



DECRETO SUPREMO

DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL REGLAMENTO TÉCNICO SOBRE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN DE CILINDROS PARA GAS NATURAL COMPRIMIDO

DECRETO SUPREMO N° 007- 2021-PRODUCE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

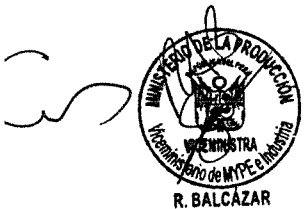
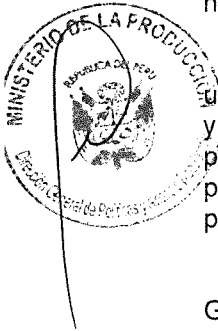
Que, el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y las Decisiones N° 850 y N° 827 de la Comisión de la Comunidad Andina (CAN), establecen que los países tienen la facultad de adoptar las medidas necesarias para salvaguardar objetivos legítimos tales como la protección de la salud, la seguridad y la vida de las personas, así como, prever prácticas que puedan inducir a error a los consumidores;

Que, los instrumentos internacionales señalados en el considerando precedente también establecen que las medidas a ser adoptadas por un país, a fin de alcanzar los objetivos legítimos antes indicados, pueden ser establecidas a través de Reglamentos Técnicos de cumplimiento obligatorio, asegurándose que estos no se elaboren, adopten o apliquen con el objeto o efecto de crear obstáculos innecesarios al comercio internacional y no restrinjan el comercio más de lo necesario para alcanzar tales objetivos;

Que, los cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural comprimido (GNC) utilizado como combustible para vehículos automotores, se encuentran sometidos a altas presiones y a los efectos corrosivos del gas natural, lo cual puede producir efectos dañinos en el cilindro que provoquen fugas y explosiones, poniendo en riesgo la seguridad, la salud y la vida de las personas; por lo que es necesario que dichos cilindros cumplan determinadas características técnicas que les permitan soportar las condiciones antes indicadas;

Que, los dispositivos de sujeción de los cilindros de alta presión para el almacenamiento de GNC son estructuras que requieren cumplir con especificaciones técnicas de resistencia y de instalación a fin de garantizar que tales estructuras mantengan fijo dicho cilindro ante posibles esfuerzos o impactos cuando el vehículo se encuentre en movimiento; ello, con la finalidad de evitar riesgos para la seguridad, la salud y la vida de las personas;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1304, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Etiquetado y Verificación de los Reglamentos Técnicos de los Productos Industriales Manufacturados, se otorga al Ministerio de la Producción las competencias para supervisar, fiscalizar y sancionar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en los reglamentos técnicos referidos a productos industriales manufacturados para uso o consumo final, con excepción del etiquetado, en el marco de sus competencias;



Que, a través del Decreto Supremo N° 058-2003-MTC se aprobó el Reglamento Nacional de Vehículos, cuyo objetivo es establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos a fin de que puedan ingresar, ser registrados, transitar, operar y ser retirados del Sistema Nacional de Transporte Terrestre. Estos requisitos y características técnicas están orientados a la protección y seguridad de las personas, de los usuarios del transporte y del tránsito terrestre, así como a la protección del medio ambiente y el resguardo de la infraestructura vial;

Que, el numeral 1 del literal B del artículo 29 del Reglamento Nacional de Vehículos, establece las especificaciones técnicas que deben cumplir, entre otros, los cilindros de alta presión para el almacenamiento de GNC, los dispositivos de sujeción de estos cilindros, y los componentes del sistema de combustión para vehículos que funcionan con GNC;

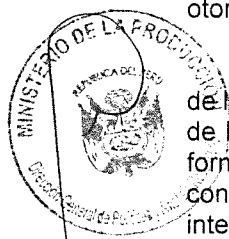
Que, si bien el Reglamento Nacional de Vehículos establece las características técnicas de los cilindros de alta presión para el almacenamiento de GNC y de sus dispositivos de sujeción, se deben establecer disposiciones que permitan demostrar, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de tales características, en concordancia con lo dispuesto en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio, la Decisión N° 827 de la Comisión de la Comunidad Andina y los acuerdos comerciales suscritos por el Perú;

Que, el Decreto Legislativo N° 1047, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción, señala que este Ministerio es competente para regular las actividades industriales manufactureras, asignándole competencia exclusiva en materia de normalización industrial, y otorgándole funciones específicas para aprobar las disposiciones normativas que le correspondan;

Que, el literal c) del artículo 99 del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2017-PRODUCE, establece como función de la Dirección de Normatividad de la Dirección General de Políticas y Análisis Regulatorio, la de formular y actualizar los reglamentos técnicos en materias de sus competencias en coordinación con los sectores que se vinculen y otros niveles de gobierno, en el marco de los acuerdos internacionales y la normatividad vigente, según corresponda;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 786-2008-PRODUCE y Resolución Ministerial N° 018-2020-PRODUCE se dispuso la publicación en el portal institucional del Ministerio de la Producción del proyecto de Reglamento Técnico sobre Cilindros de Alta Presión para Almacenamiento de GNC utilizado como combustible para Vehículos Automotores y Dispositivos de Sujeción de Cilindros para GNC, otorgándose un plazo de noventa días calendario para recibir las opiniones, comentarios y/o sugerencias de los actores involucrados; las cuales han sido evaluadas por el Ministerio de la Producción;

Que, el artículo 4 del Decreto Ley N° 25629, establece que las disposiciones por medio de las cuales se establezcan trámites o requisitos o que afecten de alguna manera la libre comercialización interna o la exportación o importación de bienes o servicios, podrán aprobarse únicamente, mediante Decreto Supremo refrendado por el Ministro de Economía y Finanzas, y por el sector involucrado;



Handwritten signature.





DECRETO SUPREMO

Que, en ese sentido, resulta necesario aprobar un Reglamento Técnico que establezca no sólo las características técnicas de los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y de los dispositivos de sujeción de dichos cilindros, sino también las disposiciones que permitan demostrar, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de estas características;

De conformidad con el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1047, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción; el Decreto Ley N° 25629; el Decreto Ley N° 25909; el Decreto Legislativo N° 1304, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Etiquetado y Verificación de los Reglamentos Técnicos de los Productos Industriales Manufacturados; el Decreto Legislativo N° 1310, Decreto Legislativo que aprueba medidas adicionales de simplificación administrativa; el Decreto Supremo N° 058-2005-EF; el Decreto Supremo N° 149-2005-EF; y el Decreto Supremo N° 002-2017-PRODUCE que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación

Apruébase el Reglamento Técnico sobre Cilindros de Alta Presión para Almacenamiento de Gas Natural Comprimido utilizado como combustible para Vehículos Automotores y Dispositivos de Sujeción de Cilindros para Gas Natural Comprimido, el cual consta de seis (6) capítulos, veintitrés (23) artículos, dos (2) Disposiciones Complementarias Finales, una (1) Disposición Complementaria Transitoria, y cinco (5) Anexos; que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Carácter Obligatorio

El Reglamento Técnico aprobado por el artículo 1 del presente Decreto Supremo establece los requisitos técnicos mínimos y de etiquetado que deben cumplir en su fabricación, importación y comercialización, los Cilindros de Alta Presión para Almacenamiento de Gas Natural Comprimido a instalarse en los vehículos automotores que funcionan con Gas Natural Comprimido como combustible, así como los dispositivos de sujeción de tales cilindros, sean de procedencia nacional o importados.

Artículo 3.- Financiamiento

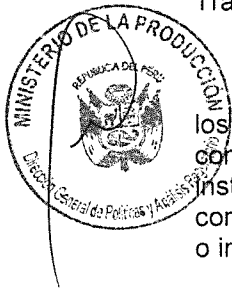
La implementación del presente Decreto Supremo se financia con cargo al presupuesto institucional del Ministerio de la Producción, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público.

Artículo 4. Publicación

El presente Decreto Supremo, así como el Reglamento Técnico aprobado en el artículo 1, se publican en los portales institucionales del Ministerio de la Producción (www.gob.pe/produce), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (www.gob.pe/rmtc), del Ministerio de Economía y Finanzas (www.gob.pe/mef) y del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (www.gob.pe/mincetur) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 5.- Refrendo

Es



El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de la Producción, por el Ministro de Economía y Finanzas, por el Ministro de Transportes y Comunicaciones y por la Ministra de Comercio Exterior y Turismo.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- Vigencia

El Reglamento Técnico aprobado por el artículo 1 del presente Decreto Supremo entra en vigencia a los seis (6) meses posteriores a su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

SEGUNDA.- Aplicación de la modificación realizada al subnumeral 1.2, del numeral 1 del literal B del artículo 29 del Reglamento Nacional de Vehículos

La modificación del subnumeral 1.2 del numeral 1 del literal B del artículo 29 del Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, efectuada por la Única Disposición Complementaria Modificatoria del presente Decreto Supremo entra en vigencia a partir de la entrada en vigencia del Reglamento Técnico sobre los componentes del sistema de combustión para vehículos que funcionan con gas natural comprimido, el cual es publicado en un plazo de dieciocho (18) meses, contado desde la publicación del presente Decreto Supremo en el Diario Oficial El Peruano y aprobado por Decreto Supremo refrendado por el Ministro de la Producción.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

ÚNICA.- Modificación del numeral 1 del literal B del artículo 29 del Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC

Modifícase el numeral 1 del literal B del artículo 29 del Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, el cual queda redactado en los términos siguientes:

"Artículo 29.- Conversión del sistema de combustión de gasolina o diésel a GLP, GNV, sistema bi-combustible o sistema dual.

(...)

B. Conversiones a GNV:

1. Requisitos generales:

Los vehículos originalmente diseñados para la combustión de gasolina o diésel que sean convertidos a combustión de GNV, sistema bi-combustible (gasolina/GNV) o sistema dual (combustible líquido/GNV) deben cumplir, como mínimo, las siguientes especificaciones:

1.1. Cilindros de alta presión para almacenamiento de GNV y dispositivos de sujeción de cilindros para GNV, deben cumplir con las características que señala el Reglamento Técnico aplicable, aprobado por el Decreto Supremo que emita el Ministerio de la Producción.





DECRETO SUPREMO

- 1.2. Componentes del sistema de combustión para vehículos que funcionan con GNV, deben cumplir con las características que señala el Reglamento Técnico aplicable, aprobado por Decreto Supremo refrendado por el Ministro de la Producción.
- 1.3. Montaje de equipos completos en vehículos convertidos para uso de GNV de acuerdo a lo dispuesto por la Norma Técnica Peruana NTP 111.015:2004 (revisado 2019)."

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los once días del mes de marzo del año dos mil veintiuno.

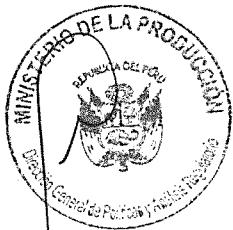
.....
FRANCISCO RAFAEL SAGASTI HOCHHAUSLER
Presidente de la República

.....
CLAUDIA CORNEJO MOHME
Ministra de Comercio Exterior y Turismo

.....
JOSÉ LUIS CHICOMA LÚCAR
Ministro de la Producción

.....
WALDO MENDOZA BELLIDO
Ministro de Economía y Finanzas

.....
EDUARDO GONZÁLEZ CHÁVEZ
Ministro de Transportes y Comunicaciones



REGLAMENTO TÉCNICO SOBRE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN DE CILINDROS PARA GAS NATURAL COMPRIMIDO

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

- 1.1 El presente Reglamento Técnico tiene por objeto establecer las características técnicas de seguridad y de etiquetado que deben cumplir, en su fabricación, importación y comercialización, los cilindros de alta presión para almacenamiento de Gas Natural Comprimido (GNC) a instalarse en los vehículos automotores que funcionan con Gas Natural Comprimido como combustible, así como los dispositivos de sujeción de tales cilindros.
- 1.2 Asimismo, tiene por finalidad salvaguardar la seguridad de las personas y su entorno, así como prevenir prácticas que puedan inducir a error a los consumidores.

Artículo 2.- Campo de aplicación

- 2.1 Las disposiciones del presente Reglamento Técnico se aplican a los cilindros de alta presión fabricados de acero, aluminio o material no metálico, excepto acero inoxidable, para el almacenamiento de GNC utilizado como combustible para vehículos automotores, de acuerdo a la clasificación vehicular establecida en el Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos, aprobado con Decreto Supremo N° 058-2003-MTC o norma que lo sustituya, para los tipos de cilindros que se indican a continuación (referidos en la NTP-ISO 11439:2016):
 - a) Tipo 1: Cilindros metálicos;
 - b) Tipo 2: Cilindros con revestimiento circunferencial y cilindro interno de metal y refuerzo de material compuesto sobre la parte cilíndrica únicamente.
 - c) Tipo 3: Cilindros con revestimiento total y cilindro interno de metal que soporta cargas y refuerzo de material compuesto en la parte cilíndrica y en ambos extremos.
 - d) Tipo 4: Cilindros con revestimiento total, con cilindro interno que no soporta cargas y con refuerzo de material compuesto en la parte cilíndrica y en ambos extremos.

- 2.2 El presente Reglamento Técnico aplica también a todo soporte destinado a la sujeción de cilindros para GNC indicados en el ítem 2.1, ubicados tanto en el interior del vehículo como debajo del chasis.

- 2.3 Los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y los dispositivos de sujeción de cilindros indicados en los numerales 2.1 y 2.2, se encuentran comprendidos en las partidas del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías, en las Subpartidas NANDINA y de manera específica en las Subpartidas Nacionales del Arancel de Aduanas 2017 aprobado mediante Decreto Supremo N° 342-2016-EF o norma que lo sustituya, que se indican a continuación:

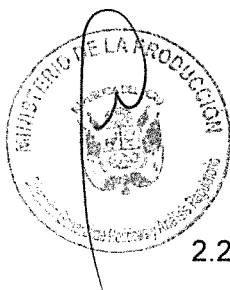


Tabla – Partidas del Sistema Armonizado, las Subpartidas NANDINA y nacionales del Arancel de Aduanas dentro del alcance del presente Reglamento Técnico

CÓDIGO			DESCRIPCIÓN	PRODUCTO	
SA	NANDINA	SPN			
3923			Artículos para el transporte o envasado, de plástico; tapones, tapas, cápsulas y demás dispositivos de cierre, de plástico.	Sólo recipientes para gas natural comprimido.	
		3923.30	Bombonas (damajuanas), botellas, frascos y artículos similares.		
			3923.30.99 .00		- - -Los demás
	7311.00		Recipientes para gas comprimido o licuado, de fundición, hierro o acero.	Sólo recipientes para gas natural comprimido de acero sin soldadura.	
			7311.00.10 .00		- Sin soldadura.
7326			Las demás manufacturas de hierro o acero.	Sólo dispositivos de sujeción para cilindros de gas natural comprimido.	
			- Forjadas o estampadas, pero sin trabajar de otro modo.		
			7326.19.00 .00		- - Las demás
			7613.00.00 .00	Recipientes para gas comprimido o licuado, de aluminio.	Sólo recipientes para gas natural comprimido.

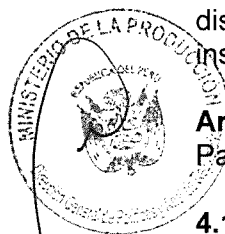
Artículo 3.- Obligatoriedad

Las disposiciones contenidas en el presente Reglamento Técnico son de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas que fabriquen en el país, importen, distribuyan o comercialicen cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC a instalarse en los vehículos automotores, y dispositivos de sujeción para dichos cilindros.

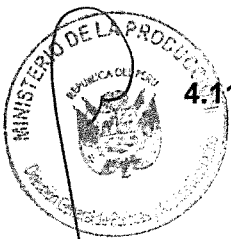
Artículo 4.- Definiciones

Para los fines del presente Reglamento Técnico se aplican las siguientes definiciones:

- 4.1 Autocontracción:** Procedimiento que consiste en la aplicación de presión, utilizado en la fabricación de cilindros compuestos con cilindros internos metálicos, con lo cual se esfuerza el cilindro interno por sobre el punto de fluencia para provocar una deformación plástica permanente (3.1, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.2 Certificado de Conformidad:** Documento mediante el cual el organismo de certificación de productos declara que los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y sus dispositivos de sujeción demuestran el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en el presente Reglamento Técnico y sus Anexos.



- 4.3 Cilindro compuesto:** Cilindro fabricado con filamento continuo impregnado en resina enrollado alrededor de un cilindro interno metálico o no metálico (adaptado 3.2, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.4 Cilindro destruido:** Cilindro en un estado de alteración tal que lo convierte en inútil físicamente para sus fines (3.5, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.5 Cilindro interno:** Porción interna del cilindro compuesto, que consta de un recipiente metálico o no metálico (adaptado 3.4, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.6 Cilindro terminado:** Cilindro completo, listo para su uso, típico de una producción normal, con marcas de identificación y recubrimiento exterior, incluyendo el aislamiento integral especificado por el productor, en los planos de diseño del cilindro (3.3, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.7 Dispositivo de sujeción:** Estructura de fijación y soporte del cilindro, conformada por los soportes de apoyo o cunas, las fajas de sujeción, planchas de fijación, planchas de elastómeros y elementos de fijación (pernos u otros), cuya función es la fijación del cilindro en el vehículo.
- 4.8 Distribuidor o comerciante:** Persona natural o jurídica que en forma habitual vende o provee al por mayor o por menor cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción destinados a los consumidores finales.
- 4.9 Gas natural comprimido (GNC):** Gas natural que ha sido comprimido para ser utilizado como combustible en un vehículo automotor. También se utiliza la denominación Gas natural vehicular (GNV) o Gas natural vehicular comprimido (GNV-C). (adaptado 3.2 ISO 15500-1:2016).
- 4.10 Importador:** Persona natural o jurídica que en forma habitual importa cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción para su venta o provisión en otra forma en el territorio nacional.
- 4.11 Lote de cilindros compuestos:** Grupo de no más de 200 cilindros, además de los cilindros para los ensayos destructivos; o, si fuera mayor, un turno de producción sucesivo de cilindros, producidos sucesivamente con cilindros internos aprobados, del mismo tamaño, diseño, materiales y procesos de fabricación especificados (3.11, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.12 Lote de cilindros de metal o cilindros internos:** Grupo de no más de 200 cilindros o cilindros internos, además de los cilindros o cilindros internos para los ensayos destructivos; o, si fuera mayor, un turno de producción sucesiva de cilindros o cilindros internos igualmente producidos y que tengan el mismo diámetro nominal, espesor de pared, diseño, material y proceso de fabricación especificado, equipo de fabricación, tratamiento térmico y condiciones de tiempo, temperatura y atmósfera durante el tratamiento térmico (3.12, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.13 Lote de cilindros internos no metálicos:** Grupo de no más de 200 cilindros internos, además de los cilindros internos para los ensayos destructivos, o, si fuere mayor, un turno de producción sucesiva de cilindros internos no metálicos y que tengan el mismo diámetro nominal, espesor de pared, diseño, material y proceso de fabricación especificados (3.13, NTP-ISO 11439:2016).



- 4.14 **Organismo de Certificación:** Organismo de tercera parte, independiente del fabricante o proveedor del producto, que realiza la atestación (emisión de una declaración de que se ha demostrado que se cumple con los requisitos específicos) en relación con productos, procesos, sistemas o personas (adaptado 5.5 ISO 17000:2004).
- 4.15 **Pre-esforzado:** Proceso que consiste en aplicar autocontracción o devanado a tensión controlada (adaptado 3.18, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.16 **Presión estabilizada:** Presión del gas cuando se alcanza una determinada temperatura (3.19, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.17 **Presión de autocontracción:** Presión dentro del cilindro recubierto, a la cual se alcanza la distribución necesaria de esfuerzos entre el cilindro interno y el revestimiento (3.15, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.18 **Presión de ensayo:** Presión requerida durante un ensayo de presión (3.20, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.19 **Presión de rotura:** La mayor presión a la que llega el cilindro durante el ensayo de rotura (3.16, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.20 **Presión de trabajo:** Presión estabilizada de un cilindro totalmente lleno a una temperatura uniforme de 15° C (3.21, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.21 **Productor o fabricante:** Persona natural o jurídica que diseña, fabrica y ensaya los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción para su provisión a los consumidores.
- 4.22 **Revestimiento:** Sistema de refuerzo de filamentos y resina aplicado sobre el cilindro interno (3.17, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.23 **Temperatura estabilizada:** Temperatura uniforme del gas después de disipar cualquier cambio de temperatura provocado por el llenado (3.22, NTP-ISO 11439:2016).
- 4.24 **Vida de servicio:** Vida, expresada en años, durante la cual los cilindros pueden ser utilizados en condiciones de seguridad según las condiciones de servicio normal (3.23, NTP-ISO 11439:2016).

Artículo 5.- Abreviaturas y siglas

Para efectos del presente Reglamento Técnico se aplican las siguientes abreviaturas:

- 5.1 **DOPIF:** Dirección de Ordenamiento de Productos Industriales y Fiscalizados de la Dirección General de Políticas y Análisis Regulatorio del Despacho Viceministerial de MYPE e Industria del Ministerio de la Producción.
- 5.2 **DGPARG:** Dirección General de Políticas y Análisis Regulatorio del Despacho Viceministerial de MYPE e Industria del Ministerio de la Producción.
- 5.3 **D. Leg. N° 1304:** Decreto Legislativo N° 1304, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Etiquetado y Verificación de los Reglamentos Técnicos de los Productos Industriales Manufacturados.
- 5.4 **IAF:** Foro Internacional de Acreditación.
- 5.5 **Inacal:** Instituto Nacional de Calidad.
- 5.6 **Indecopi:** Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.



- 5.7 Produce:** Ministerio de la Producción.
5.8 VUCE: Ventanilla Única de Comercio Exterior (www.vuce.gob.pe).
5.9 OCP: Organismo de Certificación de Productos.
5.10 TUO de la LPAG: Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS.

CAPÍTULO II

REQUISITOS TÉCNICOS Y DE ETIQUETADO PARA LOS CILINDROS PARA GAS NATURAL COMPRIMIDO Y DE LOS DISPOSITIVOS DE SUJECCIÓN

Artículo 6.- Requisitos Técnicos

6.1 Cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC

Los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC que se indican en el numeral 2.1 del artículo 2, objeto del presente Reglamento Técnico, deben cumplir con las características sobre condiciones de servicio, requisitos técnicos y métodos de ensayo que se establecen en el Anexo I del presente Reglamento Técnico (referidos en la norma NTP-ISO 11439:2016).

6.2 Dispositivos de sujeción

Los dispositivos de sujeción para los cilindros que se indican en el numeral 2.2 del artículo 2 deben cumplir con los requisitos y métodos de ensayo que se establecen en el Anexo III del presente Reglamento Técnico.

