurar que o chumaço de lã de vidro esteja completamente molhado. Pressurizar o cilindro e, após 30 min de pressurização, remover o chumaço de lã de vidro.

## F.5 Condições de ensaio

### F.5.1 Ciclo de pressão

No estágio apropriado da sequência do ensaio (ver tabela F.1), deve-se submeter o cilindro a um ciclo de pressão hidráulica entre 2 e 26 MPa, para temperatura ambiente e alta temperatura; e entre 2 e 16 MPa, para baixa temperatura. Deve-se manter a pressão máxima por, no mínimo, 60 s, sendo que cada ciclo deve ser completado em não menos que 66 s.

### F.5.2 Exposição a alta e baixa temperaturas

No estágio apropriado da seqüência do ensaio (ver tabela F.1), levar a superfície do cilindro a alta temperatura ( $82 \pm 5^\circ\text{C}$ ) ou a baixa temperatura (menor ou igual a  $-35^\circ\text{C}$ ) no ar. A temperatura deve ser medida na superfície do cilindro.

### F.6 Procedimento de ensaio

O ensaio deve ser conduzido da seguinte forma:

- a) pré-condicionar os cilindros (ou o cilindro, no caso de ambos os ensaios serem executados nele) de acordo com F.3.2;
- b) realizar uma seqüência de exposições ambientais, ciclagem de pressão e exposição à temperatura como definido na tabela F.1; não lavar ou esfregar a superfície do cilindro entre os estágios;
- c) seguindo a complementação, submeter os cilindros (ou cilindro) ao ensaio de pressão hidrostática para explosão com destruição conforme A.12.

### F.7 Resultados aceitáveis

O resultado é considerado satisfatório se a pressão de rompimento dos cilindros (ou cilindro) for maior ou igual a 1,8 vezes a pressão de serviço.

**Tabela F.1 Seqüência e condições de ensaio**

Passos do ensaio			Ambientes	Número de ciclos de pressão	Temperatura
Dois cilindros de amostra		Um cilindro de amostra			
Imersão de cilindro	Outros fluidos	Alternativa de um cilindro			
-	1	1	Outros fluidos (40 min)	-	Ambiente
1	-	2	Imersão	500 x tempo de serviço (anos)	Ambiente
-	2	-	Ar	500 x tempo de serviço (anos)	Ambiente
-	3	3	Outros fluidos (40 min)	-	Ambiente
2	4	4	Ar	250 x tempo de serviço (anos)	Baixa
-	5	5	Outros fluidos (40 min)	-	Ambiente
3	6	6	Ar	250 x tempo de serviço (anos)	Alta

## ANEXO G

### Verificação das razões de tensão utilizando medidores de tensão (“strain gauges”)

Este anexo descreve os procedimentos que devem ser usados para verificar as razões de tensão utilizando medidores de tensão.

- a) a relação tensão-deformação para as fibras é sempre elástica, por isso as razões de tensão e de deformação são iguais;
  - b) são requeridos medidores de tensão de grande alongamento;
  - c) os medidores de tensão devem ser orientados na direção das fibras nas quais estão montados (por exemplo, com fibras anulares na parte externa do cilindro, montar os medidores na direção anular);
  - d) **Método 1** (aplicável em cilindros que não utilizam tensões de enrolamento elevadas)
    - 1) aplicar e calibrar os medidores de tensão antes da auto-interferência;
    - 2) Medir as deformações na auto-interferência, na pressão zero depois da auto-interferência, na pressão de serviço e na mínima pressão de ruptura;
    - 3) Confirmar se a deformação à pressão de ruptura dividida pela deformação à pressão de serviço atende à razão de tensão prescrita. Para construção híbrida, a deformação à pressão de serviço é igualada com a deformação de ruptura de cilindros reforçados com um tipo único de fibra.
  - e) **Método 2** (aplicável a todos os cilindros)
    - 1) aplicar e calibrar os medidores de tensão à pressão zero depois do enrolamento e auto-interferência;
    - 2) medir as deformações às pressões: zero, de serviço e mínima de ruptura;
    - 3) à pressão zero, depois das medições das deformações terem sido efetuadas às pressões de serviço e à mínima de ruptura, e com os medidores de tensão monitorados, cortar o cilindro de tal forma que a região que contém o medidor de tensão seja de, aproximadamente, 125 mm de comprimento. Remover o revestimento sem danificar o composto. Medir as deformações depois que o revestimento for removido;
    - 4) ajustar as leituras das deformações às pressões: zero, de serviço e mínima de ruptura pelo total de deformações medidas à pressão zero com e sem o revestimento;
    - 5) confirmar se a deformação à pressão de ruptura dividida pela deformação à pressão de serviço atende a razão de tensão prescrita. Para construção híbrida, a deformação à pressão de serviço é igualada com a deformação de ruptura de cilindros reforçados com um tipo único de fibra.
-

## ANEXO H

### Instruções do fabricante ou importador para manuseio, uso e inspeção dos cilindros

#### H.1 Geral

A função principal das instruções do fabricante ou importador é prover orientação ao comprador, distribuidor, instalador e usuário do cilindro para a sua utilização segura durante a pretendida vida útil em serviço.

#### H.2 Distribuição

O fabricante ou importador deve notificar o comprador para fornecer estas instruções a todas as partes envolvidas na distribuição, manuseio, instalação e utilização dos cilindros.

O documento deve ser reproduzido para prover cópias suficientes para esse propósito; no entanto deve conter referências aos cilindros entregues.

#### H.3 Referências para códigos, normas e regulamentos existentes

Instruções específicas devem ser estabelecidas por referência a códigos reconhecidos ou nacionais, normas e regulamentos.

#### H.4 Manuseio de cilindro

Procedimentos de manuseio devem ser descritos de tal forma que assegurem que os cilindros não irão sofrer danos inaceitáveis ou contaminações durante o manuseio.

#### H.5 Instalação

Instruções de instalação devem ser fornecidas de tal forma que assegurem que os cilindros não irão sofrer danos inaceitáveis durante a instalação e durante operação normal na pretendida vida útil em serviço.

Onde a montagem for especificada pelo fabricante, as instruções devem, onde relevante, conter detalhes como projetos de montagem, o uso de juntas de materiais flexíveis, o torque de aperto correto e a não exposição direta do cilindro a contato com ambientes químicos ou contatos mecânicos. As locações e montagens do cilindro devem estar em conformidade com as normas de instalação.

Onde a montagem não for especificada pelo fabricante, este deve chamar a atenção do comprador para possíveis impactos a longo prazo do sistema de montagem do veículo, isto é, movimentos do veículo e as expansões/contrações do cilindro sob às condições de pressão de serviço e temperatura.

Onde aplicável, a atenção do comprador deve ser dirigida para a necessidade de prover instalações tais que líquidos ou sólidos não causem danos ao material do cilindro.

O dispositivo de alívio de pressão a ser instalado deve ser especificado.

Válvulas do cilindro, dispositivos de alívio de pressão e conexões devem ser protegidos contra ruptura no caso de colisões. Se essas proteções forem montadas no cilindro, o projeto e o método de fixação devem ser aprovados pelo fabricante do cilindro. Fatores a serem considerados incluem a capacidade do cilindro de suportar qualquer carga de impacto transferida e o efeito de deformações localizadas nas tensões do cilindro e na vida à fadiga.

#### H.6 Utilização dos cilindros

O fabricante ou importador deve chamar a atenção do comprador para as pretendidas condições de serviço especificadas neste Regulamento Técnico, em particular ao número permitido de ciclos de pressão do cilindro, sua vida útil em anos, os limites de qualidade do gás e as pressões máximas permitidas.

#### H.7 Inspeções durante o tempo de serviço

O fabricante ou importador deve especificar claramente as obrigações do usuário em observar as inspeções obrigatórias do cilindro (por exemplo, intervalo de reinspeções por pessoal autorizado). Esta informação deve estar de acordo com os requisitos de aprovação do projeto e deve cobrir os seguintes aspectos:

a) requalificação periódica

Inspeção e/ou ensaios devem ser realizados em conformidade com as exigências dos países onde o cilindro é utilizado.

Devem ser providenciadas pelo fabricante do cilindro, com base nas condições de serviço aqui especificadas, recomendações para requalificações periódicas por Inspeção visual ou ensaios durante a vida útil em serviço. Cada cilindro deve ser visualmente inspecionado pelo menos a cada 36 meses e por ocasião de qualquer reinstalação quanto a dano externo e deterioração, inclusive sob os suportes de fixação. A Inspeção visual deve

ser executada por organismo competente, aprovado e reconhecido pela Autoridade Reguladora, de acordo com as especificações do fabricante.

Cilindros sem as marcações contendo as informações obrigatórias, ou que estas estejam ilegíveis, de qualquer forma devem ser retirados de serviço. Se o cilindro possuir a identificação do fabricante e do seu número de série, pode ser recolocada nova etiqueta ou a marcação pode ser refeita, permitindo que o cilindro permaneça em serviço.

b) Cilindros envolvidos em colisões

Cilindros que forem envolvidos em colisões devem ser re-inspecionados por uma agência autorizada de inspeção. Cilindros que não tiverem sofrido nenhum dano de impacto com a colisão podem voltar ao serviço, de outra forma, o cilindro deve ser enviado ao fabricante para avaliação.

c) Cilindros envolvidos em incêndios

Cilindros que foram submetidos à ação de fogo devem ser re-inspecionados por uma agência autorizada de inspeção ou serem condenados e removidos do serviço.

---

## **ANEXO I**

### **Cor do Cilindro**

A cor do cilindro deve ser amarela e especificada de acordo o código MUNSSELL "10YR8/14".

## ANEXO J

### Código de Identificação Mercosul (CIM)

Todos os cilindros fabricados de acordo com este Regulamento Técnico deverão estar identificados através do Código de Identificação Mercosul (CIM), conforme a descrição abaixo:

#### **Primeira Seção**

A primeira seção do CIM deve definir o país onde se fabrica o cilindro e é formada por duas letras.

#### **Segunda Seção**

A segunda seção do CIM deve definir a marca do fabricante do cilindro e é formada por dois dígitos numéricos.

#### **Terceira Seção**

A terceira seção do CIM deve definir o tipo do cilindro e é formada por um dígito numérico.

#### **Quarta Seção**

A quarta seção do CIM deve definir o modelo do cilindro e é formada por duas letras e três dígitos numéricos.

#### **Quinta Seção**

A quinta seção do CIM deve definir o número de série do cilindro, que deve ser único, não repetível e seqüencial, e é formada por oito dígitos numéricos.

As seções devem ser separadas por hífen.



MINISTÉRIO DAS CIDADES  
CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO

RESOLUÇÃO Nº 212 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006.