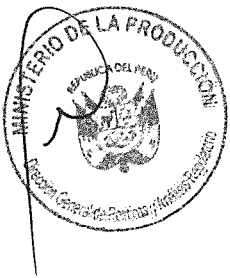
Artículo 7.- Requisitos de etiquetado

La información consignada en el etiquetado de los cilindros de alta presión para almacenamiento para GNC y sus dispositivos de sujeción debe ser expresada en idioma castellano conforme a lo establecido en el artículo 3 del D. Leg. N° 1304; sin perjuicio de que además se presente en otros idiomas. Asimismo, debe contener en forma clara, visible y permanente, como mínimo, la información que se indica a continuación:

7.1 Cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC (referidos en la norma NTP-ISO 11439:2016)

7.1.1 Información en el cilindro:

- a) Un texto que indique el uso exclusivo del cilindro para Gas Natural Comprimido, por ejemplo "SOLO GNC" o "GNC";
- b) La fecha de vencimiento, la misma que debe ser consignada de la siguiente forma: "NO USAR DESPUÉS DE XX/XXXX", donde XX/XXXX identifica el mes y año de vencimiento, respectivamente.
El período comprendido entre la fecha de despacho y la fecha de vencimiento no debe superar la vida de servicio esperada. La fecha de vencimiento se puede aplicar al cilindro al momento del despacho, siempre y cuando los cilindros hayan estado almacenados en un sitio seco y sin presión interna;
- c) La identificación del fabricante o productor (razón social o marca);
- d) La identificación del cilindro (un número de serie exclusivo para cada cilindro);
- e) La presión de trabajo y temperatura;
- f) El tipo de cilindro, según la clasificación señalada en el artículo 2.1 del presente Reglamento Técnico;
- g) La frase: "Usar solo un dispositivo de seguridad de sobrepresión aprobado por el fabricante";



- h) Cuando se usen etiquetas, se debe colocar un número de serie exclusivo para cada cilindro y la identificación del productor sobre una superficie de metal a la vista para poder identificar el cilindro si se destruyera la etiqueta; y,
- i) La fecha de fabricación indicando el mes y año.

7.1.2 Condiciones Generales de etiquetado.

- a) La información señalada en el punto 7.1.1 debe colocarse de forma clara y permanente en cada cilindro, con una dimensión de no menos de 6 mm de alto;
- b) El marcado se debe realizar por medio de:
 - Etiquetas incorporadas en las capas de resina;
 - Etiquetas pegadas con adhesivo;
 - Sellos de bajo esfuerzo utilizados en los extremos engrosados de los diseños Tipo 1 y Tipo 2; o,
 - Cualquier combinación de las anteriores.
- c) Las etiquetas adhesivas se deben diseñar, adherir y mantener de tal forma que su colocación permita la visibilidad y legibilidad. Se permiten etiquetas múltiples, las cuales deben estar colocadas de tal manera que no queden tapadas por los soportes de montaje.

7.2 Dispositivos de sujeción

7.2.1 Información en el dispositivo de sujeción:

- a) La identificación del fabricante o productor (razón social o marca); y,
- b) El diámetro y la masa del cilindro para el cual es aplicable.

7.2.2 Condiciones generales del etiquetado.

El marcado debe colocarse en forma estampada o grabada.

7.2.3 Folletos de información

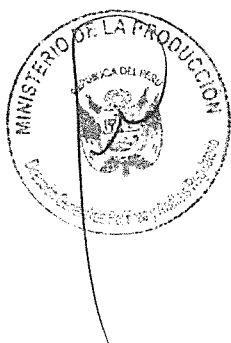
El productor debe proveer folletos explicativos para la instalación de los dispositivos de sujeción indicando la siguiente información:

- a) Código o Referencia al modelo del dispositivo de sujeción;
- b) Indicación del tipo de dispositivo de sujeción según su ubicación respecto al chasis del vehículo, según lo establecido en el apartado C.2 del Anexo III del presente Reglamento Técnico;
- c) Diseño técnico indicando las dimensiones y los planos de planta, elevación, vista lateral y dispositivo completo, con indicación de la forma de montaje y una tabla de los cilindros aplicables, diámetro nominal, longitud y masa en kilogramos;
- d) Lista de partes y piezas que componen el dispositivo de sujeción;
- e) Masa nominal del dispositivo de sujeción en kilogramos; e,
- f) Instrucción de montaje, operación y mantenimiento.

Artículo 8.- Muestreo

8.1 A fin de demostrar el cumplimiento de lo dispuesto en el presente Reglamento Técnico, el muestreo de los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y los dispositivos de sujeción se realiza:

8.1.1 Para la certificación de productos por los OCP a que se refiere el artículo 9 del presente Reglamento Técnico, bajo responsabilidad del fabricante



nacional o importador, según corresponda. En este caso el muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en los Anexos I y II del presente Reglamento Técnico.

8.1.2 Para la fiscalización o inspección efectuada por Produce, el muestreo se realiza en la fábrica, almacenes o mercado.

8.2 La autoridad aduanera dentro del ejercicio de su potestad, podrá extraer muestras, en la forma prevista en el Decreto Legislativo N° 1053, Ley General de Aduanas, y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2009-EF o normas que los sustituyan, para una mejor identificación del producto a fin de determinar su clasificación arancelaria o valor en aduana.

8.3 El Indecopi en el marco de sus competencias podrá extraer muestras en el mercado para fiscalizar y supervisar el etiquetado de los cilindros para GNC y sus dispositivos de sujeción.

CAPÍTULO III PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

Artículo 9.- Esquemas de Evaluación de la conformidad

Las personas naturales y jurídicas que fabriquen en el país o importen cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción, deben aplicar cualquiera de los esquemas de certificación que se indican a continuación para evaluar la conformidad del producto.

9.1 Para cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC

9.1.1 Esquema de Certificación de Ensayo de Tipo (incluyendo el diseño), seguido de la evaluación y ensayo de lotes inspeccionados en fábrica.

9.1.2 El Esquema de Certificación para cilindros debe incluir los elementos que se indican en el Anexo IV del presente Reglamento Técnico. Asimismo, los informes de inspección y los certificados de conformidad deben contener la información que se indica en el Anexo V del presente Reglamento Técnico.

9.2 Para dispositivos de sujeción

9.2.1 Esquema de Certificación de Ensayo Tipo (incluyendo diseño) y evaluación del Sistema de aseguramiento de la calidad o Sistema de gestión de la calidad, con seguimiento del Sistema de aseguramiento de la calidad o Sistema de gestión de la calidad y ensayo de muestras tomadas de fábrica. El seguimiento debe realizarse por lo menos una (01) vez al año.

9.2.2 El Esquema de Certificación para dispositivos de sujeción debe incluir los elementos que se indican en el Anexo IV del presente Reglamento Técnico. Asimismo, los certificados de conformidad deben contener la información que se indica en el Anexo V del presente Reglamento Técnico.

Artículo 10.- Demostración de la Conformidad con el Reglamento Técnico

10.1 Las personas naturales o jurídicas que fabriquen en el país o importen cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción, previo a la comercialización y nacionalización de estos productos deben obtener el respectivo Certificado de Conformidad que demuestre el cumplimiento de los

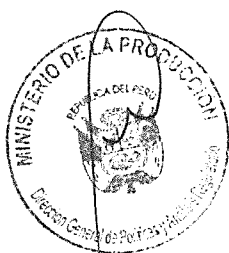


requisitos del presente Reglamento Técnico conforme a uno de los Esquemas de Certificación que se establecen en el artículo 9.

- 10.2 Los referidos Certificados de Conformidad deben ser emitidos por un OCP acreditado por:
- (i) El Inacal; u,
 - (ii) Organismos de acreditación del país de fabricación o del país donde se efectúe la certificación, que sean miembros firmantes del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral del IAF. Para los países de la Comunidad Andina se aplica lo establecido en la Decisión 506 sobre Reconocimiento y aceptación de certificados de productos que se comercialicen en la Comunidad Andina, o la normativa que la reemplace.
- 10.3 Para los productos importados, cuando no exista un OCP acreditado en el país de fabricación, se aceptarán Certificados de Conformidad emitidos por un OCP designado o autorizado por la autoridad competente de dichos países.

Artículo 11.- Evaluación de la Conformidad con Reglamentos Técnicos o Normas Técnicas equivalentes

- 11.1 La evaluación de conformidad se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el presente Reglamento Técnico o reglamentos técnicos equivalentes del país de fabricación u otros países. En caso de que no exista reglamento técnico en el país de fabricación o en el país donde se pretende realizar la evaluación de la conformidad, se aceptará la evaluación con normas técnicas equivalentes.
- 11.2 Produce, a través de la Dirección de Normatividad de la DGPAR o el órgano que haga sus veces, publica en su Portal Institucional (www.gob.pe/produce) los reglamentos técnicos o normas técnicas que considere equivalentes al presente Reglamento Técnico.
- 11.3 Cuando no se haya determinado la equivalencia de algún reglamento técnico o norma técnica, el productor nacional o importador solicita a Produce la equivalencia, para lo cual debe presentar una solicitud adjuntando el reglamento o norma técnica correspondiente en idioma castellano o en el idioma original acompañado de una traducción simple. En caso la autoridad tenga duda sobre un punto determinado de la referida traducción puede requerir al productor nacional o importador una traducción oficial sobre ese punto. La Dirección de Normatividad realiza la evaluación correspondiente y, si la equivalencia es positiva, incluye la referencia del reglamento técnico o norma técnica de observancia obligatoria en la relación publicada en el Portal Institucional.



CAPÍTULO IV CONSTANCIA DE CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

Artículo 12.- Procedimiento para la obtención de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico

- 12.1 Produce, a través de la DOPIF, o el órgano que haga sus veces, es la autoridad encargada de emitir la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico.
- 12.2 La Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico es otorgada al fabricante o importador por tipo de cilindro o dispositivo de sujeción, incluyendo información sobre la marca y cuando corresponda información que permita la identificación del producto.



- 12.3 Para las operaciones de importación, la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico, debe estar vigente a la fecha de numeración de la Declaración Aduanera de Mercancías (DAM).

Artículo 13.- Requisitos para obtener la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico

Para la obtención de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico las personas naturales y jurídicas que fabriquen en el país o importen cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o sus dispositivos de sujeción deben presentar:

- a) Solicitud Única de Comercio Exterior - SUCE a través de la VUCE (www.vuce.gob.pe), completando el formulario virtual.
- b) Lista de los productos señalando la empresa fabricante, tipo o designación del producto, marca y modelo.
- c) Copia simple del Certificado de Conformidad vigente al momento de presentar la solicitud. En caso de que el Certificado de Conformidad se encuentre en idioma extranjero, se debe presentar una copia de una traducción simple al idioma castellano.

Artículo 14.- Evaluación de las solicitudes para obtener la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico

14.1 El fabricante o importador ingresa la solicitud a través de la VUCE y es atendida por la DOPIF o el órgano que haga sus veces, quien verifica que la documentación cumpla los requisitos señalados en el artículo 13 del presente Reglamento Técnico. En caso la documentación presentada no se ajuste a lo requerido, la DOPIF o el órgano que haga sus veces, por única vez emplaza al administrado para que realice la subsanación correspondiente en un plazo máximo de diez días hábiles, contado a partir del día siguiente de la notificación del documento.

14.2 Transcurrido el plazo otorgado para la subsanación correspondiente, sin que el administrado realice la subsanación, la DOPIF o el órgano que haga sus veces considera como no presentada la solicitud conforme al TUO de la LPAG. De cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 13 la DOPIF o el órgano que haga sus veces, procede a emitir la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico.

14.3 La notificación de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico y demás actos y actuaciones administrativas se realiza a través del sistema de notificación electrónica de la VUCE.

Artículo 15.- Plazo y calificación del procedimiento

15.1 En el procedimiento para la obtención de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico, la DOPIF o el órgano que haga sus veces, cuenta con un plazo máximo de ocho (8) días hábiles, contado desde el día siguiente de la presentación de la solicitud, para evaluar y resolver la solicitud.

15.2 El procedimiento para la obtención de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico es de evaluación previa con silencio administrativo negativo.

Artículo 16.- Vigencia de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico

La Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico tiene vigencia de un (1) año, contado a partir de la fecha de emisión.

Artículo 17.- Obligaciones sobre la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico



17.1 La persona natural o jurídica que fabrique en el país o importe cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o dispositivos de sujeción, según corresponda, está en la obligación de:

- a) Obtener la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico antes de su comercialización en el mercado nacional.
- b) Otorgar una copia de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico al distribuidor o comerciante.

17.2 El distribuidor y/o comerciante es responsable de exigir al fabricante nacional o importador que le provee de los productos, una copia de la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico que se indica en el artículo 12, así como de mantenerla a disposición de los consumidores y autoridades.

CAPÍTULO V POTESTAD FISCALIZADORA

Artículo 18.- Competencia de la fiscalización de Produce

Produce, en el marco de sus competencias, ejerce la función fiscalizadora del cumplimiento de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento Técnico, con excepción de las disposiciones sobre el etiquetado, de conformidad a lo establecido en el D. Leg. N° 1304 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2017-PRODUCE o normas que los sustituyan.

Artículo 19.- Potestad fiscalizadora de Produce

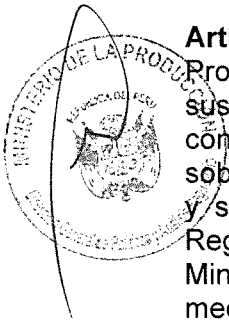
La potestad fiscalizadora que ejerce Produce, comprende la verificación en todo el territorio de la República del cumplimiento de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento Técnico, con excepción de las disposiciones sobre el etiquetado, de conformidad a lo establecido en el D. Leg. N° 1304 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2017-PRODUCE o normas que los sustituyan. Ésta se ejerce a través de actos y diligencias de investigación, supervisión, control e inspección, incluyendo el dictado de medidas cautelares y/o correctivas.

Artículo 20.- Autoridad de fiscalización

Produce, a través de la Dirección de Supervisión y Fiscalización, o el órgano que haga sus veces, es la autoridad que fiscaliza y supervisa a nivel nacional las disposiciones contenidas en el presente Reglamento Técnico, con excepción de las disposiciones sobre el etiquetado, de acuerdo con las competencias otorgadas por el D. Leg. N° 1304 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2017-PRODUCE y el Reglamento de Fiscalización y del Procedimiento Administrativo Sancionador del Ministerio de la Producción aplicable a la industria y comercio interno, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2018-PRODUCE, o normas que los sustituyan.

Artículo 21.- Actividad de fiscalización

Las acciones de fiscalización de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento Técnico, con excepción de las disposiciones sobre etiquetado, se realizan de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Fiscalización y del Procedimiento Administrativo Sancionador del Ministerio de la Producción aplicable a la industria y comercio interno, aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2018-PRODUCE, con excepción de las disposiciones sobre el etiquetado y por el TUO de la LPAG, o las normas que los sustituyan.



CAPÍTULO VI POTESTAD SANCIONADORA

Artículo 22.- Competencia sancionadora de Produce

Produce, en el marco de sus competencias ejerce la potestad sancionadora respecto al incumplimiento de lo dispuesto en el presente Reglamento Técnico, con excepción de las disposiciones sobre el etiquetado, de conformidad a lo establecido en el D. Leg. N° 1304 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2017-PRODUCE o normas que los sustituyan.

Artículo 23.- Procedimiento Administrativo Sancionador

El procedimiento administrativo sancionador es el conjunto de actos destinados a determinar la existencia de responsabilidad administrativa, esto es, la comisión de una infracción y la consecuente aplicación de una sanción.

La tipificación de las infracciones administrativas y la escala de sanciones de los reglamentos técnicos, con excepción de las disposiciones en materia de etiquetado, referidos a productos industriales manufacturados para uso o consumo final se encuentran previstas en el D. Leg. N° 1304 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2017-PRODUCE o normas que los sustituyan.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- Competencias de otras entidades

La Autoridad Aduanera es competente para verificar y supervisar que los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y sus dispositivos de sujeción, de fabricación extranjera, comprendidos en el presente Reglamento Técnico y destinados al régimen de importación para consumo, cuenten con la Constancia de Cumplimiento del Reglamento Técnico antes de la nacionalización de la mercancía; para cuyo efecto procederán según las facultades previstas en la Ley General de Aduanas, aprobada por Decreto Legislativo N° 1053 y normas conexas.

SEGUNDA.- Excepción de Cumplimiento

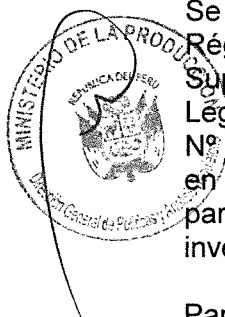
Se excluye del cumplimiento del presente Reglamento Técnico según lo dispuesto en el Régimen Aduanero Especial de Ferias o Exposiciones Internacionales, Decreto Supremo N° 094-79-EF, Reglamento Aduanero para Ferias Internacionales; Decreto Legislativo N° 1053, Ley General de Aduanas y su Reglamento, el Decreto Supremo N° 010-2009-EF y demás normas aplicables sobre la materia; a los cilindros fabricados en el extranjero que ingresan al país bajo cualquier régimen aduanero como muestras para exhibirse en exposiciones o ferias internacionales, o para ser utilizados en investigaciones científicas.

Para acreditar dicha excepción el administrado debe presentar a la autoridad competente un informe técnico suscrito por un profesional en la materia respecto a las muestras o productos, o documento emitido por los organizadores de las exposiciones o ferias internacionales o por los auspiciadores de las investigaciones científicas, o un documento análogo según corresponda.

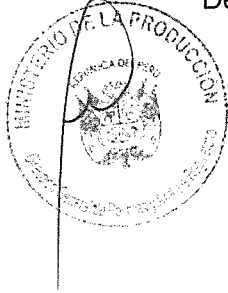
DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

ÚNICA.- Organismos de Certificación de Productos

En tanto no exista al menos un OCP acreditado por el Inacal para certificar los cilindros de alta presión para almacenamiento de GNC y/o sus dispositivos de sujeción objeto del presente Reglamento Técnico, se acepta la Declaración de Conformidad del Proveedor (fabricante), la cual debe ser emitida de acuerdo con la NTP-ISO/IEC 17050-1



Evaluación de la conformidad. Declaración de conformidad del proveedor. Parte 1:
Requisitos generales y NTP ISO/IEC 17050-2: Evaluación de la conformidad.
Declaración de conformidad del proveedor. Parte 2: Documentación de apoyo.



ANEXO I
REQUISITOS TÉCNICOS PARA CILINDROS DE ALTA PRESIÓN PARA
ALMACENAMIENTO DE GNC
(REFERIDOS EN LA NTP-ISO 11439:2016)

A1. CONDICIONES DE SERVICIO PARA LOS CILINDROS DE ALTA PRESIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE GNC

A1.1 Generalidades

A1.1.1 Condiciones estándar de servicio

Las condiciones estándar de servicio, especificadas en este apartado, se indican como base para el diseño, fabricación, inspección, ensayo y aprobación de cilindros que deben estar instalados permanentemente en vehículos y que se usan para almacenar gas natural a temperatura ambiente, para uso como combustible de los vehículos.

A1.1.2 Vida de servicio

El productor de los cilindros debe especificar la vida de servicio, durante la cual los cilindros son seguros, sobre la base de uso en las condiciones de servicio especificadas en el presente Reglamento Técnico. La vida de servicio máxima debe ser de 20 años.

A1.2 Presiones máximas

El presente Reglamento Técnico se basa en una presión de trabajo de 200 bar a una temperatura de 15 °C para gas natural como combustible, con una presión máxima de llenado de 260 bar. Se pueden adaptar otras presiones de operación ajustando la presión mediante un factor (relación) apropiado. Por ejemplo, un sistema con una presión de trabajo de 240 bar requiere que se multipliquen las presiones por un factor de 1,20.

Excepto cuando se ha ajustado la presión de esta forma, el cilindro debe estar diseñado de manera que sea adecuado para los siguientes límites de presión:

- a) Presiones que se establezcan a 200 bar con temperaturas estabilizadas de 15 °C; y,
- b) La máxima presión no debe superar 260 bar, sin tener en cuenta las condiciones de llenado o la temperatura.

A1.3 Diseño del número de ciclos de llenado

Los cilindros deben estar diseñados para ser llenados por completo hasta 1 000 veces por año de servicio.

A1.4 Rangos de temperatura

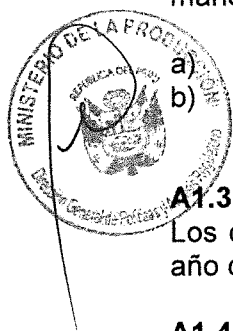
A1.4.1 Temperatura estabilizada del gas

La temperatura estabilizada del gas en los cilindros, la cual puede variar entre -40 °C y +65 °C.

A1.4.2 Temperatura de los materiales del cilindro

El diseño de los cilindros debe ser adecuado para condiciones de servicio que involucren:

- a) Temperaturas de los materiales de los cilindros que puede variar entre -40 °C y +82 °C; y,
- b) Temperaturas superiores a +65 °C que deben estar suficientemente localizadas o deben durar muy poco tiempo de manera que la temperatura del gas en el cilindro no supere nunca +65 °C, excepto en las condiciones especificadas en el apartado A1.4.3.



A1.4.3 Temperatura transitoria

Las temperaturas del gas desarrolladas en los cilindros durante el llenado y la descarga pueden variar fuera de los límites del apartado A1.4.1.

A1.5 Composición del gas

A1.5.1 Generalidades

Los cilindros deben estar diseñados para tolerar el llenado con gas natural que cumpla las especificaciones de las Normas *ISO 15403-1 Gas Natural – Gas Natural para uso como combustible en vehículos. Parte 1: Designación de la Calidad e ISO/TR 15403-2 Gas Natural – Gas Natural para uso como combustible en vehículos. Parte 2: Especificaciones de Calidad*, ya sea gas natural seco o húmedo como se indica en los apartados A1.5.2 y A1.5.3 respectivamente. No se debe añadir al gas natural Metanol y/o Glicol de forma deliberada.