Dispõe sobre a implantação do Sistema de Identificação Automática de Veículos – SINIAV em todo o território nacional

O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 12, da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, e conforme o Decreto nº 4.711, de 29 de maio de 2003, que trata da coordenação do Sistema Nacional de Trânsito;

Considerando o disposto no art. 114, do CTB, que atribui ao CONTRAN dispor sobre a identificação de veículos;

Considerando as atribuições conferidas ao CONTRAN pela Lei Complementar nº 121, de 9 de fevereiro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Prevenção, Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas e dá outras providências;

Considerando a necessidade de empreender a modernização e a adequação tecnológica dos equipamentos e procedimentos empregados nas atividades de prevenção, fiscalização e repressão ao furto e roubo de veículos e cargas;

Considerando a necessidade de dotar os órgãos executivos de trânsito de instrumentos modernos e interoperáveis para planejamento, fiscalização e gestão do trânsito e da frota de veículos;

Considerando as conclusões do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria nº 379, de 28 de julho de 2006, do Ministro de Estado das Cidades, publicada no D.O.U. nº 145, seção 2, de 31 de julho de 2006, e o que consta no processo 80000.014980/2006-61

RESOLVE:

Art. 1º Fica instituído em todo o território Nacional o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV, baseado em tecnologia de identificação por rádio-frequência, cujas características estão definidas no anexo II desta Resolução.

Parágrafo único. O SINIAV é composto por placas eletrônicas instaladas nos veículos, antenas leitoras, centrais de processamento e sistemas informatizados.

Art. 2º Nenhum veículo automotor, elétrico, reboque e semi-reboque poderá ser licenciado e transitar pelas vias terrestres abertas à circulação sem estar equipado com a placa eletrônica de que trata esta Resolução.

§1º A placa eletrônica será individualizada e terá um número de série único e inalterável para cada veículo.

§2º Os veículos de uso bélico estão isentos desta obrigatoriedade.

Art. 3º Cada placa eletrônica deverá conter, obrigatoriamente, as seguintes informações que, uma vez gravadas, não poderão ser alteradas:

- I - Número serial único;
- II - Número da placa do veículo;
- III - Número do chassi; e
- IV - Código RENAVAM.

Parágrafo único – A placa eletrônica de que trata este artigo deverá obedecer também o mapa de utilização de memória constante do Anexo II desta Resolução.

Art. 4º O SINIAV deverá estar implantado em todo o território nacional conforme o cronograma constante do Anexo I desta Resolução.

Art. 5º Cabe aos Órgãos Executivos de Trânsito dos Estados e do Distrito Federal a responsabilidade pela implantação e operação do SINIAV no âmbito do seu território.

Parágrafo único. Fica facultado aos Órgãos Executivos de Trânsito dos Estados estabelecerem convênios com os Municípios visando à implantação do SINIAV.

Art. 6º - As antenas leitoras e as placas eletrônicas deverão ser homologadas pelo DENATRAN, de acordo com as características técnicas especificadas no Anexo II desta Resolução.

Art. 7º As informações obtidas através do SINIAV e que requeiram sigilo serão preservadas nos termos da Constituição Federal e das leis que regulamentam a matéria.

Art. 8º O descumprimento do disposto no artigo 2º desta Resolução sujeitará o infrator à aplicação das sanções previstas no Art. 237, do Código de Trânsito Brasileiro .

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, observado o cronograma fixado no artigo 4º .

Alfredo Peres da Silva  
Presidente

Fernando Marques de Freitas  
Ministério da Defesa – Suplente

Rodrigo Lamego de Teixeira Soares  
Ministério da Educação – Titular

Carlos Alberto Ferreira dos Santos  
Ministério do Meio Ambiente – Suplente

Valter Chaves Costa  
Ministério da Saúde – Titular

Edson Dias Gonçalves  
Ministério dos Transportes – Titular

## Anexo I – Cronograma de implantação do SINIAV

1. O processo de implantação do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos – SINIAV deverá estar iniciado em todo o território Nacional, dentro do prazo de até 18 (dezoito) meses da publicação desta Resolução e ser concluído no prazo de até 42 (quarenta e dois) meses, após o início da implantação.
  - 1.1. Findo o prazo determinado neste item, nenhum veículo poderá circular se não forem atendidas as condições fixadas nesta Resolução e em seus Anexos.
2. Para efeito do cumprimento desta Resolução, será considerada que a implantação do SINIAV estará iniciada em determinado Estado ou no Distrito Federal quando forem cumpridas, as três condições abaixo:
  - 2.1. Quando somente ocorrer o primeiro licenciamento de veículos novos com a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução.
  - 2.2. Quando ocorrer novo registro ou licenciamento dos veículos em circulação com a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução.
  - 2.3. Quando existir, no mínimo, uma antena leitora instalada em cada unidade do DETRAN ou Circunscrição Regional onde seja realizada a vistoria de que trata a Resolução nº 05/98 do CONTRAN;
3. Para efeito do cumprimento desta Resolução, será considerado que a implantação do SINIAV estará concluída em determinado Estado ou no Distrito Federal quando:
  - 3.1. Todos os veículos registrados no Estado ou no Distrito Federal só puderem ser licenciados se efetuada a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução;
  - 3.2. Existirem, no mínimo, antenas leitoras instaladas, operantes e conectadas a um sistema informatizado de registro dos dados da placa eletrônica, por sua vez conectado ao Sistema RENAVAM, em todas as unidades do DETRAN ou Circunscrição Regional onde seja realizada a vistoria de que trata a Resolução nº 05/98 do CONTRAN;