Nota: Cuando se sospecha que pueden existir condiciones de gases en húmedo, se ha encontrado que un mínimo de 1 mg de aceite de compresor por kilogramo de gas ha impedido la corrosión de cilindros de acero

A1.5.2 Gas seco

El vapor de agua debe estar limitado a menos de 32 mg/m³ (es decir, un punto de rocío de presión de – 9 °C a 200 bar). Los límites constituyentes máximos deben ser:

Elementos	Límites
Sulfuro de hidrógeno y otros azufres solubles	Max. 23 mg/m ³
Oxígeno	Max. 1% (fracción de volumen)
Hidrógeno, cuando se fabrican los cilindros de un acero con una resistencia última a la tracción superior a 950 MPa.	Max. 2% (fracción de volumen)

A1.5.3 Gas húmedo

El vapor de agua no debe ser mayor que el gas seco. Los límites constituyentes máximos deben ser:

Elementos	Límites
Sulfuro de hidrógeno y otros azufres solubles	Max. 23 mg/m ³
Oxígeno	Max. 1% (fracción de volumen)
Dióxido de carbono	Max. 3,5% (fracción de volumen)
Hidrógeno	Max. 0,1% (fracción de volumen)
Aceite de compresor	Min. 1 mg/kg de gas natural (ver Nota A1.5.1)

A1.6 Superficies externas

No es necesario que los cilindros estén diseñados para exposición continua a los ataques mecánicos o químicos (por ejemplo: derrame de la carga que puedan transportar los vehículos o daños por abrasión severa debida a las condiciones de la carretera). Sin embargo, las superficies externas de los cilindros deben estar diseñadas para resistir la exposición eventual de ataques mecánicos o químicos, de acuerdo con la instalación durante la carga y con las indicaciones que vienen con el cilindro.

Los ataques mecánicos o químicos pueden resultar del medio ambiente y pueden ser:

- Agua, bien sea por inmersión intermitente o por salpicadura de la carretera;
- Sal, cuando el vehículo trabaja cerca del mar o cuando se usa sal para derretir el hielo;
- La radiación ultravioleta de la luz solar;

- d) El impacto de gravilla;
- e) Los solventes, ácidos, álcalis y fertilizantes;
- f) Los líquidos para automotores, incluyendo gasolina, líquidos hidráulicos, ácido de batería, glicol y aceites; y,
- g) Los gases del tubo de escape.

A2. REQUISITOS PARA LOS CILINDROS

A2.1 Generalidades

El presente Reglamento Técnico no suministra fórmulas de diseño, ni indica los esfuerzos o deformaciones permisibles, pero requiere que el diseño sea satisfactorio, lo cual se debe establecer mediante cálculos adecuados y se debe demostrar que los cilindros son capaces de cumplir consistentemente los ensayos de materiales, calificación de diseño, ensayos de producción y lote, especificados en el presente Reglamento Técnico.

El diseño de los cilindros debe asegurar el modo de falla "fuga antes de rotura" durante el servicio normal.

Durante la presurización los cilindros con diseño para Tipo 2 y 3, presentan un comportamiento en el cual los desplazamientos del revestimiento compuesto y el cilindro interno metálico se sobreponen linealmente.

Los cilindros, en su instalación deben estar equipados como mínimo con los siguientes dispositivos de seguridad, los cuales podrán estar separados o combinados

- a) Válvula manual de cilindro;
 - b) Válvula automática de cilindro;
 - c) Válvula de alivio de presión (VAP);
 - d) Dispositivo de alivio de presión (DAP);
 - e) Válvula de exceso de flujo; y,
- Sistema de ventilación y manguera de ventilación.

A2.2 Materiales

A2.2.1 Requisitos generales

Los materiales que se usen deben ser adecuados para las condiciones de servicio especificadas en el apartado A1 del Anexo I. El diseño debe asegurar que no haya materiales incompatibles en contacto.

Todos los materiales compuestos deben ser almacenados de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

A2.2.2 Composición química de los materiales metálicos en los cilindros

A2.2.2.1 Acero

Los aceros deben ser aleados con aluminio y/o silicio. Se debe declarar la composición química de todos los aceros y se debe definir al menos por lo siguiente:

- a) El contenido de carbón, manganeso, aluminio y silicio en todos los casos; y,
- b) El contenido de cromo, níquel, molibdeno, boro y vanadio y el de otros elementos de aleación adicionados intencionalmente.

El contenido de azufre y fósforo en el análisis de colada no debe superar los valores indicados en la Tabla A2.1.

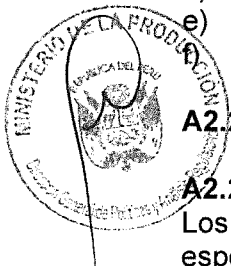


TABLA A2.1 - Límites máximos de azufre y fósforo

Azufre	0,010% en masa
Fósforo	0,020% en masa
Azufre + Fósforo	0,025% en masa

A2.2.2.2 Aluminio

Se pueden usar aleaciones de aluminio para producir cilindros, siempre y cuando cumplan todos los requisitos del presente Reglamento Técnico y tengan un contenido máximo de plomo y bismuto no superior a 0,003 %.

Nota: La Asociación de Aluminio Inc.¹, mantiene una lista de aleaciones registradas titulada como "Nomenclatura Internacional de Aleación y los límites de la composición química para el Aluminio Forjado y las Aleaciones de Aluminio Forjado" y puesta a disposición en el "International Registration Record".

A2.2.3 Asientos metálicos

Para los cilindros tipo 4 los asientos metálicos en los extremos conectados al cilindro interno no metálico deben ser de un material compatible con las condiciones de servicio especificadas en el apartado A1.1.

A2.2.4 Materiales compuestos

A2.2.4.1 Resinas

El material para impregnar puede ser de resina termoestable o termoplástica. Los ejemplos de materiales adecuados para la matriz son epóxico, epóxico modificado, plásticos de poliéster y viniléster termoestables; y además material termoplástico de polietileno y poliamida.

La temperatura de transición vítrea de la resina se debe determinar de acuerdo con la norma *ASTM D3418 Método normalizado de ensayo para la transición de temperaturas de los polímeros por medio de colorimetría diferencial*.

A2.2.4.2 Fibras

Los tipos de material de filamentos para refuerzo estructural deben ser fibra de vidrio, fibra aramida o fibra de carbono. Si se usa fibra de carbono como refuerzo, el diseño debe incorporar la forma de evitar la corrosión galvánica de los componentes metálicos del cilindro.

El productor de la fibra debe certificar que las propiedades del material de la fibra cumplen las especificaciones del fabricante del producto.

A2.2.4.3 Láminas de plástico

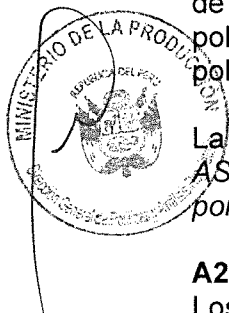
Para los cilindros Tipo 4, el material polimérico debe ser compatible con las condiciones de servicio especificadas en el apartado A1 del Anexo I.

A2.3 Requisitos de diseño

A2.3.1 Presión de ensayo

La presión de ensayo mínima utilizada durante la fabricación debe ser de 1,5 veces la presión de trabajo.

¹ Aluminum Association Inc., 900 19th Street N.W. Washington D.C. 20006-2168, USA



A2.3.2 Presión de rotura y relación de los esfuerzos en la fibra

Para los cilindros Tipo 1, la presión de rotura mínima no debe ser menor que 2,25 veces la presión de trabajo.

Para los cilindros Tipo 2 el cilindro interno metálico debe tener una presión de rotura mínima de 1,3 veces la presión de trabajo.

La presión de rotura mínima no debe ser menor a los valores indicados en la Tabla A2.2.

La relación de esfuerzos se define como el esfuerzo en la fibra a una presión mínima de rotura específica, dividida por el esfuerzo en la fibra a la presión de trabajo.

La relación de rotura se define como la presión de rotura real del cilindro, dividida por la presión de trabajo.

Para los diseños Tipo 4, la relación de esfuerzos es igual a la relación de rotura.

Para los cilindros Tipo 2 y 3 los cálculos de la relación de esfuerzos deben incluir:

- Un método de análisis con capacidad para materiales no lineales (programa de computador para fines especiales o el programa de análisis de elementos finitos);
- Modelación correcta de la curva de esfuerzo - deformación elástica-plástica del material del cilindro interno conocido;
- Modelación correcta de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos;
- Cálculos de la presión de autocontracción, presión cero después de la autocontracción, presión de trabajo y presión de rotura mínima;

Tener en cuenta el preesfuerzo por la tensión de devanado;

La presión de rotura mínima, escogida de tal manera que el esfuerzo calculado a la presión de rotura mínima, dividida por el esfuerzo calculado a la presión de trabajo cumpla los requisitos de la relación de esfuerzos para la fibra que se usa; y,

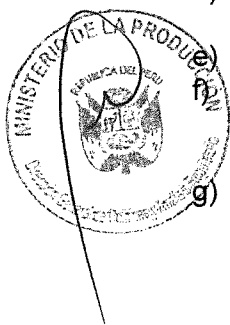
Al analizar los cilindros que tengan refuerzos híbridos (dos o más fibras diferentes), tener en cuenta la carga compartida entre las distintas fibras, de acuerdo con los distintos módulos elásticos de las fibras. Los requisitos de las relaciones de esfuerzo para cada tipo de fibra individual deben estar de acuerdo con los valores indicados en la Tabla A2.2.

Se pueden verificar las relaciones de esfuerzo con medidores de deformación.

TABLA A2.2 - Valores de rotura mínimos y relaciones de esfuerzo para cilindros Tipo 2, 3 y 4 (con una presión de trabajo de 200 bar)

Clase de Fibra	Relación de esfuerzos			Presión de rotura (bar)		
	Cilindro Tipo 2	Cilindro Tipo 3	Cilindro Tipo 4	Cilindro Tipo 2	Cilindro Tipo 3	Cilindro Tipo 4
Vidrio	2,75	3,65	3,65	500 ^a	700 ^a	730
Aramida	2,35	3,10	3,10	470	600	620
Carbono	2,35	2,35	2,35	470	470	470
Híbrido	b					

^a Presión mínima de rotura. Además, se debe calcular de acuerdo con el apartado A2.3.2 para confirmar que también se cumplen los requisitos mínimos de relación de esfuerzos.



Clase de Fibra	Relación de esfuerzos			Presión de rotura (bar)		
	Cilindro Tipo 2	Cilindro Tipo 3	Cilindro Tipo 4	Cilindro Tipo 2	Cilindro Tipo 3	Cilindro Tipo 4
^b Las relaciones de esfuerzo y las presiones de rotura se deben calcular de acuerdo con lo establecido en el apartado A2.3.2						

A2.3.3 Análisis de esfuerzos

Las tensiones en el cilindro se deben calcular para la presión de prueba, la presión de trabajo y la presión de rotura del diseño. Los cálculos deben usar análisis adecuados para establecer la distribución de esfuerzos que justifiquen los espesores mínimos de diseño de la pared.

Para el cilindro Tipo 3 este análisis debe incluir la determinación de las tensiones en el cilindro interior y las fibras de los diseños de construcción multicapa. Para el Tipo 4 este análisis debe incluir la determinación de los esfuerzos en las fibras de los diseños de materiales compuestos.

Los esfuerzos en el material compuesto y en el cilindro interno para el cilindro tipo 2, en la dirección tangencial y longitudinal del material compuesto y en el cilindro interior para los tipos 3 y 4 después del preesfuerzo se debe calcular a 0 bar, presión de ensayo, presión de trabajo y presión de rotura de diseño. Los cálculos se deben usar técnicas de análisis adecuadas, teniendo en cuenta el comportamiento del material no lineal del cilindro interno al establecer la distribución de esfuerzos.

En los diseños que usan la auto-deformación para prever pre-esfuerzos, se deben calcular y especificar los límites dentro de los cuales la presión de autocontracción deformación debe fallar. Para diseños que usan tensión controlada de devanado para suministrar pre-esfuerzos, se deben calcular la temperatura a la cual se hace, la tensión requerida para cada capa de material compuesto y el consecuente pre-esfuerzo en el cilindro interno.

A2.3.4 Tamaño máximo de los defectos

Se debe especificar el tamaño máximo de los defectos en cualquier sitio del cilindro metálico, del cilindro interior de metal de tal manera que el cilindro cumpla los requisitos de ciclos de presión y LBB (ensayo de fuego antes de rotura). El método de END (ensayos no destructivos), debe poder detectar el tamaño máximo permitido para un defecto.

Se debe determinar el tamaño de los defectos permitidos para END con un método adecuado, por ejemplo, el descrito en el apartado A3.30.

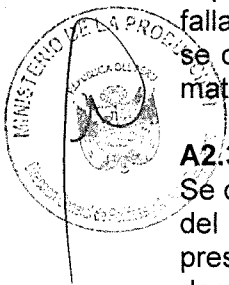
A2.3.5 Aberturas

La línea central de las aberturas debe coincidir con el eje longitudinal del cilindro. En el cilindro Tipo 4 las aberturas solo están permitidas en los extremos.

A2.3.6 Protección contra incendio

El diseño del cilindro debe estar protegido con dispositivos de alivio de presión (DAP). El cilindro, sus materiales, los dispositivos de alivio de presión (DAP) y cualquier aislamiento o material protector agregado, debe estar diseñado en conjunto para proporcionar la seguridad adecuada durante condiciones de incendio, para el ensayo especificado en el apartado A3.15. El productor puede especificar las ubicaciones alternas de los DAP para las instalaciones específicas en los vehículos, con el fin de optimizar las consideraciones de seguridad.

A2.3.7 Accesorios



- b) Forma de impregnarla;
- c) Tensión del devanado;
- d) Velocidad del devanado;
- e) Cantidad de vueltas;
- f) Ancho de la banda;
- g) Tipo y composición de la resina;
- h) Temperatura de la resina;
- i) Temperatura del cilindro interno; y,
- j) Ángulo del devanado.

A2.4.6 Revestimiento - Curado de las resinas termoestables para cilindros Tipo 2, 3 y 4

Si se usa una resina termoestable, la resina debe ser curada después del devanado del filamento. Durante el curado, el ciclo del curado (es decir, la historia tiempo-temperatura) se debe documentar.

Para los cilindros Tipo 2 y 3 el máximo tiempo de curado y la temperatura para los cilindros con cilindros internos de aleaciones de aluminio deben estar por debajo del tiempo y la temperatura que afecten adversamente las propiedades del metal.

Para los cilindros Tipo 4, la temperatura de curado de las resinas termoestables debe ser 10 °C por debajo de la temperatura de ablandamiento del cilindro interno plástico.

A2.4.7 Revestimiento - Autocontracción para cilindros Tipo 2 y 3

Si se realiza la autocontracción, este se debe realizar antes del ensayo de presión hidrostática. La presión de autocontracción debe estar dentro de los límites especificados en el apartado

A2.3.3.

A2.4.8 Protección ambiental exterior

La protección exterior debe ser proporcionada. Para los cilindros Tipo 2, 3 y 4 el exterior de los cilindros debe cumplir con los requisitos establecidos en A.14. Ejemplos de métodos de protección son:

- a) Un acabado superficial que ofrezca suficiente protección (por ejemplo: metal rociado sobre el aluminio, anodizado);
- b) Un recubrimiento protector (por ejemplo: recubrimiento orgánico, pintura); si el recubrimiento exterior es parte del diseño especificado por el productor debe cumplir los requisitos del apartado A3.9;
- c) El uso de una fibra y de un material matriz adecuados (por ejemplo: fibra de carbono en resina);
- d) Una cubierta impermeable a los químicos de la lista establecida en el apartado A3.14.

Cualquier recubrimiento aplicado a los cilindros debe ser tal que durante el proceso de aplicación no afecte adversamente las propiedades mecánicas del cilindro. El recubrimiento debe estar diseñado para facilitar la inspección posterior en servicio, y el productor debe suministrar pautas sobre el tratamiento del recubrimiento, durante dicha inspección, para asegurar la continua integridad del cilindro.

A2.4.9 Trazabilidad

Los materiales de construcción que afectan al funcionamiento del cilindro, tal y como determina el fabricante, deben ser trazables hasta el nivel requerido para la recuperación de los cilindros.

A2.5 Procedimiento para ensayo del prototipo

A2.5.1 Requisitos generales



Cuando se suministre un anillo de cuello o anillo de base o un soporte, este debe ser de un material compatible con el cilindro y estar unido por un método que no sea por soldeo de fusión, soldeo duro o soldeo blando.

A2.4 Fabricación y acabado

A2.4.1 Cierre de los extremos y tratamiento térmico de los cilindros

Se debe examinar el espesor y el acabado superficial de cada cilindro antes de llevar a cabo las operaciones de formado definitivo.

No se deben sellar los extremos de la base de los cilindros de aluminio con un proceso de formado.

Los extremos de la base de los cilindros de acero que han sido cerrados con un proceso de formado se deben inspeccionar con END o equivalente después del sellado. No se debe agregar metal en el proceso de cierre de los extremos.

Después de formar el extremo de los cilindros, éstos se deben tratar térmicamente para obtener el rango de dureza especificada en el diseño. No está permitido el tratamiento térmico localizado.

A2.4.2 Diseños de cilindros Tipo 2, 3 y 4

El cilindro compuesto debe estar fabricado con cilindro interno con un revestimiento devanado con filamentos continuos. Las operaciones de devanado de la fibra se deben controlar por computador o mecánicamente. Las fibras se deben aplicar bajo tensión controlada durante el devanado. Una vez terminado el devanado, las resinas termoestables se deben curar mediante calentamiento, con un perfil de temperatura y tiempo predeterminado y controlado.

A2.4.3 Cilindro interno para cilindros Tipo 2 y 3

La fabricación de un cilindro interno metálico, en los tipos de cilindros que corresponda, debe cumplir los requisitos establecidos en los apartados A2.2, A2.3.2 y bien sea A2.5.2.2 ó A2.5.2.4 de acuerdo al tipo de fabricación del cilindro interno.

Cada cilindro interno debe ser examinado en el espesor y acabado superficial antes que la operación de formado final se lleve a cabo. Los extremos de la base de los cilindros internos de aluminio no deben ser sellados por un proceso de formación. Los extremos de base de los cilindros internos de acero que han sido cerradas por el proceso de formación deben ser inspeccionados por un END o equivalente. No debe añadirse metal en el proceso de cierre de los extremos.

A2.4.4 Rosca del cuello o gollete

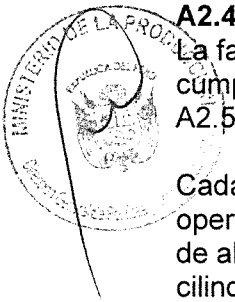
Las roscas deben ser cortadas limpiamente, uniformes, sin discontinuidades en la superficie y deben tener uno de los siguientes tipos de rosca:

- a) DIN 477 W 28,8-14F x 1"
- b) 1 – 3/16" SAE
- c) 2-12 UNJ (nominal 2")

A2.4.5 Revestimiento - Devanado de la fibra para cilindros Tipo 2 y 3

Los cilindros se deben fabricar por medio de una técnica de devanado de fibra. Durante el devanado se debe monitorear que las variables significativas estén dentro de las tolerancias especificadas y se documenten en un registro del devanado. Estas variables pueden incluir, pero no se limitan a:

- a) Tipo de fibra, incluyendo el tamaño;



Se deben realizar ensayos de prototipo a cada nuevo diseño, con cilindros terminados, representativos de la producción normal, completos con sus marcas de identificación permanentes. Se deben seleccionar los cilindros de ensayo o los cilindros internos de ensayo y se deben desarrollar los ensayos de prototipo detallados en el apartado A2.5.2, verificado por el OCP. Si se someten a ensayo más cilindros o cilindros internos de los que requiere el presente Reglamento Técnico, se deben documentar todos los resultados.

A2.5.2 Ensayos de prototipo

A2.5.2.1 Ensayos requeridos

El OCP debe seleccionar los cilindros para los ensayos y verificar:

a) Para todos los tipos de cilindros:

- a.1) Los ensayos especificados en los apartados A2.5.2.2, A2.5.2.3 y A2.5.2.4 (ensayos de materiales), según sea apropiado, para un (01) cilindro interno o externo terminado;
- a.2) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.5 (ensayo de rotura a presión hidrostática) tres (03) cilindros;
- a.3) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.6 (ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente) en dos (02) cilindros;
- a.4) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.7 (ensayo de fuga antes de rotura LBB) en tres (03) cilindros;
- a.5) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.8 (ensayo de resistencia al fuego) en un (01) o dos (02) cilindros, según sea aplicable; y,
- a.6) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.9 (ensayo de penetración) en un (01) cilindro.

b) Para los cilindros Tipo 2, 3 y 4

- b.1) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.10 (ensayo ambiental) en un (01) cilindro;
- b.2) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.11 (ensayo de tolerancia al corte) en un (01) cilindro;
- b.3) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.12 (ensayo de cedencia gradual a alta temperatura), según sea aplicable, en un (01) cilindro;
- b.4) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.13 (ensayo de ruptura al esfuerzo acelerado) en un (01) cilindro;
- b.5) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.14 (ensayo de ciclos de presión a temperatura extrema) en un (01) cilindro; y,
- b.6) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.15 (ensayo de resistencia al corte de la resina) en una (01) muestra de ensayo representativa del revestimiento compuesto.

c) Para los cilindros Tipo 3 y 4

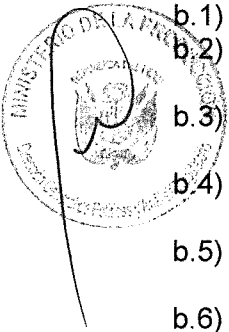
- c.1) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.16 (ensayo de caída) en al menos un (01) cilindro.

d) Para el cilindro Tipo 4

- d.1) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.17 (ensayo de torque a la calota o asiento) en un cilindro;
- d.2) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.18 (ensayo de permeabilidad) en un cilindro; y,
- d.3) El ensayo especificado en el apartado A2.5.2.19 (ensayo de ciclos con gas natural) en un cilindro.

A2.5.2.2 Ensayos de materiales de los cilindros o cilindros internos de acero

Se deben realizar los ensayos de materiales a los cilindros internos o cilindro terminado de acero de la siguiente manera:



- a) Ensayo de resistencia a la tracción: El acero del cilindro terminado tipo 1, cilindro interno del tipo 2, cilindro terminado o cilindro interno del tipo 3, deben cumplir con los requisitos del ensayo de resistencia establecido en A.3.1.
- b) Ensayo de impacto: El acero del cilindro terminado tipo 1 y el cilindro interno del tipo 2, 3 deben cumplir con los requisitos del ensayo de impacto establecido en A.3.2.
- c) Ensayo de resistencia al agrietamiento por esfuerzos de sulfuro: Si el límite superior de la resistencia a la tracción especificada para el acero es superior a 950 MPa, el acero del cilindro terminado tipo 1 y el cilindro interno del tipo 2 y 3 se debe someter a un ensayo de resistencia al agrietamiento por esfuerzos de sulfuro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.3 y debe cumplir los requisitos allí indicados.

A2.5.2.3 Ensayos de materiales de los cilindros internos Tipo 4

Se debe determinar la resistencia a la fluencia, tracción y elongación última de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.22 y debe cumplir los requisitos establecidos en A.23. La temperatura de ablandamiento se debe determinar de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.23 y debe cumplir los requisitos allí indicados.