## ANEXO II – Especificações Técnicas

1. O Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV, baseado em tecnologia de identificação por rádio-frequência (RFID), é composto por placas eletrônicas instaladas nos veículos, antenas que recebem e transmitem dados às placas eletrônicas instaladas nos veículos no momento da passagem dos mesmos pela área de abrangência das antenas e por sistemas de apoio como transmissão e processamento de dados.
2. Entende-se por antena, para fins desta Resolução, o dispositivo responsável e capaz de ler e escrever informações na placa eletrônica com as seguintes características:
  - 2.1. Deve possibilitar a operação integrada com outros equipamentos de campo, através de interface aberta e conhecida como interface serial, paralela, USB ou ethernet.
  - 2.2. Deve ter desempenho de leitura de pelo menos 99,90% (noventa e nove vírgula noventa por cento) das passagens dos veículos equipados com as placas eletrônicas.
  - 2.3. Deve ter capacidade de leitura e gravação de dados nas placas eletrônicas a uma distância mínima de 5 metros.
  - 2.4. Deve permitir a leitura de dados nas placas instaladas em veículos que estejam trafegando até 160 km/h, no mínimo.
  - 2.5. Deve permitir a gravação de dados nas placas instaladas em veículos que estejam trafegando até 80 km/h, no mínimo.
  - 2.6. Deve resistir a intempéries climáticas e poder funcionar a céu aberto, com proteção física mínima de IP 65 conforme a norma NBR 9883 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).
3. Características das Placas Eletrônicas:
  - 3.1. Devem ter capacidade mínima de armazenamento de 1024 bits de informação, sem limite máximo de memória;
  - 3.2. Devem possibilitar sua fixação nos veículos de tal forma que se tornem fisicamente inoperantes quando removidas da sua localização original;
  - 3.3. Devem ser fixadas no lado interno do pára-brisa dianteiro dos veículos, conforme janela de comunicação de dados informada pelo fabricante do veículo;
    - 3.3.1. Na ausência desta informação, deverão ser fixadas no lado interno do pára-brisa dianteiro dos veículos, conforme determinações do órgão executivo de trânsito do Estado, ou do Distrito Federal, onde estiver registrado o veículo;
    - 3.3.2. No caso de veículos que não possuam pára-brisa, a placa eletrônica deverá ser fixada em local que garanta o seu pleno funcionamento.
  - 3.4. Devem ter capacidade de serem lidas em qualquer condição climática, sem prejuízo da confiabilidade de 99,90% (noventa e nove vírgula noventa por cento) de identificação do veículo;
  - 3.5. A unicidade numérica das placas eletrônicas fornecidas deve ser garantida através de processo controlado pelo DENATRAN;
  - 3.6. Devem ter capacidade de atender, no mínimo, aos requisitos do mapa de memória constante da tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – Mapa de Utilização de Memória

<b>APLICAÇÃO</b>	<b>DADO</b>		<b>BITS</b>
BASE/FABRICANTE	NUMERO SERIAL ÚNICO	Tag	64
	CONTROLE DE MANUFATURA	Tag	32
	MEMÓRIA PROGRAMÁVEL	Tag	928
	<b>TOTAL (MÍNIMO)</b>		<b>1024</b>
<b>APLICAÇÃO</b>	<b>DADO</b>	<b>TAG</b>	<b>BITS</b>
PLACA ELETRONICA	<b>PLACA ELETRONICA</b>		
	IDENTIFICAÇÃO DO EMISSOR (Pais,Estado)	Tag	64
	NUMERO DE MATRICULA DO AGENTE	Tag	32
	DATA HORA DA APLICAÇÃO	Tag	16
	PLACA	Tag	88
	NÚMERO DO CHASSI	Tag	128
	RENAVAM	Tag	36
	CODIGO DA MARCA MODELO DO VEICULO	Tag	16
	Aplicações Governamentais	Tag	164
	Sub Total		<b>544</b>
		<b>Bloco 1</b>	
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>Bloco 2</b>		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>Bloco 3</b>		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>Bloco 4</b>		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>Bloco 5</b>		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>Bloco 6</b>		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	<b>SUB TOTAL 2</b>		<b>384</b>

4. O SINIAV terá as seguintes características de segurança:
  - 4.1. Segurança de integridade de dados da placa eletrônica: os dados de identificação da placa eletrônica nela gravados por seu fabricante, bem como os dados de identificação do veículo gravados pelo órgão executivo de trânsito do Estado ou do Distrito Federal, onde estiver registrado o veículo, conforme determina o Artigo 3º desta Resolução, devem possuir características de gravação tais que seja impossível alterá-los.
  - 4.2. Segurança dos dados entre a placa eletrônica e antena leitora: devem ser utilizadas chaves de criptografia para autenticação da comunicação entre as placas eletrônicas e as antenas leitoras, ou outro meio que garanta a segurança necessária destes dados.
  - 4.3. A arquitetura do SINIAV deve garantir a segurança das informações protegidas pelo sigilo de dados, nos termos da Constituição Federal e das leis que regulamentam a matéria.
  
5. O SINIAV terá as seguintes características gerais:
  - 5.1. A faixa de potência e a frequência utilizada pelas antenas leitoras e placas eletrônicas, devem estar de acordo com a regulamentação brasileira descrita no plano de canalização da ANATEL.
  - 5.2. As características técnicas de funcionamento das placas eletrônicas e antenas leitoras devem garantir a interoperabilidade dos diversos equipamentos integrantes do sistema.
  - 5.3. O protocolo utilizado para comunicação entre as placas eletrônicas e as antenas deve ser aberto e de domínio público, a fim de atender ao disposto no artigo 6º desta Resolução e garantir a interoperabilidade do Sistema em todo Território Nacional.
  - 5.4. O sistema a ser adotado pelo SINIAV deve ter aproveitamento nas operações de leitura e/ou gravação de, pelo menos, 99,85% (noventa e nove vírgula oitenta e cinco por cento) dos veículos equipados com a placa eletrônica que passarem sobre a área de abrangência das antenas.
  - 5.5. Os dados contidos no SINIAV, assim como as formas de comunicação para leitura e/ou gravação de dados, devem ser garantidos através de códigos criptográficos que possibilitem a integridade, sigilo e confiabilidade das informações nele armazenadas.

## Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (SINIAV)

Orlando Moreira da Silva



Ministério das Cidades



## MARCO LEGAL

### Resolução nº. 212 de 13 de novembro de 2006

Dispõe sobre a implantação do Sistema de Identificação Automática de Veículos (SINIAV)



Ministério das Cidades



## SINIAV - OBJETIVOS

O SINIAV é um instrumento de identificação de veículos. Deverá ser utilizado como apoio à:

- Fiscalização do cadastro e licenciamento de veículos (RENAVAM)
- Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas
- Políticas de melhoria da Mobilidade Urbana
- Gestão de Tráfego e Transportes
- Ações voltadas ao aumento da Segurança Pública



Ministério das Cidades



## SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

### ■ Etiquetas eletrônicas (TAG):

Nos veículos.

### ■ Antenas leitoras:

Na via: Estações Fixas e Móveis.



Ministério das Cidades



## DADOS CONTIDOS NO TAG

Os dados constantes das placas eletrônicas, também denominadas **TAG**, captados durante a passagem dos veículos nas áreas cobertas pelas antenas leitoras, associados a um software de gestão adequado, permitirão a produção de uma série de informações gerenciais e estratégicas:

**IDENTIFICAÇÃO, ESTATÍSTICAS, ATUALIZAÇÃO DE CADASTROS RASTREAMENTO**



Ministério das Cidades



## DADOS CONTIDOS NO TAG

Anexo II da Resolução CONTRAN nº. 212/06

- IDENTIFICAÇÃO DO EMISSOR (País, Estado)
- NUMERO DE MATRICULA DO AGENTE
- DATA E HORA DA APLICAÇÃO
- PLACA
- NÚMERO DO CHASSI
- RENAVAM
- CODIGO DA MARCA MODELO DO VEICULO
- APLICAÇÕES GOVERNAMENTAIS



Ministério das Cidades



## SINIAV

### MODELO DE IMPLANTAÇÃO

- Gestão operacional descentralizada através dos DETRANS
- Disponibilização de pontos fixos e móveis para a fiscalização
- Implementação com garantia de interoperabilidade em todo o território Nacional
- Garantia de Integração com os Cadastros Nacionais (RENAVAM, RENACH e outros)



Ministério das Cidades



## ASPECTOS INSTITUCIONAIS

### INSTALAÇÃO DA ETIQUETA ELETRÔNICA

Os veículos novos recebem o TAG no primeiro licenciamento quando serão inseridos os dados permanentes.

Os veículos usados e outros, recebem o TAG no licenciamento anual.



Ministério das Cidades



## ASPECTOS INSTITUCIONAIS

### MODELO DE IMPLANTAÇÃO

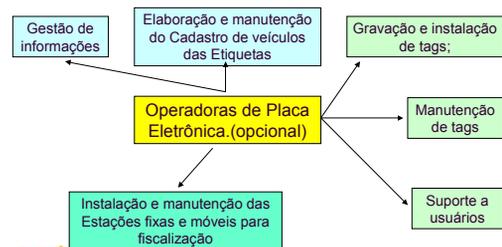
DETRANs poderão OPERAR DIRETAMENTE OU fazer CONCESSÃO dos serviços de operação do SINIAV



Ministério das Cidades



## OPERADORAS DE PLACA ELETRÔNICA ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES



Ministério das Cidades



## ASPECTOS INSTITUCIONAIS

### OPERAÇÃO DIRETA OU INDIRETA

#### ■ Quanto às Antenas

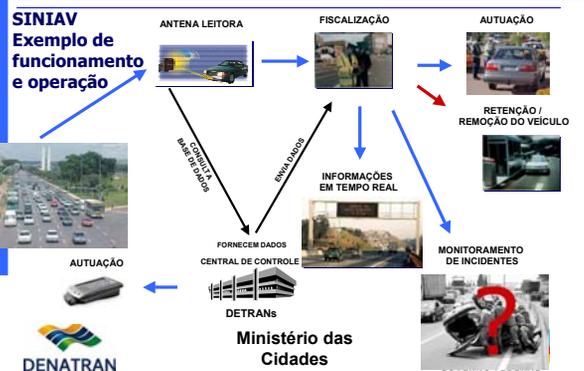
O DETRAN ou a empresa que vier a operar o sistema será a responsável pela implantação e manutenção de todas as antenas.

#### ■ Quanto aos Dados

O DETRAN ou a empresa que vier a operar o sistema será a responsável pela implantação e manutenção do banco de dados, bem como salvaguardar a confidencialidade das informações e garantir a privacidade dos usuários do sistema.



Ministério das Cidades



Ministério das Cidades



**ORLANDO MOREIRA DA SILVA**

**[orlando.silva@cidades.gov.br](mailto:orlando.silva@cidades.gov.br)**

**(61) 3429-3151**



**Ministério das  
Cidades**



## Resolución ENARGAS N° 3588

BUENOS AIRES, 18 de septiembre de 2006

VISTO la Ley N° 24.076, su Decreto Reglamentario, la Resolución ENARGAS N° 139/05, y,

### CONSIDERANDO:

Que el artículo 52 de la Ley 24076 le asigna al ENARGAS, entre sus funciones y facultades, la de dictar Reglamentos en materia de seguridad, normas y procedimientos técnicos, a los cuales deberán ajustarse todos los Sujetos de la Ley.