A2.5.2.4 Ensayos de materiales de los cilindros de aleación de aluminio

Se deben realizar ensayos de materiales a los cilindros internos o cilindros terminados de aleación de aluminio, de la siguiente manera:

- a) Ensayo de resistencia a la tracción: La aleación de aluminio del cilindro terminado tipo 1 o el cilindro interno tipo 2 y 3, debe cumplir con los requisitos del ensayo de resistencia establecido en A3.1
- b) Ensayos de corrosión: Las aleaciones de aluminio del cilindro terminado tipo 1 y el cilindro interno tipo 2 y 3 deben cumplir los requisitos de los ensayos de corrosión, realizados de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.4.
- c) Ensayo de resistencia al agrietamiento por carga sostenida: Las aleaciones de aluminio del cilindro terminado tipo 1 y el cilindro interno tipo 2 y 3 deben cumplir los requisitos de los ensayos de resistencia al agrietamiento por carga sostenida de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.5.

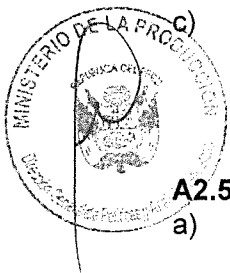
A2.5.2.5 Ensayo de rotura por presión hidrostática

- a) Se deben presurizar hidrostáticamente tres cilindros hasta que fallen, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.12. Las presiones de rotura de los cilindros deben superar la presión de rotura mínima especificada, calculada del análisis de esfuerzos para el diseño, la cual debe ser mínimo 2,25 veces la presión de trabajo para los cilindros Tipo 1, para los cilindros tipo 2, 3 y 4 de acuerdo con la Tabla A2.2, las presiones de rotura no deben, en ningún caso, ser inferiores al valor necesario para satisfacer los requisitos de las relaciones de esfuerzo especificados en el apartado A3.3.2. La rotura debe iniciar en la parte cilíndrica del cilindro el cual debe permanecer en una pieza.
- b) Para el cilindro Tipo 2 se debe presurizar hidrostáticamente un cilindro interno, hasta que falle de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.12. La presión de rotura debe ser superior a la presión mínima de rotura especificada en el diseño del cilindro interno.

A2.5.2.6 Ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente

Para los cilindros Tipo 1 se deben someter al ensayo dos cilindros a temperatura ambiente, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.13. Los cilindros no deben fallar antes de alcanzar la vida de servicio, especificada en años, multiplicada por 1 000 ciclos, los cilindros que fallen deben fallar por fuga y no por rotura. Los cilindros que completen esta prueba deben ser destruidos.

Para los cilindros Tipo 2, 3 y 4 se deben someter al ensayo dos cilindros a temperatura ambiente, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.13 hasta llegar a fallar o un mínimo de 45 000 ciclos. Los cilindros no deben fallar antes de alcanzar la vida de servicio,



especificada en años, multiplicada por 1 000 ciclos, los cilindros que excedan los 1 000 ciclos por los años de servicio deben fallar por fuga y no por rotura. Los cilindros que sobrepasen los 45 000 ciclos pueden fallar por rotura. Los cilindros que pasen los 45 000 ciclos sin fallar deben ser destruidos.

Se debe registrar el número de ciclos hasta el fallo y la localización del inicio de fallo.

A2.5.2.7 Ensayo de fuga antes de rotura (LBB)

Tres (03) cilindros deben ser ensayados de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.6

A2.5.2.8 Ensayo de fuego

Se deben ensayar uno o dos cilindros, según sea apropiado, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.15

A2.5.2.9 Ensayo de penetración

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.16

A2.5.2.10 Ensayo ambiental

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.14

A2.5.2.11 Ensayo de tolerancia al corte

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.17

A2.5.2.12 Ensayo de cedencia gradual a alta temperatura

Si, según el diseño, la temperatura de transición vítrea de la resina no supera 102 °C, se debe ensayar un cilindro, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.18

A2.5.2.13 Ensayo de ruptura por esfuerzo acelerado

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.19

A2.5.2.14 Ensayo de ciclos de presión a temperatura extrema

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.7

A2.5.2.15 Ensayo de resistencia al corte de la resina

Se deben ensayar los materiales de la resina de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.26

A2.5.2.16 Ensayo de impacto

Se deben ensayar uno o varios cilindros terminados por caída, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.20

A2.5.2.17 Ensayo de torque del extremo (asiento)

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.25

A2.5.2.18 Ensayo de permeabilidad

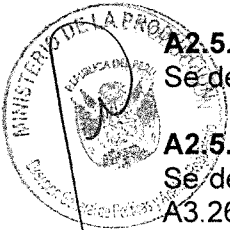
Se debe ensayar por permeabilidad un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.21

A2.5.2.19 Ensayo de ciclos con gas natural

Se debe ensayar un cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.27, y debe cumplir los requisitos allí indicados.

A2.5.3 Cambio de diseño

Un cambio de diseño es un cambio dimensional no atribuible a las tolerancias normales de fabricación o cualquier cambio en la selección de los materiales estructurales o



recubrimientos. Los cambios en diseño pueden ser calificados mediante programas reducidos de ensayo. Los cambios de diseño especificados en las Tablas A2.3; A2.4; A2.5 y A2.6, sólo requieren los ensayos del prototipo, tal como se especifica en dichas tablas.

Se considera que un material de fibra es de un nuevo tipo de fibra cuando:

- a) La fibra es de una clasificación diferente, por ejemplo, vidrio, aramida, carbono; o
- b) La fibra se produce a partir de un material diferente al precursor (de partida), por ejemplo, poliacrilonitrilo (PAN), fibra de carbón; o
- c) El módulo nominal de fibra, especificada por el fabricante, difiere en $\pm 5\%$ de la definida en el diseño prototipo probado; o
- d) La resistencia nominal de la fibra, especificada por el fabricante, difiere en $\pm 5\%$ de la definida en el diseño prototipo probado.

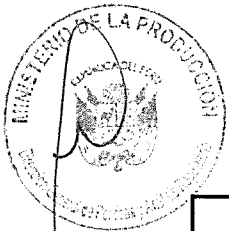
Cuando las fibras se sitúan en los límites mencionados anteriormente, se considera como fibras equivalentes y son elegibles para un programa de ensayo reducido descrito en la Tabla A.2.6. Se destaca que cambio en el material de la fibra no requiere ensayos destinados a evaluar el funcionamiento de los cilindros interiores en plásticos, por ejemplo, permeabilidad y ensayo cíclico con gas natural.

Se considera que un material de resina es un nuevo tipo de resina cuando:

- e) La resina es de una clasificación diferente, por ejemplo, termoendurecible o termoplástico; o
- f) La resina es de un tipo diferente de la misma clasificación de resina, por ejemplo, epoxi, poliéster, polietileno, poliamida.

TABLA A2.3 - Cambio de diseño para cilindros Tipo 1

Cambio de diseño	Rotura a presión hidrostática	Ciclos de presión a temperatura ambiente	LBB	Fuego	Penetración
	Apartado				
	A3.12	A3.13	A3.6	A3.15	A3.16
Material del cilindro metálico ^d	X	X	X	X	X
Cambio de diámetro $\leq 20\%$	X	X	-	-	-
Cambio de diámetro $> 20\%$	X	X	X	X	X
Cambio de longitud $\leq 50\%$	X	-	-	X ^a	-
Cambio de longitud $> 50\%$	X	X	-	X ^a	-
Cambio de presión de trabajo $\leq 20\%$ ^b	X	X	-	-	-
Forma del domo	X	X	X ^c	-	-
Tamaño de la abertura	X	X	-	-	-
Cambio del proceso de fabricación	X	X	-	-	-



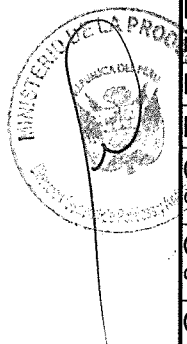
Cambio de diseño	Rotura a presión hidrostática	Ciclos de presión a temperatura ambiente	LBB	Fuego	Penetración
	Apartado				
	A3.12	A3.13	A3.6	A3.15	A3.16
Dispositivo de alivio de presión	-	-	-	X	-

^a Sólo se requiere el ensayo cuando la longitud aumenta.
^b Sólo cuando el espesor cambia proporcionalmente al cambio de diámetro y/o presión.
^c Sólo se requiere para diseños no comprendidos en ISO 9809-1
^d También se requieren los ensayos de materiales

TABLA A2.4 - Cambio de diseño de los cilindros Tipo 2

Cambio de diseño	Rotura a presión Hidrostática	LBB	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambiental	Tolerancia al corte	Cedencia a alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Torque
	Apartado									
	A3.12	A3.6	A3.13	A3.15	A3.16	A3.14	A3.17	A3.18	A3.19	A3.28
Productor fibra	X		X	-	-	-	-	-	X	
Material del cilindro interno metálico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material de fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material de resina	-	X	-	-	X	X	X	X	X	
Cambio de diámetro ≤ 20 %	X		X	-	X ^c	-	-	-	-	
Cambio de diámetro > 20 %	X	X	X	X	X	-	X	-	-	
Cambio de longitud ≤ 50 %	X		-	X ^a	-	-	-	-	-	
Cambio de longitud > 50 %	X		X	X ^a	-	-	-	-	-	
Cambio de presión de trabajo ≤ 20 % ^b	X		X	-	-	-	-	-	-	
Forma del domo	X	X ^d	X	-	-	-	-	-	-	
Tamaño abertura	X		X	-	-	-	-	-	-	
Cambio de Recubrimiento				-	-	X		-	-	-
Dispositivo de alivio de presión	-		-	X	-	-		-	-	-
Rosca										X

^a Sólo se requiere el ensayo cuando aumenta la longitud.
^b Sólo cuando el espesor cambia proporcionalmente al cambio de diámetro o presión o ambos.

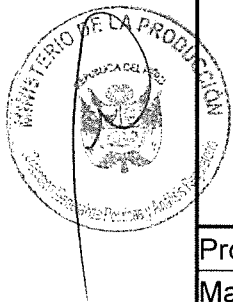


Cambio de diseño	Rotura a presión Hidrostática	LBB	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambiental	Tolerancia al corte	Cedencia a alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Torque
	Apartado									
	A3.12	A3.6	A3.13	A3.15	A3.16	A3.14	A3.17	A3.18	A3.19	A3.28

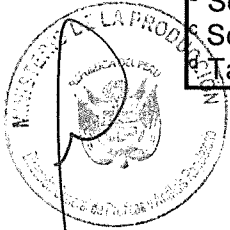
^c Sólo se requiere si el diámetro disminuye
^d Sólo se requiere para cilindros de diseño no comprendidos en la Norma ISO 9809-1
^e También se requiere los ensayos de materiales

Tabla A2.5 Cambio de diseño de los cilindros Tipo 3

Cambio de diseño	Rotura a presión Hidrostática	LBB	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambiental	Tolerancia al corte	Cedencia a alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Impacto	Torque
	Apartado										
	A3.12	A3.6	A3.13	A3.15	A3.16	A3.14	A3.17	A3.18	A3.19	A3.20	A3.28
Productor fibra	X		X	-	-	-	-	X	X	X	
Material del cilindro interno metálico ^d	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material de fibra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Material de resina	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	
Cambio de diámetro ≤ 20 %	X		X	-	X ^c	-	-	-	-	-	
Cambio de diámetro > 20 %	X	X	X	X	X	-	X	-	-	X	
Cambio de longitud ≤ 50 %	X			X ^a	-	-	-	-	-	-	
Cambio de longitud > 50 %	X		X	X ^a	-	-	-	-	-	X	
Cambio de presión de trabajo ≤ 20 % ^b	X		X	-	-	-	-	-	-	-	
Forma del domo	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	
Tamaño abertura	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	
Cambio de Recubrimiento				-	-	X	-	-	-	-	



Cambio de diseño	Rotura a presión Hidrostática	LBB	Ciclos de presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambiental	Tolerancia al corte	Cedencia alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Impacto	Torque
	Apartado										
	A3.12	A3.6	A3.13	A3.15	A3.16	A3.14	A3.17	A3.18	A3.19	A3.20	A3.28
Dispositivo de alivio de presión	-		-	X	-	-	-	-	-	-	
Rosca											X
^a Sólo se requiere el ensayo cuando aumenta la longitud ^b Sólo cuando el espesor cambia proporcionalmente ^c Sólo se requiere si el diámetro disminuye ^d También se requiere los ensayos de materiales											



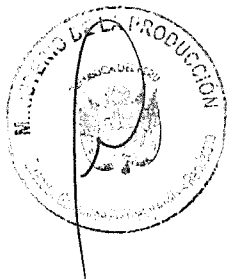


TABLA A2.6 Cambio de diseño de los cilindros Tipo 4

Cambio de diseño	Permeabilidad	Ciclos con GNC	Rotura a presión Hidrostática	Torque del Extremo	LBB	Ciclos a presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambienta	Tolerancia al corte	Cedencia a alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Impacto	Torque
Productor fibra	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-
Material del cilindro interno metálico	X	X	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	X
Material de fibra	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Material de resina	-	-	-	-	X	-	-	X ^e	-	X	X	-	-	-
Cambio de diámetro ≤ 20 %	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambio de diámetro > 20 %	-	-	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-	X	-
Cambio de longitud ≤ 50 %	-	-	X	-	X	-	X ^a	-	-	-	-	-	-	-
Cambio de longitud > 50 %	-	-	X	-	-	X	X ^a	-	-	-	-	-	X	-
Cambio de presión de trabajo ≤ 20 %	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Forma del domo	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamaño abertura (material compuesto)	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambio de Recubrimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Diseño del asiento extremo	X ^c	X ^c	X ^d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dispositivo de alivio de presión	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-

A3. MÉTODOS DE ENSAYO Y CRITERIOS

A3.1 Ensayos de Resistencia a la tracción para cilindros y revestimientos de acero y aluminio

Se debe realizar un ensayo de resistencia a la tracción a los materiales tomados de la parte cilíndrica del cilindro o del cilindro interno terminado, usando una pieza rectangular de ensayo, conformada de acuerdo con el método descrito en la *ISO 9809-1 Cilindros de acero recargables, sin costura, para gas. Diseño, construcción y ensayo – Parte 1: Cilindros de acero templados y revenidos con resistencia a la tracción menor que 1 100 MPa* e *ISO 7866 Cilindros sin costura de aleación de aluminio para gas. Diseño, construcción y ensayo*. Las dos caras de la pieza de ensayo que representen la superficie interior y exterior del cilindro no deben estar maquinadas.

El ensayo de resistencia a la tracción se debe realizar de acuerdo con la norma *ISO 6892 Materiales metálicos. Ensayo de tracción a temperatura ambiente*.

La resistencia a la tracción debe cumplir las especificaciones de diseño del productor.

Para los cilindros y cilindros internos de acero, excepto los diseñados de acuerdo a la *ISO 9809-2*, la elongación no debe ser inferior a 14%.

Para los cilindros y cilindros internos de aleación de aluminio de construcción Tipo 1 o Tipo 2, la elongación debe ser al menos 12%.

Para los cilindros internos de aleación de aluminio de construcción Tipo 3, la elongación debe cumplir las especificaciones de diseño del productor.

NOTA: Se llama la atención sobre el método para medir la elongación descrita en la *ISO 6892-1 Materiales metálicos. Ensayo de tracción a temperatura ambiente*, particularmente cuando la pieza a la que se hace el ensayo de resistencia a la tracción se estrecha y rompe por un punto distante del centro de la longitud.

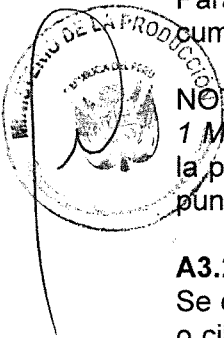
A3.2 Ensayos de impacto para cilindros y cilindros internos de acero

Se debe realizar un ensayo de impacto con material tomado de la parte cilíndrica del cilindro o cilindro interno terminado, en tres piezas de acuerdo con la *ISO 148-1 Ensayo de impacto Charpy (entalladura en V)*.

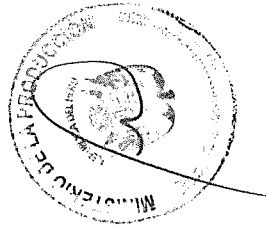
Las piezas de ensayo de impacto se deben tomar de la pared del cilindro, en la dirección indicada en la Tabla A3.1. La ranura debe estar perpendicular a la cara de la pared del cilindro. Para los ensayos longitudinales, la pieza de ensayo debe estar maquinada por todas las seis caras. Si el espesor de la pared no permite una pieza de ensayo con un ancho de 10 mm, el ancho debe ser tan cercano como sea práctico al espesor nominal de la pared del cilindro. Las piezas de ensayo tomadas en dirección transversal sólo se maquinarán por cuatro caras, la cara interior y exterior del cilindro no deben estar maquinada.

Los valores de impacto no deben ser inferiores a los especificados en la Tabla A3.1.

TABLA A3.1 - Valores de aceptación del ensayo de impacto



Cambio de diseño	Permeabilidad	Ciclos con GNC	Rotura a presión Hidrostática	Torque del Extremo	LBB	Ciclos a presión a temperatura ambiente	Fuego	Penetración	Ambiental	Tolerancia al corte	Cedencia a alta temperatura	Ruptura por Esfuerzo acelerado	Impacto	Torque
	A3.21	A3.27	A3.12	A3.25	A3.6	A3.13	A3.15	A3.16	A3.14	A3.17	A3.18	A3.19	A3.20	A3.28
Rosca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X-
Apartado														
<p>a Sólo se requiere el ensayo cuando aumenta la longitud</p> <p>b Sólo cuando el espesor cambia proporcionalmente al cambio de diámetro o presión o ambos</p> <p>c Sólo se requiere si la interfase boss/cilindro interno es afectado</p> <p>d Sólo se requiere si la interfase boss/cilindro interno o el compuesto del boss es afectado o cambian los requisitos del torque</p> <p>e Sólo se requiere si el diámetro disminuye</p>														



Diámetro del cilindro D, mm		> 140			≤ 140
Dirección del ensayo		Transversal			Longitudinal
Ancho de la pieza de ensayo, mm		3 a 10	> 5 a 7,5	> 7,5 a 10	3 a 10
Temperatura del ensayo, °C					-50
Resistencia al impacto J/cm²	Media de 3 muestras	30	35	40	60
	Muestra individual	24	28	32	48

A3.3 Ensayo de resistencia al agrietamiento por esfuerzos de sulfuro

Excepto por lo que se identifica en este apartado, el ensayo se debe realizar de acuerdo con el Método A, descrito en la Norma *NACE TM0177 Ensayo en laboratorio de metales para verificar la resistencia al agrietamiento por sulfuro y el agrietamiento por corrosión bajo tensión en ambientes H₂S*. Se deben realizar los ensayos a un mínimo de tres muestras para tracción con un diámetro calibrado de 3,81 mm (0,150 pulg.) maquinado de la pared de un cilindro o cilindro interno terminado. La muestra se debe colocar bajo carga de tracción constante igual a 60% de la resistencia a la fluencia mínima especificada para el acero, sumergida en una solución de agua destilada estandarizada al 0,5% (fracción de masa) de tetrahidrato de acetato de sodio y ajustada a una pH inicial de 4,0 con ácido acético. La solución debe estar continuamente saturada a temperatura ambiente y presión con 0,414 kPa (0,06 psi) de sulfuro de hidrógeno (nitrógeno balanceado). Las muestras de ensayo no deben fallar un ensayo con duración de 144 h.

A3.4 Ensayo de corrosión del aluminio

Se deben realizar los ensayos de corrosión a las aleaciones de aluminio, de acuerdo con lo establecido en el Anexo A de la *ISO 7866 Cilindros sin costura de aleación de aluminio para gas. Diseño, construcción y ensayo*, y cumplir los requisitos allí indicados.

A3.5 Ensayos de resistencia al agrietamiento por carga sostenida (SLC) al aluminio

Se debe hacer el ensayo de resistencia a SLC, de acuerdo con lo establecido en el Anexo B de la *ISO 7866 Cilindros sin costura de aleación de aluminio para gas. Diseño, construcción y ensayo*.

A3.6 Ensayo de fugas antes de rotura (LBB)

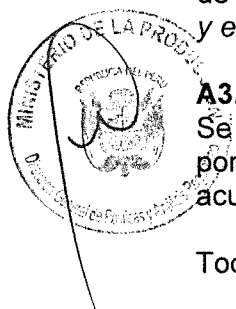
Se deben someter al ensayo de ciclos de presión tres cilindros terminados, entre 20 bar y 1,5 por la presión de trabajo a una frecuencia que no debe superar 10 ciclos por minuto de acuerdo con lo establecido en el apartado A.3.13.

Todos los cilindros deben fallar por fugas o superar 45 000 ciclos de presión.

A3.7 Ciclos de presión a temperatura extrema

Los cilindros terminados, con el recubrimiento compuesto sin ningún revestimiento protector, se deben ciclar de la siguiente manera:

- Se acondicionan durante 48 h a presión cero, a una temperatura de 65 °C o mayor y a una humedad relativa de 95% o mayor. Se debe entender satisfecha la intención de este requisito si se rocía agua con un rociador muy fino en una cámara que se mantenga a 65 °C;
- Se presurizan hidrostáticamente durante 500 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años, entre 20 bar y 200 bar a 65 °C o mayor temperatura y 95% o mayor humedad relativa;
- Se acondiciona el cilindro y el líquido a -40 °C o inferior medida en el líquido y en la superficie del cilindro; y,



- d) Se presuriza de 2 MPa (20 bar) a 20 MPa (200 bar) durante 500 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años, a -40 °C o temperatura inferior. Debe haber instrumentos de medida adecuados para asegurar que se mantiene la temperatura mínima del líquido durante el ciclado a baja temperatura.

La frecuencia de ciclos de presión indicada en el punto (b) no debe superar 10 ciclos por minuto. La tasa de ciclos de presión indicada en el punto (d) no debe superar 3 ciclos por minuto excepto si se instala un transductor de presión directamente en el cilindro.

Durante estos ciclos a presión, el cilindro no debe presentar roturas, fugas o fibras desdevanadas.

Después del ciclo de presión a altas temperaturas, los cilindros se deben presurizar hidrostáticamente hasta que fallen, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.12, hasta llegar a una presión mínima de rotura de 85% de la presión mínima de rotura del diseño. Para los diseños Tipo 4, se debe ensayar por fugas de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.10, antes del ensayo de rotura por presión hidrostática.

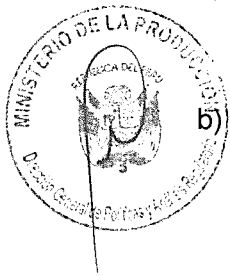
A3.8 Ensayo de dureza Brinell

Se deben realizar ensayos de dureza a la pared paralela de cada cilindro o cilindro interno, de acuerdo con la *ISO 6506-1 Materiales metálicos. Ensayo de dureza Brinell. Parte 1: Métodos de Ensayo*, a la tasa de un ensayo por metro de longitud de la pared paralela. El ensayo se debe realizar después del tratamiento térmico final y los valores de dureza, así determinados, deben estar dentro del rango especificado en el diseño.

A3.9 Ensayo de recubrimiento

Se deben evaluar los recubrimientos por los siguientes métodos de ensayo:

- a) De adhesión, de acuerdo con la *ASTM D3359 Método normalizado de ensayo para la medición de la adhesión mediante el ensayo de la cinta adhesiva*, usando el método A o B según sea apropiado. La adhesión del recubrimiento debe estar clasificada entre 4A ó 4B, según sea apropiado;
- b) De flexibilidad, de acuerdo con la *ASTM D522-93 Métodos de ensayo normalizados para el plegado con mandril de los recubrimientos orgánicos adheridos*, con el método de ensayo B, con un mandril de 12,7 mm (0,5 pulg) en el espesor especificado a - 20°C. Se deben preparar las muestras para el ensayo de flexibilidad de acuerdo con la norma anteriormente indicada. No debe haber fisuras visualmente aparentes;
- c) De resistencia al impacto de acuerdo con la *ASTM D2794-93 Método de ensayo normalizado para verificar la resistencia de los recubrimientos orgánicos ante los efectos de una deformación rápida*. A temperatura ambiente el recubrimiento debe pasar los ensayos adicionales de impacto de 18 J (13,3 pie-libras);
- d) De resistencia química de acuerdo con la *ASTM D1308 Método de ensayo normalizado para verificar el efecto de los químicos domésticos sobre acabados orgánicos claros y pigmentados*, excepto por lo que se indica a continuación. Los ensayos se deben realizar utilizando el método de punto abierto y 100 h de exposición a una solución de ácido sulfúrico al 30 % (ácido de batería con una gravedad específica de 1,219) y una exposición de 24 h a un glicol polialcalino (por ejemplo: líquido de frenos). El recubrimiento no debe estar levantado, ni tener ampollas, ni presentar ablandamiento. La adhesión debe cumplir con un valor de 3 cuando se ensaye de acuerdo con la *ASTM D3359*;
- e) Exposición mínima de 1 000 h, usando la lámpara UVA de acuerdo con la *ASTM G 154:2006 Norma Práctica para el manejo de aparatos de luz fluorescente para exposición UV de materiales no metálicos*. No debe haber muestras de ampollas y la adhesión debe cumplir con un valor nominal de 3 cuando se ensaye de acuerdo con la *ASTM D3359*. La pérdida máxima de brillo permitida es de 20%;



- f) Exposición mínima de 500 h de acuerdo con la *ISO 9227 Ensayos de Corrosión en atmósfera artificial. Ensayo de niebla salina*. Las reducciones no deben superar 2 mm en la marca trazada, no debe haber muestras de ampollas y la adhesión debe tener un valor nominal de 3 cuando es ensayado de acuerdo con la ASTM D3359;
- g) Resistencia al desprendimiento a temperatura ambiente de acuerdo con la *ASTM D3170-87 Método de ensayo para verificar la resistencia al picado de los revestimientos*. El recubrimiento debe tener un valor nominal de 7A o mejor y el sustrato no debe estar expuesto.

A3.10 Ensayo de fugas

Los diseños de Tipo 4 se deben ensayar para fugas con el siguiente procedimiento (o una alternativa aceptada por el Organismo de Inspección):

- a) Secado total de los cilindros; y,
- b) Se presurizan los cilindros hasta la presión de trabajo con aire seco o nitrógeno que contenga un gas detectable como el helio.

Cualquier fuga detectada debe ser causal de rechazo.

La fuga es la liberación de gas por una fisura, poro, sello roto o defecto similar. La permeabilidad de una pared de acuerdo con el apartado A3.21 no se considera una fuga.

A3.11 Ensayo de presión hidrostática

Cualquier presión interna, aplicada después de la auto-deformación y antes del ensayo hidrostático, no debe ser superior a 90% de la presión de ensayo hidrostático.

Se debe realizar un ensayo de expansión volumétrica o un ensayo de presión de prueba

El ensayo de expansión volumétrica se debe realizar sometiendo al cilindro a una presión hidrostática hasta al menos 1,5 veces la presión de trabajo. En ningún caso la presión de ensayo debe superar la presión de autocontracción; La presión se debe mantener durante 30 s, y el suficiente tiempo para que la expansión sea completa. Si no se puede mantener la presión de ensayo por falla de los aparatos de ensayo, se puede repetir el ensayo aumentando la presión en 7 bar. No se permiten más de 2 repeticiones de los ensayos;

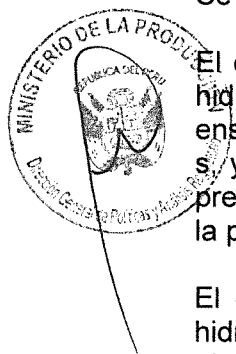
El ensayo de presión de prueba se debe realizar mediante el incremento de la presión hidrostática en el cilindro de forma gradual y regular hasta alcanzar la presión de ensayo, de al menos de 1,5 veces la presión de trabajo. La presión del ensayo del cilindro se debe mantener no menos de 30 s para verificar que no existan fugas.

Cualquier cilindro que no cumpla el límite definido en el ensayo de expansión volumétrica o que presenten fuga debe ser rechazado y destruido.

A3.12 Ensayo de rotura a presión hidrostática

La velocidad de presurización no debe superar 14 bar/s a presiones superiores a 80% de la presión de rotura diseñada. Si la velocidad de presurización a presión superior a 80% de la presión diseñada para rotura supera 3,5 bar/s, entonces se debe colocar el cilindro entre la fuente de presión y el dispositivo de medida de presión, o debe permanecer durante 5 s a la presión mínima de rotura de diseño o la velocidad de presurización debe ser inferior a 3,5 bar.

La presión de rotura mínima requerida (calculada) debe ser al menos igual a la presión de rotura mínima especificada en el diseño y, en ningún caso, inferior al valor necesario para



cumplir los requisitos de relación de esfuerzos. Se debe registrar la presión de rotura. La ruptura se puede presentar bien sea en la región cilíndrica o en la región del extremo del cilindro.

A3.13 Ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente

El ensayo de ciclos de presión se debe realizar de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) Se llena el cilindro a ser ensayado con un líquido no corrosivo, como aceite, agua inhibida o glicol; y,
- b) Se oscila la presión del cilindro entre 2 MPa (20 bar) y 1,3 veces la presión de trabajo a una frecuencia que no sea superior a 10 ciclos por minuto.

Se debe registrar el número de ciclos hasta la rotura, así como la ubicación y la descripción de la iniciación de la falla.

A3.14 Ensayo ambiental

A3.14.1 Generalidades

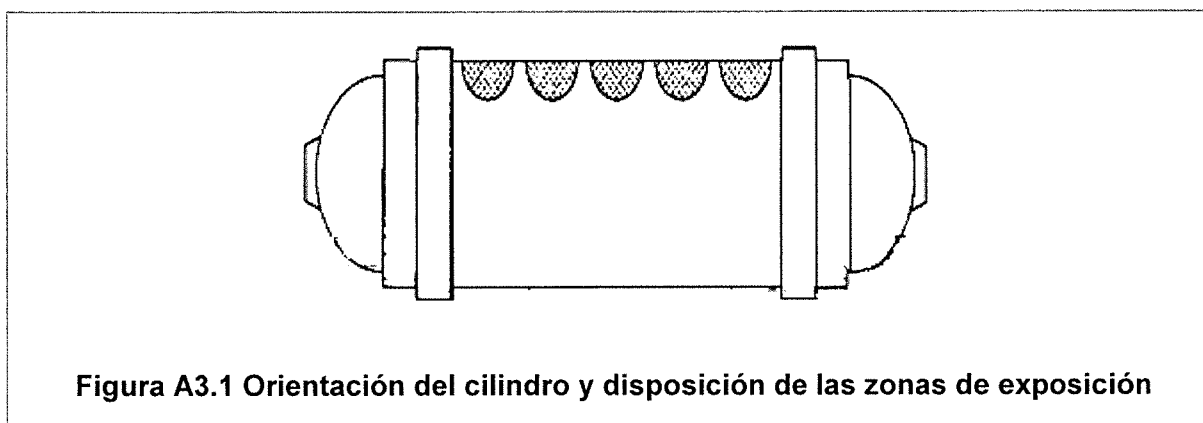
Este ensayo es aplicable únicamente a los cilindros Tipo 2, 3 y 4

A3.14.2 Instalación y preparación de la botella

Un cilindro se debe ensayar incluyendo el recubrimiento, si es aplicable.

La sección superior del cilindro se debe dividir en 5 zonas distintas y marcadas para el pre-acondicionamiento por el impacto del péndulo y la exposición de fluidos (ver figura A3.1). Las zonas deben tener un diámetro nominal de 1000 mm. No es necesario que las zonas estén orientadas a lo largo de una línea durante el ensayo, pero no se deben solapar.

Aunque el pre-acondicionamiento y la exposición a los fluidos se realizan sobre la parte cilíndrica del cilindro, todo el cilindro incluyendo las zonas abombadas, deben ser tan resistentes a la exposición como las zonas ensayadas.



A3.14.3 Pre-acondicionamiento por impacto de un péndulo

El percutor debe ser de acero y tener forma de una pirámide con las caras triangulares equiláteras y una base cuadrada, el vértice y las aristas deben ser redondeadas con radio de 3 mm. El centro de percusión del péndulo debe coincidir con el centro de gravedad de la pirámide. Su distancia desde el eje de rotación del péndulo debe ser de 1 m. La masa total del péndulo debe ser tal que la energía de impacto del péndulo en el momento de los impactos no sea inferior a 30 Nm siendo lo más próximo posible a este valor.

Durante el impacto del péndulo, el cilindro se debe mantener en posición mediante los asientos extremos o mediante los soportes de montaje previstos para tal efecto. Cada una de

las cinco zonas identificadas en figura A3.1 se debe pre-acondicionar mediante el choque del vértice del percutor del péndulo en el centro de la zona. El cilindro no debe estar presurizado durante el pre-acondicionamiento.

A3.14.4 Exposición a los fluidos medioambientales

Cada zona marcada se debe exponer a una de las cinco soluciones siguientes:

- a) Ácido sulfúrico – solución acuosa al 19% en volumen.
- b) Hidróxido de sodio – solución acuosa al 25% en peso.
- c) 5% metanol/ 95% gasolina – concentración de gasolina del combustible M5 cumpliendo con los requisitos de la Norma ASTM D4814 Especificaciones para vehículos con motores encendidos por chispa.
- d) Nitrato de Amonio – solución acuosa al 28% en peso.
- e) Líquido limpiacristales (solución al 50% en volumen de alcohol metílico y agua)

Durante la exposición, la muestra de ensayo se debe orientar con la zona de exposición hacia arriba. Se debe situar un tampón de lana de vidrio aproximadamente 0,5 mm de espesor y con un diámetro entre 90 mm y 100 mm en el centro de la zona de exposición. Se aplica una cantidad del fluido del ensayo a la lana de vidrio suficiente para asegurar que el tampón de lana de vidrio se mantiene mojado de forma uniforme en toda su superficie y en todo su espesor durante el ensayo, y para asegurar que la concentración de fluido no varía de forma significativa durante el ensayo.

A3.14.5 Ciclo de Presión y mantenimiento de la presión

El cilindro se debe someter a un ciclo de presión hidrostática comprendida entre 20 bar y 2060 bar durante un número total de 3 000 ciclos. La velocidad máxima de presurización debe ser de 27.5 bar por segundo. Después del ciclo de presión el cilindro se debe presurizar a 260 bar y mantener a esta presión un mínimo de 24 h hasta que el tiempo de exposición a los fluidos medioambientales (ciclos a presión y mantenimiento de la presión) sea igual a 48 h.

A3.14.6 Resultados aceptables

El cilindro se debe someter al ensayo de rotura de acuerdo con el apartado A3.12, excepto cuando la presión de rotura no deba ser menor a 1,8 veces la presión de trabajo.

A3.15 Ensayo de fuego

A3.15.1 Generalidades

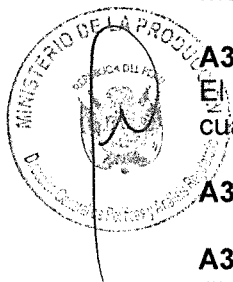
El ensayo de fuego está diseñado para demostrar que los cilindros terminados, completos con su sistema de protección de fuego (válvula del cilindro, dispositivo de alivio de presión y/o aislamiento térmico integral) especificado en el diseño, evitará la ruptura del cilindro cuando se ensaye en condiciones específicas de fuego.

Se deben tener precauciones durante el ensayo de fuego, en caso de que se rompa el cilindro.

A3.15.2 Colocación del cilindro

El cilindro se debe colocar horizontalmente con la parte inferior a aproximadamente 100 mm sobre la fuente de fuego. Se debe usar un escudo metálico, con un espesor de 0,4 mm, para evitar que el fuego directo llegue a las válvulas del cilindro, sus accesorios y/o los dispositivos de alivio de presión. El escudo metálico no debe estar directamente en contacto con el sistema especificado para protección contra incendio (dispositivo de alivio de presión o válvula del cilindro).

Cualquier falla durante el ensayo de una válvula, accesorio o tubo que no sea parte del sistema de protección previsto para el diseño, debe invalidar el resultado.



A3.15.3 Fuente de fuego

Se debe proveer llama directa sobre la superficie del cilindro, alrededor de todo su ancho de diámetro con una fuente uniforme de fuego de 1,65 m de longitud. Se puede utilizar cualquier combustible para la fuente de fuego, siempre y cuando el combustible suministre un calor uniforme y suficiente para mantener las temperaturas especificadas para ensayo hasta que se haga ventear el cilindro. Para la selección del combustible se debería tener en cuenta la contaminación del aire y otros factores. Se debe registrar la disposición del fuego con suficientes detalles para asegurar que se pueda reproducir la cantidad de calor que recibe el cilindro.

Cualquier falla o inconsistencia de la fuente de fuego durante el ensayo debe invalidar el resultado.

A3.15.4 Medida de la temperatura y presión

Se deben monitorear las temperaturas de la superficie con al menos tres termocuplas situadas en la parte inferior del cilindro y con una separación no superior a 0,75 m. Se debe usar un escudo metálico, de un espesor mínimo de 0,4 mm para evitar el contacto directo de las termocuplas con la llama directa. Las protecciones metálicas deben estar en contacto directo con las termocuplas. Como alternativa, se pueden insertar las termocuplas en bloques de metal que midan menos de 25 mm² de superficie.

Se debe registrar la temperatura de las termocuplas y las presiones del cilindro a intervalos de 30 s o menos durante el ensayo.

A3.15.5 Requisitos generales de ensayo

Se debe presurizar el cilindro con gas natural, y se debe ensayar en posición horizontal a presión de trabajo y a 25% de la presión de trabajo, si no se usa un DAP (dispositivo de alivio de presión) activado térmicamente.

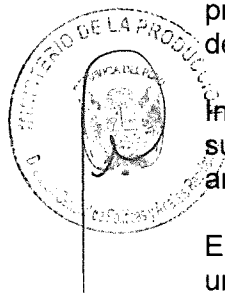
Inmediatamente después de la ignición, el fuego debe producir una llama que toque la superficie del cilindro a todo lo largo de 1,65 m de la fuente de fuego y alrededor de todo el ancho del diámetro del cilindro.

En 5 minutos después de la ignición, la temperatura de al menos una termocupla debe indicar una temperatura mayor o igual que 590 °C. Se debe mantener esta temperatura mínima durante el resto del ensayo. Si la temperatura de 590 °C no es alcanzada en un periodo de tiempo de 5 minutos, pero el cilindro se ventea en ese periodo de 5 minutos y se cumplen las condiciones del apartado A3.15.6 el ensayo se debe considerar aceptable.

Cuando los cilindros tengan una longitud de 1,65 m o menos, se debe colocar el centro del cilindro sobre el centro de la fuente de llama.

Cuando los cilindros tengan una longitud superior a 1,65 m se debe colocar el cilindro de la siguiente manera:

- a) Si el cilindro tiene un dispositivo de alivio de presión en un extremo, la fuente de llama debe empezar por el extremo opuesto del cilindro;
- b) Si el cilindro tiene dispositivos de alivio de presión en ambos extremos, o en más de un sitio a lo largo del cilindro, el centro de la fuente de fuego debe estar ubicado equidistante de los dispositivos de alivio de presión que están separados entre sí por la mayor distancia horizontal; y,
- c) Si el cilindro tiene protección adicional de aislamiento térmico, se deben realizar dos ensayos de fuego a presión de servicio, una con el fuego centrado en la mitad de la longitud del cilindro y la otra con el fuego iniciándose en uno de los extremos del segundo cilindro.



A3.15.6 Resultados aceptables

El cilindro se debe ventear a través de un dispositivo de alivio de presión sin roturas.

A3.16 Ensayos de penetración

Un cilindro presurizado a presión de trabajo +10 bar con gas comprimido se debe penetrar con una bala perforante con un diámetro de 7,62 mm o superior. La bala debe penetrar completamente al menos un lado de la pared del cilindro.

Para el diseño del tipo 1, el proyectil debe impactar la pared lateral a un ángulo aproximado de 90°. Para los diseños de los Tipos 2, 3 y 4 el proyectil debe impactar la pared lateral a un ángulo aproximado de 45°. En todos los casos los cilindros no deben romperse.

A3.17 Ensayos de tolerancia al corte del compuesto

Sólo para los diseños de los Tipos 2, 3 y 4, se deben hacer hendiduras longitudinales en el recubrimiento de un cilindro terminado y completo con el revestimiento protector. Las hendiduras deben ser superiores a los límites de inspección visual especificados por el productor. Como mínimo, una de las hendiduras debe tener 25 mm de longitud y 1,25 mm de profundidad y la otra hendidura debe tener 200 mm de longitud y 0,75 mm de profundidad, cortados en dirección longitudinal en la pared de un cilindro.

El cilindro con las hendiduras se debe ensayar a ciclos de presión entre 20 bar y 1,3 veces la presión de trabajo a temperatura ambiente, durante la vida de servicio, especificada en años, multiplicada por 1 000 ciclos.

El cilindro no debe tener fugas ni romperse en los primeros 3 000 ciclos, pero puede fallar por fugas durante la vida de servicio especificada en años multiplicado por 1 000 ciclos (menos los 3 000 ciclos efectuados). Se deben destruir todos los cilindros que completen el ensayo.

A3.18 Ensayo de cedencia de alta temperatura

Este ensayo se requiere para todos los cilindros tipo 4 y todos los diseños de los tipos 2 y 3 en los cuales la temperatura de transición vítrea de la matriz de resina no sea superior a 102 °C. Un cilindro terminado se debe presurizar a 260 bar y se debe mantener a una temperatura de 100 °C durante al menos 200 h.

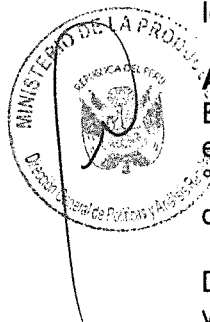
Después del ensayo, el cilindro debe cumplir los requisitos de ensayo de expansión volumétrica (véase el apartado A3.11), el ensayo de fugas (véase el apartado A3.10) y el ensayo de rotura a presión hidrostática (véase el apartado A3.12).

A3.19 Ensayo de ruptura por esfuerzo acelerado

Sólo para los diseños de los tipos 2, 3 y 4, se debe presurizar hidrostáticamente un cilindro a 260 bar a 65 °C. Se debe mantener el cilindro a esta presión y temperatura durante 1 000 h. Luego se debe presurizar el cilindro hasta que rompa, de acuerdo con el procedimiento descrito en el apartado A3.12, excepto que la presión de rotura debe superar 85% de la presión mínima diseñada para rotura.

A3.20 Ensayo de impacto

Para los diseños Tipo 3 y 4 se debe realizar un ensayo de caída en uno o varios cilindros terminados, a temperatura ambiente, sin presurización interna y sin válvulas instaladas. La superficie sobre la cual se dejan caer los cilindros debe ser una placa de concreto lisa y horizontal, o el piso. Se debe dejar caer un cilindro en posición horizontal, con el fondo a 1,8 m sobre la superficie sobre la cual se deja caer. Un cilindro se debe dejar caer verticalmente sobre cada extremo, a suficiente altura sobre el piso o la placa, para que la energía potencial sea de 488 J, pero en ningún caso la altura a la cual se encuentra el extremo inferior debe ser superior a 1,8 m. Se debe dejar caer un cilindro sobre el domo, a un ángulo de 45°, desde una



altura tal que el centro de gravedad esté a 1,8 m; sin embargo, si el extremo inferior está a menos de 0,6 m de la superficie, se cambiará el ángulo de caída para mantener una altura mínima de 0,6 m y un centro de gravedad de 1,8 m.

Se debe permitir que los cilindros reboten sobre el plano o sobre el suelo de hormigón después del impacto inicial. No se debe intentar evitar este impacto secundario, pero se puede impedir que se caiga el cilindro durante los ensayos de caídas verticales.

Después del impacto de la caída se debe someter al cilindro al ensayo de ciclos a presión entre 20 bar y 1,3 veces la presión de trabajo a temperatura ambiente, durante la vida de servicio especificada en años multiplicado por 1 000 ciclos.

El cilindro no debe tener fugas ni romperse en los primeros 3 000 ciclos, pero puede fallar por fugas durante la vida de servicio especificada en años multiplicado por 1 000 ciclos (menos los 3 000 ciclos efectuados). Se deben destruir todos los cilindros que pasen este ensayo.

A3.21 Ensayo de permeabilidad

Este ensayo se requiere únicamente para los diseños del tipo 4. Se debe llenar un cilindro terminado con Gas Natural Comprimido hasta la presión de trabajo, se coloca en una cámara sellada a temperatura ambiente y se vigila hasta 500 h para ver si tiene fugas a fin de determinar la tasa de permeabilidad. La cromatografía de gases, la espectrometría de masa y la pérdida de peso son ejemplos de técnicas de medición. La tasa de permeabilidad debe ser menor a 0,25 cm³ de gas natural por hora y por litro de capacidad del cilindro.