Que el artículo 2° de la Resolución ENARGAS N° 138/95 dispone que el Directorio del ENARGAS actualizará la normativa de aplicación vigente, conforme las observaciones que se reciban de los Sujetos de la industria del gas.

Que la experiencia desarrollada a través de la implementación del sistema de propulsión vehicular mediante Gas Natural Comprimido (GNC), llevó a complementar la normativa inicial, dando lugar a nuevas medidas de control siempre en orden de asegurar condiciones de funcionamiento más confiables, seguras y eficientes, para todo el sistema.

Que en virtud del crecimiento que en los últimos cinco años ha experimentado el uso del Gas Natural Comprimido (GNC), se requiere la actualización y optimización del sistema administrativo y de control de la actividad.

Que la potestad regulatoria importa la responsabilidad constitucional de mantener un marco normativo actualizado, en protección de los derechos de los consumidores y usuarios de bienes y servicios; garantizando la calidad, eficiencia y seguridad del servicio que se suministra.

Que a fin de afianzar la aplicación de tales normas de seguridad en los productos nacionales e importados, resulta primordial un control eficiente en el parque automotor de GNC, en las estaciones de carga y, particularmente, previo a cada reabastecimiento.

Que en tal sentido, esta Autoridad establece los procedimientos de control del GNC en resguardo de la Seguridad Pública, exhortando al cumplimiento de la presente a todos los Sujetos del Sistema.

Que los Sujetos del Sistema de GNC serán los responsables del cumplimiento de la normativa técnica y legal vigente en materia de equipos de GNC.

Que es imperioso el control y monitoreo de los vehículos convertidos, en beneficio de la Seguridad Pública.

Que teniendo en cuenta el importante crecimiento del parque automotor propulsado con GNC en el país, como así de las Estaciones de Carga que expenden el fluido, es que se torna necesario actualizar las normas de control del sistema, introduciendo modificaciones en las Obleas Habilitantes.

Que en tal sentido, la potestad regulatoria importa la responsabilidad de establecer un marco normativo que garantice la transparencia en la utilización de las Obleas Habilitantes, efectivizando la calidad de los equipos para GNC.

Que a tenor de lo expuesto, resulta necesario introducir a la estructura de la Oblea Habilitante, las modificaciones que en el Anexo se detallan.

Que la implementación de las nuevas medidas de seguridad y control en las Obleas Habilitantes, surgen de la necesidad de incrementar la protección de la seguridad pública en materia de prevención y evaluación de riesgos, implementando controles más confiables.

Que los crecientes controles en el Sistema de Gas Natural Comprimido se han materializado mediante el dictado de las Resoluciones ENARGAS N° 3113/04, 3117/04 y 3130/05, asignando funciones a la COMISIÓN DE REGULARIZACIÓN DEL REGISTRO DE MATRÍCULAS HABILITANTES.

Que posteriormente se dictaron las Resoluciones ENARGAS N° 3139/05 y 3256/05, creando a la Unidad de Auditoría y Control del GNC.

Que mediante la Resolución ENARGAS 3196/05 se aprobó la Especificación Técnica para la certificación de la aptitud técnica de los Talleres de Montaje para GNC, NAG – E N° 408.

Que las mencionadas medidas de regularización y auditoría motivaron importantes efectos de depuración y efficientización del sistema de GNC.

Que sin perjuicio de ello, a fin de complementar adecuadamente los avances alcanzados en materia de seguridad, resulta necesaria la incorporación de nuevos y exhaustivos controles.

Que atento la necesidad de mejorar los sistemas de control en beneficio de la Seguridad Pública, resulta importante para tal fin la incorporación de nuevas tecnologías para el mejoramiento de las Obleas Habilitantes, con un plazo suficiente para que se realicen las adaptaciones necesarias para instrumentar e implementar las nuevas pautas de control.

Que la Oblea Habilitante es un instrumento público de vital importancia para la seguridad del sistema, ya que representa la legitimidad jurídica y administrativa del equipo, así como su capacidad y aptitud técnica para cumplir su función en el vehículo.

Que la utilización de una oblea de tipo inteligente que pueda portar información sustancial, permitirá realizar un control más eficiente del sistema de instalación y de revisión anual de los vehículos.

Que la capacidad técnica de estas obleas para portar datos significará un sustancial avance ya que ellas podrán ser individualizadas ab initio por la propia Autoridad Regulatoria a los efectos de generar una ruta de control de circulación del instrumento público más segura y previsible.

Que sin perjuicio, de mantener las diversas funciones de los sujetos del sistema, éstos deberán trabajar con instrumentos públicos cuya identificación y ruta de circulación se encontrarán predeterminados.

Que en ese sentido, la instrumentación de este tipo de oblea, en la medida en que apoye en un sistema informático idóneo, facilitará el seguimiento y cruzamiento de información a los efectos de prevenir conductas ilegítimas utilizando el equipamiento de GNC.

Que dicha interrelación informática proveniente de este nuevo sistema inteligente posibilitará un cambio en el modo de realizar la carga de gas en el vehículo, independizándola de la voluntad del operario de la estación de expendio.

Que este novedoso instrumento jurídico con información portátil hará posible la registración de los cilindros, incrementando de esta forma la certidumbre del sistema.

Que en este sentido, resultaría importante el uso obligatorio de dispositivos adicionales para el control de la identificación de componentes del equipo completo para GNC instalados en el automotor.

Que la exigencia de la identificación del Cilindro constituye una importante regulación a los efectos de garantizar la seguridad del sistema, en concordancia con la reglamentación establecida por el Registro de la Propiedad Automotor, que establece la incorporación de la Oblea Habilitante a la Cédula Verde.