A3.22 Propiedades de resistencia a la tracción de los plásticos

Se debe determinar la resistencia a la tracción, a la fluencia y la elongación última del material del cilindro interno plástico a -50 °C de acuerdo con la Norma *ISO 527-2 Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 2: Condiciones de ensayo para moldeo y extrusión.*

Los resultados del ensayo deben demostrar las propiedades dúctiles del material del cilindro interno plástico a una temperatura de -50 °C o inferior si cumple los valores especificados por el productor.

A3.23 Temperatura de ablandamiento de los plásticos

Se deben ensayar los materiales poliméricos de los cilindros internos terminados de acuerdo con el método descrito en la *ISO 306 Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat.* La temperatura de ablandamiento no debe ser inferior a 100 °C.

A3.24 Ensayos de lote de recubrimiento

A3.24.1 Espesor del recubrimiento

Se debe medir el espesor de recubrimiento de acuerdo con la *ISO 2808 Pinturas y Barnices. Determinación del espesor de la película* y debe cumplir los requisitos del diseño.

A3.24.2 Adhesión del recubrimiento

Se debe medir la resistencia de adhesión del recubrimiento de acuerdo con la *ASTM 3359 Método Normalizado de ensayo para la medición de la adhesión mediante ensayo de cinta adhesiva*, la cual debe tener un valor nominal mínimo de 4 al medirla con el método de ensayo A o B, según sea apropiado.

A3.25 Ensayo de torque del extremo (asiento)

Se debe sostener el cuerpo del cilindro a una rotación y torque de dos veces el torque especificado por el productor de la válvula o de la instalación del DAP aplicada en cada calota



del extremo del cilindro. Se debe aplicar primero el torque en la dirección en la cual se aprieta una conexión roscada, luego en la dirección para desenroscar y finalmente de nuevo en la dirección para enroscar.

Luego se debe realizar un ensayo de fuga al cilindro de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.10.

A3.26 Ensayo de resistencia al corte de la resina

Se debe ensayar una muestra de ensayo representativa de los materiales de la resina del revestimiento compuesto, de acuerdo con la *ISO 14130 Compuesto de plástico reforzado con fibra. Determinación del esfuerzo de corte interlaminar aparente por medio del método de la viga corta*, o una norma equivalente. Después de 24 horas hirviendo en agua, el compuesto debe tener una resistencia mínima al corte de 13,8 MPa.

A3.27 Ensayo de ciclos con gas natural

Se debe considerar especialmente la seguridad al conducir este ensayo. Antes de realizar el ensayo, los cilindros de esta clase de diseño deben haber pasado con éxito los requisitos del ensayo indicados en el apartado A3.10 (ensayo de fugas), apartado A3.12 (ensayo de rotura a presión hidrostática), apartado A3.13 (ensayo de ciclado a presión a temperatura ambiente) y apartado A3.21 (ensayo de permeabilidad).

Se debe someter a un ensayo cíclico de presión un cilindro terminado del Tipo 4, con Gas Natural Comprimido entre menos de 20 bar y la presión de trabajo, durante 1 000 ciclos. El tiempo de llenado debe ser de 5 min como máximo para simular el llenado en condiciones comerciales. Excepto si el productor especifica otra cosa, se debería tener cuidado para asegurar que las temperaturas durante el venteo no superen las condiciones definidas de servicio.

Se debe someter el cilindro al ensayo de fugas de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.10. Una vez terminado el ensayo de ciclos con gas natural, se debe seccionar el cilindro y se inspeccionará el cilindro interno y la interfaz con el domo del extremo del cilindro interno para evidenciar si hay deterioro, tales como: agrietamiento por fatiga o descarga electrostática que pudieran conducir al fallo dentro de la vida de servicio del cilindro.

Alternativamente, para evitar la necesidad de seccionar e inspeccionar, el cilindro se puede someter a un ensayo de ciclos con gas natural durante 1 000 ciclos multiplicado por la vida de servicio de diseño (en años) sin fugas.

A3.28 Ensayo de Torque

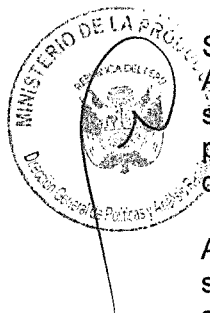
El cuerpo del cilindro debe sujetar para evitar cualquier rotación. El cilindro debe ser equipado con válvula ajustada al 150% del torque máximo según las recomendaciones del fabricante. Los parámetros que deben ser monitoreados y registrados son:

- a) el tipo de material de la válvula
- b) el modo operativo de instalación de la válvula
- c) el torque aplicado

El cuello del cilindro o los asientos y las roscas deben permanecer dentro de las tolerancias indicadas en los planos.

A3.29 Examen por Ultrasonido

A3.29.1 Objeto



Este anexo se basa en técnicas utilizadas por los productores de cilindros. Se pueden usar otras técnicas de inspección ultrasónica, siempre y cuando se haya demostrado que son adecuadas para el método de fabricación.

A3.29.2 Requisitos generales

El equipo de ensayo ultrasónico debe poder detectar al menos las muescas estándar de referencia, como se describe en el apartado A3.28.3.2. El estándar de referencia se debe utilizar con regularidad, de acuerdo con las instrucciones de operación del productor para asegurar que la precisión se mantiene. Se deben mantener los registros de inspección y los certificados de aprobación de los equipos.

El funcionamiento del equipo debe estar a cargo de personal entrenado y supervisado por personal calificado y con experiencia, certificado para el nivel 2 de la *ISO 9712 Ensayo no destructivo. Calificación y certificación del personal*.

Las superficies exteriores e interiores del cilindro que se ensaye por ultrasonido deben estar en condiciones adecuadas para que el ensayo sea preciso y se pueda reproducir.

Se debe usar el sistema de eco de pulso para detectar cortes. Para las mediciones del espesor se debe usar el método de resonancia o el sistema de eco de pulso. Se deben usar técnicas de contacto o de inmersión.

Se debe usar un método de acople que asegure la adecuada transmisión de la energía por ultrasonido entre la probeta de ensayo y el cilindro.

A3.29.3 Detección de cortes en las piezas del cilindro

A3.29.3.1 Procedimiento

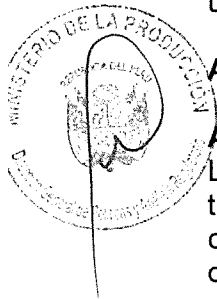
Los cilindros que se ensayen y la unidad de búsqueda deben tener movimiento de rotación y traslación relativas de uno al otro, de tal manera que se describa un barrido helicoidal del cilindro. La velocidad de rotación y traslación debe ser constante dentro de $\pm 10\%$. El paso de la hélice debe ser inferior al ancho que cubra la probeta (se debe garantizar al menos una sobre posición de 10%) y debe estar relacionada con la anchura efectiva del eje para asegurar una cobertura de 100% a la velocidad de rotación y traslación utilizada durante el procedimiento de calibración.

Se puede usar un método alternativo de barrido para detectar los defectos transversales, en el cual el barrido o movimiento relativo de las probetas y de la pieza de trabajo sea longitudinal y el movimiento del barrido debe asegurar que cubre 100% de la superficie con cada barrido sobrepuesto cerca de 10%.

Se debe ensayar el cilindro para defectos longitudinales transmitiendo la energía ultrasónica en ambas direcciones circunferenciales y los defectos transversales en ambas direcciones longitudinales.

En este caso, o cuando se hagan ensayos opcionales en las áreas de transición entre la pared y el cuello y/o entre la pared y la base, se puede hacer manualmente si no se puede hacer automáticamente.

Se debe verificar periódicamente la eficacia del equipo utilizando el estándar de referencia durante el procedimiento de ensayo. Esta verificación se debe realizar al menos al iniciar y al terminar cada turno. Si durante esta verificación no se detecta la presencia de las muescas de referencia adecuada, todos los cilindros que se hayan examinado después de la última verificación de aceptación, se deben re-examinar después que se haya ajustado el equipo.



A3.29.3.2 Estándar de referencia

Se debe preparar un estándar de referencia de una longitud conveniente a partir de un cilindro de diámetro y un rango de espesor de pared similar y de material con las mismas características acústicas y acabado superficial del cilindro que se inspecciona.

Este estándar de referencia no debe tener discontinuidades que puedan interferir con la detección de las muescas de referencia.

Se deben maquinar muescas de referencia, tanto longitudinal como transversalmente en las superficies interiores y exteriores del estándar. Las muescas deben estar separadas de tal manera que se pueda identificar claramente cada muesca.

Las dimensiones y la forma de las muescas son de crucial importancia para el ajuste del equipo (véanse las Figuras A3.1 y A3.2):

- La longitud de las muescas (E) no debe ser superior a 50 mm;
- El ancho (W) no debe ser superior a dos veces la profundidad nominal (T). Sin embargo, cuando no se puede cumplir esta condición, un ancho máximo de 1 mm es aceptable;
- La profundidad de las muescas (T) debe ser $(5 \pm 0,75) \%$ del espesor nominal (S) con un mínimo de 0,2 mm y un máximo de 1 mm de la longitud total de la muesca. Es permisible el descentramiento en cada extremo;
- La muesca debe tener bordes afilados en la intersección con la superficie de la pared del cilindro. La sección transversal de la muesca debe ser rectangular, excepto cuando se usan métodos de maquinado por erosión de chispa; en este caso se sabe que el fondo de la muesca será redondo; y,
- La forma y las dimensiones de la muesca se debe demostrar con un método adecuado.

A3.29.4 Calibración del equipo

Con el estándar de referencia descrito en el apartado A3.28.3.2, se debe ajustar el equipo para que produzca indicaciones claramente identificables del interior y exterior de las muescas de referencia. La amplitud de las indicaciones debe ser tan cercana a la igualdad como sea posible. Se debe usar la indicación de amplitud menor como nivel de rechazo y para fijar dispositivos visuales, audibles, de registro o de selección. El equipo se debe calibrar con el estándar de referencia o la probeta, o ambos, moviéndolos de la misma manera, en la misma dirección y a la misma velocidad que se usará durante la inspección del cilindro. Todos los dispositivos visuales, audibles o de registro o selección deben funcionar satisfactoriamente a la velocidad de examen.

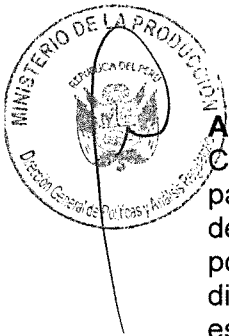
A3.29.5 Medición del espesor de la pared

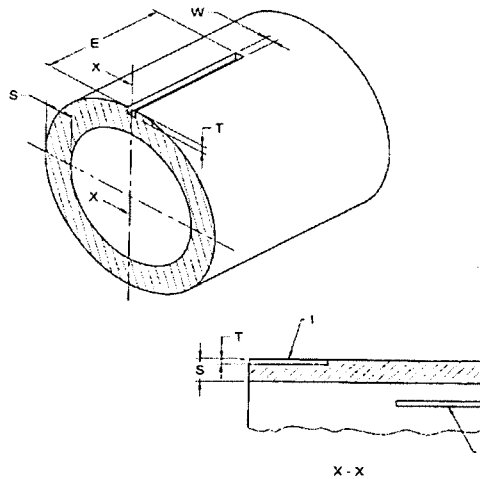
Si no se realiza la medición del espesor de la pared durante otra etapa de producción, se debe examinar 100% la parte cilíndrica para asegurar que el espesor de la pared no sea inferior al valor mínimo garantizado.

A3.29.6 Interpretación de los resultados

Se deben retirar los cilindros que den indicaciones iguales o superiores a la menor de las indicaciones de las muescas de referencia. Se pueden eliminar los defectos en la superficie; después de eliminarlos, se deben volver a someter los cilindros a la detección ultrasónica de fallas y a la medición del espesor.

Cualquier cilindro que demuestre tener un espesor mínimo de pared inferior al garantizado se debe rechazar.

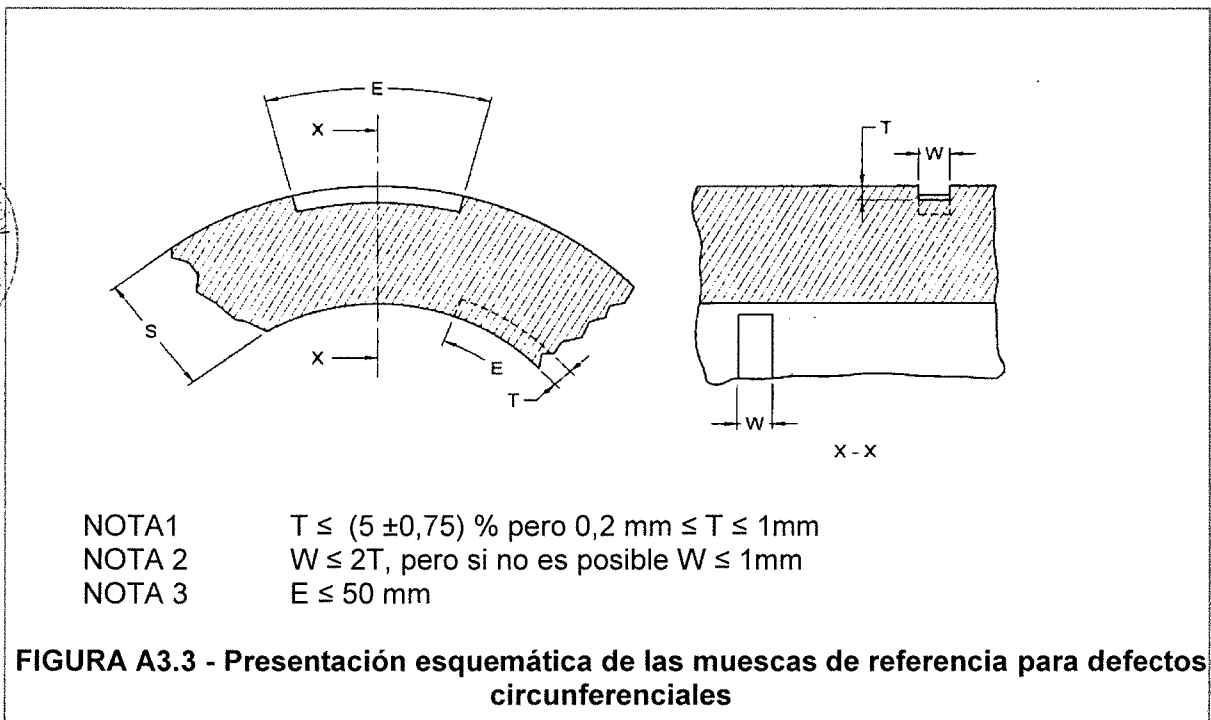




- Convención: 1. Muesca externa de referencia
2. Muesca interna de referencia

- NOTA 1 $T \leq (5 \pm 0,75) \% S$ pero $0,2 \text{ mm} = T \leq 1 \text{ mm}$
 NOTA 2 $W \leq 2T$, pero si no es posible $W \leq 1 \text{ mm}$
 NOTA 3 $E \leq 50 \text{ mm}$

FIGURA A3.2 - Detalles del diseño y dimensiones de las muescas de referencia para defectos longitudinales

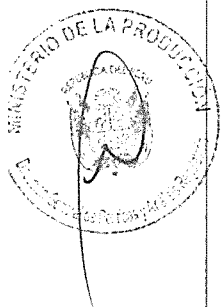


- NOTA1 $T \leq (5 \pm 0,75) \%$ pero $0,2 \text{ mm} \leq T \leq 1 \text{ mm}$
 NOTA 2 $W \leq 2T$, pero si no es posible $W \leq 1 \text{ mm}$
 NOTA 3 $E \leq 50 \text{ mm}$

FIGURA A3.3 - Presentación esquemática de las muescas de referencia para defectos circunferenciales

A3.29.7 Certificación

El productor del cilindro debe certificar el examen por ultrasonido. Cada cilindro que haya pasado el examen ultrasónico de acuerdo con esta especificación debe llevar estampado el símbolo "UT" o con el símbolo que se muestra en el ejemplo en la Figura A3.4 (donde los caracteres "XY" representan el o símbolo del fabricante).



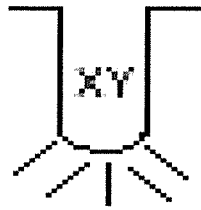


FIGURA A3.4 – Símbolo UT

A3.30 Ensayo no destructivo (END) de tamaño de defecto mediante la presurización por ciclos de cilindros agrietados

El tamaño de los defectos por END para los cilindros de diseño Tipo 1, 2 y 3 pueden ser determinados por:

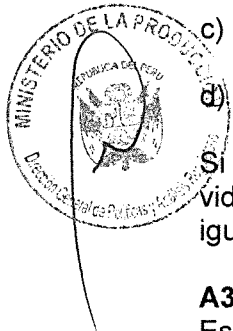
- Para los diseños del Tipo 1 con un sitio sensible a la fatiga en la parte cilíndrica, se introducen defectos externos en la pared lateral;
- A los diseños del Tipo 1 con un sitio sensible a la fatiga fuera de la pared lateral y a los diseños del Tipo 2 y 3 se introducen cortes internos. Los cortes internos se pueden maquinar antes del tratamiento térmico y el cierre del extremo del cilindro;
- El tamaño de estos defectos artificiales debe superar la capacidad de detección de la longitud y profundidad del defecto por el método END; y,
- Se someten a ciclos de presión hasta la falla tres cilindros con estos defectos artificiales de acuerdo con el método de ensayo especificado en el apartado A3.13.

Si los cilindros no tienen fugas y no se rompen en menos de 1 000 ciclos multiplicados por la vida útil especificada en años, entonces el tamaño permitido de los defectos para END es igual o inferior al tamaño y ubicación del corte artificial.

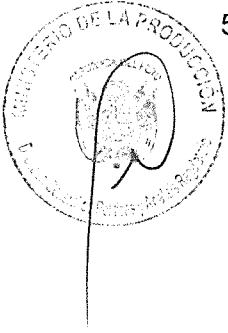
A3.31 Verificación de las relaciones de esfuerzo con medidores de deformación

Esta sección describe un procedimiento que se puede usar para verificar las relaciones de esfuerzo con medidores de deformación.

- Las relaciones esfuerzos-deformación de las fibras siempre es elástica, por lo tanto, las relaciones de esfuerzo y las de deformación siempre son iguales;
- Se necesitan medidores de deformación de gran elongación;
- Los medidores de deformación se deberían colocar en la dirección de las fibras sobre las cuales están montados (es decir, con los aros de la fibra en el exterior del cilindro se montan los medidores en la dirección de los aros);
- Método 1** (Se usa para cilindros que no tienen devanado a alta tensión)
 - Se colocan los medidores de tracción y se calibran, antes de la auto-deformación;
 - Se mide la deformación durante la autocontracción, con presión cero después de la auto-deformación y a presión de trabajo y presión mínima de rotura; y,
 - Se confirma que la deformación a presión de rotura dividida por la deformación a la presión de trabajo cumple los requisitos de relación de esfuerzos. En las construcciones híbridas, se compara la deformación a la presión de trabajo con la deformación de rotura de los cilindros reforzados con fibra de una sola clase.
- Método 2** (Se usa para todos los cilindros)
 - Se colocan los medidores de deformación y se calibran, a presión cero después del devanado y auto desgaste;
 - Se mide la deformación con presión de cero, de trabajo y mínima de rotura;



- 3) Con presión de cero, después de tomar las medidas de deformación a presión de trabajo y mínima de rotura y vigilando los medidores de deformación, se corta la sección del cilindro de manera que la región que tenga el medidor de deformación tenga aproximadamente 125 mm de largo. Se retira el cilindro interno sin dañar el compuesto. Se miden las deformaciones después de retirar el cilindro interno;
- 4) Se ajustan las lecturas de deformación a presión cero, de trabajo y mínima de rotura de acuerdo con la cantidad de deformación medida con presión de cero con y sin el cilindro interno; y,
- 5) Se confirma que la deformación a presión de rotura dividida por la deformación a la presión de trabajo cumple los requisitos de relación de esfuerzos. En las construcciones híbridas, se compara la deformación a la presión de trabajo con la deformación de ruptura de los cilindros reforzados con fibra de una sola clase.



ANEXO II
INSPECCIÓN Y ENSAYO / PROCEDIMIENTO DE APROBACIÓN DE TIPO Y LOTE
(REFERIDO EN LA NTP-ISO 11439:2016)

B.1 Inspección y ensayos

Para verificar que los cilindros cumplen con el presente Reglamento Técnico, se deben someter a los ensayos e inspecciones establecidos en los numerales A2 y A3 del Anexo I, según corresponda a la fabricación. El OCP será el facultado para realizar las inspecciones.

B.2 Procedimiento para aprobación de tipo

B.2.1 Generalidades

La aprobación de tipo consiste en dos partes:

a) **Aprobación del diseño**

El cual comprende la presentación de información del productor al OCP, como se detalla en el apartado B.2.3; y,

b) **Ensayos del prototipo incluyendo los ensayos que se hacen con la supervisión del OCP**

Los ensayos del material del cilindro, su fabricación y examen deben demostrar que es adecuado para el servicio previsto al cumplir los requisitos del prototipo de ensayo especificados en el apartado A2.5, según sea apropiado para el diseño del cilindro en particular.

Los datos de los ensayos deben documentar las dimensiones, el espesor de las paredes y el peso de cada uno de los cilindros de ensayo.

B.2.2 Aprobación de Tipo

El diseño de los cilindros debe ser aprobado por el OCP. El productor debe presentar al OCP la siguiente información con una solicitud de aprobación y debe incluir:

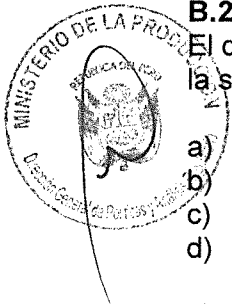
- a) Declaración de servicio, de acuerdo con el apartado B.2.3;
- b) Datos del diseño, de acuerdo con el apartado B.2.4;
- c) Datos de fabricación, de acuerdo con el apartado B.2.5;
- d) Comportamiento de las fracturas y tamaño de defectos por Ensayos no Destructivos (END), de acuerdo con el apartado B.2.6;
- e) Hoja de especificaciones, de acuerdo con el apartado B.2.7; y,
- f) Datos adicionales de soporte, de acuerdo con el apartado B.2.8.

B.2.3 Declaración de servicio

El propósito de esta declaración de servicio es servir de guía a los usuarios e instaladores de cilindros e informar al OCP. La declaración de servicio debe incluir:

- a) Una declaración según la cual el diseño es adecuado para uso en las condiciones de servicio definidas en el apartado A1 del Anexo I, durante la vida de servicio del cilindro;
- b) Una declaración de la vida de servicio;
- c) Una especificación de los requisitos mínimos de la inspección periódica;
- d) Una especificación de los dispositivos de alivio de presión y aislamiento, si los hubiera;
- e) Una especificación de los métodos de soporte, recubrimientos protectores y cualquier otro necesario, pero no suministrado;
- f) Una descripción del diseño del cilindro; y,
- g) Cualquier otra información e instrucciones necesarias para asegurar el uso seguro y la inspección del cilindro.

B.2.4 Datos de diseño



B.2.4.1 Planos

Los planos deben incluir por lo menos lo siguiente:

- a) Título, número de referencia, fecha de edición y números de revisión con las fechas de edición de las mismas, si es aplicable;
- b) Referencia al presente Reglamento Técnico y el tipo de cilindro;
- c) Todas las dimensiones completas con tolerancias, incluidos detalles de las formas de cierre, aberturas y roscas del cuello;
- d) La capacidad de agua y masa (incluyendo cualquier aditamento permanente) completa de los cilindros incluyendo las tolerancias;
- e) Las especificaciones completas de los materiales, incluidas las propiedades mecánicas (con las tolerancias, cuando sea aplicable) y, para cilindros metálicos o cilindros internos metálicos, el rango de dureza especificado; y,
- f) Otros datos, tales como la presión de operación, la presión de autocontracción, presión de ensayo, presión mínima de rotura vida de diseño.
- g) Detalles del sistema de protección contra incendios y de cualquier recubrimiento protector externo.

B.2.4.2 Informe de análisis de esfuerzos

Se debe realizar un análisis de esfuerzos de elementos finitos u otro análisis de esfuerzos. Se debe presentar una tabla resumiendo el cálculo de los esfuerzos.

B.2.4.3 Datos de las propiedades de los materiales

Se debe suministrar una descripción detallada de los materiales y de las tolerancias de las propiedades de los materiales que se usan en el diseño. También se deben presentar los datos de los ensayos que caracterizan las propiedades mecánicas y la idoneidad de los materiales para servicio en las condiciones especificadas en el apartado A1 del Anexo I.

B.2.4.4 Protección contra incendio

Se debe especificar la colocación para el dispositivo de alivio de presión y el aislamiento, si lo hubiera, para proteger el cilindro contra la ruptura repentina al estar expuesto a las condiciones de incendio indicadas en el apartado A3.15. Los datos de los ensayos deben demostrar la eficacia del sistema de protección contra incendios especificada.

Nota: Un fabricante puede especificar las ubicaciones alternas de los DAP para las instalaciones de vehículos específicos.

B.2.5 Datos de fabricación

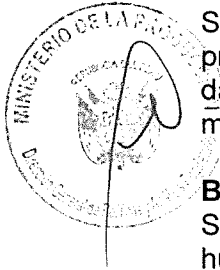
Se deben suministrar datos de todos los procesos de fabricación, ensayos no destructivos, ensayos de producción y ensayos de lotes.

Se deben especificar los procesos de producción, tales como el tratamiento térmico, el formado final, la relación de mezcla de resinas, la tensión de los filamentos y la velocidad para controlar el devanado a tensión, los tiempos y las temperaturas de curado y los procedimientos de autocontracción.

Además, se debe especificar el acabado superficial, los detalles de la rosca, el criterio de aceptación de la inspección por ultrasonido (o su equivalente) y los tamaños máximos de lote para ensayos de lote.

B.2.6 Comportamiento de fracturas y tamaño de defectos por ensayo no destructivo (END)

El productor debe especificar el tamaño máximo de los defectos por ensayo no destructivo, que asegure el comportamiento de las fracturas como "fuga antes de rotura" (LBB) y que



evitarán que el cilindro falle por fuga o rotura durante su vida de servicio. Se debe establecer el tamaño máximo del defecto con un método adecuado para el diseño. En el apartado A3.30 se indica un método adecuado.

B.2.7 Hoja de especificaciones

En una hoja de especificaciones se debe hacer un resumen de todos los documentos que contienen la información exigida en el apartado B.2.2 para el diseño de cada cilindro. Se debe indicar el título, el número de referencia, la cantidad de revisiones y las fechas de la edición original y de las versiones de cada documento. Todos los documentos deben estar firmados o con el visto bueno de quien los edita.

B.2.8 Datos adicionales de soporte

Se debe suministrar, datos adicionales en respaldo de la solicitud.

B.2.9 Certificado de Conformidad

Si los resultados de la aprobación del diseño, de acuerdo con los apartados del B.2.1 al B.2.9 y los ensayos del prototipo de acuerdo con el apartado A2.5, según sean apropiados para el diseño del cilindro en particular, son satisfactorios, el OCP debe expedir un Certificado de Conformidad (ver Anexo V del presente Reglamento Técnico)

B.3 Ensayos de lote

B.3.1 Requisitos generales

Se deben realizar los ensayos de lote con cilindros terminados y cilindros internos, representativos de la producción normal y que estén completos con sus marcas de identificación. Los cilindros y cilindros internos necesarios para los ensayos se deben seleccionar de manera aleatoria en cada lote. Si se ensayan más cilindros o cilindros internos de los que requiere el presente Reglamento Técnico se deben documentar todos los resultados.

Cuando se detecten defectos en un revestimiento exterior en los cilindros, antes de cualquier ensayo de autocontracción o de presión hidrostática, se puede retirar y reemplazar la totalidad del revestimiento exterior.

No es necesario que a los cilindros de acero templado sin costura comprendidos en los campos de aplicación para aceros con resistencia a la tracción menor de 1 100 MPa, igual o mayor a 1 100 MPa que cumplan con las Normas ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3², así como, los cilindros sin soldadura de aleación de aluminio que cumpla con la Norma ISO 7866, se les realice el ensayo periódico de ciclos a presión, de acuerdo con el procedimiento de ensayo establecido en el apartado A3.13.

B.3.2 Ensayos requeridos.

B.3.2.1 Ensayo de presión

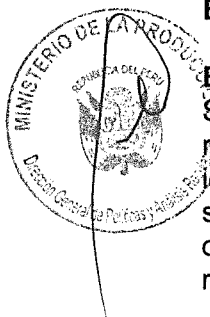
Se deben realizar al menos los siguientes ensayos a cada lote de cilindros:

² ISO 9809-1 Cilindros de Gas. Cilindros de gas de acero recargables sin soldadura. Diseño, construcción y ensayos. Parte 1: Cilindros de acero templado y revenido con una resistencia a la tracción inferior a 1 100 MPa

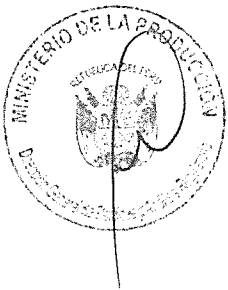
ISO 9809-2 Cilindros de Gas. Cilindros de gas de acero recargables sin soldadura. Diseño, construcción y ensayos. Parte 2: Cilindros de acero templado y revenido con una resistencia a la tracción igual o superior a 1 100 MPa.

ISO 9809-3 Cilindros de Gas. Cilindros de gas de acero recargables sin soldadura. Diseño, construcción y ensayos. Parte 3: Cilindros de acero normalizado.

ISO 7866 Cilindros de Gas. Cilindros de gas sin soldadura en aleación de aluminio recargables. Diseño, construcción y ensayos.



- a) A un cilindro o cilindro interno, un ensayo de rotura a presión hidrostática de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.12.
Si la presión de rotura para los cilindros Tipo 2, 3 y 4 es inferior a la presión mínima de rotura calculada, se deben aplicar los procedimientos especificados en el apartado B.3.5.
- b) A un cilindro, o cilindro interno, o a una muestra representativa tratada térmicamente de un cilindro terminado o cilindro interno:
- Verificación de las dimensiones críticas en comparación con el diseño (véase el apartado B2.4.1);
 - Un ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.1; los resultados del ensayo deben satisfacer los requisitos del diseño (véase el apartado B.2.4.1);
 - Para los cilindros de acero o cilindro interno de acero, tres ensayos de impacto de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.2; los resultados del ensayo deben satisfacer los requisitos especificados en el apartado A3.2;
 - Para cilindros Tipo 4, se debe ensayar la temperatura de fusión del cilindro interno plástico de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.23 y debe cumplir los requisitos del diseño.
Para cilindros o cilindros internos de acero con una resistencia a la tracción especificada superior a 1 100 MPa, cada nueva colada de material deberá cumplir los requisitos del ensayo de resistencia al agrietamiento por esfuerzos de sulfuro indicado en A3.3. Una muestra del material de cada colada puede ser tratada en caliente y ensayada por el proveedor de acero o fabricante del cilindro, a condición de que las muestras tengan los mismos valores de resistencia especificados en el diseño del cilindro.
 - Cuando el recubrimiento protector es parte del diseño, se debe realizar un ensayo de lote de los recubrimientos de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.24. Cuando el recubrimiento no cumpla los requisitos del apartado A3.24, se debe inspeccionar el 100% del lote para retirar los cilindros con similares recubrimientos defectuosos. El recubrimiento de todos los cilindros con recubrimiento defectuoso se puede raspar con un método que no afecte la integridad del recubrimiento compuesto para luego volver a revestir. Se debe repetir el ensayo de recubrimiento del lote.



Todos los cilindros o cilindros internos representados por un lote de ensayo que no cumplan los requisitos especificados se deben someter a los procedimientos especificados en el apartado B.3.5.

B.3.2.2 Ensayo periódico de ciclos a presión

Un ensayo periódico de ciclos a presión debe ser realizado a los cilindros terminados, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.13, con una frecuencia de ensayo como se define a continuación:

- a) Inicialmente se debe someter a ciclos a presión un cilindro de cada lote para un total de 1 000 veces la vida de servicio especificada en años, por un mínimo de 15 000 ciclos. Para los cilindros Tipo 4, inicialmente se debe realizar el ensayo de torque a la calota del extremo en un cilindro de cada lote de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.25. Luego se cicla a presión el cilindro un total de 1 000 veces la vida de servicio especificada en años, por un mínimo de 15 000 ciclos. Después del ciclado a presión requerido, se debe ensayar el cilindro por fugas, de acuerdo con el método descrito en el apartado A3.10;
- b) Si en 10 lotes de producción continua de una familia de diseño (es decir, materiales y procesos similares dentro de la definición de un cambio menor de diseño, véase el

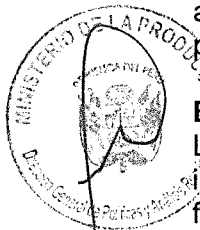
- apartado A2.5.3), ninguno de los cilindros ciclados a presión según la sección a) anterior, tiene fugas o no se rompe en menos de 1 500 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años (22 500 ciclos como mínimo), se puede reducir el ensayo de ciclado a presión a un cilindro de cada 5 lotes de producción;
- c) Si en 10 lotes de producción continua de una familia de diseño ninguno de los cilindros ensayados según la sección a) anterior, tiene fugas o no se rompe en menos de 2 000 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años (30 000 ciclos como mínimo), se puede reducir el ensayo de ciclo a presión a un cilindro de cada 10 lotes de producción;
 - d) Si han pasado más de 3 meses desde el último ensayo de ciclos a presión, se debe realizar el ensayo a un cilindro del próximo lote de producción con el fin de mantener la frecuencia reducida de ensayos de lote, indicada en las secciones b) o c) anteriores;
 - e) Si cualquier cilindro falla el ensayo de ciclos a presión de frecuencia reducida indicada en las secciones b) o c) anteriores y no cumple el número mínimo de ciclos a presión (22 500 o 30 000 ciclos a presión, respectivamente) es necesario repetir la frecuencia del ensayo de ciclado a presión del lote indicada en la sección a) para un mínimo de 10 lotes de producción para volver a establecer la frecuencia reducida de los ensayos de ciclado a presión del lote indicadas en las secciones b) o c) anteriores.

Si alguno de los cilindros mencionados en los puntos a), b), o c) anteriores no cumple el requisito de ciclado de vida mínimo de 1 000 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años (15 000 ciclos como mínimo), se debe determinar la causa de la falla y corregir de acuerdo con los procedimientos establecidos en el apartado B3.5. El ensayo de ciclos a presión se debe repetir con tres cilindros de ese lote. Si cualquiera de los cilindros adicionales no cumple el requisito mínimo del ensayo de presión de 1 000 ciclos multiplicados por la vida de servicio especificada en años, se debe rechazar el lote.

B:3.3 Ensayos a todos los cilindros y cilindros internos

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

- a) Por END de los cilindros internos de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.30, o un método equivalente y demostrado, para verificar que el tamaño máximo de un defecto no supera el tamaño especificado en el diseño, según se haya determinado de acuerdo con lo establecido en el apartado A2.3.4. El método de END debe poder detectar el tamaño máximo permitido;
- b) Verificar si las dimensiones críticas y la masa de los cilindros terminados, de los cilindros internos y de los revestimientos exteriores se encuentran dentro de las tolerancias de diseño;
- c) Verificar el cumplimiento del acabado superficial especificado, prestando especial atención a los estampados profundos y a los pliegues o traslapos en el cuello o en el hombro de los cierres o aperturas forjadas o centrifugadas;
- d) Verificar las marcas de identificación permanentes;
- e) Mediante ensayos de dureza de los cilindros terminados y cilindros internos metálicos, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.8, realizados después del tratamiento térmico final. Los valores así determinados deben estar dentro del rango especificado en el diseño;
- f) Mediante ensayos hidráulicos de los cilindros terminados, de acuerdo con lo establecido en el apartado A3.11, Si el ensayo de expansión volumétrica es elegido, el productor debe establecer el límite adecuado de expansión volumétrica permanente para la presión de ensayo utilizada, pero la expansión permanente no debe, en ningún caso, superar 10 % para cilindros Tipo 1 el 5% para cilindros Tipo 2, 3 de la expansión volumétrica total medida en el ensayo a presión.



- g) Para los ensayos de estanqueidad los cilindros con base conformada por trefilado. Los procedimientos de prueba típicas incluyen la prueba de estanqueidad neumática donde el extremo inferior debe estar limpio y libre de humedad en el lado de presión de prueba. El área dentro de la parte inferior del cilindro que rodea el cierre debe ser sometido a una presión al menos igual a $2/3$ veces la presión de prueba del cilindro, durante un mínimo de 1 min. Esta área debe ser no menos de 20 mm de diámetro alrededor del cierre y por lo menos 6% de la superficie total del fondo del cilindro. El lado opuesto se debe cubrir con agua u otro medio adecuado y examina de cerca para la indicación de fugas. Cilindros con fugas deben ser rechazadas. Otros procedimientos de prueba incluyen una baja presión de prueba neumático, y una prueba de fugas de helio

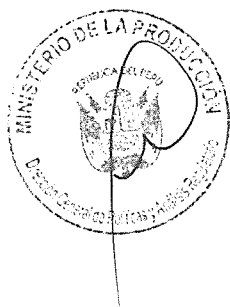
B.3.4 Certificado de aceptación de lote

Si los resultados de los ensayos de lote, de acuerdo con lo establecido en los apartados B.3.1 al B.3.3 son satisfactorios, el productor y el OCP deben firmar el certificado de aceptación. El Certificado debe cumplir con lo dispuesto en el Anexo IV del presente Reglamento Técnico.

B.3.5 Falla en cumplir los requisitos del ensayo

Si no se cumplen los requisitos del ensayo, se debe reensayar, o se debe volver a hacer el tratamiento térmico y realizar de nuevo el ensayo, de la siguiente manera:

- a) Si existe evidencia de falla durante un ensayo, o un error de medida, se debe realizar un nuevo ensayo; si los resultados de este ensayo son satisfactorios prevalecerán respecto a los del primer ensayo;
- b) Si el ensayo se ha realizado en forma satisfactoria, y se confirma la falla, se debe identificar la causa de la misma;
- 1) Si la falla se debe al tratamiento térmico aplicado, el productor puede nuevamente tratar térmicamente todos los cilindros o cilindros internos implicados en la falla; sin embargo, para los cilindros Tipo 1 si la falla se presenta durante un ensayo de cilindro prototipo o de lote representativo, la falla del ensayo requiere tratar térmicamente todos los cilindros representados antes de hacer el nuevo ensayo; para los cilindros Tipo 2, si la falla se presenta esporádicamente durante un ensayo aplicado a cada cilindro interno, sólo los cilindros internos que fallen el ensayo deben recibir nuevo tratamiento térmico y someterse a un nuevo ensayo; Siempre que los cilindros terminados o cilindros internos se vuelvan a tratar térmicamente, se debe mantener el espesor mínimo de pared garantizado. Sólo se deben realizar a los prototipos o lotes los ensayos necesarios para demostrar la aceptabilidad de un nuevo lote. Si uno o varios ensayos son parcialmente insatisfactorios, se deben rechazar todos los cilindros o cilindros internos del lote y de colocaran en servicio.
 - 2) Si la falla se debe a una causa distinta del tratamiento térmico aplicado, se deben rechazar o reparar todos los cilindros o cilindros internos defectuosos mediante un método aprobado. Siempre y cuando los cilindros o cilindros internos pasen el o los ensayos requeridos después de la reparación, estos se deben incorporar como parte del lote original.



ANEXO III
REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO PARA LOS DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN

C.1 Condiciones generales de los dispositivos de sujeción

Los dispositivos de sujeción deben cumplir con las siguientes condiciones generales:

- a) Deben fijar un cilindro en por lo menos dos secciones de apoyo;
- b) Los elementos del dispositivo de sujeción (soportes de apoyo o cunas, fajas de sujeción, planchas de fijación, y elementos de fijación) deben garantizar la rigidez de montaje de tal forma que impidan el desplazamiento del cilindro en relación al soporte;
- c) El dispositivo de sujeción no debe generar puntos de desgaste o corrosión o deformación del cilindro;
- d) El dispositivo de sujeción debe ser compatible con el vehículo para el cual fue diseñado y no debe comprometer la resistencia estructural del vehículo, de tal forma que los puntos de fijación deben ser establecidos de acuerdo con los puntos de resistencia de la estructura del vehículo;
- e) Los dispositivos de sujeción podrán ser simples cuando soportan un solo cilindro y agrupados cuando soportan más de un cilindro, por su posición en el vehículo se presentarán en forma transversal cuando se colocan de forma paralela al frente del vehículo y longitudinal cuando se colocan de forma transversal al frente del vehículo;
- f) El cilindro no debe tener contacto directo con el dispositivo de sujeción o partes metálicas del dispositivo, el aislamiento se debe realizar mediante la colocación de una plancha de elastómero adherido en forma permanente al soporte o cuna y partes metálicas del dispositivo.

C.2 Requisitos de los dispositivos de sujeción

Los dispositivos de sujeción deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los dispositivos de sujeción deben cumplir con los requisitos de número de soportes, material y dimensiones que se establecen en las Tablas C2.1 y C2.2 y con el método de ensayo que se establece en C.4.1;

Tabla C2.1 - Dispositivo de sujeción para cilindros ubicados sobre el chasis

Masa del cilindro	Nº de soportes o cunas	Material	Sección ^(a)	Diámetro del orificio de la plancha de fijación ^(a)	Diámetro de los elementos de sujeción ^(a)	Plancha de fijación ^(a)
≤ 120 kg	Mín. 2	Mínimo ASTM A-36 o similar u otro material que cumpla con los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico	Mín. 30 x 3 mm	12 mm	10 mm	50 mm x 50 mm x 4,7 mm
> 120 kg y < 150 kg	Mín. 2		Mín. 50 x 3 mm	14 mm	12 mm	
≥ 150 kg	Mín. 2		Mín. 50 x 6 mm	14 mm	12 mm	

^(a) Se aceptarán otras secciones en la medida que cumplan con los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico

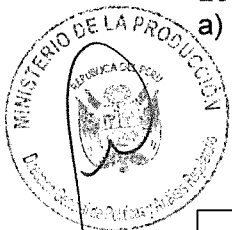


Tabla C2.2 - Dispositivo de sujeción para cilindros ubicados debajo del chasis

Masa del cilindro	Nº de soportes o cunas	Material	Sección ^(a)	Diámetro del orificio de la plancha de fijación ^(a)	Diámetro de los elementos de sujeción ^(a)	Plancha de fijación ^(a)
≤ 70 kg	Mín. 2	Mínimo ASTM A-36 o similar u otro material que cumpla con los requisitos establecidos en el presente Reglamento o Técnico	Mín. 30 x 3 mm	12 mm	10 mm	50 mm x 50 mm x 4,7 mm
> 70 kg y ≤ 120 kg	Mín. 3		Mín. 50 x 3 mm	14 mm	12 mm	
> 120 kg y ≤ 150 kg	Mín. 3		Mín. 50 x 6 mm	14 mm	12 mm	
≥ 150 kg	Mín. 4		Mín. 50 x 6 mm	14 mm	12 mm	

(a) Se aceptarán otras secciones en la medida que cumplan con los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico

- b) Los dispositivos de sujeción no deben presentar evidencias de corrosión en la superficie en un área no mayor que 5% del total del área expuesta cuando es sometido al ensayo de corrosión establecido en C.4.2;
- c) Los dispositivos de sujeción deben someterse al ensayo de resistencia al esfuerzo mecánico como se establece en C.4.4 donde los valores máximos permitidos de desviación deben ser los establecidos en la Tabla C2-3. El dispositivo de sujeción no debe presentar fisuras o roturas después de sometido al ensayo.

Tabla C2.3 – Desviación máxima en los dispositivos de sujeción

Desviación máxima (D_{MAX})		
Mm		
F_L	F_T	F_V
≤ 50	≤ 20	≤ 20

C.3 Elastómero o goma de protección

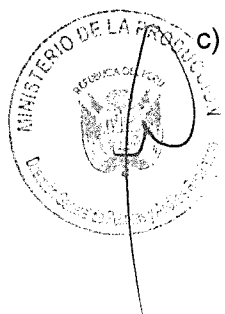
El elastómero no debe presentar evidencias visibles de degradación cuando es sometido a la prueba de envejecimiento por oxígeno de acuerdo al método de ensayo que se establece en C.4.3.

C.4 Métodos de ensayo

C.4.1 Ensayo dimensional

La verificación dimensional se realizará en una muestra del dispositivo de sujeción que comprenda todas las piezas del dispositivo incluyendo el elastómero. Las dimensiones deben ser registradas en el Informe de Ensayo.

C.4.2 Ensayo de corrosión



El dispositivo de sujeción o probetas de ensayo extraídas del dispositivo de sujeción deben someterse al ensayo de niebla salina de la forma siguiente:

- a) Colocar la muestra en el interior de la cámara de niebla salina por un periodo de 96 horas;
- b) La solución salina debe tener una concentración del 5% de cloruro de sodio y 95% de agua en masa;
- c) Mantener la temperatura en el interior de la cámara entre 33 °C y 36 °C;
- d) Inmediatamente después de terminado el ensayo la muestra debe ser cuidadosamente limpiada para remover los depósitos de sal;
- e) Evaluar si la muestra presenta puntos de corrosión de color rojo en la superficie y medir el área donde presente puntos de corrosión y determinar el porcentaje con respecto al área total expuesta; y,
- f) Registrar los datos en el informe de ensayo.