Que para garantizar el adecuado cumplimiento de lo establecido y procurar la excelencia de la gestión, corresponde que los sujetos del sistema, continúen arbitrando todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad pública.

Que por razones de uniformidad y economía procedimental, las pautas y lineamientos establecidos en la presente Resolución, serán utilizados, en tanto resulten pertinentes, para

determinar el curso de acción a seguir en aquellos Expedientes actualmente en trámite, cuyos temas se encuentren vinculados.

Que el ENARGAS, ha implementado un sistema de auditorías constantes a través de la creación de la Unidad de Auditoría y Control del GNC.

Que a partir de las auditorías efectuadas, por la citada Unidad de Control a los sujetos del sistema, se a podido comprobar que las Obleas Habilitantes han sido objeto de manipulación.

Que la utilización de las Obleas del tipo inteligente, contribuirán a la política de control y seguridad instaurada desde el gobierno, tendiente al fortalecimiento de la seguridad pública interior.

Que el ENARGAS asumió, dentro del ámbito de su competencia, la obligación de proteger la seguridad general y común, ante la amenaza de quien tiene a su alcance y dominio el medio para hacer efectivo un evento lesivo a esa seguridad.

Que la seguridad publica puede definirse desde una óptica dual: objetivamente, consiste en el conjunto de condiciones garantizadas por el Derecho, con miras a la protección de los bienes jurídicos; en tanto que desde una faz subjetiva, es el estado de un grupo social protegido por el orden jurídico.

Que de allí, los delitos contra la seguridad pública son aquellos que generan una situación de peligro en relación a otros bienes jurídicos, respecto de cuya integridad debe velar el Estado y dentro de su competencia, el ENARGAS.

Que es imprescindible adoptar medidas en forma inmediata, a fin de responder adecuadamente a las distintas exigencias que la actividad demanda.

Que resulta necesario definir nuevas pautas de control, en materia del uso del gas natural como combustible vehicular, a través de contenidos básicos y especificación de las obleas del tipo inteligente.

Que la sustitución de las Obleas Habilitantes existentes, por las nuevas Obleas del tipo inteligente, implica la aplicación concreta de una política de prevención de riesgos.

Que esta nueva política de control, en materia de seguridad, deberá ser asumida y sostenida por todos los sujetos del Sistema de GNC, otorgando a la Oblea del tipo inteligente, el grado de confiabilidad exigido.

Que la evaluación de los nuevos controles, implementados a partir de la vigencia de las Obleas Electrónicas, se instrumentará a través de auditorías, que proporcionarán las

evidencias objetivas que permitirán su adecuación y desarrollo, conforme a las metas y fines buscados.

Que en tal contexto el ENARGAS ha definido una política que asegure el cumplimiento de las previsiones sobre seguridad pública contenidas en la Ley N° 24.076, su decreto reglamentario, y demás normas nacionales, provinciales y municipales que resultan aplicables, estableciendo un criterio esencialmente preventivo para su desarrollo e implementando en forma inmediata las acciones correctivas una vez detectada la no conformidad o anomalía.

Que resultan importantes nuevas medidas de control tendientes a eliminar y/o controlar y/o minimizar los riesgos propios de la actividad, integrando planes de acción concretos y específicos, en el marco de la Seguridad Pública.

Que en orden a sus funciones, la Gerencia de Asuntos Legales ha emitido previamente el correspondiente Dictamen Legal N° 787/06.

Que, el ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS se encuentra facultado para emitir esta resolución en mérito a lo establecido por los Artículos 21 y 52 incisos a), b) y x), de la Ley 24.076 y Artículos 41, tercer párrafo y 42 de la Constitución Nacional.

Por ello,

**EL DIRECTORIO DEL ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS RESUELVE:**

**ARTICULO 1°:** Apruébese la utilización de obleas habilitantes con almacenamiento de datos digitales encriptados, en adelante oblea digital, cuyas especificaciones generales obran en el Anexo de la presente, para ser instaladas en automotores que utilizan gas natural como combustible.

**ARTICULO 2°:** Apruébese la utilización de dispositivos secundarios a ser fijados en forma permanente en cilindros contenedores de GNC instalados en automotor, en adelante dispositivos secundarios, cuya especificación general obra en el Anexo de la presente.

**ARTICULO 3°:** Las especificaciones generales para las obleas digitales y dispositivos secundarios, aprobados en los Artículos 1° y 2°, tendrán vigencia desde el día siguiente de publicarse la presente en el Boletín Oficial.

ARTICULO 4º: Establécese un periodo de transición hasta el 31 de diciembre de 2007, para garantizar el adecuado cumplimiento de lo establecido por la presente Resolución.

ARTICULO 5º: Comuníquese lo dispuesto a la Secretaría de Seguridad Interior y por su intermedio a la Policía Federal Argentina, a la Dirección Nacional de Gendarmería y a la Prefectura Naval Argentina, a las Jefaturas de las distintas Provincias, al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y a los municipios a través de los Gobiernos Provinciales.

ARTICULO 6º: Comuníquese, notifíquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial, y archívese.

RESOLUCIÓN ENARGAS N° 3588

## ANEXO

# OBLEAS HABILITANTES CON ALMACENAMIENTO DE DATOS DIGITALES ENCRIPTADOS

### INTRODUCCIÓN:

El "sistema de habilitación automática de expendio de GNC en surtidores" controlará en forma electrónica la aptitud del vehículo para recibir el fluido. Básicamente se controlará la validez de la revisión técnica anual y que el vehículo en cuestión no hubiese sido inhabilitado por el ENARGAS para la carga, así como otras prestaciones que defina el ENARGAS en aras de velar por la seguridad pública.