C.4.3 Ensayo de envejecimiento por oxígeno

Para el ensayo de envejecimiento por oxígeno proceder de la forma siguiente:

- a) Colocar la muestra en el interior de la cámara de oxígeno por un periodo de 96 horas;
- b) Mantener la temperatura en el interior de la cámara a 70°C y una presión de 2 MPa;
- d) Evaluar si la muestra presenta evidencias visibles de degradación; y,
- e) Registrar los datos en el informe de ensayo.

C.4.4 Ensayo de resistencia a esfuerzos mecánicos

a) Materiales y equipos

- a.1) Banco de prueba que reproduzca las condiciones de fijación del dispositivo de sujeción y el cilindro, sean simples o agrupados, provistos de elementos para la aplicación de las cargas; y,
- a.2) Medios de medición (relojes compradores)

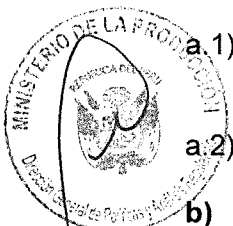
b) Procedimiento

- b.1) Colocar el dispositivo de sujeción en el banco de prueba, conforme a las instrucciones del productor;
- b.2) Colocar el cilindro o cilindros representativos para el modelo del dispositivo de sujeción, con los componentes de protección (elastómero) y elementos de fijación;
- b.3) Instalar los instrumentos de medición y los elementos para la aplicación de la carga;
- b.4) Aplicar la carga de acuerdo a los valores calculados según la fórmula:

$$F = MT.n.g \text{ (N)}$$

Donde:

- MT = Masa Total del Conjunto = $M_c + M_{gnc} + M_s$ (kg)
 M_c = Masa del Cilindro (kg)
 M_{gnc} = Masa del GNC (kg)
 M_s = Masa del dispositivo de sujeción (kg)
n = Factor de multiplicación (según tabla C.4.1)
g = Aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)



- b.5) La intensidad, dirección y sentido de las cargas deben ser aplicadas de acuerdo a las Figuras del 1 al 6 y la Tabla C4.1. La carga debe ser aplicada en la dirección del centro de gravedad y la disposición del montaje en relación al vehículo;

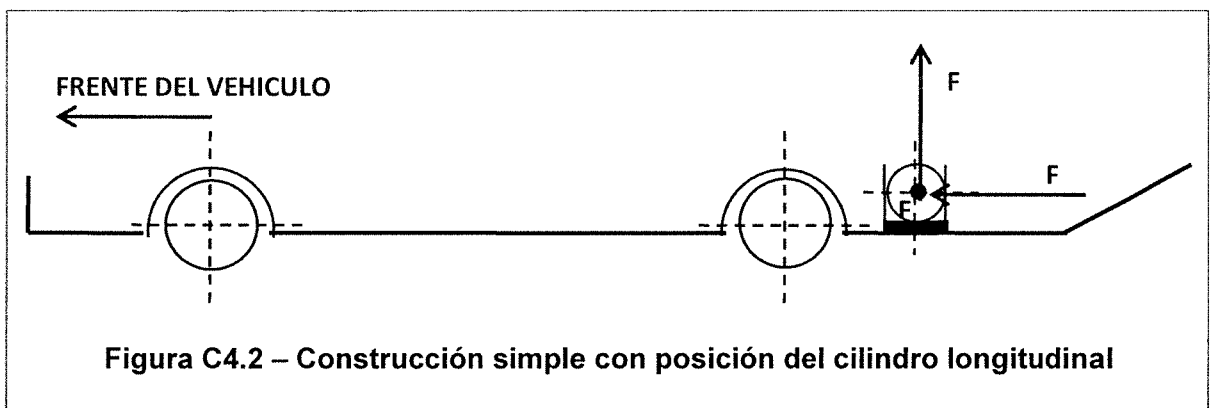
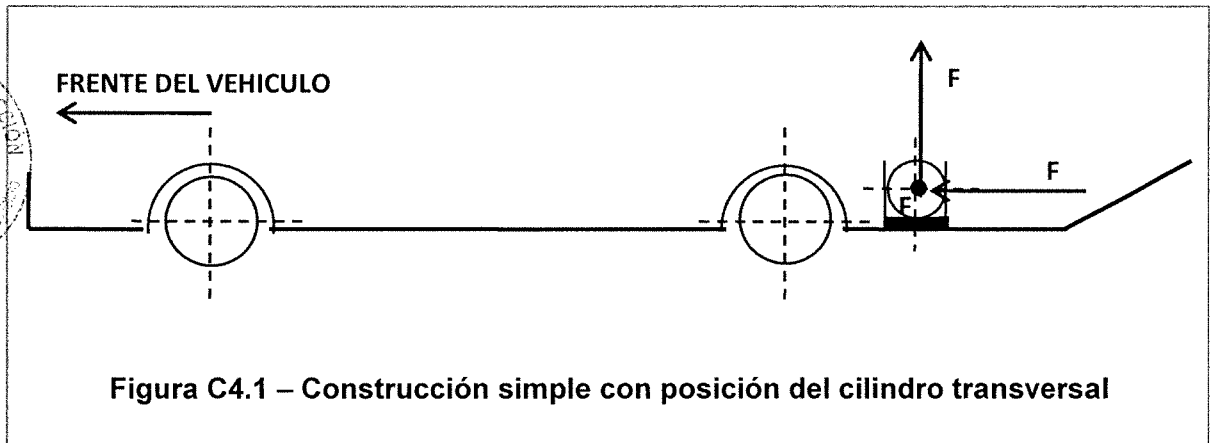
Tabla C4.1 – Factores de multiplicación (n)

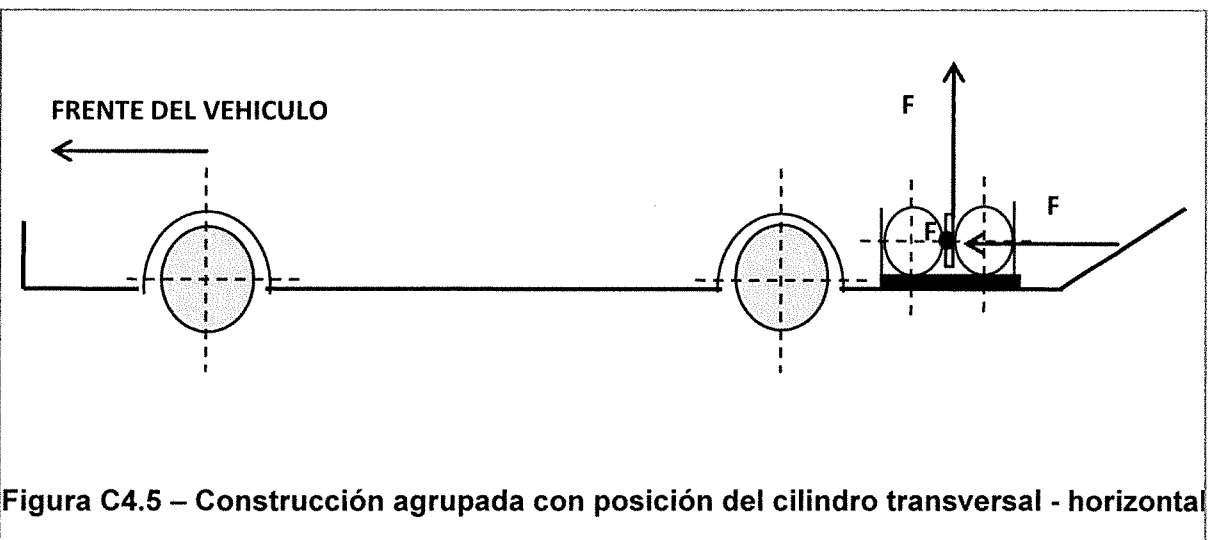
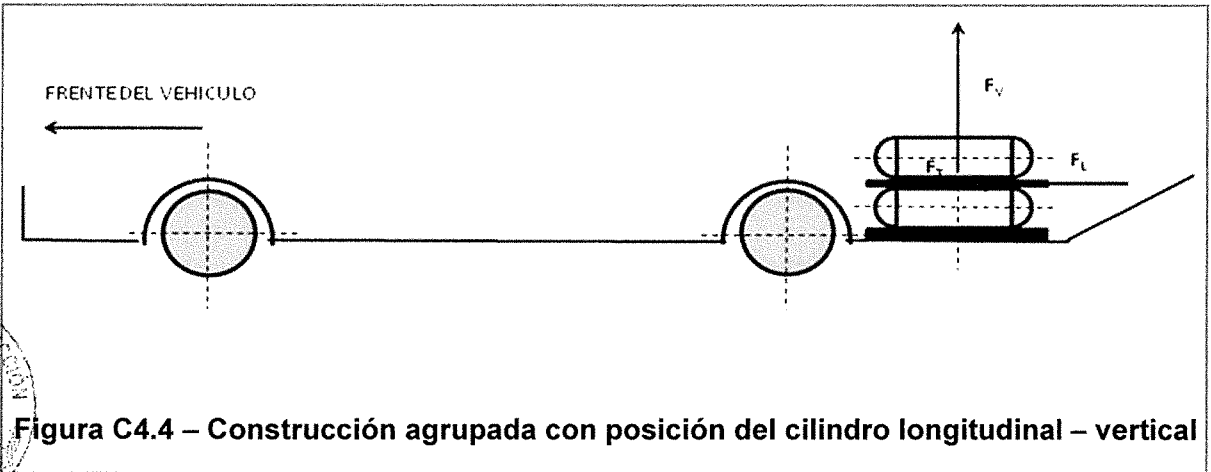
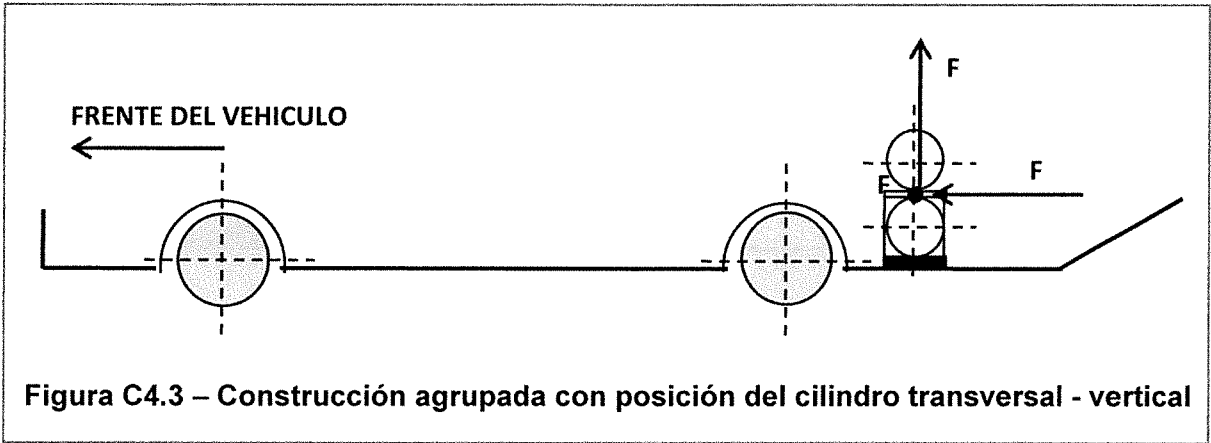
Masa del vehículo	Disposición en relación al vehículo	Factor de Multiplicación		
		FL	FT	FV
≤ 3 500 kg	Figuras del 1 al 6	20,0	8,0	4,5
≥ 3 500 kg	Figuras del 1 al 6	10,0	5,0	4,5

- b.6) Ajustar los instrumentos de medición de la desviación como se indica en las Figuras 1 al 6 registrando los datos (D0);
 b.7) Aplicar la carga por un periodo mínimo de 60 segundos y registrar el valor de la desviación (DF);
 b.8) Calcular la desviación máxima (DMAX) de acuerdo con la fórmula:

$$D_{MAX} = D_F - D_0$$

- b.9) Determinar en las piezas del dispositivo de sujeción o las muestras la presencia de fisuras o roturas aplicando líquidos penetrantes.





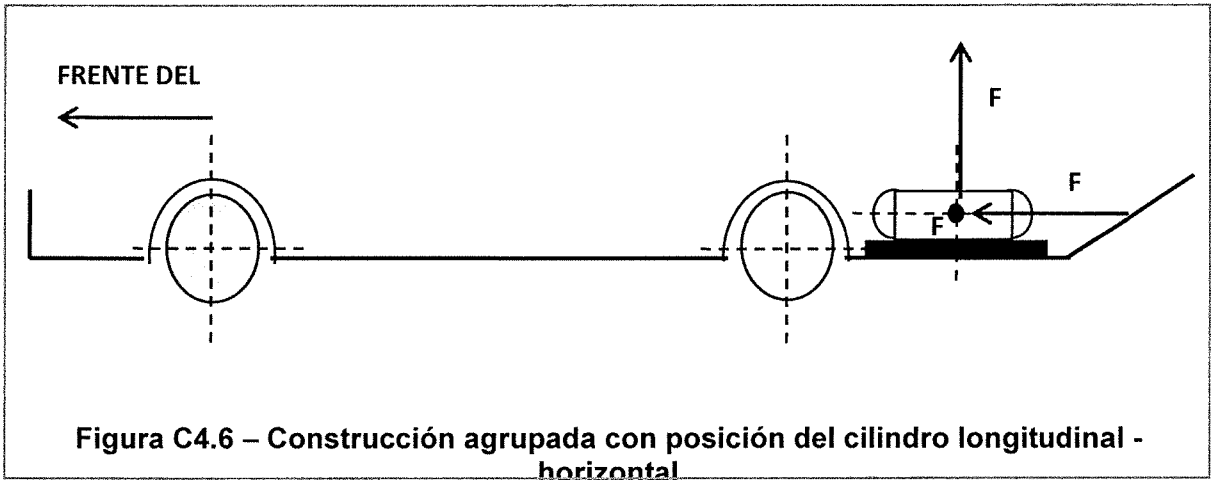
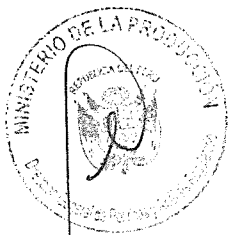


Figura C4.6 – Construcción agrupada con posición del cilindro longitudinal - horizontal



ANEXO IV ESQUEMAS DE CERTIFICACIÓN

D.1 Elementos de los esquemas de certificación

El esquema de certificación debe incluir los siguientes elementos:

D.1.1 Solicitud de certificación

Donde se identifique el esquema de certificación, el producto objeto de la certificación y el nombre y dirección del productor y cuando corresponda el representante legal del productor.

D.1.2 Evaluación de la documentación

Que incluye la evaluación de los procedimientos, manual de aseguramiento de la calidad o manual del sistema de gestión de la calidad, diseños u otros según corresponda al esquema de certificación.

D.1.3 Evaluación inicial

Que incluye según corresponda la evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad o del sistema de gestión de la calidad del productor. Asimismo, incluye la toma de muestras de la fábrica, del mercado o ambos según corresponda para los ensayos.

D.1.4 Ensayos

Incluye la realización de todos los ensayos establecidos en el presente Reglamento Técnico.

D.1.5 Revisión

Incluye la evaluación de los resultados obtenidos para determinar el cumplimiento con los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico.

D.1.6 Decisión

Si los requisitos han sido cumplidos se determina el otorgamiento del certificado de conformidad, puede incluir la licencia para el uso de una marca de conformidad en los productos certificados.

D.1.7 Seguimiento

Una vez otorgado el certificado de conformidad y la licencia de uso de marca de conformidad, si corresponde, se realizarán evaluaciones de seguimiento que incluyen la evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad o del sistema de gestión de la calidad del productor y ensayos en muestras tipo o muestras de la fábrica, del mercado o ambos según corresponda al esquema de certificación. En función a los resultados obtenidos se determina el mantenimiento de la certificación.

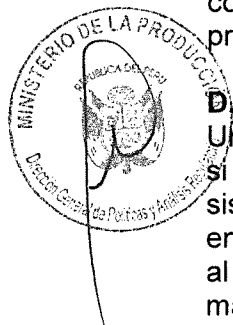
D.2 Esquema de Certificación

D.2.1 Para cilindros

Esquema de Certificación de Ensayo de Tipo (incluyendo el diseño), seguido de la evaluación y ensayo de lotes inspeccionados en fábrica.

El ensayo de tipo incluye los ensayos de los tipos o muestras del producto y la evaluación del diseño. Las muestras tomadas de los lotes de fábrica deben ser tomadas mediante planes de muestreo estadísticos.

D.2.2 Para dispositivos de sujeción



Esquema de Certificación de Ensayo de Tipo (incluyendo el diseño) y evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad o sistema de gestión de la calidad, con seguimiento del sistema de aseguramiento de la calidad o sistema de gestión de la calidad y ensayo de muestras tomadas de fábrica.

El ensayo de tipo incluye los ensayos de los tipos o muestras del producto y la evaluación del diseño. Las muestras tomadas de fábrica deben ser tomadas mediante planes de muestreo estadísticos.

El sistema de aseguramiento de la calidad debe incluir como mínimo lo siguiente:

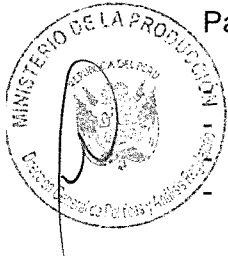
- a) Control de calidad de los productos;
- b) Calibración de los equipos usados en el proceso productivo y en la inspección;
- c) Inspección en proceso e inspección en el producto final;
- d) Registros de calidad referentes a los ensayos exigidos en el presente Reglamento Técnico; y,
- e) Procedimientos usados para el tratamiento de productos no conformes.

El seguimiento debe realizarse por lo menos 1 vez al año.

Para la aprobación del prototipo se realizarán todos los ensayos indicados en el Anexo III del presente Reglamento Técnico.

Para el seguimiento en fábrica se realizarán los siguientes ensayos:

- Ensayo dimensional;
- Ensayo de corrosión;
- Ensayo de resistencia a esfuerzos mecánicos; y,
- Verificación del producto con respecto al diseño.



ANEXO V
CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD
(REFERIDO EN LA NORMA NTP-ISO 11439:2016)

E.1 Cilindros

Este anexo establece la información que se debe incluir en el archivo de la documentación técnica asociada con la aprobación del cilindro. El Informe de Inspección y el Certificado de Conformidad deben ser emitidos por los OCP; los Informe de pruebas y análisis deben ser elaborados por el fabricante y contener la identificación completa de los cilindros y requisitos, cada informe debe ser firmado por el fabricante y el OCP.

E.1.1 Documentación técnica

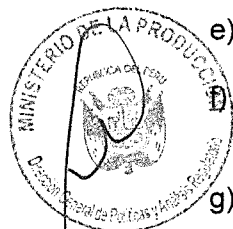
La documentación técnica relacionada con la aprobación del cilindro debe incluir como mínimo los siguientes documentos:

- a) Informe de inspección y Certificado de Conformidad que deben ser claros y legibles (ver contenido en E.1.2);
- b) Informe de análisis químico del material de cilindros metálicos, cilindros internos o asientos - incluyendo los elementos esenciales, identificación, etc.;
- c) Informe de las propiedades mecánicas de los materiales de cilindros y cilindros internos metálicos - reportar todos los ensayos e información requerida por el presente Reglamento Técnico;
- d) Informe de propiedades físicas y mecánicas de los materiales de los cilindros internos no metálicos - reportar todos los ensayos e información requerida en el presente Reglamento Técnico;
- e) Informe del análisis de los materiales compuestos - reportar todos los ensayos y la información requerida en el presente Reglamento Técnico;
Informe de ensayos hidrostáticos, ciclos periódicos a presión y ensayos de rotura - reportar todos los ensayos y la información requerida en el presente Reglamento Técnico; y,
- g) Certificado de Conformidad, (ver contenido en E.1.3).

E.1.2 Informe de Inspección

El Informe de Inspección debe contener, como mínimo, la siguiente información

- a) La identificación del fabricante o productor (razón social) y dirección.
- b) Número de registro suministrado por la autoridad, de ser el caso.
- c) Marca del fabricante.
- d) Número de serie de los cilindros (de ... a ...).
- e) Descripción del cilindro.
- f) Tamaño del cilindro: diámetro exterior en mm y longitud en mm.
- g) Información del cilindro colocada en el etiquetado:
 - Uso para GNC.
 - Fecha de vencimiento identificando el mes y año.
 - Identificación del fabricante o productor (razón social o marca).
 - Identificación del cilindro (número de serie).
 - Presión de trabajo y temperatura.
 - Tipo de cilindro.
 - Fecha de fabricación indicando el mes y año.
- h) Fecha de ensayo original (mes y año).
- i) Tara del cilindro vacío en kilogramos.



- j) Capacidad de agua en litros.
- k) Presión de ensayo en bar.
- l) Instrucciones especiales.
- m) Declaración de la conformidad de los cilindros con Reglamento Técnico o Norma Técnica.
- n) Observaciones, si es aplicable.
- o) Adjunta los informes de las pruebas y ensayos.
- p) Nombre del OCP.
- q) Firma del fabricante.
- r) Firma del inspector.
- s) Fecha de emisión.

E.1.3 Certificado de Conformidad

El Certificado de Conformidad debe contener como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre y dirección del Organismo emisor;
- b) Nombre y dirección del fabricante;
- c) Nombre y dirección del representante del fabricante, si es aplicable;
- d) Número de Certificado;
- e) Referencia al Reglamento Técnico o Norma Técnica bajo el cual se expide el Certificado;
- f) Marca y modelo;
- g) Descripción del Cilindro;
 - Clase de cilindro;
 - Tamaño: Diámetro externo y Longitud; y,
 - Presión de servicio.
- h) Indicación de la aprobación del producto;
- i) Fecha de emisión del certificado; y,
- j) Fecha de vigencia del certificado, si es aplicable

E.2 Dispositivos de sujeción

E.2.1 Certificado de conformidad

El Certificado de Conformidad debe contener como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre y dirección del Organismo emisor;
- b) Nombre y dirección del productor;
- c) Nombre y dirección del representante del productor, si es aplicable;
- d) Número de Certificado;
- e) Referencia al Reglamento Técnico o Norma Técnica bajo el cual se expide el Certificado;
- f) Marca y modelo o código de referencia;
- g) Datos que identifiquen claramente el producto;
- h) Indicación sobre la conformidad del producto con los requisitos *especificados*;
- i) Fecha de emisión del certificado; y,
- j) Fecha de vigencia del certificado, si es aplicable.