El principal componente de este nuevo sistema será la "Oblea habilitante con almacenamiento de datos digitales encriptados" (en adelante oblea digital), que será similar a la actual en su

morfología pero con la posibilidad de almacenar:

- a. datos que puedan ser leídos a simple vista,
- b. información encriptada, a la que podrá accederse mediante dispositivos de lectura y la correspondiente fórmula para la descryptación de los datos.

La oblea digital será instalada en la cara interna del parabrisas o la luneta del vehículo, según sea lo que resulte más próximo a la válvula de carga de GNC instalada en el vehículo a habilitar. En tal sentido, deberá tenerse en cuenta para su diseño, las características propias del lugar donde se la ubicará, principalmente la incidencia de los rayos solares.

Esa oblea digital deberá complementarse con dispositivos a colocarse adheridos de modo permanente a los cilindros de GNC, en adelante "dispositivos de identificación de cilindros", que tendrán la capacidad de almacenar los datos identificatorios de ese recipiente. Tanto la lectura como la interpretación del dispositivo de identificación del cilindro, se efectuará a través de la misma tecnología y el mismo dispositivo utilizado para la oblea digital. La oblea digital deberá mantener inalterable sus propiedades, luego de su aplicación durante al menos doce (12) meses para el caso de la oblea de lectura óptica, o cuarenta y ocho (48) meses para el caso de identificación por radiofrecuencia. Asimismo, deberán poseer:

- a. sistemas de seguridad operativos y periciales,
- b. características que en el caso que se pretenda despegarla, se deteriore de modo tal que se impida su reutilización. Este requerimiento, deberá ser válido tanto para la oblea como para el componente que almacene los datos encriptados.

Los "dispositivos de identificación del cilindro" deberán mantener inalterables sus propiedades durante al menos sesenta (60) meses considerando las condiciones ambientales a las que se exponga: intemperie, en la parte inferior de los vehículos, o en el interior del baúl.

#### ESPECIFICACIONES DE LA OBLEA DIGITAL:

Tecnologías: Identificación por Radio Frecuencia (RFID) o por lectura óptica.

Especificaciones generales:

- Seguridad de datos: Algoritmo de Encriptación con claves secretas de al menos 48 bits c/u (on chip ) o que brinde mayor seguridad a criterio del oferente.
- Capacidad de almacenamiento: La necesaria para almacenar los datos expresados más abajo considerando la encriptación de los mismos.

- La oblea digital deberá soportar un rango térmico acorde con la aplicación de la misma en el parabrisas del vehículo y considerando la diversidad climática de nuestro país (como mínimo aceptable el rango deberá ser entre -20°C y +85°C).
- El dispositivo deberá tener capacidad para almacenar al menos cuatrocientos caracteres que contengan los datos que a continuación se detallan, permitiendo además el tratamiento independiente de cada uno de ellos, por programa.
  - ID tag (en caso de oblea RFID)
  - Número de oblea
  - Dominio
  - Matrícula del Productor de Equipos Completos
  - Código de Taller de Montaje
  - Tipo de vehículo
  - Fecha de vencimiento
  - Cantidad de reguladores
  - Cantidad de cilindros
  - Datos de reguladores (hasta dos)
  - Código de Identificación Digital (CID)
  - Número de serie
  - Datos de cilindros (hasta 10)
  - Código de Identificación Digital (CID)
  - Número de serie

- Fecha de vencimiento
- Capacidad de carga (expresada en Nm<sup>3</sup> de gas)

Especificaciones exclusivas para radio frecuencia:

- Circuito Integrado: El que resultare apto para la aplicación a criterio del oferente.
- Normas: ISO 15693 y/o 14443
- Frecuencia: Compatible con la aplicación.
- Código único de identificación: Número de oblea asignado en fabrica no programable.
- Funcionamiento: El circuito integrado utilizado no requiere batería para su operación, este recibe energía a través de la bobina magnética asociada cuando es energizada por el campo magnético del lector.
- Deberá permitir el Lockado de datos (deberán coexistir sectores lockeables con otros regrabables)

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CILINDRO:

Deberán ser de la misma tecnología que la oblea digital ofrecida, soportar condiciones de intemperie y almacenar al menos 80 caracteres que contengan los siguientes datos:

- Código de Identificación Digital (CID)
- Número de serie
- Fecha de vencimiento
- Capacidad de carga
- Código del Centro de revisión periódica de cilindros (CRPC) o Productor de Equipos Completos (PEC), según corresponda.

Con estos dispositivos instalados y realizadas las adecuaciones necesarias en las estaciones de carga de GNC, se implementará un sistema de expendio que únicamente cargue el fluido en los vehículos debidamente habilitados.

En ese contexto, los surtidores producirían el despacho de combustible, solamente si resultaren satisfactorias a criterio del programa de carga:

- el resultado de la validación de los datos grabados en la oblea y
- la consulta a la lista de inhabilitados recientes, obrante en la PC de la estación de carga, u otro dispositivo concentrador habilitado a tal efecto.

Dicho de otra manera, una vez afianzado este sistema, la habilitación del despacho de GNC no dependería de la decisión del empleado de la estación de carga.

**UNIDO IX**  
**XXIX REUNIÓN ORDINARIA DEL SUBGRUPO DE TRABAJO N° 3**  
**“REGLAMENTOS TÉCNICOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD”**  
**GRUPO DE TRABAJO GAS NATURAL COMPRIMIDO –**  
**ACTA N° 3/07**

**AGENDA PROXIMA REUNIÓN**

Armonización de reglamentación técnica de la válvula del cilindro para GNC